

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE
HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRICOLA



**“DISEÑO HIDRÁULICO DE DRENAJE EN LA CARRETERA SAN
MARCOS TRAMO-I (KM: 58+770 A 75+450), CAJABAMBA,
CAJAMARCA, 2015”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÍCOLA

PRESENTADO POR:
JUAN CARLOS CABALLERO CONDORI

AYACUCHO – PERÚ

2016

**"DISEÑO HIDRÁULICO DE DRENAJE EN LA CARRETERA SAN
MARCOS TRAMO I (KM:58+770 A 75+450) CAJABAMBA -
CAJAMARCA - 2016"**

Recomendado : 07 de junio de 2016

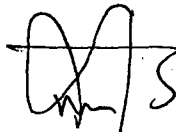
Aprobado : 14 de junio de 2016



M.Sc. RUBÉN ALFREDO MENESES ROJAS
Presidente



Ing. JUAN CHARAPAQUI ANCCASI
Asesor



Ing. LEONIDAS ALEJANDRO ARIAS BALTAZAR
Miembro de Jurado



Ing. EDUARDO PACORÍ QUISPE
Miembro de Jurado



Dr. ANTONIO JERÍ CHÁVEZ
Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias

DEDICATORIA

“A mis Padres Enrique y Nacida por su apoyo incondicional que me brindaron en todo momento de mi vida, por sus consejos y confianzas, el cual me motivo a culminar una carrera profesional llena de triunfos y éxitos.”

“A mis hermanos Yuri, Richard, Emerson, Pamela y Mayte, quienes me apoyaron en el transcurso de mi formación profesional.”

“A dos mejores amigos Isaac y Antonio, quienes me apoyaron en los momentos difícil de mi vida”

AGRADECIMIENTO

Por haber hecho realidad un reto más de mi vida:

- A la segunda universidad fundada en el Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA, Alma Mater, por haberme acogido en sus aulas.
- A la facultad de Ciencias Agrarias y en especial a la gloriosa Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Agrícola y a cada uno de los de los docentes, por formar líderes en Ingeniería con humanismo ético, investigador y comprometidos con la problemática social; regional, nacional e internacional.
- Al Ing. JUAN CHARAPAQUI ANCCASI por su asesoría, apoyo, comprensión, sabiduría, experiencia y orientación profesional, para la culminación del presente trabajo de investigación.
- Finalmente un agradecimiento especial a mis queridos Padres y hermanos por haberme guiado constantemente, en todos los momentos de mi vida y darme las fuerzas necesarias para seguir adelante, luchando contra las dificultades que se presentaron y así superar en el arduo reto para culminar mi carrera profesional de Ingeniería Agrícola.
- A mis compañeros(as), que contribuyeron en mi formación profesional.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación "DISEÑO HIDRÁULICO DE DRENAJE EN LA CARRETERA SAN MARCOS TRAMO-I (KM: 58+770 A 75+450), CAJABAMBA, CAJAMARCA, 2015" consta de 7 capítulos debidamente organizado a fin de realizar un diseño óptimo.

En primer término se realizó el estudio hidrológico para drenaje longitudinal y transversal de la carretera a fin de obtener el caudal de máximas avenidas mediante técnicas de Hidrograma Unitario, método Racional y la elaboración de un programa en lenguaje de programación **MATLAB** para el sustento hidrológico de las capacidades hidráulicas de estructuras existentes en las progresivas (KM: 59+457, 62+855, 63+434, 66+377 y 66+428).

Las formulas matemáticas para el diseño hidráulico se realiza exhaustivamente para diferentes secciones de alcantarillas (Circular, Elipse Horizontal, Elipse vertical, Abovedado, Arco, Arco Perfil Alto y Arco Perfil Bajo), cunetas, badenes, pontones, puentes y subdrenajes, esta parte del estudio se encuentra en los capítulos II (Marco teórico) y se detalla para cada una de las obras de drenaje. Así mismo siendo sumamente difícil la solución de las ecuaciones matemáticas obtenidas para el diseño de alcantarillas se vio la necesidad de realizar un pseudocódigo en el lenguaje de programación de **MATLAB** utilizando métodos numéricos para la solución de estas ecuaciones.

Para determinar una luz adecuada y el tirante máximo en los Puentes y Pontones en el tramo de carreta se realizó el modelamiento hidráulico mediante el programa **HEC-RAS 4.10**.

La metodología para determinar la socavación general y local de las diferentes estructuras hidráulica de las secciones transversales de la carretera la cual se presenta en los capítulos III y cuyos resultados se presentan en el capítulo IV.

Para determinar las áreas de drenaje en una forma más exacta se acude al modelamiento con Sistema de Información Geográfica (Programa ArcGis 10.2 y otros) cuyos planos se presenta en el capítulo VII (Anexos).

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
RESUMEN DE TRABAJO.....	iv
CAPITULO I: INTRODUCCION	
1.1. ANTECEDENTES.....	2
1.2. OBJETIVOS.....	3
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.2.2 OBJETIVO ESPECIFICOS.....	3
1.3 JUSTIFICACION.....	4
CAPITULO II : REVISION BIBLIOGRAFICA	
2.1. ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	5
2.1.1. IMPORTANCIA Y ÁMBITO DE APLICACIÓN.....	5
2.2. CICLO HIDROLÓGICO.....	6
2.3. ESTUDIO DE UNA CUENCA HIDROLOGICA.....	7
2.3.1. CUENCA HIDROLÓGICA.....	7
2.3.2. DELIMITACIÓN DE UNA CUENCA.....	7
2.3.3. SUPERFICIE DE LA CUENCA.....	8
2.3.3.1. ÁREA DE CUENCA HIDROGRÁFICA.....	8
2.3.3.2. PERÍMETRO DE UNA CUENCA.....	8
2.3.4. CURVA CARACTERÍSTICAS DE UNA CUENCA.....	9
2.3.4.1. CURVA HIPSOMÉTRICA.....	9

2.3.4.2. CURVA FRECUENCIA DE ALTITUDES.....	9
2.3.5. ÍNDICES REPRESENTATIVOS.....	10
2.3.5.1. ÍNDICE O FACTOR FORMA DE LA DE LA CUENCA.....	10
2.3.5.2. COEFICIENTE DE COMPACIDAD.....	11
2.3.6. RECTÁNGULO EQUIVALENTE.....	11
2.3.7. PENDIENTE DE LA CUENCA.....	12
2.3.7.1. CRITERIO DE ALVORD.....	13
2.3.7.2. CRITERIO DEL RECTANGULO EQUIVALENTE.....	14
2.3.8. PENDIENTE DEL CAUCE.....	15
2.3.9. PROPIEDADES DE LA RED HÍDRICA.....	15
2.3.9.1. RED DRENAJE.....	15
2.3.10. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.....	18
2.4. ESTADÍSTICA HIDROLÓGICA.....	19
2.4.1. DISTRIBUCIÓN TEÓRICA.....	19
2.4.1.1. DISTRIBUCIÓN PEARSON TIPO III.....	19
2.4.1.2. DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III.....	21
2.4.1.3. DISTRIBUCIÓN GUMBEL.....	21
2.4.2. PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE.....	22
2.4.2.1. PRUEBA DE SMIRNOV KOLMOGOROV.....	23
2.5. CORRECCIÓN POR INTERVALO FIJO DE OBSERVACIÓN.....	23
2.6. ESTUDIO DE TORMENTA DE DISEÑO.....	23
2.6.1. CURVAS INTENSIDAD DURACIÓN Y FRECUENCIA.....	24
2.6.1.1. ECUACIÓN DE FEDERICK BELL.....	25

2.7. TASA DE INFILTRACIÓN.....	26
2.7.1. MODELOS DEL NUMERO DE CURVA DEL SCS.....	26
2.8. CAUDAL MÁXIMO DE DISEÑO.....	30
2.8.1. MÉTODOS DIRECTOS.....	30
2.8.2. MÉTODOS EMPÍRICOS.....	32
2.8.2.1. MÉTODO RACIONAL.....	32
2.8.2.2. MÉTODO DE HIDROGRAMA UNITARIO.....	33
2.9. HIDRÁULICA DE DRENAJE DE CARRETERA.....	39
2.9.1. HIDRÁULICA DE ALCANTARILLA.....	39
2.9.1.1. UBICACIÓN, ALINEAMIENTO Y PENDIENTE DE LAS ALCANTARILLAS.....	40
2.9.1.2. UBICACIÓN DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES.....	46
2.9.1.3. DISEÑO DE ALCANTARILLAS.....	47
2.9.1.3.1. DEFINICION DE HEADWATER Y TAILWATER.....	48
2.9.1.3.2. TIPO DE CONTROL.....	49
2.9.1.3.3. VELOCIDAD DE SALIDA.....	65
2.9.1.3.4. CURVA DE RENDIMIENTO.....	66
2.9.1.3.5. METODO DE DISEÑO DE ALCANTARILLA CON CARTAS DE DISEÑO.....	70
2.9.2. HIDRÁULICA DE CUNETAS.....	74
2.9.2.1. CUNETA DE BORDE.....	74
2.9.2.2. CUNETA DE CORONACIÓN.....	80
2.9.2.3. CUNETA DE RECOLECCIÓN.....	81
2.9.3. HIDRÁULICA DE BADENES.....	82
2.9.3.1. USO DE BADENES.....	82

2.9.3.2. VENTAJAS DE LOS BADENES.....	83
2.9.3.3. DESVENTAJAS DE LOS BADENES.....	83
2.9.3.4. CRITERIOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO.....	84
2.9.3.5. TIPOS DE BADÉN.....	85
2.9.3.6. DATOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO.....	86
2.9.3.7. DISEÑO HIDRÁULICO DEL BADÉN.....	86
2.9.4. HIDRÁULICA DE PUENTES Y PONTONES.....	87
2.9.4.1. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GENERALES DE SECCIÓN HIDRÁULICA.....	88
2.9.4.2. DETERMINACIÓN DE LAS VELOCIDADES EN LA SECCIÓN HIDRÁULICA.....	88
2.9.4.3. DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES EN LA SECCIÓN HIDRÁULICA.....	89
3.0. HIDRÁULICA FLUVIAL.....	90
3.1.0. SOCAVACIÓN DE ALCANTARILLAS.....	90
3.1.1. SOCAVACIÓN AL INGRESO DE ALCANTARILLA (SUELOS NO COHESIVOS).....	90
3.1.2. SOCAVACIÓN A LA SALIDA DE ALCANTARILLA (SUELOS NO COHESIVOS.....	91
3.1.2.1. SUELOS NO COHESIVOS.....	92
3.1.3. SOCAVACIÓN A LA SALIDA DE ALCANTARILLA (SUELOS COHESIVOS).....	96
3.2.0. SOCAVACIÓN DE PUENTES Y PONTONES.....	97
3.2.1. ESTIMACIÓN DE LA SOCAVACIÓN.....	98
3.2.1.1. PROCESO DE SOCAVACIÓN ASOCIADO AL DISEÑO DE PUENTES.....	98
3.2.1.1.1. SOCAVACIÓN GENERAL.....	99
3.2.1.1.2. SOCAVACIÓN LOCAL.....	103

CAPITULO III: MATERIALES Y METODOS

3.0. MATERIALES Y METODOLOGIA.....	108
3.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	108
3.1.1. UBICACIÓN POLITICA.....	109
3.1.2. UBICACIÓN GEOGRAFICA.....	109
3.1.3. UBICACIÓN CARTOGRAFICA.....	110
3.2. MATERIALES Y EQUIPOS.....	110
3.2.1. MATERIALES DE ESCRITORIO.....	110
3.2.2. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.....	110
3.2.2. SOFWARES.....	111
3.3. ESTUDIO HIDROLOGICO.....	111
3.3.1. ELECCION DEL PERIODO DE RETORNO.....	112
3.3.2. CARACTERISTICAS DEL AREA DE ESTUDIO.....	113
3.3.3. ANALISIS ESTADISTICOS DE INFORMACION.....	116
3.3.4. ANALISIS ESTADISTICOS DE DATOS HIDROLOGICOS.....	117
3.3.5. PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE.....	117
3.3.5.1. PRUEBA DE KOLMOROV- SMIRNOV.....	117
3.3.6. CORRECCION POR INTERVALO FIJO DE OBSERVACION.....	118
3.3.7. DETERMINACION DE LA TORMENTA DE DISEÑO.....	119
3.3.7.1. CURVAS INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA.....	119
3.3.8. PRECIPITACION TOTAL Y EFECTIVA.....	120
3.3.9. ESTIMACION DE CAUDAL DE DISEÑO.....	121

3.3.10. PROCEDIMIENTO DE PROGRAMACION EN MATLAB (ING.AGRICOLA-UNSCH).....	127
3.4. ESTUDIO HIDRAULICO.....	140
3.4.1. DISEÑO HIDRAULICO DE ALCANTARILLA POR MEDIO PROGRAMA "HY-8".....	141
3.4.2. DISEÑO ALCANTARILLA (CARTAS DE DISEÑO).....	155
3.4.3. DISEÑO HIDRAULICO DE ALCANTARILLA POR MEDIO PROGRAMA "JHC-7".....	158
3.4.3.1. PROCEDIMIENTO DE LA PROGRAMACION EN MATLAB.....	159
3.4.4. COMPARACION DE RESULTADOS DE MODELAMIENTO DE ALCANTARILLAS.....	178
3.4.5. DISEÑO HIDRAULICO DE LAS ALCANTARILLAS PRINCIPALES.....	178
3.4.6. DISEÑO HIDRAULICO DE LAS ALCANTARILLAS SECUNDARIAS.....	179
3.4.7. DISEÑO HIDRAULICO DE LAS CUNETAS.....	182
3.4.8. DISEÑO HIDRAULICO DE BADENES.....	183
3.4.8.1. CAPACIDAD DE DESCARGA DE BEDIEN EXISTENTE.....	184
3.4.9. DISEÑO HIDRAULICO DE PONTON Y PUENTES.....	185
3.4.9.1. CAPACIDAD DE DESCARGA (PUENTE Y PANTON EXISTENTES).....	185
3.4.9.2. DIMENSIONAMIENTO DE PUENTES Y PANTONES A REMPLAZAR.....	186
3.5. HIDRAULICA FLUVIAL.....	186
3.5.1. SOCAVACION DE ALCANTARILLAS.....	187
3.5.2. SOCAVACION DE PUENTES Y PANTONES.....	188
3.5.2.1. SOCAVACION GENERAL.....	189
3.5.2.2. SOCAVACION LOCAL.....	191
 CAPITULO IV :RESULTADOS Y DISCUSIONES	
4.1. RESULTADOS.....	193

4.1.1. ESTUDIO HIDROLOGICO.....	193
4.1.1.1.ELECCION DEL PERIODO DE RETORNO.....	194
4.1.1.2. CARACTERISTICAS DEL AREA DE LA CUENCA.....	195
4.1.1.3.ANALISIS ESTADISTICOS DE INFORMACION.....	196
4.1.1.4. ANALISIS ESTADISTICOS DE DATOS HIDROLOGICOS.....	197
4.1.1.4.1. DISTRIBUCION PEARSON TIPO III.....	197
4.1.1.4.2. DISTRIBUCION LOG PEARSON TIPO III.....	199
4.1.1.4.3. DISTRIBUCION GUMBEL EXTREMA TIPO I.....	200
4.1.1.5. PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE.....	201
4.1.1.5.1.PRUEBA KOLMOROV – SMIRNOV.....	201
4.1.1.6. CORRECCION POR INTERVALO FIJO DE OBSERVACION.....	205
4.1.1.7 DETERMINACION DE LA TORMENTA DE DISEÑO.....	205
4.1.1.7.1. CURVAS INTENSIDAD – DURACION - FRECUENCIA.....	205
4.1.1.8. PRECIPITACION TOTAL Y EFECTIVA.....	207
4.1.1.9. ESTIMACION DE CAUDAL DE DISEÑO.....	207
4.1.2. ESTUDIO HIDRAULICO.....	219
4.1.2.1. DISEÑO HIDRAULICO DE LAS DIFERENTES FORMAS DE ALCANTARILLAS Y CON DIFERENTES TIPOOS DE INGRESO UTILIZANDO PROGRAMA HY-8.....	219
4.1.2.2. DISEÑO HIDRAULICO ALCANTARILLAS DE DIFERENTES FORMAS DE ALCANTARILLAS UTILIZANDO CARTAS DE DISEÑO.....	226
4.1.2.3. DISEÑO HIDRAULICO DE ALCANTARILLAS CON DIFERENTES TIPOS DE INGRESO UTILIZANDO PROGRAMA JHC-7 EN MATLAB.....	231

4.1.2.4. COMPARACION DE RESULTADOS DE MODELAMIENTO DE ALCANTARILLAS PRINCIPAL.....	253
4.1.2.5. DISEÑO HIDRAULICO DE LAS ALCANTARILLAS PRINCIPALES.....	254
4.1.2.6. DISEÑO HIDRAULICO DE LAS ALCANTARILLAS SECUNDARIAS.....	254
4.1.2.7. DISEÑO HIDRAULICO DE LAS CUNETAS.....	257
4.1.2.8. DISEÑO HIDRAULICO DE BADENES.....	273
4.1.2.8.1. CAPACIDAD DE DESCARGA DE BADEN EXISTENTE.....	274
4.1.2.9. DISEÑO HIDRAULICO DE PUENTES Y PONTONES.....	274
4.1.2.9.1. CAPACIDAD DE DESCARGA DE PUENTES Y PONTONES EXISTENTES.....	275
4.1.2.9.2. DIMENSIONAMIENTO DE PUENTES Y PONTONES A REMPLAZAR.....	275
4.1.2.9.3. MODELAMIENTO DE PUENTESY PONTONES.....	277
4.1.3. ESTUDIO FLUVIAL.....	285
4.1.3.1. SOCAVACION DE ALCANTARILLAS.....	285
4.1.3.2. SOCAVACION DE PUENTES Y PONTONES.....	286
4.1.3.2.1 SOCAVACION DE GENERAL.....	286
4.1.3.2.2. SOCAVACION LOCAL.....	288
5.1. DISCUSIONES.....	289
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	291
5.1. CONCLUSIONES.....	291
5.2. RECOMENDACIONES.....	293

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

ANEXOS

N°01: COEFICIENTE DE PÉRDIDA AL INGRESO DE ALCANTARILLA

N°02: CONSTANTE PARA ECUACIONES DE DISEÑO CON CONTROL DE INGRESO-
NUMERO DE ESQUEMA Y ESCALAS

N°03: CARACTERISTICAS DE ALCANTARILLAS COMERCIALES

N°04: PANEL FOTOGRAFICO

N°05: FICHA DE CAMPO DE OBRAS DE ARTE

N°06: MANUAL PROGRAMA HIDRAULICA UNSCH

N°07: MANUAL DEL PROGRAMA JHC-ING. AGRICOLA

N°08: PLANOS

INDICE DE TABLAS

CAPITULO II: REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

Tabla N°2.0: Número de Curva en función del uso del suelo y del grupo hidrológico del suelo para condiciones antecedentes de Humedad II ($I_a=0.2S$).....	29
Tabla N°2.1: Factores de influencia para el rendimiento de la alcantarilla.....	48
Tabla N°2.2: Inclinação máxima del talud (V: H) interior de la cuneta.....	73
Tabla N°2.3: Dimensiones Mínimas.....	76
Tabla N°2.4: Coeficiente para la Socavación a la salida de una alcantarilla (Materiales No Cohesivos).....	91
Tabla N°2.5: Coeficiente C_h para altura sobre el lecho.....	92
Tabla N°2.6: Coeficiente C_s para pendiente de la alcantarilla.....	92
Tabla N°2.7: Coeficientes para desagüe de fondo de la alcantarilla en suelos cohesivos.....	94
Tabla N°2.8: Coeficiente de Contracción (μ).....	98
Tabla N°2.9: Coeficiente Correctivo P_α en función de α	104
Tabla N°2.10: Coeficiente Correctivo P_q en función de $Q1/Q$	104
Tabla N°2.11: Coeficiente Correctivo P_R en función de R	104

CAPITULO III: MATERIALES Y METODOS

Tabla N°3.1: Valores Máximos Admisibles Recomendados de Riesgo Admisible de Obras Drenaje.....	109
Tabla N°3.2: Inclinação máxima de talud (V: H) interior de la cuneta.....	179
Tabla N°3.3: Dimensiones mínimas de cuneta.....	180

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES

Tabla N°4.0.Valores Periodo de Retorno de Obras Drenaje.....	190
Tabla N°4.1.Ubicacion y Área de Cuencas Principales.....	190
Tabla N°4.2.Características Geométricas de las Cuencas Principales.....	191
Tabla N°4.3.Precipitacion Máxima en 24 horas (mm)-Distribución Log Pearson Tipo III.....	192
Tabla N°4.4.Precipitacion Máxima en 24 horas (mm)- Distribución Log Pearson Tipo III.....	194
Tabla N°4.5.Precipitacion Máxima en 24 horas (mm)- Distribución Gumbel Tipo I.....	195
Tabla N°4.6.Prueba de Kolmogorov-Smirnov Distribución Perason Tipo III.....	197
Tabla N°4.7.Prueba de Kolmogorov- Smirnov Distribución Log Perason Tipo III.....	198
Tabla N°4.8.Prueba de Kolmogorov- Smirnov Distribución Gumbel.....	199
Tabla N°4.9.Resumen de la Prueba de Ajuste Kolgomorov –Smirnov.....	199
Tabla N°4.10.Precipitacion máxima Corregida por intervalo Fijo de Observación.....	200
Tabla N°4.11.Resultados del Ajuste de Regresión.....	200
Tabla N°4.12.Resumen del Coeficiente de Escorrentia.....	202
Tabla N°4.13.Resumen General Caudales Maximo-Metodo Racional.....	203
Tabla N°4.14.Resumen General Caudales Máximo Hidrograma Unitario Triangular.....	204
Tabla N°4.15.Caudal Máximo Alcantarillas Secundarias.....	207
Tabla N°4.16.Comparacion de las Características Hidráulicas del Programa H-Canales y Ing.Agricola-Unsch.....	214
Tabla N°4.17.Comparacion de Tirante Normal y Crítico con el programa HY-8 y JHC-7.....	249
Tabla N°4.18.Comparacion de HWi con HY-8 –Cartas de Diseño –JHC-7.....	249
Tabla N°4.19. Ubicación de las Alcantarillas Principales Proyectados.....	250

Tabla N°4.20. Diseño Alcantarillas TMC con "HYDROCVLV".....	250
Tabla N°4.21. Resumen de Diseño de Alcantarillas Secundarias.....	252
Tabla N°4.22. Relación de Cunetas Proyectadas.....	254
Tabla N°4.23. Caudales Máximo para Badén Existente.....	256
Tabla N°4.24. Caudales Máximo para Puentes y Pontones Existentes.....	257
Tabla N°4.25. Capacidad de Puentes y Pontones Existentes.....	258
Tabla N°4.26. Dimensiones de Estructuras en Régimen Critico.....	258
Tabla N°4.27. Capacidad de Descarga de Puentes y Pontones a Reemplazar.....	258
Tabla N°4.28. Modelamiento Hidráulico Puente Lulichuco KM: 60+161 (L=12m).....	260
Tabla N°4.29. Modelamiento Hidráulico Pontón de Cajiques KM: 62+671 (L=6.0m).....	262
Tabla N°4.30. Modelamiento Hidráulico Puente Las Gamarras KM: 74+205 (L=12m).....	264
Tabla N°4.31. Modelamiento Hidráulico Pontón San Miguel KM: 75+062 (L=6 m).....	266
Tabla N°4.32. Resumen General Socavación de las Alcantarillas.....	267
Tabla N°4.33. Socavacion del Pontón San Miguel KM: 75+062.....	269
Tabla N°4.34. Socavacion Local de los Estribos Pontón San Miguel KM: 75+062.....	270
Tabla N°4.35. Resumen General de Socavación de Puentes y Pontones en el Tramo I de la carretera San Marcos.....	270

INDICE FIGURAS

Fig. 2.1: EL CICLO HIDROLOGICO, INDICANDO LA PROPORCION MEDIA GLOBAL ENTRE LOS DIFERENTES PROCESOS, TOMANDO COMO REFERENCIA LA PRECIPITACION SOBRE LA TIERRA IGUAL A 100.....	6
Fig. 2.2: DELIMITACION DE UNA CUENCA.....	7
Fig. 2.3: FORMA DE UNA CUENCA.....	10
Fig. 2.4: TRASFOMACION DE UNA CUANCA EN UN RECTANGULO.....	11
Fig. 2.5: ORDEN DE LAS CORRIENTES DE UNA CUENCA.....	16
Fig. 2.5: HIDROGRAMA ADIMENSIONAL DEL SCS.....	39
Fig. 2.6: ALINEAMIENTO HORIZONTAL DE ALCANTARILLA.....	43
Fig. 2.7: FORMA DE ALCANTARILLA.....	46
Fig. 2.9: CUADRO TIPOS DE ENTRADA USUALES(ESQUEMATICO).....	47
Fig. 2.10: CONTRACCION A LA ENTRADA (ESQUEMATICO).....	48
Fig. 2.11: ENTRADAS CON ALAS Y MURO FRONTAL SIN CAIDA.....	48
Fig. 2.12: ENTRADAS CON ALAS Y MURO FRONTAL CON CAIDA.....	48
Fig. 2.13: UBICACIÓN DE LAS SECCIONES TRANSVERSAL PARA EL ANALISIS EN UNA ALCANTARILLA.....	49
Fig. 2.14: SECCION DE FLUJO PARA CONTROL DE INGRESO.....	53
Fig. 2.15: TIPOS DE CONTROL DE INGRESO.....	55
Fig. 2.16: CONTRACCION DE FLUJO PARA VARIOS ALCANTARILLAS DE INGRESO.....	56
Fig. 2.17: BORDES BISELADOS.....	57
Fig. 2.18: CONTRACCION DEL FLUJO DE BORDE RECTANGULAR Y BORDE BISELADO...	58

Fig. 2.19: CURVA DE CONTROL DE INGRESO.....	59
Fig. 2.20: SECCION DE CONTROL DE SALIDA.....	63
Fig. 2.21: TIPOS DE CONTROL DE SALIDA.....	65
Fig. 2.22: ALCANTARILLA A FLUJO LLENO CON LINEAS DE GRADIENTE DE ENERGIA E HIDRAULICA.....	66
Fig. 2.23: VELOCIDAD DE SALIDA EN EL CONTROL DE INGRESO.....	70
Fig. 2.24: VELOCIDAD DE SALIDA EN EL CONTROL DE SALIDA.....	71
Fig. 2.25: CURVA DE RENDIMIENTO DE LA ALCANTARILLA.....	72
Fig. 2.26: CURVA DE RENDIMIENTO.....	72
Fig. 2.27: CURVA DE RENDIMIENTO CON CALZADA DESBORDADA.....	75
Fig. 2.28: SECCION TIPICA DE CUNETA TRIANGULAR.....	81
Fig. 2.29: DETALLE TIPICO DE ZANJA DE CORONACION.....	86
Fig. 2.30: ZANJA DE CORONACION EN PENDIENTE MUY PRONUNCIADA.....	87
Fig. 2.31: ESQUEMA DE UN BADEN.....	91
Fig. 2.32: SECCION HIDRAULICA DE UN PONTON.....	95
Fig. 2.33: HOYO DE SOCAVACION EN LA SALIDA DE UNA ALCANTARILLA.....	99
Fig. 2.33: SECCION TRANSVERSAL DEL CAUCE.....	108
Fig. 2.35: ALGUNOS CASOS DE OBSTRUCCION DE ESTRIBOS.....	114
Fig. 2.36: INTERSECCION DEL FLUJO POR LOS ESTRIBOS.....	115
Fig. 3.0: NORMAS ESPAÑOLAS.....	121
Fig. 3.1: ALCANTARILLA DE FORMA CIRCULAR.....	156
Fig. 3.2: ALCANTARILLA DE FORMA ELIPSE HORIZONTAL.....	159
Fig. 3.3: ALCANTARILLA DE FORMA ARCO.....	162

Fig. 3.4: ALCANTARILLA DE FORMA ABOVEDADO.....	164
Fig. 3.5: ALCANTARILLA DE FORMA ARCO PERFIL ALTO.....	170
Fig. 3.6: SECCION TIPICA DE CUNETA TRIANGULAR.....	180
Fig. 4.0: HISTOGRAMA DE PRECIPITACION MAX. 24 H ANUALES.....	191
Fig. 4.1: HISTOGRAMA DE PRECIPITACION MAX. DIARIAS.....	192
Fig. 4.4: CURVA INTENSIDAD, DURACION Y FRECUENCIA.....	202
Fig. 4.5: CAUDAL MAXIMO – METODO RACIONAL (KM: 61+220).....	203
Fig. 4.6: CAUDAL MAXIMO – METODO HIDRAGRAMA TRIANGULAR (Tr=143 AÑOS).....	204
Fig. 4.7: GRAFICO HIDRAGRAMA UNITARIO TRIANGULAR (Tr=143 AÑOS).....	205
Fig. 4.8: CAUDAL MAXIMO – METODO HIDRAGRAMA TRIANGULAR (Tr=500 AÑOS).....	205
Fig. 4.9: GRAFICO HIDRAGRAMA UNITARIO TRIANGULAR (Tr=500 AÑOS).....	206

I. INTRODUCCIÓN

La presente tesis hace referencia a las relaciones existentes entre las precipitaciones y el flujo superficial y el empleo de esta relación en la solución de problemas existentes con respecto al flujo de agua que cruzan las vías terrestres y que afectan la transitabilidad de las carreteras. El objetivo de la presente tesis es el mejoramiento del sistema de drenaje de las estructuras existente o en todo caso proponer una nueva que conducen el flujo superficial que atraviesan las carreteras.

Es importante en el ámbito de la ingeniería hidráulica tener conocimiento de los problemas que tienen que afrontar la mayoría de caminos y carreteras de nuestro país debido a su accidentada geografía, la importancia que tiene la aplicación de los métodos en la solución de los problemas de hoy en día, por otro lado la gran importancia que tiene también la aplicación de software y el

conocimiento de su funcionamiento en la solución del cálculo numérico que hace que se ahorre tiempo valioso en la búsqueda de resultados.

En cuanto a la metodología empleada, en la presente Tesis, como primer paso se ha recolectado información básica, así como los registros proporcionados por instituciones reconocidas, las cuales se complementan para luego ser evaluadas y procesadas, del cual se obtienen resultados que servirán para el diseño y evaluación del sistema de drenaje y el planteamiento de una propuesta de solución del problema.

El siguiente trabajo consta de 4 capítulos en los cuales se abarcan diferentes aspectos que nos hacen comprender la importancia del tema en estudio, así pues el capítulo I abarca el tema de aspectos generales del proyecto, el capítulo II menciona y describe el marco teórico respecto a los temas de interés para el proyecto, el capítulo III detalla la metodología empleada en el procesamiento de la información, el capítulo IV detalla los respectivos resultados por último las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

Cabe señalar que el marco conceptual en el que se desarrolla esta Monografía Técnica es el "DISEÑO HIDRAULICO DE DRENAJE EN LA CARRETERA SAN MARCOS TRAMO I (KM: 58+770 A 75+450), CAJABAMBA, CAJAMARCA, 2015"

1.1 Antecedentes

El expediente final del proyecto "Estudio Definitivo para el Mejoramiento de la Carretera San Marcos Tramo –I, Cajabamba, Cajabamba, Cajamarca", fue realizado en 4 de marzo del 2015. Este proyecto será ejecutado en enero del

2016 por PROVIAS DESCENTRALIZADO del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

El fenómeno del Niño de 1997 y 2016 de las intensas lluvias que han producido en la zona, durante los meses de febrero y marzo del año se han producido en la zona, durante los meses de febrero y Marzo del año de 2015, han ocasionado daños de consideración en diferentes tramos de la carretera San Marcos específicamente en el Tramo-I.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivos general

Realizar un adecuado dimensionamiento de las diferentes estructuras hidráulicas de drenaje en el "TRAMO I (KM: 58+770 A 75+450) de la carretera SAN MARCOS, CAJABAMBA, CAJAMARCA, 2015"

1.2.2 Objetivos específicos

De los objetivos generales anteriores se concretan con los siguientes aspectos.

1. Realizar el estudio hidrológico, incorporando técnicas de hidrograma unitario, método racional y hasta la elaboración de un programa en lenguaje de programación de **MATLAB** para el sustento hidrológico de las capacidades hidráulicas de estructuras existentes en el tramo de la carretera.
2. Realizar el diseño hidráulico para obras de drenaje (Longitudinal y Transversal) en carreteras, considerando como aspecto importantes la determinación de tirante normal, Tirante Critico, Perfil Hidráulico y pérdida de carga hidráulica, hasta la elaboración

de un pseudocódigo realizado en MATLAB para diferentes secciones de alcantarillas (Circular, Elipse Horizontal, Elipse Vertical, Abovedado, Arco, Arco Perfil Alto y Arco Perfil Bajo) y secciones de Cunetas (Rectangular, Triangular con talud de Corte, Trapezoidal y Circular) y realizar un modelamiento hidráulico en las diferentes estructuras hidráulicas de drenaje en cauces definidos mayores e iguales a 6m de longitud transversal de la carretera mediante el programa HEC-RAS 4.1.0.

3. Realizar los cálculos de hidráulica fluvial como la socavación general y local para obras de drenaje transversal de la carretera como medida de protección.

1.3 Justificación

El análisis hidráulico para el drenaje de carreteras, considerando para ello todas las etapas a desarrollarse que permitan el correcto diseño del sistema de drenaje de carreteras considerando la instalación adecuada de las estructuras hidráulicas a instalarse. Para ello se utilizarán técnicas numéricas hidrológicas idóneas para cada una de las estructuras hidráulicas desde el método racional. La parte hidráulica contemplará el diseño de una alcantarilla, badenes, pontones, cunetas y subdrenajes. Finalmente será necesaria la realización de un programa en el lenguaje de programación de MATLAB para el sustento hidráulico de algunas estructuras existentes en el TRAMO I de la carretera de SAN MARCOS. La aplicación del sistema de información geográfica permita ahorrar tiempo y recurso en la correcta asignación de áreas de drenaje y perfiles de quebradas.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Estudio hidrológico

Villon B. M (2011). La hidrología es ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente incluyendo a los seres vivos.

2.1.1 Importancia y ámbito de aplicación

Rubén Villodas (Universidad Nacional de Cuyo 2008). El agua desarrolla funciones básicas en casi todos los ámbitos de la vida, ya sea como alimento, parte constituyente de los organismos, elemento esencial en la fotosíntesis de los vegetales, medio de transporte, vehículo de energía, regulador de la energía en el balance térmico de la tierra y elemento modelador del paisaje.

2.2 Ciclo Hidrológico

Ven T. C. (1994, por Mc Graw –Hill Interamericana, S.A). En la tierra, el agua existe en un espacio llamado hidrosfera, que se extiende desde unos 15 kilómetros por debajo de la litosfera o corteza terrestre. El agua circula en la hidrosfera a través de un laberinto de caminos que constituyen el ciclo hidrológico.

El ciclo hidrológico es el foco central de la hidrología. El ciclo no tiene principio ni fin y sus diversos procesos ocurren en forma continua. Se muestra en forma esquemática como el agua se evapora desde los océanos y desde la superficie terrestre volverse parte de la atmosfera ; el vapor de agua se transporta y se eleva en la atmosfera hasta que se condensa y precipita sobre la superficie terrestre a los océanos; el agua precipitada puede ser interceptada por la vegetación, convertirse en flujo superficial sobre el suelo , infiltrarse en el correr a través del suelo como flujo superficial y descargar en los ríos como escorrentía superficial. La mayor parte del agua interceptada y de escorrentía superficial regresa en la atmosfera mediante la evaporación. El agua precipitada puede ser interceptada por la vegetación, convertirse en flujo superficial sobre el suelo, infiltrarse en él, correr a través del suelo como flujo subsuperficial y descarga en los ríos como escorrentía superficial. La mayor parte del agua interceptada y de escorrentía superficial regresa a la atmosfera mediante la evaporación. El agua infiltrada puede percollar profundamente para recargar el agua subterránea de donde emerge un manantial o se desliza hacia ríos para formar la escorrentía superficial, y finalmente fluye hacia el mar o se evapora en la atmosfera a medida que el ciclo hidrológico continúa.

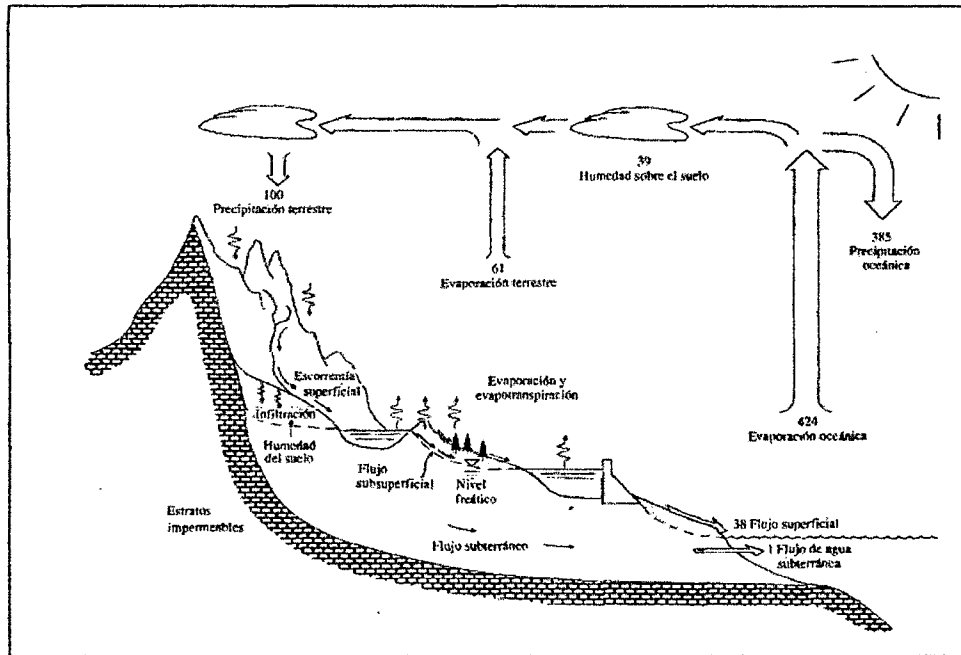


Figura N°2.1: El ciclo hidrológico, indicando la proporción media global entre los diferentes procesos, tomando como referencia la precipitación sobre la tierra igual a 100

2.3 Estudio de una cuenca hidrológica

2.3.1 Cuenca hidrológica

Villon B. M. (2011). La cuenca de drenaje de una corriente es el área de terreno donde toda la agua caída por precipitación, se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida para cada punto de su recorrido.

2.3.2 Delimitación de una cuenca

Villon B. M. (2011). La delimitación de una cuenca, se hace sobre un plano o mapa a curvas de nivel siguiendo las líneas de divortium aquarium (parteaguas), la cual es una línea imaginaria, que divide a las cuencas adyacentes y distribuye el escurrimiento originado por la precipitación, que en

Numéricamente la elevación media de la cuenca se obtiene con la siguiente ecuación:

$$E_m = \frac{\sum a * e}{A}$$

Dónde:

E_m : Elevación media

a : Área entre dos contornos

e : Elevación media entre dos contornos

A : Área total de la cuenca.

2.3.5 Índices representativos

2.3.5.1 Índice o factor de forma de la cuenca (F)

Villon B. M. (2002). Esta característica es importante pues se relaciona con el tiempo de concentración, o sea el tiempo que demora en llegar el agua desde el lugar más remoto al punto de desagüe.

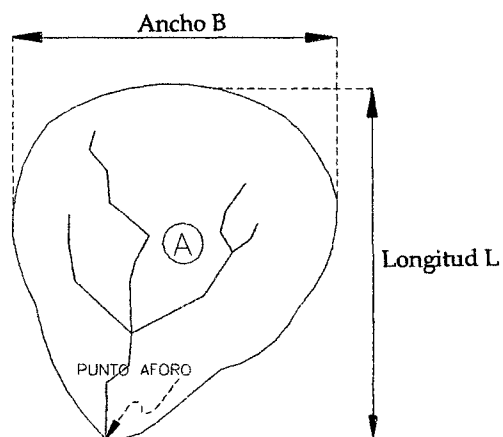


Figura N°2.3: Factor de forma de la cuenca

$$F_L = \frac{A_m}{L} = \frac{\frac{A}{L}}{L} = \frac{A}{L^2}$$

2.3.5.2 Coeficiente de compacidad

Villon B. M. (2002). Índice de Gravelius (k_c), el índice de compacidad de una cuenca, definida por Gravelius, expresa la relación entre el perímetro de la cuenca, y el perímetro equivalente de una circunferencia que tiene la misma área de la cuenca.

$$K = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

El índice de compacidad, trata de expresar la influencia del perímetro y el área de una cuenca es la esorrentía, particularmente en las características del hidrogramas. Si $K=1$, la cuenca será de forma circular, por lo general, para cuencas alargadas se espera que Si $K>1$. La cuenca de forma alargada, reduce las probabilidades, de que sean cubiertas en su totalidad por una tormenta, lo que afecta el tipo de respuesta que se presenta en el río.

2.3.6 Rectángulo equivalente

Villon B. M. (2002). El rectángulo equivalente es una transformación geométrica, que permite representar a la cuenca de su forma heterogénea con la forma de un rectángulo, que tiene la misma área y perímetro (y por lo tanto el mismo índice de compacidad o índice de Gravelius), igual distribución de alturas (y por lo tanto igual curva hipsométrica), e igual distribución de terreno, en cuanto a sus condiciones de cobertura. En este rectángulo, las curvas de nivel se convierten en rectas paralelas al lado menor, siendo estos lados, la primera y última curva de nivel.

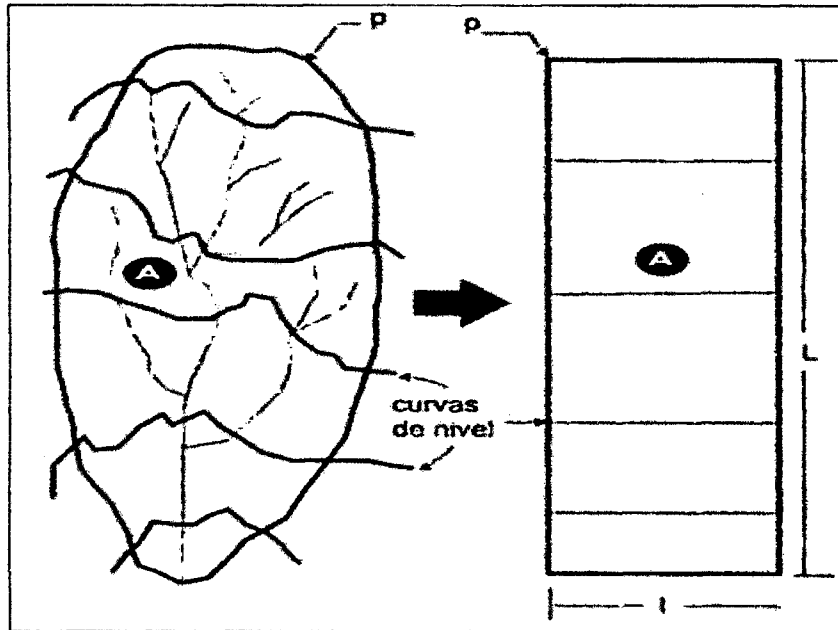


Figura N°2.4: Transformación de una Cuenca en un Rectángulo

$$L = \frac{K_c \sqrt{\pi A}}{2} \left[1 + \sqrt{1 - \frac{4}{\pi K^2}} \right]$$

$$l = \frac{K_c \sqrt{\pi A}}{2} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4}{\pi K^2}} \right]$$

Dónde:

L : Lado mayor del Rectángulo

l : Lado menor del Rectángulo

Kc : Coeficiente de Compacidad

A : Área de la Cuenca

2.3.7 Pendiente de la cuenca

Villon B. M. (2002). La pendiente de una cuenca, es un parámetro muy importante en el estudio de toda cuenca, tiene una relación importante y compleja con la infiltración, la escorrentía superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea a la escorrentía. Es uno de los factores

$$S = \frac{H}{L}$$

S : Pendiente de la cuenca

H : Desnivel total (cota en la parte más alta – cota en la estación de aforo)

L : Lado mayor del rectángulo equivalente, en km

Este criterio, no proporciona un valor significativo de la pendiente de la cuenca, pero puede tomarse como una aproximación.

2.3.8 Pendiente del cauce

Villon B. M. (2011). El conocimiento de la pendiente del cauce principal de una cuenca es un parámetro importante, en el estudio del comportamiento del recurso hídrico, como por ejemplo.

Para la determinación de las características óptimas de su aprovechamiento hidroeléctrico, o en la solución de problemas de inundaciones.

En general, la pendiente de un tramo de un cauce de un río, se puede considerar como el cociente que resulta de dividir, el desnivel de los extremos del tramo, entre la longitud horizontal de dicho tramo.

Existen varios métodos para obtener la pendiente de un cauce, entre los que pueden mencionar:

2.3.9 Propiedad de la red hídrica

2.3.9.1 Red de drenaje

Villon B. M. (2011). La red de drenaje de una cuenca, refiere a las trayectorias o al arreglo que guardan entre sí, los cauces de las corrientes naturales dentro de ella. Es otra característica importante en el estudio de una cuenca, ya que manifiesta la eficiencia del sistema del drenaje en el escurrimiento resultante,

es decir la rapidez con que desaloja la cantidad de agua que recibe. La forma de drenaje, proporciona también indicios de condiciones del suelo y de la superficie de la cuenca. Las características de una red de drenaje, pueden describirse principalmente de acuerdo con:

- El orden de las Corrientes
- Longitud de los Tributarios
- Densidad de Corriente

A. Orden de las corrientes

Villon B. M. (2011). Antes de hablar del orden de las corrientes, conviene ver su clasificación. Todas las corrientes pueden dividirse en tres clases generales dependiendo del tipo de escurrimiento, el cual está relacionado con las características físicas y condiciones climáticas de la cuenca.

Así, una corriente puede ser efímera, intermitente o perenne.

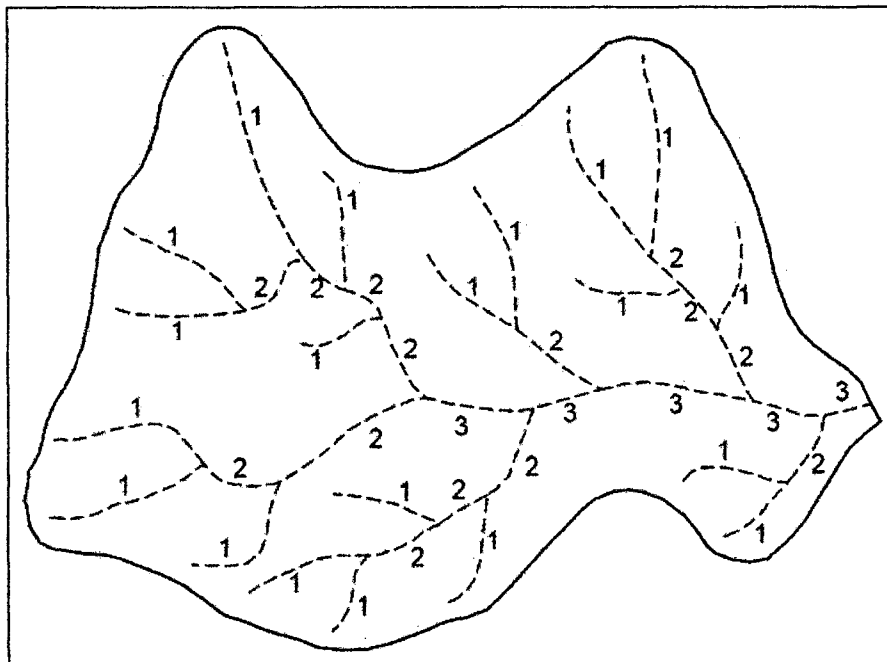


Figura N°2.5: Orden de las Corrientes de una Cuenca

L : Longitud del curso principal en kilómetros.

S : Pendiente a lo largo del cauce en m/m.

FORMULA DE BRANSBY WILLIAMS.

$$T_c = 0.2433 \frac{L}{A^{0.1} S^{0.2}}$$

Dónde:

Tc : Tiempo de concentración en horas.

L : Longitud del curso principal en kilómetros.

A : Área de cuenca en Km².

S : Pendiente a lo largo del cauce en m/m.

2.4 Estadística hidrológica

2.4.1 Distribución teóricas

Villon.B.M (2011). El análisis de frecuencias tiene la finalidad de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, según sea el caso, para diferentes periodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos que pueden ser discretos o continuos.

En la estadística existen diversas funciones de distribución de probabilidad teóricas de las cuales las más recomendadas son:

2.4.1.1 Distribución Pearson tipo III

La función de densidad de probabilidad es la siguiente:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha_1 \Gamma(\beta_1)} \left[\frac{x - \delta_1}{\alpha_1} \right]^{\beta_1 - 1} e^{-\frac{x - \delta_1}{\alpha_1}}$$

Dónde:

$\alpha_1, \beta_1, \delta_1$ = Parámetros de la función

$\Gamma(\beta_1)$ = Función Gamma

Los parámetros $\alpha_1, \beta_1, \delta_1$ se evalúan a partir de los datos de intensidad observada (en este caso estimada a partir de lluvia máxima de 24 horas), mediante el siguiente sistema de ecuaciones.

$$x = \alpha_1 \beta_1 + \delta_1$$

$$S^2 = \alpha^2 \beta_1$$

$$\gamma = \frac{2}{\sqrt{\beta_1}} \text{ Dónde:}$$

\bar{x} = Es la media de los datos

S^2 = Varianza de los datos

γ = Coeficiente de sesgo, definido como:

$$\gamma = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^3}{S^3} \pi r^2$$

La función de distribución de probabilidad es:

$$F(x) = \frac{1}{\Gamma(\beta_1)} \int_0^x e^{-\left(\frac{x-\delta_1}{\alpha_1}\right)} \left(\frac{x-\delta_1}{\alpha_1}\right)^{\beta_1-1} dx$$

Sustituyendo

$y = \frac{x - \delta_1}{\alpha_1}$, la ecuación anterior se escribe como:

$$F(y) = \frac{1}{\Gamma(\beta_1)} \int y^{\beta_1-1} e^{-y} dy$$

Esta última ecuación es una función de distribución chi-cuadrado con $2\beta_1$ grados de libertad y también $X^2 = 2y$, es decir:

$$F(y) = F(X^2 | v) = F_{X^2}(2y | 2\beta_1)$$

La función chi-cuadrado se encuentra en tablas estadísticas.

2.4.1.2 Distribución log – Pearson tipo III

La función de densidad de probabilidad es la siguiente:

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

Para:

$$x_0 \ll x < \infty$$

$$-\infty \ll x < \infty$$

La función de distribución acumulada es la siguiente:

$$F(x) = \int_{x_0}^x \frac{(x - x_0)^{\gamma-1}}{\beta^\gamma \Gamma(\gamma)} e^{-\left(\frac{x-x_0}{\beta}\right)} dx$$

La variable reducida y Pearson Tipo III es:

$$y = \frac{x - x_0}{\beta}$$

La función acumulada Pearson Tipo III reducida es:

$$G(y) = \int_0^y \frac{e^{\gamma-1} y^{\gamma-1}}{\Gamma(\gamma)} dy$$

Lo cual tiene como parámetro γ , y cuya variable aleatoria tiene origen en $y=0$

$$0 \leq x = x_0$$

2.4.1.3 Distribución de gumbel

Supóngase que se tienen N muestras, cada una de las cuales contiene “ n ” eventos. Si se selecciona el máximo “ x ” de los “ n ” eventos de cada muestra, es posible demostrar que, a medida que “ n ” aumenta, la función de distribución de probabilidad de “ x ” tiende a:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

La función de densidad de probabilidad es:

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

Donde α y β son los parámetros de la función.

Los parámetros α y β , se estiman para muestras muy grandes, como:

$$\alpha = \frac{1.2855}{S}$$

$$\beta = \bar{x} - 0.45S$$

Para muestras relativamente pequeñas, se tiene:

$$\alpha = \frac{\delta_y}{S}$$

$$\beta = \bar{x} - \frac{\mu_y}{\alpha}$$

Los valores de μ_y y σ_y se encuentra en tablas estadísticas.

2.4.2 Prueba de bondad de ajuste

Villon.B.M (2011). Consiste en comprobar gráficamente y estadísticamente, si la frecuencia empírica de la serie analizada, se ajusta a una determinada función de probabilidades teóricas seleccionada a priori, con los parámetros estimados con base en los valores muestrales. Las pruebas estadísticas, tiene por objetos medir la certidumbre que se obtiene al hacer un a hipótesis estadística sobre la población, es decir, calificar el hecho de suponer que una variable aleatoria, se distribuya según una cierta función de probabilidades.

2.4.2.1 Prueba de smirnov - kolmogorov

Consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D entre la función de distribución de probabilidad observada $F_o(X_m)$ y la estimada $F(X_m)$

$$D = \max |F_o(X_m) - F(X_m)|$$

Con un valor crítico d que depende del número de datos y el nivel de significación seleccionado.

La función de distribución de probabilidad observada se calcula como:

$$F_o(X_m) = 1 - \frac{m}{n+1}$$

Donde m es el número de orden del dato X_m en una lista de mayor a menor y n es el número total de datos.

2.5 Corrección por intervalo fijo de observación

L.L. Weiss. Los resultados de un análisis probabilístico llevado a cabo con lluvias máximas anuales tomadas de un intervalo de observación único y fijo, para cualquier duración comprendida entre 1 y 24 horas, al ser incrementadas en un 13%, conducían a magnitudes más aproximadas a las obtenidas en el análisis basado en lluvias máximas verdaderas.

Con esta corrección la lluvia representativa se convierte en la lluvia máxima en 24 horas de determinado período de retorno. Esto se hace por que los registros de lluvias máximas diarias son tomados de 8 am de un día a 8 am del día siguiente.

2.6 Estudio de tormenta de diseño

Se entiende por tormenta al conjunto de lluvias que obedecen a una misma perturbación meteorológica y de características bien definidas. De acuerdo a

esta definición una tormenta puede durar desde unos pocos minutos hasta varias horas y aún días. Las tormentas de diseño pueden basarse en información histórica de precipitación en un sitio o pueden construirse utilizando las características generales de la precipitación en regiones adyacentes. El análisis de las tormentas está íntimamente relacionado con los cálculos o estudios previos al diseño de obras de ingeniería hidráulica para ello se debe saber su intensidad por unidad de tiempo y el tiempo de duración que determina las dimensiones de la obra, y la frecuencia con que se presenta una determinada tormenta.

2.6.1 Curvas intensidad duración y frecuencia

Aparicio. El diseño hidráulico de las obras de drenaje requiere el uso de las llamadas curvas Intensidad – Duración – Frecuencia de lluvias (IDF). Estas relaciones presentan la variación de la intensidad de la lluvia de distintas duraciones, asociadas a diferentes probabilidades de ocurrencia, siendo necesarias para estimar indirectamente el escurrimiento proveniente en función de la lluvia caída.

Las curvas de intensidad-duración-frecuencia se han calculado indirectamente, mediante la siguiente relación:

$$I = \frac{KT^m}{(d+c)^n}$$

Dónde: k, m, n y c son constantes que se calculan mediante un análisis de correlación lineal múltiple

Si se toman los logaritmos de la ecuación anterior se obtiene:

$$\text{Log}(I) = \text{Log}(K) + m\text{Log}(T) - n\text{Log}(d + c)$$

O bien:

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2$$

Dónde:

$$Y = \text{Log}(I), \quad a_0 = \text{Log}(K), \quad a_1 = m, \quad X_1 = \text{Log}(T)$$

$$a_2 = -n, \quad X_2 = \text{Log}(d + c)$$

La ecuación (i) es la de una familia de líneas rectas de pendiente a_2 , ordenada al origen a_0 y espaciamiento a_1 .

2.6.1.1 Ecuación de Frederick Bell

La formulación matemática obtenidas por Frederick Bell indican que las razones entre lluvias de distinta duración o distinto período de retorno, llamadas coeficientes de duración y coeficientes de frecuencia, respectivamente, son muy constantes para todos los puntos indicados. La expresión de cálculo propuesta es:

$$P_d^T = [0.21 \cdot \text{Ln}(d) + 0.52] [0.54d^{0.25} - 0.5] P_{60}^{10}$$

Dónde:

P_d^T = Lluvia, (mm); duración, (min); y T, (años).

T = Período de retorno, (años).

d = Duración de la lluvia, (min).

Finalmente, la Intensidad correspondiente a dicha precipitación queda dada por:

$$i(\text{mm/hr}) = \frac{P_d^T}{d/60}$$

De esta forma se obtiene una relación entre la intensidad de precipitación, la duración y el Período de Retorno, obtenida a partir de una lluvia de una hora de duración, correspondiente a 10 años período de retorno. La dificultad en este caso es determinar este último parámetro, sin embargo, en el país es más común contar con Coeficientes Observados para precipitaciones de 1 hora de duración en relación a 24 horas que con información pluviográfica en una determinada región.

2.7 Tasas de infiltración

La infiltración es un proceso muy complejo que puede describirse mediante ecuaciones matemáticas solo en forma aproximada. La infiltración es el proceso mediante el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo. Existen muchos factores que influyen la tasa de infiltración como por ejemplo: la condición de la superficie del suelo y su cubierta vegetal, las propiedades del suelo tales como la porosidad, la conductividad hidráulica y el contenido de humedad. En el presente tema se muestra tres métodos para calcular la tasa de infiltración.

2.7.1 Modelo del número de curva del SCS

Villon. B.M (Hec-Hms). Este modelo desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de los Estados Unidos, usa el número de curva (CN), el cual es un parámetro empírico estimado de la combinación del tipo de suelo, cobertura vegetal y la condición de humedad antecedente del suelo

(AMC). Este método son utilizados para estimar la precipitación neta o precipitación en exceso (P_e), a partir de los datos de precipitación (P) otros parámetros de la cuenca de drenaje que se traducen en el número de curva (CN).

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

Dónde:

P_e : Precipitación en exceso, (mm).

P : Precipitación de la tormenta, (mm).

I_a : Abstracción inicial, (mm).

S : Retención potencial máxima, una medida de la capacidad de una cuenca para resumir y retener la precipitación de la tormenta, (mm).

Además se debe saber la siguiente relación:

$$I_a = 0.2S$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Luego

$$I_a = \frac{5080}{CN} - 50.8$$

Luego reemplazando en la ecuación inicial se tiene

$$P_e = \frac{[CN(P + 50.8) - 5080]^2}{CN[CN(P - 203.2) + 20320]}$$

Grupo hidrológico del suelo

Para aclarar los conceptos de los parámetros, de la cual depende del CN es necesario definir el grupo hidrológico del suelo, los cuales pueden ser:

- **GRUPO A**, Tiene bajo potencial de escorrentía, es decir altas tasas de infiltración y están constituidas por arenas o gravas profundas, su valor varía de 7.62-11.43 m/hr.
- **GRUPO B**, Tiene un moderado bajo potencial de escorrentía, es decir suelos que tienen tasas de infiltración moderada y están constituidos en suelos profundos de textura moderadamente finas a moderadamente gruesas. Su valor varía de 3.81 – 7.62 m/hr.
- **GRUPO C**, Tiene un moderado alto potencial de escorrentía, es decir suelos que tienen tasas de infiltración bajas y están constituido en suelos con un estrato que impide el movimiento del agua con una textura que va moderadamente fina a fina, su valor varía de 1.27-3.81 m/hr.
- **GRUPO D**, Son suelos de alto potencial de escurrimiento, de tasas de infiltración muy bajas cuando están completamente mojados están formados mayormente por suelos arcillosos con alto potencial de esponjamiento, suelos con índice de agua permanentemente alto, suelos superficie sobre material casi impermeable.
Estos suelos tienen una tasa muy baja de transmisión del agua su valor varia de 0-27 m/hr.

Tabla N° 2.1: Números de Curva en función del uso del suelo y del grupo hidrológico del suelo para Condiciones Antecedentes de Humedad II

Descripción del Uso de la Tierra	Grupo Hidrológico del Suelo			
	A	B	C	D
Tierra Cultivada: Sin tratamiento de conservación	72	81	88	91
con tratamientos de conservación	62	71	78	81
Pastizales: Condiciones pobres	68	79	86	89
Condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de Ríos: Condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques: troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas,	45	66	77	83
cubierta buena	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.				
óptimas condiciones: cubiertas de pasto en un 75% o más	39	61	74	80
condiciones apreciables: cubierta de pasto en el 50% al 75%	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)	89	92	94	95
Distritos industriales (72 % impermeables)	81	88	91	93
Residencial:				
Tamaño Promedio del Lote	Porcentaje Promedio Impermeable			
1/8 acre o menos	65	77	85	90
1/4 acre	38	61	75	83
1/3 acre	30	57	72	81
1/2 acre	25	54	70	80
1 acre	20	51	68	79
Parqueaderos, pavimentados, techos, accesos, etc.	98	98	98	98
Calles y Carreteras:				
Pavimentos con cunetas y alcantarillados	98	98	98	98
Grava	76	85	89	91
Tierra	72	82	87	89

Para una cuenca que consiste en varios tipos de suelo y usos de terreno, el número de curva compuesto es calculado como:

$$CN_{(\text{compuesto})} = \frac{\sum (A_i)(NC_i)}{\sum (A_i)}$$

Dónde:

$NC_{\text{compuesto}}$: NC compuesto usado para los cálculos del volumen de escorrentía.

A_i : Área de drenaje de la subdivisión i .

i : Índice de subdivisiones de la cuenca, por uso uniforme del terreno y tipo de suelo.

NC_i : NC para la subdivisión i .

2.8 Caudal máximo de diseño

El primer paso que debe darse para proyectar un sistema de drenaje es estimar el caudal máximo que va a tener que descargar. Para ello existen diversos procedimientos de cálculo en función del periodo de retorno y de otras variables, estiman de manera suficientemente precisa el caudal de diseño, para poder dimensionar los diferentes elementos de drenaje vial.

El método de estimación de caudales empleado va a depender principalmente de los factores: el tamaño de la cuenca de aporte, la naturaleza topográfica y geológica del terreno. Para estimar los caudales se puede utilizar los siguientes métodos.

2.8.1 Métodos directos

Villon.B.M (2011). Este método hidráulico, llamado de sección y pendiente, en el cual el caudal máximo se estima después del paso de una avenida, con base en datos específicos obtenidos en campo. Los trabajos de campo incluyen:

- Selección de un tramo de río representativo, suficientemente profundo que contenga a l nivel de las aguas máximas.
- Levantamiento de secciones transversales en cada extremo del tramo elegido y determinar:

$A_1, A_2 =$ Áreas hidráulicas

$P_1, P_2 =$ Perímetro Mojado

$R_1, R_2 =$ Radio Hidráulico

$$A = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

$$R = \frac{R_1 + R_2}{2}$$

- Determinar la pendiente S, de la superficie libre de agua con las huellas de la avenida máxima en análisis.
- Elegir el coeficiente de rugosidad n de Mannig de acuerdo a las condiciones físicas del cauce.
- Aplicación de la Formula de Manning.

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

Dónde:

Q : Caudal máximo (m3/seg)

n : Coeficiente de rugosidad

A : Área Hidráulica Caudal Promedio (m2)

R : Radio Hidráulico Promedio (m)

S : Pendiente (m/m)

2.8.2 Métodos empíricos

Villon.B.M (2011). Existe una gran variedad de métodos empíricos, en general todos se derivan del método racional. Debido a su sencillez, los métodos empíricos tienen gran difusión, pero pueden involucrar grandes errores, ya que el proceso de escurrimiento, es muy complejo como para resumirlo en una fórmula de tipo directo, en la que solo intervienen el área de la cuenca y un coeficiente de escurrimiento.

2.8.2.1 Método racional

Este método se basa en que la descarga es directamente proporcional a la intensidad máxima de la lluvia para una duración igual al tiempo de concentración, y el área de la cuenca.

Esta fórmula es aplicable para cuencas pequeñas que se debe usarse para áreas mayores a 0.5Km² y menores a 5 Km², esta consideración se basa a dos hipótesis: que la lluvia ocurra con una intensidad uniforme durante un tiempo igual o mayor que el tiempo de concentración, y que la intensidad de la lluvia es uniforme sobre todo el área de la cuenca. Pues estas premisas no son válidas por lo que se debe utilizar sólo en cuencas pequeñas. La expresión está dada por:

$$Q = \frac{CIA}{3.6}$$

Dónde:

Q : Caudal, (m³/seg)

I : Intensidad de la precipitación pluvial máxima, (mm/hr).

A : Área de la cuenca, (km²).

2.8.2.2 Método de hidrograma unitarios

Chow Ven Te (1994). El Hidrograma Unitario es el hidrograma de escorrentía directa causado por una lluvia efectiva unitaria (1 cm ó 1 mm), de intensidad constante a lo largo de la duración efectiva y distribuida uniformemente sobre el área de drenaje, las condiciones que deben cumplir es básicamente que la lluvia efectiva está uniformemente distribuida a través de toda el área de drenaje: en virtud de esta condición, el área de drenaje no deberá ser muy grande o bien deberá ser subdividida en subcuencas de modo que se cumpla esta suposición. El orden de magnitud del límite superior que se maneja es de 300 a 400 km².

Los caudales de un hidrograma total de escorrentía directa producidos por lluvias efectivas sucesivas pueden ser hallados sumando los caudales de los hidrogramas de escorrentía directa correspondientes a las lluvias efectivas individuales, teniendo en cuenta los tiempos en que ocurren tales lluvias.

La aplicación de los principios de proporcionalidad y superposición llevan a la definición de la llamada ecuación de convolución discreta:

$$Q_n = \sum_{m=1}^{n \leq M} P_m U_{n-m+1}$$

La solución de la ecuación de puede desarrollar de la siguiente manera

$$\begin{aligned}
Q_1 &= P_1 U_1 \\
Q_2 &= P_2 U_1 + P_1 U_2 \\
Q_3 &= P_3 U_1 + P_2 U_2 + P_1 U_3 \\
&\vdots \\
&\vdots \\
Q_M &= P_M U_1 + P_{M-1} U_2 + \dots + P_1 U_M \\
Q_{M+1} &= 0 + P_M U_2 + \dots + P_2 U_N + P_1 U_{M+1} \\
&\vdots \\
&\vdots \\
Q_{N-1} &= 0 + 0 + \dots + 0 + 0 + \dots + P_M U_{N-M} + P_{M-1} U_{N-M+1} \\
Q_N &= 0 + 0 + \dots + 0 + 0 + \dots + 0 + P_M U_{N-M+1}
\end{aligned}$$

Dónde:

Q_n : Escorrentía Directa de la cuenca.

P_m : Datos de lluvia efectiva.

M : Número total de pulsos de precipitación neta.

N : Pulsos de escorrentía directa

U_{n-m+1} : Hidrograma Unitario descrito en el tiempo $(n-m+1) \Delta t$

U_{n-m+1} : tiene las dimensiones de caudal por unidad de profundidad.

Estas ecuaciones pueden resolverse por eliminación gaussiana, que consiste en aislar cada una de las variables desconocidas y resolverlas sucesivamente, también se puede resolver matricialmente como se muestra a continuación

$$\begin{bmatrix}
P_1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\
P_2 & P_1 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\
P_3 & P_2 & P_1 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\
\vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\
P_M & P_{M-1} & P_{M-2} & \dots & P_1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\
0 & P_M & P_{M-1} & \dots & P_2 & P_1 & \dots & 0 & 0 \\
\vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\
0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & P_M & P_{M-1} \\
0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & P_M
\end{bmatrix}
\begin{bmatrix}
U_1 \\
U_2 \\
U_3 \\
\vdots \\
U_{N-M+1}
\end{bmatrix}
=
\begin{bmatrix}
Q_1 \\
Q_2 \\
Q_3 \\
\vdots \\
Q_M \\
Q_{M+1} \\
\vdots \\
Q_{N-1} \\
Q_N
\end{bmatrix}$$

$$[P][U] = [Q]$$

Dados $[P]$ y $[Q]$, usualmente no existe solución para $[U]$ que satisfaga todas las N ecuaciones. Si se da una solución $[U]$ que da como resultado un $[\bar{Q}]$ estimado como:

$[P][U] = [\bar{Q}]$ Que satisface todas las ecuaciones. Se busca una solución que minimice el error $[Q] - [\bar{Q}]$ entre los hidrogramas observado y estimado. Se pueden hacer soluciones por regresión lineal y por optimización.

A. Método de hidrograma unitario del SCS

El Hidrograma unitario calculado a partir de la información de lluvia y caudal de una cuenca se aplica solamente a la cuenca y al punto del cauce en donde se midieron los caudales. Los hidrogramas unitarios sintéticos se utilizan para calcular hidrogramas unitarios en otros puntos del cauce dentro de la misma cuenca, o bien, en cuencas adyacentes de carácter similar. Existen tres tipos de hidrogramas unitarios sintéticos:

A.1 Hidrograma unitario sintético de snyder

Snyder realizó estudios en cuencas de los Montes Apalaches (EEUU), con áreas de 30 a 30000 km² y encontró relaciones sintéticas de un hidrógrama unitario estándar (Figura 2.6a) a partir de las cuales pueden calcularse las características de un hidrógrama unitario requerido (Figura 2.6b). Para una duración de lluvia efectiva determinada, los parámetros del hidrograma unitario requerido son:

- Retardo de la cuenca, t_{pR} : diferencia de tiempo entre el centroide del hietograma efectivo y el pico del hidrograma unitario.
- Caudal punta o pico por unidad de área de la cuenca, q_{pR}

- Tiempo base, t_b
- Ancho W50 [T] del hidrograma unitario al 50 % del caudal pico
- Ancho W75 [T] del hidrograma unitario al 75 % del caudal pico

Snyder definió el hidrograma unitario estándar como aquel que cumple que:

$$t_r = \frac{t_p}{5.5}$$

Donde t_r es la duración de la lluvia efectiva y t_p el tiempo de retardo, ambos del hidrograma unitario estandar. Además encontró que para un hidrograma unitario estándar el tiempo de retardo es:

$$t_p = 0.75C_t(L * L_c)^{0.3}$$

Donde L es la longitud del cauce principal hasta la divisoria de aguas arriba [km.], L_c es la distancia desde la salida de la cuenca hasta el punto del cauce principal más cercano al centroide del área de la cuenca [Km.] y C_t es un coeficiente que varía entre 1,35 (pendientes altas) y 1,65 (pendientes bajas). También para el hidrograma unitario estándar se encontró que el caudal pico por unidad de área es:

$$q_p = \frac{2.75 * C_p}{t_p}$$

Donde C_p es un coeficiente que varía entre 0,56 y 0,69. Para calcular los coeficientes C_t y C_p de una cuenca instrumentada se sigue el siguiente procedimiento:

- Se miden L y L_c de un mapa de la cuenca.

- De un hidrograma unitario deducido con una lluvia efectiva y un hidrograma de caudales, que será nuestro "hidrograma unitario requerido", se obtiene t_R , t_{pR} , q_{pR} .
- Si $t_{pR} \approx 5,5 t_R$, entonces se considera $t_{pR} = t_p$, $q_{pR} = q_p$ y se calculan C_t y C_p de las ecuaciones correspondientes.
- Si t_{pR} es muy distinto de $5,5 t_R$, el tiempo de retardo estándar es $t_p = t_{pR} + \frac{t_r + t_R}{4}$

Que se resuelve junto con $t_p = 5,5 t_R$, para calcular t_r y t_p luego se calculan C_t y C_p con

$$t_{pR} = t_p \text{ y } q_{pR} = q_p$$

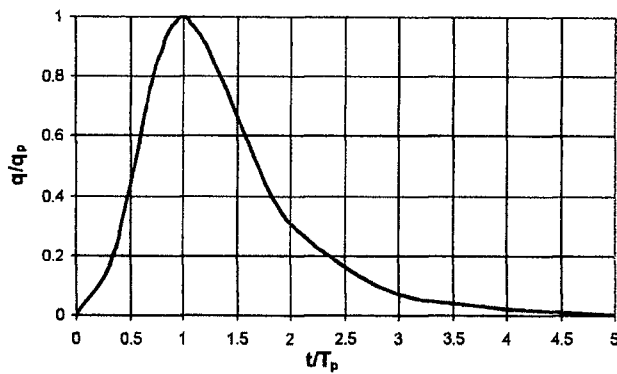
Las restantes relaciones necesarias para encontrar el hidrograma unitario correspondiente a nuestra cuenca son:

$$W_{75} = 1.22(q_{pR})^{-1.08}$$

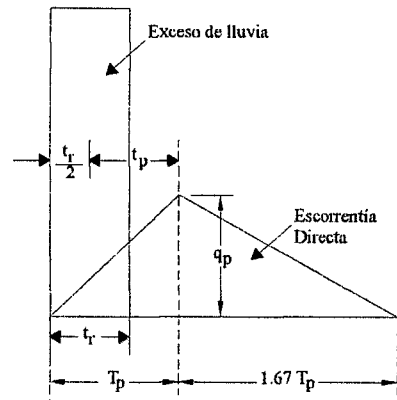
Se acostumbra distribuir el ancho W de manera tal que quede una tercera parte antes del tiempo al pico y dos terceras partes después del tiempo al pico.

A.2 Hidrograma adimensional del SCS

El hidrograma unitario del SCS (Servicio de Conservación de Suelos de los EE.UU.) es un hidrograma unitario sintético en el cual se expresan los caudales en función del caudal pico, y los tiempos en función del tiempo al pico. Basándose en una gran cantidad de hidrogramas unitarios, el SCS sugiere que el tiempo de recesión puede aproximarse a 1,67 del tiempo al pico, como se muestra en la figura N° 2.6



a)



b)

Figura N° 2.6 a) Hidrograma dimensional del SCS, b) Hidrograma Unitario Triangular

$$t_p = t_{lag}$$

$$t_{lag} = 0.60t_c$$

$$T_p = \frac{t_r}{2} + t_{lag}$$

$$q_p = \frac{2.08A}{T_p}$$

Dónde:

t_c : Tiempo de concentración, en hrs.

t_{lag} , t_p : Tiempo de retardo, (hrs).

q_p : Caudal pico, ($m^3/s/cm$).

A : Área de la cuenca, (km^2).

T_p : Tiempo pico, (hrs).

t_r : Duración de la lluvia efectiva, (hrs).

El intervalo t_r , se recomienda que sea menor al 29% del retardo t_{lag}

2.9 Hidráulica de drenaje de carretera

El diseño hidráulico en el drenaje de carreteras comprende varios conceptos básicos que se deben tomar en cuenta para construir proyectos exitosos con un mínimo riesgo de falla. Las ecuaciones empíricas utilizar cuidadosamente así mismo tener muy en cuenta la velocidad del flujo. Para el diseño básico de drenaje de carreteras, con frecuencia se recurre a la fórmula de Manning para la determinación de las velocidades de flujo en cauces naturales, para determinar el volumen de escurrimiento (como alternativa) al método por lo que los ingenieros de caminos que estén realizando diseños básicos hidráulicos deberían familiarizarse con ese método y con sus aplicaciones. Así mismo se debe realizar el tránsito del flujo a lo largo de la estructura instalada para poder observar la variación de la superficie del agua y el comportamiento de ello.

2.9.1 Hidráulica de alcantarillas

(HYDRAULIC DESIGN OF HIGHWAY CULVERTS, Third Edition). Se define como alcantarilla a la estructura cuya luz sea menor a 6.0 m y su función es evacuar el flujo superficial proveniente de cursos naturales o artificiales que interceptan la carretera. La densidad de alcantarillas en un proyecto vial influye directamente en los costos de construcción y de mantenimiento, por

ello, es muy importante tener en cuenta la adecuada elección de su ubicación, alineamiento y pendiente, a fin de garantizar el paso libre de flujo que intercepta la carretera, sin que afecte su estabilidad.

En la proyección e instalación de alcantarillas el aspecto técnico debe prevalecer sobre el aspecto económico, es decir que no pueden sacrificarse ciertas características hidráulicas solo con el objetivo de reducir los costos. Sin embargo, es recomendable que la ubicación alineamiento y pendiente que se elija para cada caso, estará sujeto al buen juicio del especialista.

2.9.1.1 Ubicación, alineamiento y pendiente de las alcantarilla

La adecuada elección de la ubicación, alineación y pendiente de una alcantarilla es importante, ya que de ella depende su comportamiento hidráulico, los costos de construcción y mantenimiento, la estabilidad hidráulica de la corriente natural y la seguridad de un balance de factores, tales como la pendiente del cauce, la velocidad del agua y su capacidad de transporte materiales en suspensión y arrastre de fondo. Cuando se cambia cualquier de estos factores es necesario compensar con cambios en otro de ellos.

A. Ubicación en planta

Desde el punto de vista económica el remplazo de la ubicación natural del cauce por otra normal o casi normal al eje del camino, implica la disminución del largo del conducto, el acondicionamiento del cauce y la construcción adicional de una canal de entrada y/o de salida. Las distintas soluciones que

podrán darse en el caso general, de un cauce con fuerte esviaje aparecen en la Figura N° 2.7.

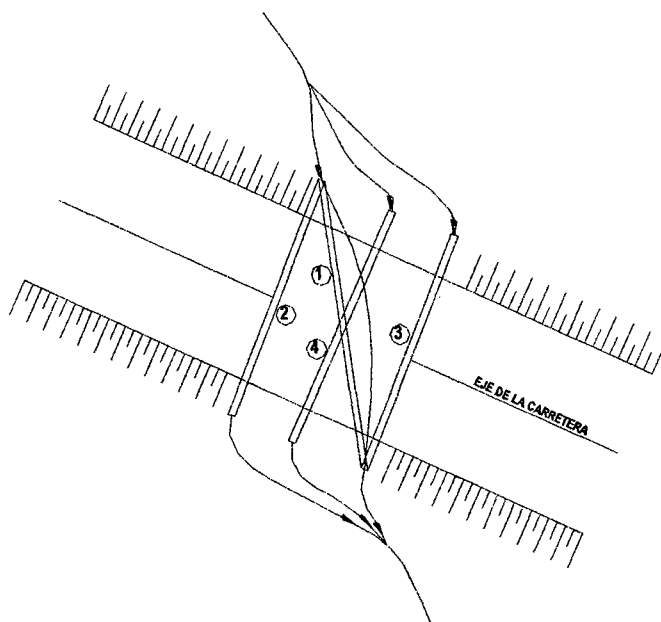


Figura N° 2.7: Alineamiento Horizontal de Alcantarilla.

Caso 1: Se conserva la entrada y salida del canal natural (en general, si este es muy sinuoso aguas abajo de la carretera, conviene la alcantarilla recta). Esta solución es la longitud máxima de alcantarilla. Colocando la alcantarilla ligeramente a un lado del canal natural se puede obtener por lo general una mejor función, siendo necesario desviar la corriente.

Caso 2: La entrada se coloca en el canal natural y la salida se desplaza para tener una alcantarilla casi perpendicular al eje de la carretera. Como en este caso se ha alargado la línea de flujo, esto será a costa de reducir la pendiente. Las estructuras del ingreso, salida, y la alimentación del canal deben hacerse a tal modo de minimizar los efectos de cambios bruscos de dirección. Ello podría aumentar la sección de la alcantarilla comparada con la de solución.

Caso 3: Se ha desplazado la entrada de modo que la salida descargue directamente en el canal natural. El canal de acercamiento a la alcantarilla debe tener una buena alineación con ella para no necesitar una entrada o salida especial. El tamaño de la alcantarilla puede ser influenciado por el hecho que el aumento de longitud del flujo debe reducirse la pendiente. Habrá costos adicionales por construcción y mantención del canal, un posible diámetro y protección del terraplén en la entrada.

Caso 4: En este caso se ha desplazado, tanto la entrada como la salida. No se obtiene un mejoramiento hidráulico con esta solución y solo conviene usarla cuando hay restricciones de espacios para otras soluciones. En este caso se requiere estructuras especiales a la entrada y salida de canales de acercamiento en los dos extremos, los que deben considerarse en el costo además de una posible mayor sección de la alcantarilla debido a la disminución de la pendiente.

B. Perfil longitudinal

La mayoría de las alcantarillas se colocan siguiendo la pendiente natural del cauce, sin embargo, en ciertos casos puede resultar aconsejable alterar la situación existente. Se debe tener en cuenta una pendiente demasiado baja reduce la velocidad del flujo, por lo tanto reduce la capacidad hidráulica, además tiende producir sedimentación; por otra parte una pendiente mayor que la del lecho de la corriente puede inducir un incremento de la velocidad por lo tanto puede producir socavación.

C. Elección del tipo de alcantarilla

C.1. Forma y sección

Las formas usuales de alcantarillas son: **Circulares, Cajón (rectangulares), Elíptico, Tubo-Arco, Arco y múltiples.** La selección de la forma está basada en el coste de la construcción de la alcantarilla, las limitaciones de la altura de agua río arriba, altura de terraplén de calzada y rendimiento hidráulico.

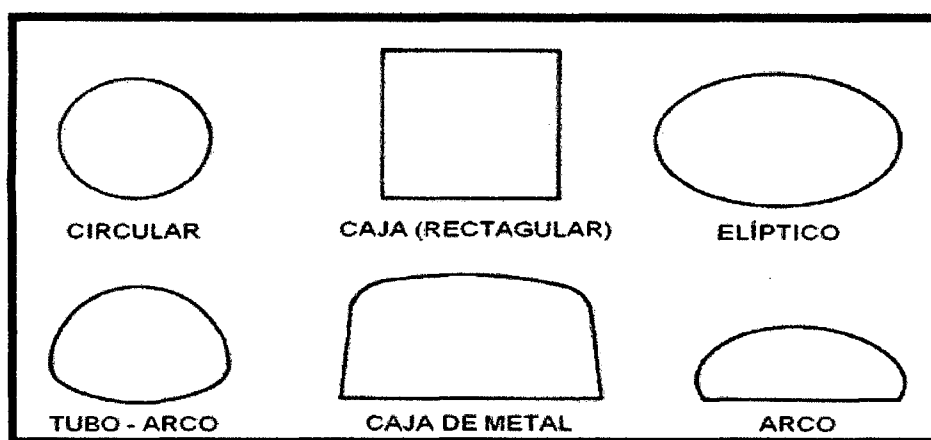


Figura Nº 2.8: Forma de la Alcantarilla

La alcantarilla circular es una de las más usadas y resiste en forma satisfactoria, en la mayoría de los casos, las cargas a que son sometidas. Existen distintos tipos de tubos circulares que se utilizan con este propósito. Las alcantarillas de cajón cuadradas o rectangulares pueden ser diseñadas para evacuar grandes caudales y pueden acomodarse con cambios de altura a distintas limitaciones que pueden existir, tales como alturas de terraplén o alturas permisibles de agua en la entrada. Como generalmente se construyen en el lugar deberá tomarse, el tiempo de construcción al compararlas con las circulares prefabricadas. En los cauce naturales que presentan caudales de diseño importante, si la rasante es baja respecto al fondo del cauce, se suelen

ocupar alcantarillas múltiples. Sin embargo cuando se ensanchan un canal para acomodar una batería de alcantarilla múltiples, se tiende a producir depósito de sedimentos tanto en el canal como en la alcantarilla, situación que deberá tenerse presente.

La capacidad hidráulica de una alcantarilla puede ser mejorada por la selección de entrada apropiada. Debido a que el canal natural es generalmente más amplio que el barril de alcantarilla, el borde de entrada de alcantarilla representa una contracción de circulación y podría ser el control de circulación principal.

C.2. Tipos de entrada

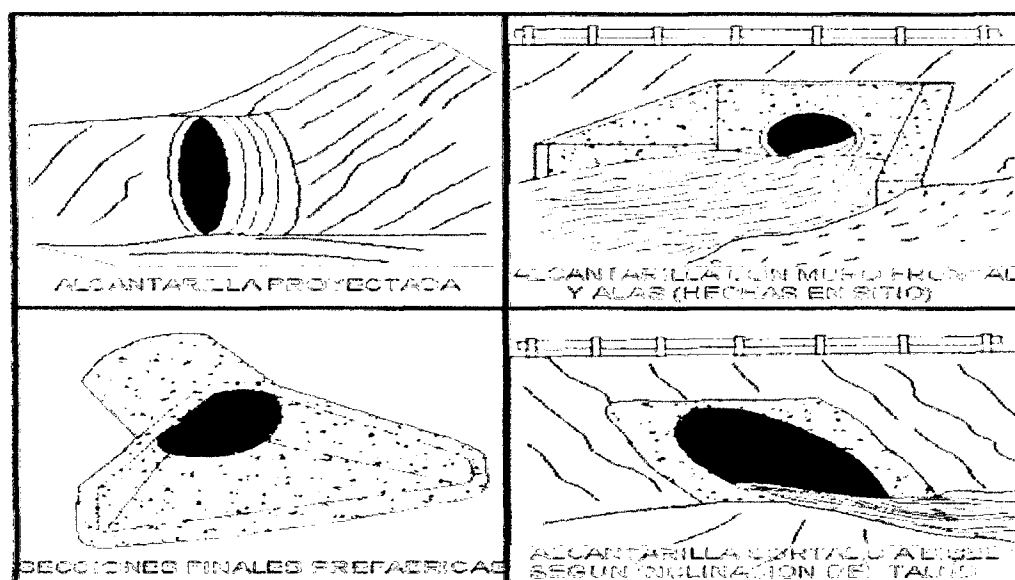


Figura Nº 2.9: Cuatro tipos de entrada usuales (Esquemático)

Los distintos tipos de entrada en la circulación del flujo disminuirán gradual la pérdida de energía y creara una condición de entrada más eficiente hidráulicamente por lo tanto, los bordes biselados son por lo tanto más eficiente que los bordes cuadrados (Figura 2.9). Las entradas con Alas y Muros frontal reducen la contracción de circulación más lejos (Figura 2.9) Las

entradas hundidas con muro frontal y alas incrementa la altura eficaz sobre la selección de control de circulación (Figura 2.9).

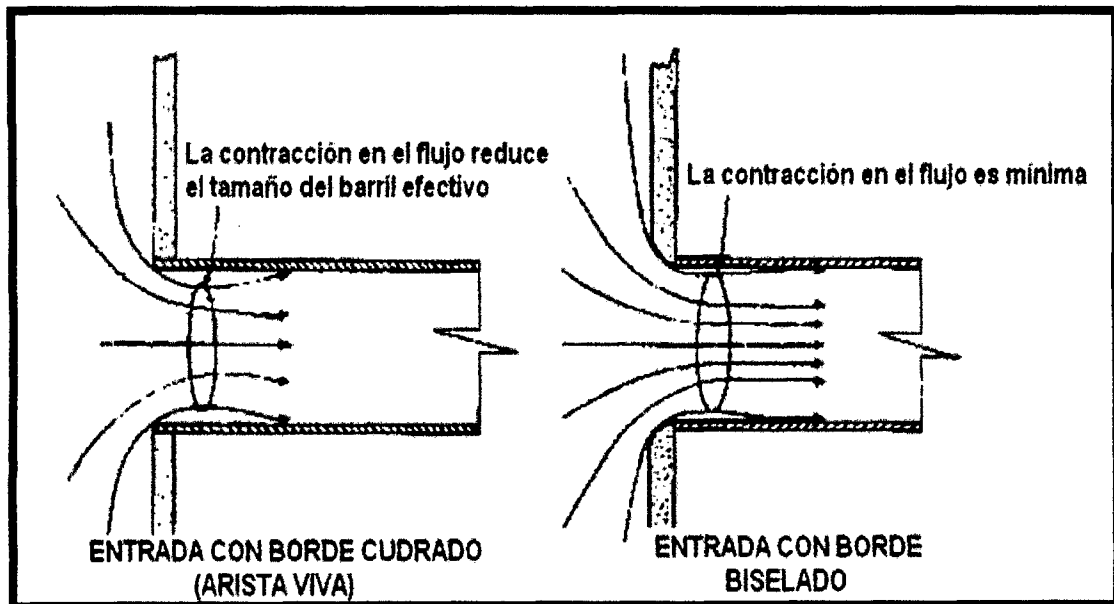


Figura N° 2.10: Contracción a la Entrada (Esquemático)

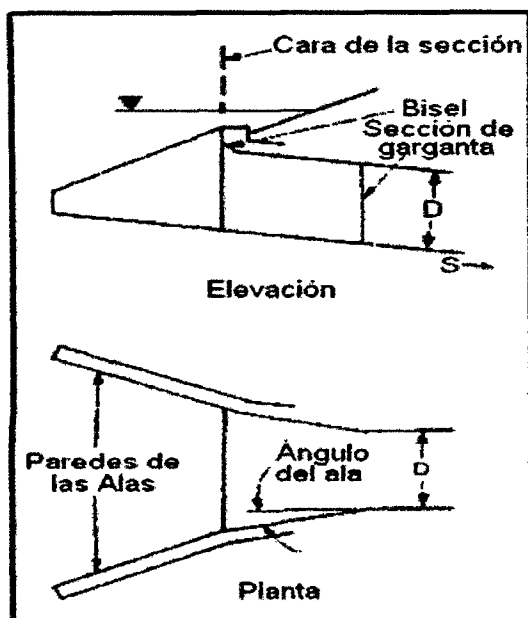


Figura N° 2.11: Entradas con Alas y Muro Frontal sin Caída

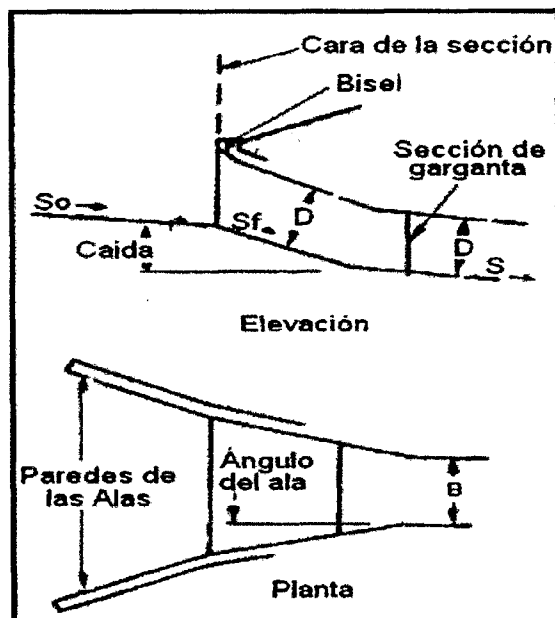


Figura N° 2.12: Entradas con Alas y Muro Frontal Con caída

C.3. Materiales

Los materiales más usados para alcantarillas son de hormigo (armado in situ prefabricado) y el acero corrugado. En la elección del material de la alcantarilla se deben tomar en cuenta la durabilidad, Resistencia, rugosidad, condiciones del terreno, resistencia a la corrosión, abrasión e impermeabilidad.

2.9.1.2 Ubicación de las secciones transversales

Se debe notar que las secciones transversales en los dos extremos de la alcantarilla representa el canal exterior de la alcantarilla.

Sección 1. Está ubicado en un punto donde el flujo ha sido completamente expandido.

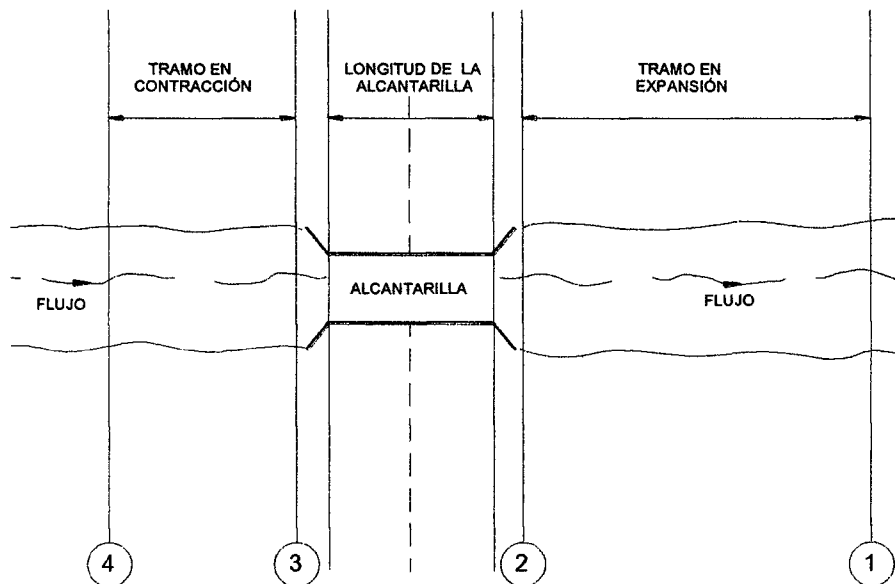


Figura N° 2.13: Ubicación de las secciones transversales para el análisis en una alcantarilla

Sección 2. Está ubicado a una distancia corta aguas abajo de la alcantarilla. Esto no incluye ninguna de las estructuras de alcantarillas o terraplenes., pero representa la forma física del canal. El área inefectiva es usada para restringir

el área de flujo inefectivo de la sección 2 al área de flujo alrededor o cerca de los bordes de la alcantarilla hasta que el flujo sobrepase la rasante de la vía. Las áreas de flujo inefectivo son usadas para representar el ascenso correcto del área de flujo justo aguas abajo de la alcantarilla, se muestra la Figura N° 2.13.

Sección 3. Está ubicado a una distancia corta aguas arriba del ingreso de la alcantarilla, y representa la configuración física del canal aguas arriba. El método de la alcantarilla usa una combinación de la plataforma, secciones transversales 2 y 3, y datos de la alcantarilla, para describir el terraplén de la carretera.

El área inefectiva de flujo es usada para restringir el área de flujo efectivo de la sección transversal 3 hasta que el flujo pase la rasante de la vía. El área de flujo inefectivo es usada para representar el correcto ascenso del área de flujo activo inmediatamente aguas arriba de la alcantarilla.

Sección 4. Esta sección final está ubicada en un punto donde el flujo aún no ha empezado a contraerse desde su ancho superficial no restringido aguas arriba de la alcantarilla a su ancho superficial contraído próximo a la alcantarilla. Esta distancia es normalmente determinada asumiendo la contracción del flujo

2.9.1.3 Diseño de alcantarillas

Un análisis teórico exacto de flujo en alcantarilla es sumamente complejo, por lo general presenta flujo no uniforme con ambas regiones del flujo gradualmente variado y rápidamente variado. Un análisis exacto implica

cálculos de remanso, equilibrio energía y el impulso. La aplicación de los resultados de estudios del modelo hidráulico. Por ejemplo, Estudio geológico de EE.UU. ha definido 18 diferentes tipos de flujo de alcantarilla sobre la base del ingreso y salida, el régimen de flujo en el barril, y la profundidad borde aguas abajo., los saltos hidráulicos que se forma dentro o aguas abajo del barril de alcantarilla. Además dado el tipo de flujo existe cambio de elevaciones de carga de agua en la salida. Una sección de control es un lugar donde hay una relación única entre el caudal aguas arriba y la elevación de la superficie del agua. El control puede oscilar de entrada a salida. El método de diseño de alcantarillas presentadas en esta tesis se basa en métodos numéricos y uso de los nomogramas de diseño, donde el diseño de nomogramas no es exacto produciendo 10% de error.

2.9.1.3.1 Definición de headwater y tailwater

A. Headwater (H_w)

Es la altura de agua o carga de agua al ingreso de la alcantarilla (Figura N° 2.14), es la energía que es requerida para el del flujo a través de la alcantarilla. La profundidad de aguas arriba es medida desde la cota fondo del ingreso de la alcantarilla. Un volumen considerable de agua puede ser almacenado aguas arriba de la alcantarilla por debajo de terraplenes altos o en áreas con pendientes de fondo horizontales.

B. Tailwater (T_w)

Es la profundidad de agua, aguas abajo de la alcantarilla medida desde la cota fondo a la salida de la alcantarilla (Figura N° 2.14), es un factor importante en

la determinación de la capacidad de la alcantarilla sobre las condiciones de control a la salida. Tailwater puede ser causado por una obstrucción en el canal aguas abajo, o por la resistencia hidráulica del canal.

2.9.1.3.2 Tipos de control

Existente control de ingreso y control de salida. El flujo de alcantarilla en el control de ingreso es poco profundo, flujo de alta velocidad categorizada como "supercríticos". Para flujo supercrítico, la sección de control se encuentra aguas arriba del barril. Por el contrario, una alcantarilla que fluye en el control de salida será relativamente profunda, la disminución de la velocidad de flujo es denominado flujo "subcrítico". Flujo Subcríticos para el control se encuentra en el extremo aguas abajo de la alcantarilla. En una alcantarilla dado, el tipo de flujo depende de todos los factores indicados en la Tabla N° 2.2.

Tabla N° 2.2 Factores de influencia para el rendimiento de la alcantarilla

FACTOR	CONTROL DE INGRESO	CONTROL DE SALIDA
Elevación de la altura (Profundidad) de agua Hw	X	X
Arena a la Entrada	X	X
Configuración de borde a la entrada	X	X
Forma de la entrada	X	X
Rugosidad del conducto		X
Área del conducto		X
Forma del conducto		X
Pendiente del conducto		X
Elevación aguas abajo (Profundidad), TW		X

A. Control de ingreso

El control de Ingreso ocurre cuando el barril de alcantarilla es capaz de conducir mayor caudal del Ingreso normal. La sección de control Ingreso es localizado justo al interior del Ingreso. La profundidad crítica ocurre en o cerca

de esta ubicación, y el régimen de flujo inmediatamente aguas abajo es supercrítico. La Figura N° 2.14 se muestra una condición de flujo de control típica de Ingreso. Características hidráulicas aguas abajo de la sección de control de Ingreso no afectan la capacidad de alcantarilla.

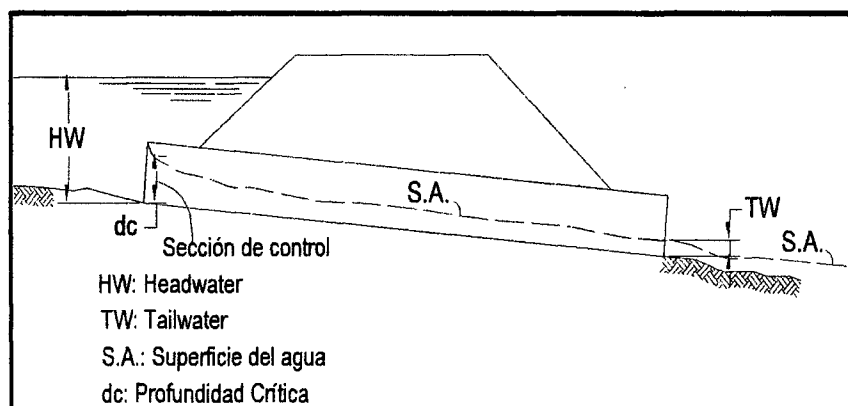


Figura N° 2.14 Sección de flujo para control de ingreso

A.1. Tipos de control ingreso

En la figura N° 2.15 representa varios ejemplos de flujo de control de ingreso. En todos estos ejemplos, la sección de control se encuentra al ingreso de la alcantarilla. Dependiendo de la carga de agua a la salida, un salto hidráulico puede ocurrir después del ingreso.

Figura N° 2.15-A, muestra una condición de ingreso y salida no sumergida. El flujo pasa a través de la profundidad crítica justo aguas abajo de la entrada y el flujo en todo el barril es supercrítico.

Figura N° 2.15-B, muestra una condición de salida sumergida, no asegura el control de salida. En este caso, el flujo justo aguas abajo del ingreso es supercrítico y produce un salto hidráulico en el barril de la alcantarilla.

Figura N° 2.15-C, es una situación de diseño más típico. El ingreso sumergido y la salida no sumergida, el flujo es supercrítico y el flujo en el barril parte lleno. Profundidad crítica es localizada justo aguas abajo del ingreso de la alcantarilla, y la profundidad del flujo normal se aproxima al final de aguas abajo de la alcantarilla.

Figura N° 2.15-D, es una condición inusual que ilustra el hecho, incluso respecto al de la entrada y salida de los extremos de la alcantarilla no garantiza flujo total. En este caso, un salto hidráulico se forma en el barril. El ingreso medio provee de ventilación del barril. Si el barril no es ventilado, subpresión atmosférica podría crear una situación inestable cuando el barril se alterna entre flujo lleno y flujo parcialmente lleno.

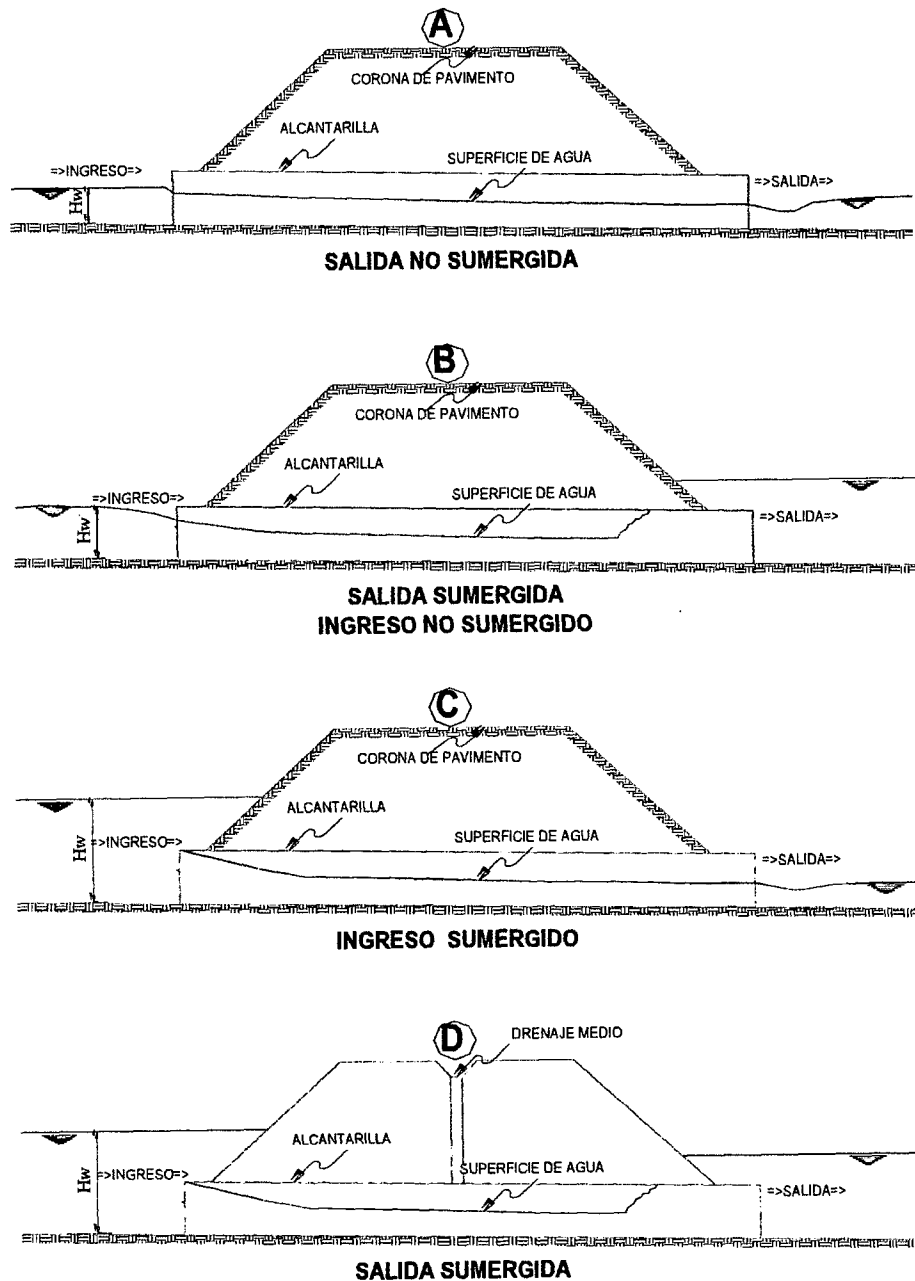


Figura N° 2.15: Tipos de control de ingreso

A.2. Factores que influyen en el control de ingreso

Dado que el control se encuentra en el extremo aguas arriba, sólo la carga del ingreso y la configuración de ingreso afectarán el rendimiento de la alcantarilla (tabla 2.2), el efecto de pendiente es pequeño y puede ser ignorada o una

pequeña corrección. La profundidad de carga del ingreso se mide desde la solera a la superficie en la sección de control aguas arriba de la alcantarilla. En general, el área de la cara de ingreso es el mismo que el área del barril, pero para las entradas afiladas el área de la cara es ampliada, y la sección de control se encuentra en la garganta. Algunas configuraciones de borde de ingreso típico son; borde proyectado, mitrado, bordes cuadrados con muro de cabecera, y el borde biselado.

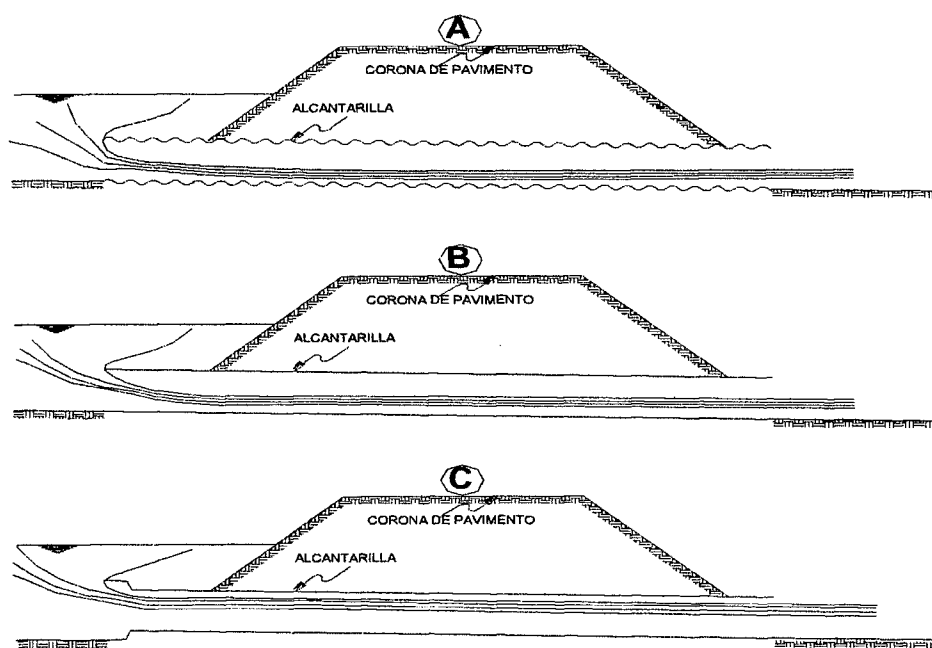


Figura N° 2.16 Contracción de flujo para varias alcantarillas de ingreso

Figura 2.16-A es un borde delgado con ingreso proyectado típica de un tubo metálico.

Figura 2.16-B es una proyección de ingreso de paredes gruesas (aproximadamente el mismo rendimiento que un borde cuadrado con muro de cabecera), que es típica de tubería de concreto sin la campana saliente.

Figura 2.16-C es una campana saliente al ingreso, que es típica de un tubo de concreto. En este tipo de ingreso la entrada disminuye la contracción del flujo.

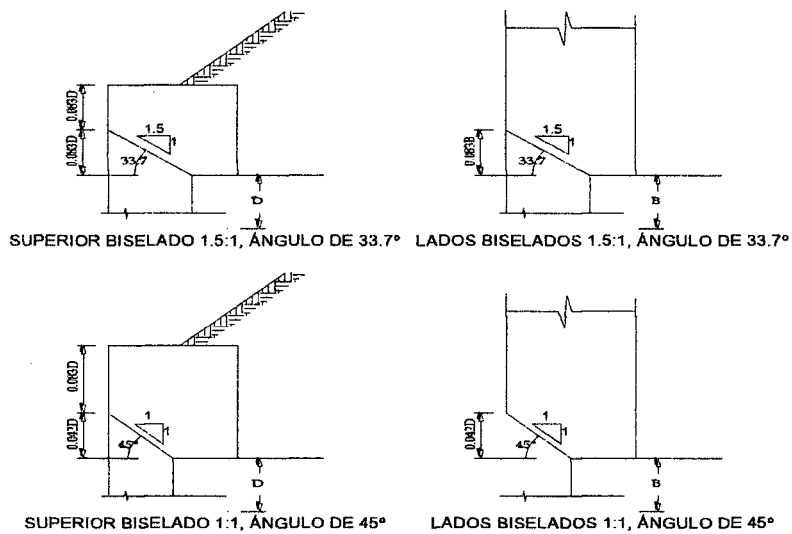


Figura N° 2.17 Bordes biselados

Un mejor rendimiento de ingreso es el empleo de bordes biselados. Los bordes biselados reducen la contracción del flujo con eficacia ampliando la cara de la alcantarilla como se muestra en la figura N° 2.17. Las cartas de diseño se encuentra para dos ángulos de bisel, 45° y 33.7°. La Figura N° 2.17 muestra bisel de 45° y 33.7°

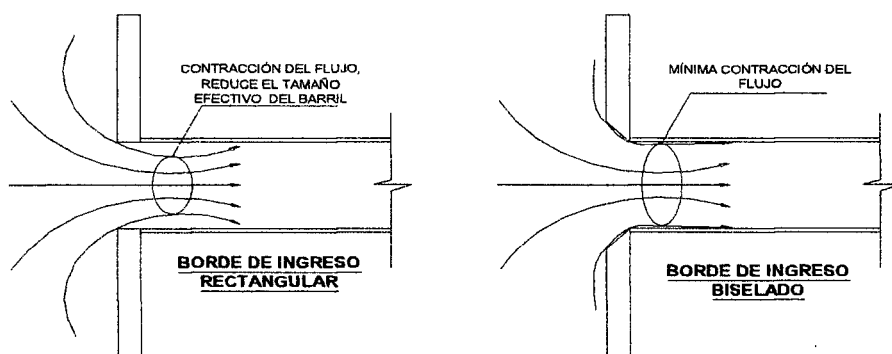


Figura N° 2.18 Contracción del flujo de borde rectangular y borde biselado

Los biseles más grandes son de 33.7° pero requieren alguna modificación estructural, y los biseles más pequeños de 45° requieren menor modificación estructural en muro de cabecera y aumentan el ingreso como el rendimiento de control de salida. Por lo tanto, recomiendan al empleo de besiles de 45° .

A.3 Hidráulica de control de ingreso

El rendimiento de control de Ingreso está definido por las tres regiones de flujo mostrado en la Figura N° 2.19: Flujo no sumergido, transición y sumergido. Para condiciones carga de agua baja, como se muestra la Figura N° 2.15-A y la Figura N° 2.15-B, el ingreso de la alcantarilla funciona como un vertedero.

La zona de transición de flujo entre carga de agua bajo (vertedero) y la carga de agua alto condiciones de flujo (orificio) es mal definida. Esta zona es aproximadamente por esquematización de las ecuaciones de flujo no sumergidas y sumergidas se obtiene uniéndolas una línea de tangente a ambas curvas, como se muestra en la Figura N° 2.19.

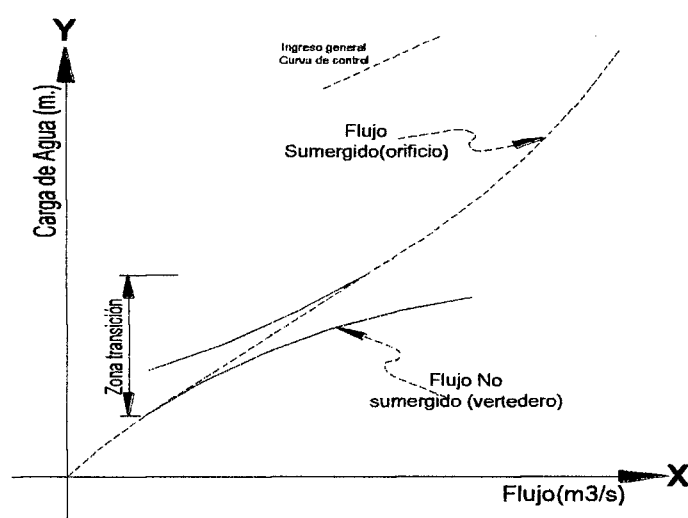


Figura N° 2.19 Curvas de control de ingreso

El flujo de control de Ingreso y las curvas de carga de agua que son establecidas usando el mencionado procedimiento es la base para construir los nomogramas de diseño de control de Ingreso. Note que la carga de velocidad de aproximación puede ser incluida como una parte de carga de agua disponible en las relaciones del ingreso.

A. Cálculo de la carga de agua en control de ingreso

Las ecuaciones de diseño usadas para el control de ingreso, están basadas en la investigación hecha por la Agencia Nacional de Estándares (National Bureau of Standards), bajo el patrocinio de la Agencia de Carreteras Públicas (Bureau Public Roads), ahora la Administración Federal de Carreteras (Federal Highways Administration). Las dos condiciones básicas para el control al ingreso dependen en que si la entrada y la salida de la alcantarilla están o no sumergidas aguas arriba. Si el ingreso no está sumergido, el ingreso trabaja como un vertedero y si el ingreso es sumergido, el ingreso trabaja como un orificio. Las ecuaciones están disponibles para cada una de las condiciones anteriores. Las ecuaciones de control al ingreso desarrolladas son:

Entrada No Sumergida

$$\text{Forma (1)} \quad \frac{HW_i}{D} = \frac{H_c}{D} + K \left[\frac{K_u Q}{AD^{0.5}} \right]^M - 0.5S$$

$$\text{Forma (2)} \quad \frac{HW_i}{D} = K \left[\frac{K_u Q}{AD^{0.5}} \right]^M$$

Entrada Sumergida

$$\frac{HW_i}{D} = c \left[\frac{K_u Q}{AD^{0.5}} \right]^2 + Y - 0.5S$$

Dónde:

HW_i : Carga o profundidad de agua al ingreso sobre la cota de fondo del ingreso a la alcantarilla, m

D : Altura del interior del conducto de la alcantarilla, m (ft)

H_c : Carga específica en la profundidad crítica ($d_c + V_c^2 / 2g$), m (ft)

Q : Descarga a través de la alcantarilla, m³/s (ft³/s)

A : Área de la sección transversal llena del conducto de la alcantarilla, m² (ft²)

S : Pendiente del conducto de la alcantarilla, m/m (ft/ft)

K,M,c,Y: Constantes de las ecuaciones, los cuales varían dependiendo de la forma de la alcantarilla y condiciones de entrada.

$K_u = 1.811$ SI

Las ecuaciones pueden usarse para desarrollar las curvas para cualquier forma o tamaño de conducto. Para desarrollar las curvas adimensionales para cualquier tipo de alcantarilla teniendo en cuenta las ecuaciones antes descritas, puede verse que existe una relación directa entre HW_i/D y $Q/AD^{0.5}$ y puede ser obtenida para una condición sumergida. Para la condición no sumergida, es necesario obtener la razón de flujo y un equivalente de carga específica para una profundidad crítica. Para una profundidad crítica, la carga de velocidad crítica es igual a la mitad de la profundidad hidráulica.

$$\frac{V_c^2}{2g} = \frac{y_h}{2} = \frac{A_p}{2T_p}$$

Por tanto:

$$\frac{H_c}{D} = \frac{d_c}{D} + \frac{y_h}{2D}$$

También, para la profundidad crítica, el número de froude es igual a 1.0.

$$F_r = \frac{V_c}{(gy_h)^{0.5}} = 1$$

$$V_c = \frac{Q_c}{A_p}$$

$$Q_c = A_p (gy_h)^{0.5}$$

$$\frac{Q_c}{AD^{0.5}} = \frac{A_p}{A} \left(g \frac{y_h}{D} \right)^{0.5}$$

Para derivar las ecuaciones globales de control de ingreso para el uso en un ordenador, es necesario graficar las curvas de sumergencia y no sumergencia de estas ecuaciones y graficar la conexión de la línea de transición. Se pueden leer las coordenadas de los puntos deseados mediante un mejor ajuste con el desarrollo de un análisis estadístico. Se encontró que en una curva polinómica tiene un adecuado ajuste con la siguiente forma expandida:

$$\frac{HW_i}{D} = A + B \left[\frac{Q}{BD^{1.5}} \right] + C \left[\frac{Q}{BD^{1.5}} \right]^2 + \dots + X \left[\frac{Q}{BD^{1.5}} \right]^n - 0.5S$$

Donde, A,B,C,...,X son números para el ajuste. El factor de flujo puede estar basado en $AD^{0.5}$ en lugar de $BD^{1.5}$.

B Control de salida

El flujo de control de salida ocurre cuando el barril de alcantarilla no es capaz de conducir como la apertura de Ingreso aceptaría. La sección de control para el flujo de control de salida en una alcantarilla es localizada en la salida de barril o más allá de aguas abajo. El flujo a presión o Subcrítico existe en el barril de alcantarilla bajo estas condiciones. La Figura N° 2.20 muestra dos condiciones de sección de flujo de control de salida. Todas las características geométricas e hidráulicas de la alcantarilla desempeñan un rol en la determinación de su capacidad. Los factores que influyen en el control de salida es: la elevación superficial de agua en la salida, pendiente, la longitud, y la rugosidad hidráulica del barril de alcantarilla (Ver tabla 2.1).

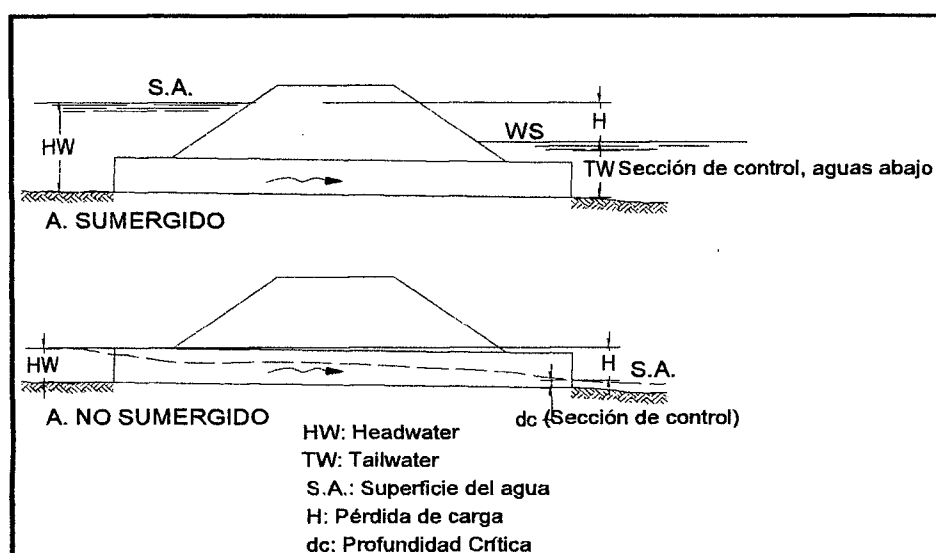


Figura N° 2.20 Sección de control de salida

Tipos de control de salida

Los ejemplos de control de salida muestran en la figura N° 2.21. En todos los casos, la sección de control es al final de salida de la alcantarilla o más lejos

aguas abajo. Para las situaciones de flujo parcialmente llenas, el flujo en el barril es subcrítico.

Figura N° 2.21-A representa la condición clásica de flujo lleno, tanto con el Ingreso como la salida sumergida. El barril está en flujo a presión a través de toda su longitud. Esta condición se presenta pocas veces.

Figura N° 2.21-B representa la salida sumergida y el Ingreso no sumergido. Para este caso, la carga de agua es poco profunda de tal forma que la corona de Ingreso es expuesta, de tal forma que el flujo se contrae dentro de la alcantarilla.

Figura N° 2.21-C muestra el Ingreso sumergido y salida no sumergida de tal manera que el flujo fluye lleno a través de toda la longitud de la alcantarilla. Esto es una condición rara. Esto requiere mantener el flujo lleno en toda la longitud del barril y las velocidades de salida por lo general son altas en esta condición.

Figura N° 2.21-D es más típica. El ingreso de alcantarilla es sumergido por la carga de agua y salida con carga de agua bajo. Para esta condición, los flujos de barril es parcialmente lleno al menos una parte de su longitud (flujo subcritico) y el flujo pasa a través de la profundidad crítica justo aguas arriba de la salida.

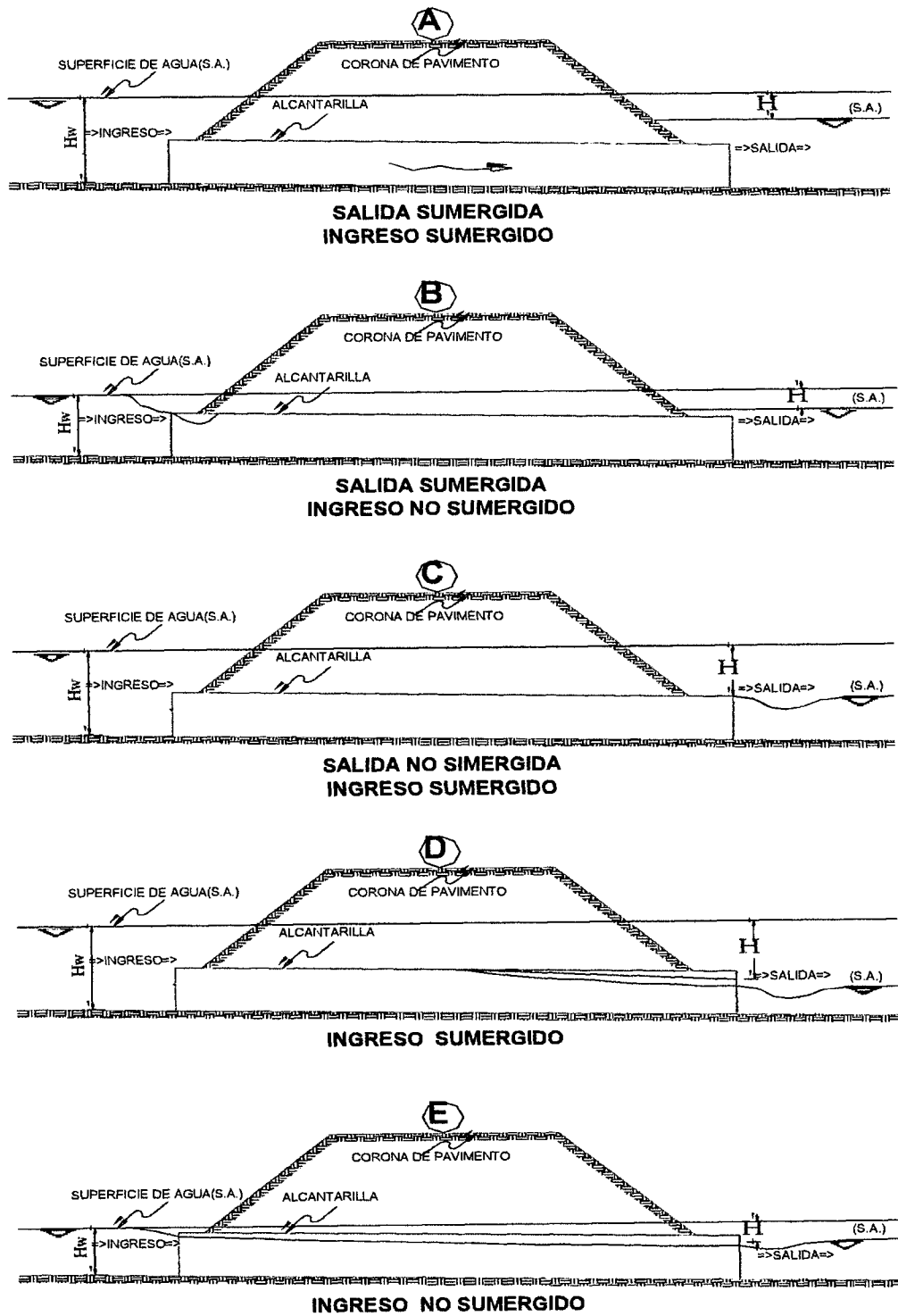


Figura N° 2.21 Tipos de control de salida

Las condiciones de flujo de control de salida pueden ser calculadas basadas en el equilibrio de energía. Estos cálculos se deducen a partir de la figura N° 2.22.

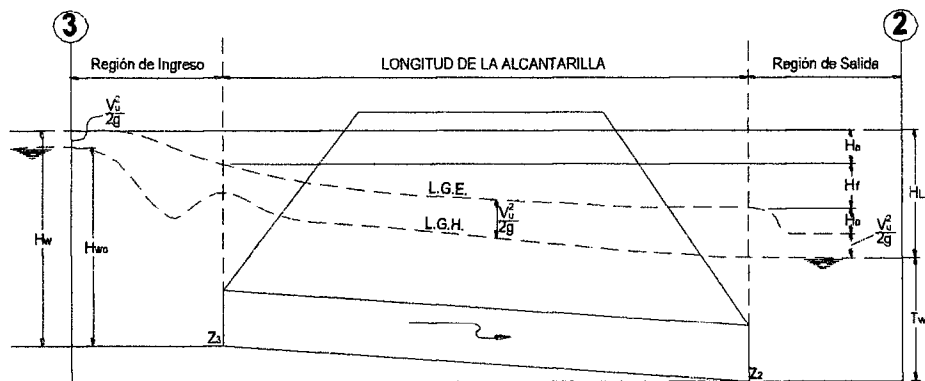


Figura N° 2.22 Alcantarilla a flujo lleno con líneas de gradiente de energía e hidráulica

En una alcantarilla presenta pérdida de carga por lo que esta representado con la siguiente expresión.

$$H_L = H_e + H_f + H_o + H_b + H_j + H_g$$

Dónde:

- H_L : Pérdida de la carga total, (mts)
- H_e : Pérdida de ingreso, (mts)
- H_f : Pérdida por fricción a través del barril, (mts)
- H_o : Pérdida a la salida, (mts)
- H_b : Pérdida en curvas, (mts)
- H_j : Pérdidas en las uniones, (mts)
- H_g : Pérdidas en parrillas, (mts)

La velocidad en el barril está definido por:

$$V = \frac{Q}{A}$$

Dónde:

V : Velocidad promedio en el barril, (m/s)

Q : Caudal, (m³/s)

A : Área de la sección transversal llena, (m²)

La carga de la velocidad está dado por:

$$H_v = \frac{\alpha V^2}{2g}$$

La pérdida de entrada está en función de la carga de la velocidad y está dado por:

$$H_e = k_e \left[\frac{\alpha V^2}{2g} \right]$$

k_e : Depende de la configuración del tipo de ingreso.

La pérdida por fricción es una función de la carga de la velocidad y se expresa así:

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} \rightarrow S = \frac{V^2 n^2}{R^{4/3}}, S = \frac{H_f}{L}$$

$$H_f = \frac{LV^2 n^2}{R^{4/3}}$$

$$H_f = \left[\frac{K_u n^2 L}{R^{4/3}} \right] \left[\frac{\alpha V^2}{2g} \right]$$

Donde

K_u : es 19.63 (sistema internacional) y 29 (sistema ingles)

- n : Coeficiente de rugosidad de Manning
- L : Longitud del barril de la alcantarilla, (mts)
- R : Radio hidráulico del barril de la alcantarilla, (mts)
- V : Velocidad en el barril (m/s)
- α : Coeficiente de corrección de la velocidad

Las pérdidas a la salida se calculan como el cambio de la carga de velocidad en el interior de la alcantarilla, en la sección transversal inmediatamente aguas abajo de la alcantarilla. La ecuación es:

$$H_o = k_{ex} \left(\frac{\alpha V^2}{2g} - \frac{\alpha V_d^2}{2g} \right)$$

Dónde:

k_{ex} = Coeficiente de pérdida a la salida.

V = Velocidad en el interior de la alcantarilla a la salida, (m/s).

V_d = Velocidad en el exterior de la alcantarilla, aguas abajo (m/s).

El valor de k_{ex} es igual a 1.0, para una expansión repentina como ocurre en una alcantarilla típica (FHWA, 1985). Este valor varía entre 0.3 y 1.0, es menos abrupta como en una transición. Finalmente la ecuación final de pérdida queda de la siguiente manera:

$$H_L = \left[k_e + \frac{K_u n^2 L}{R^{4/3}} \right] \left[\frac{\alpha V^2}{2g} \right] + k_{ex} \left(\frac{\alpha V^2}{2g} - \frac{\alpha V_d^2}{2g} \right)$$

Las ecuaciones son aplicables a los casos de control de salida A, B y C, mientras que las ecuaciones de remanso (flujo gradualmente variado) son requeridas para los casos D y E, estos cálculos comienzan con la superficie

puede ser aumentado para llevar la mejor ventaja de la capacidad del barril. Una alcantarilla puede representar como un vertedero ó un orificio. Un vertedero ajusta el flujo de canal abierto de modo que el flujo pase por la profundidad crítica justo aguas arriba de la alcantarilla. Un orificio es un dispositivo de control de flujo, totalmente sumergido sobre el lado de aguas arriba, En la Figura N° 2.25 Muestran curvas de rendimiento.

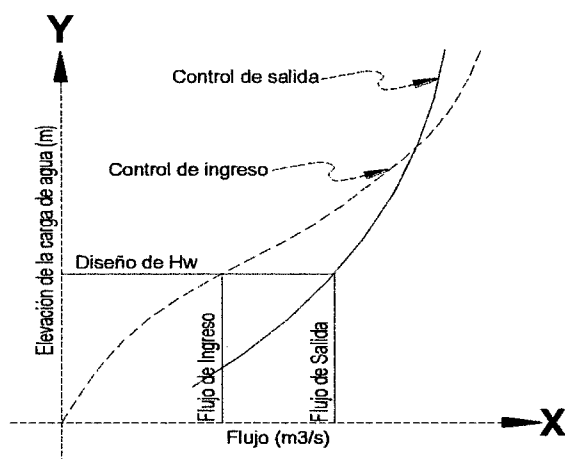


Figura N° 2.25 Curva de rendimiento de la alcantarilla

Cuando un TAILWATER existe, el dispositivo de control puede ser sumergido, entonces, la curva de rendimiento es dependiente de la variación tanto de TAILWATER como de HEADWATER.

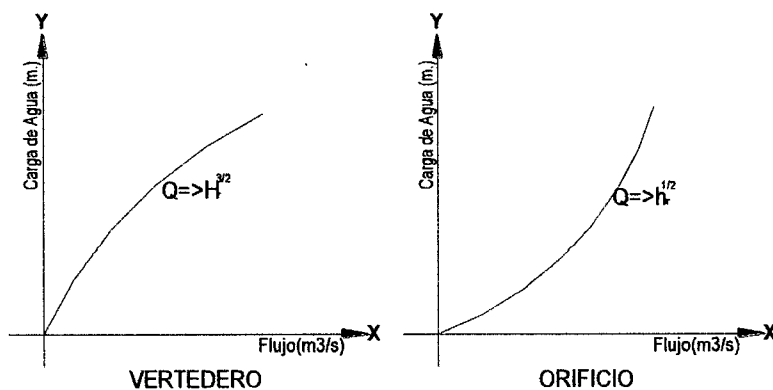


Figura N° 2.26 Curvas de rendimiento

Ecuaciones para un vertedero.

$$Q = C_d L H_{wr}^{3/2}$$

Dónde:

- Q : Razón del flujo, (m³/s)
- C_d : Coeficiente de descarga del vertedero.
- L : Longitud de cresta del vertedero, (m).
- H_{wr} : Altura desde la cresta del vertedero a la superficie del flujo, (m)

Ecuaciones para un orificio.

$$Q = k a h^{3/2}$$

Dónde:

- Q : Razón del flujo, (m³/s)
- k : Coeficiente.
- a : Área del orificio, (m²).
- h : Altura desde la cresta del vertedero a la superficie del flujo, (m)

A. Control de ingreso

Las curvas de Rendimiento de control de Ingreso son desarrolladas usando ecuaciones de control de ingreso o los nomogramas de control de Ingreso. Si las ecuaciones son usadas, tanto no sumergido (el vertedero) como sumergido (el orificio) el headwater debe ser calculada para una serie de caudales de diseño. La curva resultante entonces es unida con una línea tangente a ambas curvas (la zona de transición). Si los nomogramas de control de ingreso son usados, headwater correspondiente a una serie de

caudales determinada y luego graficada. La zona de transición es inherente en los nomogramas.

B. Control de salida

Las curvas de Rendimiento de control de salida son desarrolladas usando ecuaciones de control de salida, los nomogramas de control de salida, o cálculos de remanso. Las pérdidas son añadidas a la elevación de la línea de gradiente hidráulica en la salida de alcantarilla para obtener el headwater.

Si los cálculos de remanso son realizados comenzando al final de aguas abajo de la alcantarilla, las pérdidas de fricción son consideradas en los cálculos.

C. Control de calzada desbordado

La curva de Rendimiento representa la suma del flujo por la alcantarilla y el flujo a través de la calzada. La curva de Rendimiento total puede ser determinada realizando los pasos siguientes.

- Seleccionar un registro de caudales y determinar la elevación de HEADWATER correspondiente para el flujo de alcantarilla. Estos caudales deberían caer encima y debajo de descarga de diseño. Tanto el control Ingreso como la salida, HEADWATER debe ser calculado.
- Combinar las curvas de rendimiento de con control de ingreso y salida para definir una curva de Rendimiento solo para la alcantarilla.
- Cuando la elevación de HEADWATER de la alcantarilla excede la elevación de cresta de la calzada, el desbordamiento comenzará. Calcule el equivalente de profundidad de superficie de agua aguas arriba encima de la calzada para cada caudal seleccionado. Use estas

profundidades de superficie de agua y Ecuación (3.18) para calcular caudales a través de la calzada.

- Añadir el flujo de alcantarilla y de la calzada desbordada el flujo en las elevaciones de HEADWATER correspondencia para obtener la curva de Rendimiento de alcantarilla total. La Figura N° 2.27 representa una curva de Rendimiento de alcantarilla total con la calzada desbordada.

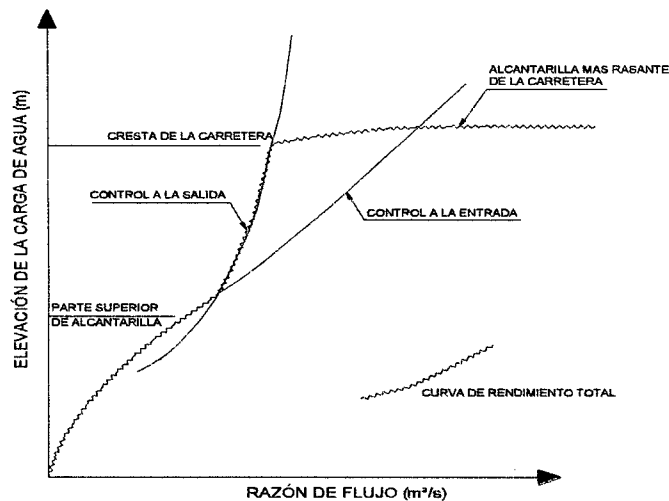


Figura N° 2.27 Curva de rendimiento con calzada desbordada

2.9.1.3.4 Métodos de diseño de alcantarilla con cartas de diseño

El método de diseño utilizando cartas de diseño proporciona para diseñar alcantarillas, considerando el control de salida y control el Ingreso.

A. Control de ingreso

Los cálculos de control de ingreso determinan la elevación HEADWATER requerida para pasar el flujo de diseño por la configuración de alcantarilla seleccionada. La carga de velocidad puede ser incluida como la parte del

HEADWATER. La forma de diseñar utilizando un nomograma de control de ingreso es de la siguiente manera:

- Localizar el tamaño de la alcantarilla seleccionada y el caudal
- Unir los puntos seleccionados anteriormente y prolongar hasta que corte en un punto de la primera línea (H_w/D). La primera escala de H_w/D es también una línea de pivote.
- Si requieren otra escala de H_w/D , extender una línea horizontal de la primera escala de H_w/D (la línea pivote) a la escala deseada y leer el resultado.
- Multiplicar H_w/D por la altura de alcantarilla D , luego obtener HEADWATER requerido (H_w) para la solera de la sección de control de la línea de gradiente de energía. Si la velocidad de aproximación es despreciada, H_w es igual a la profundidad requerida HEADWATER (H_{wi}). Si la velocidad de aproximación es considerada en los cálculos, entonces deducir la carga de la velocidad de aproximación de H_w para determinar H_{wi} .
- Calcular la depresión requerida (caída) de la sección de control de Ingreso:

$$HW_d = EL_{hd} - EL_{sf}$$

$$FALL = HW_i - HW_d$$

Dónde:

HW_d : Es el diseño de profundidad de headwater, (m)

EL_{hd} : Es el diseño de elevación de headwater, (m)

EL_{sf} : Es el elevación del corriente en la cara, (m)

HW_i : Es la profundidad requerida de headwater, (m)

Resumen:

1. Si la caída es negativa, la caída es igual cero y continuar con el paso 5.
2. Si la caída es positiva, la sección de la solera de control de ingreso debe ser deprimido
3. Por la corriente en la cara por la misma cantidad. Si la caída es aceptable, continuar con el paso 5.
4. Si la caída es positiva y mayor que el aceptable, seleccionar otra configuración de alcantarilla e iniciar nuevamente.
5. calcular la elevación de sección de control de Ingreso así:

$$EL_i = EL_s - FALL$$

Donde

EL_i : Es la elevación en la cara de la alcantarilla o en la garganta de una alcantarilla con una entrada afilada.

B. Control de salida

En el control de salida la carta de profundidad crítica y los nomogramas control de salida son usados en el proceso de diseño y tiene los siguientes pasos.

- ✓ Determinar la profundidad de TAILWATER (T_w) para el caudal de diseño. Esto es obtenido a partir de curvas de remanso o cálculos de profundidad normal, o de las observaciones de campo.

- ✓ En la carta de la profundidad crítica, ingresar con el caudal y leer la profundidad crítica, no puede exceder el diámetro
- ✓ Calcular $\frac{(d_c + D)}{2}$
- ✓ Determinar la profundidad de la solera de salida hasta la línea de gradiente hidráulico h_o y considerar el mayor de la expresión.

$$h_o = T_w \quad \text{ó} \quad \frac{(d_c + D)}{2}$$

- ✓ Obtener el coeficiente de pérdida de ingreso apropiado K_e para la configuración de ingreso de alcantarilla
- ✓ Determinar las pérdidas a través del barril de la alcantarilla, "H", usando las ecuaciones de control de salida.
- ✓ Si el valor de n de manning dado en el nomograma de control de salida es diferente que la n de manning para la alcantarilla, ajustar la longitud de alcantarilla usando la siguiente fórmula:

$$L_1 = L \left(\frac{n_1}{n} \right)^2$$

Dónde:

- L_1 : Es la longitud de alcantarilla ajustada, (m)
- L : Es la longitud de alcantarilla real, (m)
- n_1 : Es el valor de n de Manning deseado.
- n : Es el valor de n de Manning de la carta de control de salida.

- ✓ Calcular la elevación de carga de agua de control de salida requerido

$$EL_{h_o} = EL_o + H + h_o$$

- ✓ Si la elevación de carga de agua de control de salida excede la carga de agua de diseño (nivel de rasante de la carretera), una nueva configuración de alcantarilla debe ser seleccionada y repetir el proceso. Generalmente ampliar las dimensiones de la alcantarilla, debido a que las mejoras en el ingreso son de beneficio limitado en el control de salida.

2.9.2 Hidráulica de cunetas

(Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2012). Las cunetas son elementos de drenaje longitudinal que tiene la finalidad de mantener la plataforma de la vía libres de inundaciones para la probabilidad de precipitación de diseño. En esta parte de drenaje existen varios tipos de obras necesarias para recoger y eliminar las aguas que se acumulan en la plataforma de la carretera y de los taludes, las que pueden provenir de precipitaciones pluviales que caen directamente sobre la franja de expropiación de la carretera, aguas superficiales que provienen de áreas vecinas fuera de la franja de expropiación, que no son interceptadas y llegan al camino, como también aguas superficiales que llegan a la carretera en los cruces de caminos.

2.9.2.1 Cunetas de borde

Las cunetas son zanjas longitudinales revestidas o sin revestir abiertas en el terreno, ubicadas a ambos lados o a un solo lado de la carretera, con el objeto de captar, conducir y evacuar adecuadamente los flujos del agua superficial. Se proyectarán para todos los tramos al pie de los taludes de corte, longitudinalmente paralela y adyacente a la calzada del camino y serán de concreto vaciadas en el sitio, prefabricados o de otro material resistente a la

erosión. Serán del tipo triangular, trapezoidal o rectangular, siendo preferentemente de sección triangular, donde el ancho es medido desde el borde de la rasante hasta la vertical que pasa por el vértice inferior. La profundidad es medida verticalmente desde el nivel del Borde de la rasante al fondo o vértice de la cuneta.

El encuentro de la superficie de rodadura con el talud interno de la cuneta, debe ser tal que la superficie de rodadura (concreto asfáltico, etc.) no cubra todo el espesor de pared de la cuneta, tal como se aprecia en la figura N° 3.44

La inclinación del talud interior de la cuneta (V/H) (1:Z1) dependerá, por condiciones de seguridad, de la velocidad y volumen de diseño de la carretera, Índice Medio Diario Anual IMDA (veh/día); según lo indicado en el Tabla N° 2.3 del Manual de Diseño geométrico DG-2001.

Tabla N°2.3: INCLINACION MAXIMA DEL TALUD (V: H) INTERIOR DE LA CUNETETA

TABLA 304.12 (Manual de Diseño Geometrico DG-2001)			
V.D.(KM/HR)	I.M.D.A (VEH/DIA)		
	<750		>750
<70	1:02	(*)	1:03
	1:03		
>70	1:03		1:04

(*) Solo en casos muy especiales

La inclinación del talud exterior de la cuneta (V/H) (1:Z2) será de acuerdo al tipo de inclinación considerada en el talud de corte.

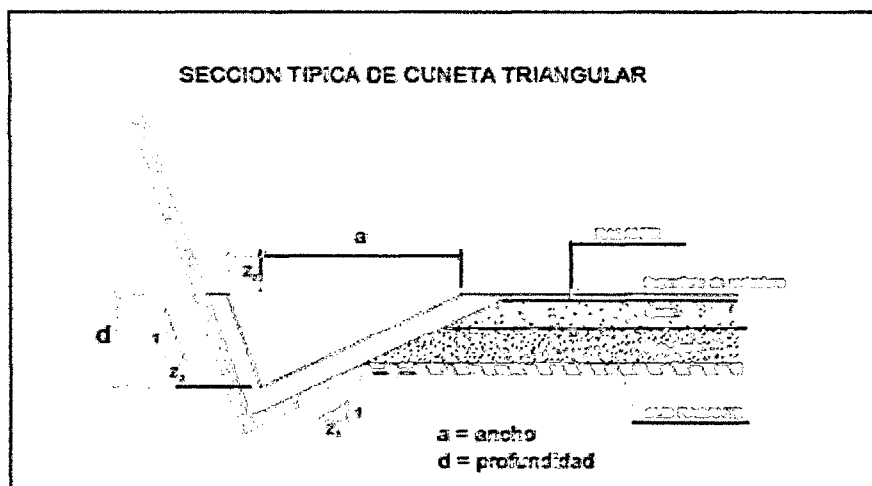


Figura N° 2.28: Sección Típica de Cuneta triangular.

A. Capacidad de las cunetas

Se rige por dos límites:

- Caudal que transita con la cuneta llena
- Caudal que produce la velocidad máxima admisible

Para el diseño hidráulico de las cunetas utilizaremos el principio del flujo en canales abiertos, usando la ecuación de Mannig:

$$Q = AxV = \frac{(A \times R_h^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}})}{n}$$

Dónde:

- V : Velocidad del flujo, (m/s)
- Q : Descarga a través de la cuneta, (m³/s)
- A : Área mojada, (m²)
- N : Coeficiente rugosidad de Manning, (adimensional)
- P : Perímetro mojado, (m)
- S : Pendiente longitudinal, (m/m)
- R : Radio hidráulico, (m)

B. Caudal Q de aporte

Es el caudal calculado en el área de aporte correspondiente a la longitud de cuneta. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3.6}$$

Dónde:

Q : Caudal (m³/s)

C : Coeficiente de escurrimiento de la cuenca

A : Área aportante en km²

I : Intensidad de la lluvia de diseño en mm/h

C. Revestimiento de las cunetas.

Las cunetas pueden revestir de diferentes materiales en función de la velocidad de circulación del flujo, que depende del pendiente de la cuneta, Una velocidad superior a la tolerable por el material causaría arrastres y erosiones, reduciendo la funcionalidad de la cuneta para evitar se debe realizar el revestimiento. Los materiales a utilizarse para revestimiento son generalmente: Concreto, mampostería de piedra, colchón reno, etc. Además se debe revestir en zonas donde se desee evitar infiltraciones, tales como explanadas susceptibles al agua, cunetas de guarda, protección de acuíferos, etc.; donde la conservación resulte difícil o costosa, como ocurre en las vías urbanas. Si la velocidad de diseño supera a la velocidad de iniciación del movimiento de las partículas será necesario adoptar precauciones especiales contra la erosión, como la disposición de escalones de disipación de energía o el revestimiento de la cuneta con paramentos irregulares, evitando los

posibles fenómenos de resalto, este tipo de problema ocurre en pendientes elevadas.

D. Dimensiones mínimas

Las dimensiones serán fijadas de acuerdo a las condiciones pluviales. De elegir la sección triangular, las dimensiones mínimas serán las indicadas en la tabla N° 2.4

Tabla N°2.4 Dimensiones Mínimas

REGION	PROFUNDIDAD (D) (M)	ANCHO (A) (M)
Seca (<400 mm/año)	0.2	0.5
Lluviosa (De 400 a < 1600 mm/año)	0.3	0.75
Muy lluviosa (De 1600 a < 3000 mm/año)	0.4	1.2
Muy lluviosa (> 3000 mm/año)	0.30*	1.2

Fuente: Manual de Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito-MTC.

Para lograr el funcionamiento adecuado de la sección hidráulica, se requiere que en los proyectos viales se considere:

- La construcción de una berma exterior de recepción con ancho mínimo de 60 cm (entre la cuneta y pie del talud de corte), con la finalidad de recepcionar la posible caída de materiales del talud superior, los cuales al impactar, deterioran las losas, y colmatan la sección hidráulica.
- Así mismo es necesario establecer la necesidad de mantenimiento de cunetas por lo menos dos veces al año (antes y después del período de lluvia, especialmente en zonas de sierra y selva del país).

Cuando existan limitaciones de ancho de la plataforma se podrá proyectar cunetas con doble función:

Drenaje, y Área de emergencia (berma).

Para los cuales se buscará la solución más adecuada tales como: cunetas cubiertas, berma-cuneta, cuneta tipo batea, etc.

E. Longitud de la cuneta de borde.

Para transportar el agua sin desbordamiento hasta descargar el agua de las cunetas por medio de caja colectora de alcantarilla de alivio, caída escalonada, sumideros o cauces naturales. Desde el punto de vista de carretera pavimentada en región seca o poco lluviosa la longitud de las cunetas será de 250 m. como máximo. Las longitudes de recorridos mayores deberán justificarse técnicamente. En región muy lluviosa se recomienda reducir esta longitud máxima a 200 m. Mientras tanto en carreteras no pavimentadas La longitud de las cunetas entre alcantarillas de alivio será de 250 m como máximo para suelos no erosionables o poco erosionables. Para otro tipo de suelos susceptibles a erosión, la distancia podrá disminuir de acuerdo a los resultados de la evaluación técnica de las condiciones de pluviosidad, cobertura vegetal de los suelos, taludes naturales y otras características de la zona.

F. Formas.

Para optar la forma de una cuneta dependerá del tipo de la vía, de la capacidad hidráulica, de la economía, etc., entre las formas más comunes existentes podemos mencionar: Triangular, Rectangular, Trapezoidal y

circular, pues generalmente en nuestro medio optan por la forma triangular puesto que se facilita en el proceso constructivo y en mantenimiento.

2.9.2.2 Cunetas de coronación

Las cunetas o zanjas de coronación son canales que se construyen en la parte superior de los taludes de corte, para recoger las aguas que bajan por las pendientes naturales y conducir las hacia la quebrada o descarga más próxima del sistema general de drenaje, evitando de este modo la erosión del terreno, especialmente en zonas de pendiente pronunciada.

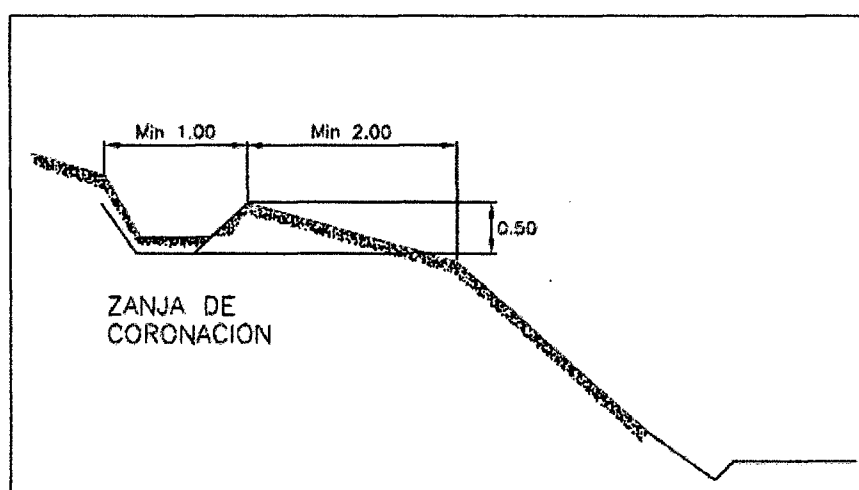


Figura N° 2.29: Detalle Típico de Zanja de Coronación

Normalmente son de forma rectangular, pero también pueden ser trapezoidales, si se requiere un mayor tamaño.

Es importante sembrar especies naturales a ambos lados de la cuneta (pastos, icho, maleza, raíces, árboles, etc.), o ramas cortadas amarradas entre sí en forma de estructuras alargadas, las cuales se entierran o se colocan como estacas siguiendo el contorno de un talud), para evitar que el agua erosione bajo la cuneta y ésta se obstruya con sedimentos. Si la

pendiente es mayor que 2%, es necesario que el canal tenga recubrimiento de concreto simple o enrocado, teniendo en cuenta. Además del área mojada y la rugosidad del canal. Para pendientes mayores, las zanjas deben ser escalonadas con emboquillado de piedra bajo la caída.

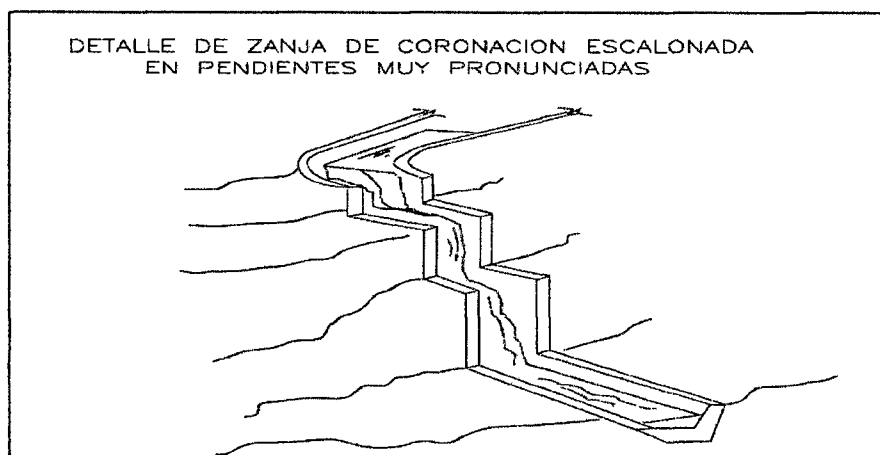


Figura N° 2.30: Detalle Zanja de Coronación en Pendiente muy Pronunciada

No es recomendable colocar estas zanjas, paralelas totalmente a la carretera, porque los tramos finales de la cuneta quedan con una pendiente excesiva, en la que se tienen que ejecutar tramos

Escalonados, como se observa en la Figura N° 2.30, sino por el contrario, se trazará la cuneta hacia el interior de la quebrada, siguiendo las pendientes admisibles para el tipo de terreno o revestimiento. Se puede prescindir de las cunetas de coronación en taludes de suelos resistentes a la erosión con declives de 1:2 (V: H) o menores, o cuando durante la construcción se hayan adoptado medidas efectivas de control de la erosión.

2.9.2.3 Cunetas de recolección

Las cunetas de recolección, llamado también zanja de recolección será necesaria para llevar las aguas de las alcantarillas de alivio hacia los cursos

de agua existente, las características geométricas y otros son igual a las cunetas de coronación.

A. Dimensiones de las zanjas

Las dimensiones se fijarán de acuerdo a las condiciones pluviométricas de la zona y características del terreno.

A. Desague

La ubicación de los puntos de desagüe deberá ser fijada por el diseñador teniendo en cuenta la ubicación de las alcantarillas y la longitud máxima que puede alcanzar la zanja con relación a sus dimensiones y a la lluviosidad de la zona.

2.9.3 Hidráulica de badenes.

(Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2012). Los badenes son obras para dejar pasar el agua sobre la carretera y al mismo nivel de la rasante, a la que se hace una pequeña inflexión; su empleo determina al ubicar la rasante en el perfil longitudinal. Son estructuras construidas como solución de continuidad de calzada, cuando la rasante de la carretera coincide con el nivel del fondo de un pequeño curso de agua que no requiere de alcantarillas ni se disponga de altura para su construcción. Una particularidad del badén son los vados que consiste en cruce a nivel de carretera a través de un río pequeño y se debe construirse en lugares donde existe poca altura.

2.9.3.1 Uso de badenes

Se usa para cruzar quebradas de curso eventual y por las que no pasen grandes volúmenes de agua en épocas de avenida; los vehículos

necesariamente tienden a disminuir la velocidad. Los badenes se deben usar en carreteras de segunda y tercera clase; En nuestro medio este sistema de drenaje es usado con mucha frecuencia en zonas donde se presentan huaycos anchos y que no tienen cause bien definido, ya que constituyen una solución muy económica para el cruce de este tipo de quebradas.

2.9.3.2 Ventajas de los badenes

- Generalmente no es susceptible a obstruirse con escombros o con vegetación como sucede en el caso de una alcantarilla que puede llegar a taparse.
- Son estructuras menos costosas que las alcantarillas grandes luces o los puentes. Pueden resultar inicialmente más caros que las alcantarillas, pero se necesitará menos relleno en el cauce y pueden dejar pasar un mayor caudal.
- Los badenes pueden comportarse como una estructura mixta es decir vados con alcantarillas se pueden usar para desalojar flujos en estiaje y para mantener a los vehículos fuera del agua, evitando la degradación de la calidad del agua.

2.9.3.3 Ventajas de los badenes

- Implican ciertos retrasos periódicos u ocasionales en el tránsito durante periodos de alto caudal.
- La configuración no se adapta fácilmente a desagües tallados profundamente en el Terreno para los cuales se necesitarían rellenos de gran altura debido a que la geometría de la estructura implica una

depresión en la superficie y retrasos periódicos, en general no son recomendables para caminos de mucho tránsito ni de alta velocidad.

2.9.3.4 Criterios básicos para el diseño de badén

- Usar una estructura o una losa suficientemente larga para proteger el perímetro mojado del cauce natural del curso de agua. Diseñar protección por encima del nivel esperado de aguas máximas. Mantener un borde libre, entre 0.3 y 0.5 metros, entre la parte superior de la superficie reforzada de rodadura (losa) y el nivel de aguas máximas esperado.
- Proteger toda la estructura con pantallas impermeables, enrocamiento, gaviones, losas de concreto u otro tipo de protección contra la socavación. El nivel del agua abajo es un punto particularmente crítico para efectos de socavación y necesita disipadores de energía o enrocados de protección debido al abatimiento típico del nivel del agua al salir de la estructura y a la aceleración del flujo a lo largo de la losa.
- Construir las cimentaciones sobre material resistente a la socavación (roca sana o enrocada) o por debajo de la profundidad esperada de socavación. Evitar la socavación de la cimentación o del cauce mediante el uso de empedrado pesado colocado localmente, jaulas de gaviones o refuerzo de concreto.
- Usar marcadores de profundidad resistentes y bien colocados en los vados para advertir al tránsito de alturas peligrosas del agua.
- Evitar la construcción de curvas verticales pronunciadas en vados en las que puedan quedar atrapados camiones largos o remolques.

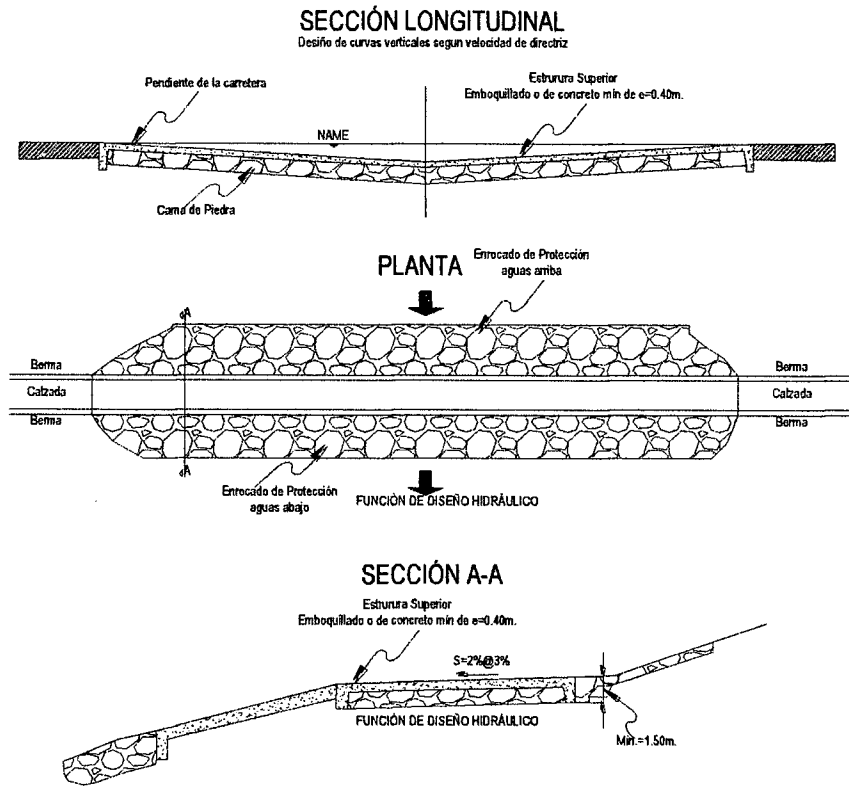


Figura N° 2.31: Esquema de un Badén

2.9.3.5 Tipos de badén

La construcción de obras de drenaje en los caminos vecinales demanda un presupuesto alto, por lo que se deberá estudiar soluciones técnicas que sean adecuadas a la economía de este tipo de obras que minimicen el riesgo de su destrucción.

En este sentido, el presente trabajo proporciona algunos criterios para el diseño de badenes como una alternativa que puede ser aplicada para la solución de pasos de quebrada en diferentes regiones. De acuerdo a las características y condiciones del curso de agua, se puede diferenciar los siguientes tipos de badenes:

- Badén Simple

- **Badén Mixto**
- **Badén Combinado**

2.9.3.6 Datos básicos para el diseño

- **Topografía del cauce:** Levantamiento este que deberá cubrir un área comprendida como mínimo entre 100 metros aguas arriba y 100 metros aguas abajo del eje del camino y un ancho, a partir de ambas márgenes; que permita un conocimiento detallado del sector.
- **Geotecnia del sitio:** El estudio geotécnico se deberá centrar en las características del terreno de fundación y de las márgenes del río o quebrada.
- **Estimación de caudales máximos:** deberá incluir un análisis de los materiales de arrastre y la morfología del cauce. Para establecer las dimensiones de los elementos del badén, se deberá fijar el caudal de diseño (se recomienda un caudal de diseño con un periodo de retorno de $T = 50$ años).

2.9.3.7 Diseño hidráulico del badén

Para el diseño hidráulico se idealizará el badén como un canal trapezoidal con régimen uniforme.

Este tipo de flujo tiene las siguientes propiedades:

- a) La profundidad, área de la sección transversal, velocidad media y gasto son constantes en la sección del canal.
- b) La línea de energía, el eje hidráulico y el fondo del canal son paralelos, es decir, las pendientes de la línea de energía, de fondo y de la superficie del agua son iguales. El flujo uniforme que se considera es permanente en el

tiempo. Aun cuando este tipo de flujo es muy raro en las corrientes naturales, en general, constituye una manera fácil de idealizar el flujo en el badén, y los resultados tienen una aproximación práctica adecuada. La velocidad media en un flujo uniforme cumple la ecuación de Manning, que se expresa por la siguiente relación:

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

Dónde: el gasto viene dado por la siguiente relación:

$$Q = AxV$$

Dónde:

V : Velocidad media del flujo (m/s)

Q : Caudal (m³/s)

A : Área de la sección hidráulica, (m²)

n : Coeficiente rugosidad de Manning, (adimensional)

P : Perímetro mojado, (m)

S : Pendiente de Fondo (m/m)

R : Radio hidráulico, (m)

2.9.4 Hidráulica de puentes y pontones

(Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2012). Los puentes y pontones son estructuras al igual que las alcantarillas, permite el paso del agua de un lado al otro del camino, pero en este caso sin alterar el cauce original del curso del agua, la elección de pontones o alcantarillas tipo losa son recomendables para quebradas cuya luz varía entre 5 y 8 m. Así mismo para la funcionalidad óptima proteger los accesos de aguas arriba y aguas abajo a las estructuras

mediante muros de alero, enrocamiento, gaviones, vegetación u otro tipo de protección, estas estructuras debe estar diseñado para resistir a la socavación.

2.9.4.1 Determinación de las características generales de la sección hidráulica.

- Los tirantes (y): Definido por la diferencia entre el nivel alcanzado por el agua y los niveles de la superficie del agua en cada tramo de la sección hidráulica.
- Área hidráulica (A): Definida por el nivel alcanzado del cauce, longitud del tramo y perfil del terreno natural.
- Perímetro Mojado (P): Longitud de la superficie del cauce que tienen contacto con el agua en cada tramo de la sección hidráulica.

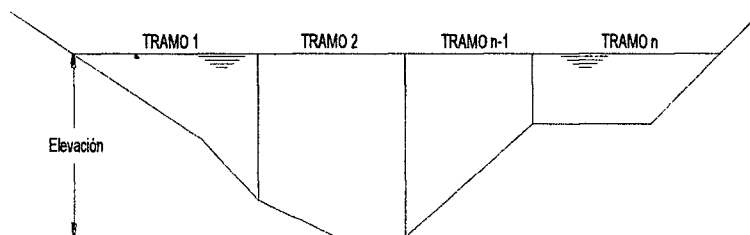


Figura N° 2.32 Sección hidráulica de un pontón

2.9.4.2 Determinación de las velocidades en la sección hidráulica.

Una vez determina la geometría de la sección hidráulica se calculan las velocidades del flujo mediante la ecuación de Manning como se indica en la siguiente ecuación.

$$V_i = \frac{R_i^{2/3} S^{1/2}}{n_i}$$

Dónde:

V_i : Velocidad del flujo en el tramo en (m/s).

R_i : Radio Hidráulico en el tramo en (m).

S : Pendiente del fondo del cauce (m/m).

n_i : Coeficiente de rugosidad Manning en el tramo.

2.9.4.3 Determinación de los caudales en la sección hidráulica.

Una vez calculada la velocidad se procede a calcular los caudales en cada tramo utilizando la ecuación de continuidad que establece:

$$Q_i = A_i \cdot V_i$$

Los gastos parciales se suman para obtener el gasto total como indica a continuación:

$$Q_{\text{total}} = \sum_{i=1}^{i=n} Q_i$$

Dónde:

V_i : Velocidad del flujo en el tramo en (m/s).

Q_i : Caudal en el tramo en i en (m³/s).

A_i : Área hidráulica en el tramo i en (m²).

Q_{total} : Caudal total en el cauce en (m³/s).

Cálculo del tirante es muy complejo por lo que la solución adecuada es por el método iterativo, asumiendo valores al tirante para calcular el caudal, donde la solución termina cuando el caudal calculado es igual al caudal calculado en la etapa de hidrología.

3.0 Hidráulica fluvial

3.1 Socavación de Alcantarillas

(Hydraulic Design Of Energy Dissipators For Culverts an Channels – HEC-14).

Este proceso está relacionado con la geomorfología fluvial, se acelera durante los eventos de tormenta cuando la profundidad y velocidad del cauce son altas. Al instalar una alcantarilla en este ambiente dinámico requiere una atención especial a los efectos de estos fenómenos naturales y los efectos de la alcantarilla en el cauce del río. Este tipo se presenta en una carretera como es el caso de socavación al ingreso y salida de la alcantarilla, aumento del sedimento y obstrucción con escombros en la alcantarilla.

3.1.1 Socavación al ingreso de alcantarilla (suelos no cohesivos).

Un hoyo de socavación se forma aguas arriba de la alcantarilla por lo que el radio, su profundidad y el tamaño de la partícula son dados en las siguientes ecuaciones:

$$\frac{R}{D} = \left(0.15 + 0.072 \frac{Q}{D^{5/2}} \right) \left(\frac{D}{d} \right)^{1/5}$$

$$S = D \left[0.091 \frac{Q}{D^{5/2}} - \frac{d_m}{D} - 0.075 \right]$$

$$d_p = D \left[0.091 \frac{Q}{D^{5/2}} - 0.075 \right]$$

Dónde:

R = Radio del hoyo de socavación, en m.

D = Diámetro del conducto, en m.

Q = Descarga, en m³/s.

d_m = Tamaño medio de la partícula, en m.

d_p = Diámetro de protección, en m.

S = Profundidad del hoyo de socavación, en m.

3.1.2 Socavación a la salida de Alcantarilla (Suelos no Cohesivos).

Mata-Lima, 2010. Existen muchos factores complejos que afectan la erosión aguas debajo de alcantarilla es extremadamente difícil debido a los complejos factores que dependen en particular de caudal, velocidad de flujo, la forma del acueducto, las características de la cama y orillas del canal, el nivel del agua abajo y la cantidad de sedimentos y otros residuos que pueda contener el flujo. Sugiere un procedimiento para la estimación de erosiones locales de salida de acueductos. Este método se basa en la determinación de la

geometría de un foso de erosión con el fin de ayudar en la evaluación de la necesidad de disipación de energía.

La geometría del foso de erosión varía con las condiciones de nivel de agua abajo. La máxima erosión se produce en situaciones en las que la altura de aguas abajo es inferior a la mitad de la altura del conducto.

La profundidad máxima de erosión (H_s) se produce en un lugar aproximadamente $0,4L_s$ aguas abajo de la salida del conducto, en donde L_s es la longitud del hoyo erosión. La figura 2.33 representa el esquema de un pozo de la erosión natural, la salida de un acueducto

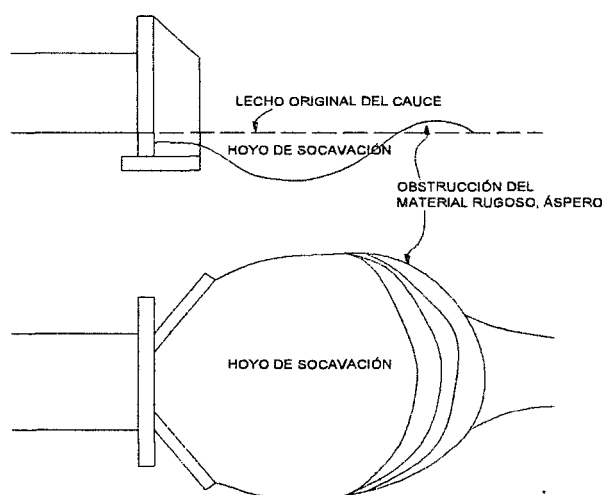


Figura N° 2.33 Hoyo de socavación en la salida de una alcantarilla

3.1.2.1 Suelos no cohesivos

La expresión general para determinar la geometría de socavación en un suelo sin cohesión en la alcantarilla de salida es:

$$\left[\frac{h_s}{R_c}, \frac{W_s}{R_c}, \frac{L_s}{R_c}, \frac{V_s}{R_c^3} \right] = C_s C_h \left(\frac{\alpha}{\sigma^3} \right) \left(\frac{Q}{\sqrt{g} R^{2.5}_c} \right)^\beta \left(\frac{t}{316} \right)^\theta \dots \dots \dots (\alpha)$$

Dónde:

h_s : Profundidad de Socavación, (mt)

W_s : Ancho de Socavación, (mt)

L_s : Longitud de Socavación, (mt)

V_s : Volumen de Socavación, (mt)

R_c : Radio Hidráulico en el extremo de la alcantarilla (Suponiendo flujo completo)

Q : Caudal (m³/seg)

g : Aceleración de la Gravedad (m/s²)

t : Tiempo (min)

$\sigma = \left(\frac{D_{84}}{D_{16}}\right)^{0.5}$: Material de desviación estándar

α, β, θ : Coeficientes.

C_s : Coeficiente de corrección de pendiente.

C_h : Coeficiente de corrección altura de lecho.

La distribución de tamaño de grano - lecho de material se determina mediante la realización de un análisis granulométrico (ASTM DA22-63). Los valores de D84 y D16 se extraen de la distribución del tamaño de grano. Si $\sigma < 1,5$, el material se considera que es uniforme. Si $\sigma > 1,5$, el material se clasifica como graduada. Típicos valores de σ son 2,10 para la grava y 1,87 para la arena.

A. Socavación geometría agujero

Indican que el foso de erosión geometría varía según las condiciones agua de descarga con la geometría de máxima erosión se produce en profundidades agua de descarga a menos de la mitad de la altura de la alcantarilla y que la

profundidad máxima de socavación, h_s , se produce en una ubicación aproximadamente 0,4 L_s abajo de la salida de la alcantarilla.

Donde

L_s : Longitud de Socavación, mt

α, β, θ : Coeficientes para determinar la socavación geométrica.

Tabla N° 2.5 Coeficientes para la socavación a la salida de una alcantarilla (Materiales No Cohesivos)

Geometría	α	β	θ
Profundidad, h_s	2.27	0.39	0.06
Ancho, W_s	6.94	0.53	0.08
Longitud, L_s	17.10	0.47	0.10
Volumen, V_s	127.08	1.24	0.18

Fuente: Hydraulic Design Of Energy Dissipators For Culverts an Channels

B. Tiempo de socavación

El tiempo de la socavación se estima con base en el conocimiento de la duración de flujo máximo. A falta de este conocimiento, se recomienda que un tiempo de 30 minutos ser utilizado en la Ecuación (α) Los exámenes indican que aproximadamente 2/3 a 3/4 de la profundidad máxima de erosión se produce en los primeros 30 minutos de la duración del flujo. Los exponentes para el parámetro de tiempo en la Tabla 2.5 reflejan la relativamente plana parte de la relación de tiempo socavación ($t > 30$ minutos) y no son aplicables para los primeros 30 minutos del proceso de socavación.

C. Muro de cabecera

Instalación de un testero perpendicular a la salida de la alcantarilla mueve el foso de erosión aguas abajo. Sin embargo, la magnitud de la geometría sigue siendo esencialmente la socavación misma que para el caso sin el testero. Si

la alcantarilla se instala con un testero, la headwall debe extenderse a una profundidad igual a la profundidad máxima de socavación.

D. Altura de caída

Las dimensiones del hoyo de socavación variarán con la distancia de la cota de la alcantarilla que se extiende sobre el lecho. La forma del hoyo de socavación llega a ser más profundo, más extenso, más corto, cuando la altura de la cota de la alcantarilla sea incrementada (β). Los valores de C_h son presentados en la tabla N° 2.6.

Tabla N° 2.6 Coeficientes C_h para altura sobre el lecho**

H_d^*	Profundidad	Ancho	Longitud	Volumen
0	1.00	1.00	1.00	1.00
1	1.22	1.51	0.73	1.28
2	1.26	1.54	0.73	1.47
4	1.34	1.66	0.73	1.55
* Altura sobre el lecho en diámetros de la tubería				
** Coeficiente derivado para materiales de lecho arenoso.				

Fuentes: Hydraulic Design Of Energy Dissipators For Culverts an Channels

E. Pendiente

Las dimensiones del hoyo de socavación variarán con la pendiente del conducto de la alcantarilla. El hoyo de socavación llega a ser más profundo, más extenso, más largo como la pendiente se incremente. Con objeto de compensar una alcantarilla inclinada, es modificada a:

$$\text{Geometría de Socavación A dimensional} = C_s \frac{\alpha}{\sigma^{1/3}} \left(\frac{Q}{\sqrt{g} R_h^{5/2}} \right)^\beta \left(\frac{t}{t_o} \right)^\theta$$

Donde C_s es un coeficiente que ajusta la geometría del hoyo de socavación (Tabla N° 2.7).

Tabla N° 2.7 Coeficiente C_s Para Pendiente de la Alcantarilla

Pendiente %	Profundidad	Ancho	Longitud	Volumen
0	1.00	1.00	1.00	1.00
2	1.03	1.28	1.17	1.30
5	1.08	1.28	1.17	1.30
≥7	1.12	1.28	1.17	1.30

3.1.3 Socavación a la Salida de Alcantarilla (Suelos Cohesivos)

Si el suelo es cohesivo en la naturaleza, la ecuación β se debe utilizar para determinar las dimensiones de los orificios de socavación. Expresiones número de corte, que se refieren a la socavación a la tensión de cizallamiento crítica del suelo, se deriva de tener una gama más amplia de aplicabilidad para suelos cohesivos, además de la arcilla arenosa específico que fue probado. La arcilla arenosa probado tenía 58 por ciento de arena , 27 por ciento de arcilla , limo 15 por ciento , y el 1 por ciento de materia orgánica ; tenía un tamaño medio de grano de 0,15 mm (0,0059 pulgadas) ; y tenía un índice de plasticidad , PI , de 15. Las expresiones numéricas de corte para alcantarillas circulares son :

$$\left[\frac{h_s}{D}, \frac{W_s}{D}, \frac{L_s}{D}, \frac{V_s}{D^3} \right] = C_s C_h (\alpha) \left(\frac{\rho V^2}{\tau_u} \right)^\beta \left(\frac{t}{316} \right)^\theta \dots \dots \dots (\beta)$$

Para otras alcantarillas forma:

$$\left[\frac{h_s}{Y_e}, \frac{W_s}{Y_e}, \frac{L_s}{Y_e}, \frac{V_s}{Y_e^3} \right] = C_s C_h (\alpha_e) \left(\frac{\rho V^2}{\tau_u} \right)^\beta \left(\frac{t}{316} \right)^\theta \dots \dots \dots (\gamma)$$

Dónde:

D : Diámetro de la Alcantarilla (m)

y_e : Profundidad Equivalente $\left(\frac{A}{2}\right)^{1/2}$, (mt)

A : Área de la Sección Transversal del flujo (m²)

V : Velocidad media de salida (m/seg)

τ_c : Tensión crítico de tracción de corte, N / m²

ρ : Densidad del fluido de agua, 1000 kg / m³

$\alpha_e = \alpha_e = \alpha / 0,63$ para h_s , W_s , y L_s y $\alpha_e = \alpha / (0,63)^3$ para V_s

α, β, θ : Coeficientes que se encuentran en el Tabla N°2.7

Utilice 30 minutos para t en la ecuación (β) y la ecuación (γ), si no se conoce.

La tensión crítica de cizallamiento de tracción se define en la ecuación θ . Las ecuaciones β y γ se debe limitar a los suelos de arcilla arenosa con un índice de plasticidad de 5 a 16.

$$\tau_c = 0.001(S_v + \alpha_u) \tan(30 + 1.73PI) \dots\dots\dots (\theta)$$

τ_c : Tracción de cizallamiento crítica, N / m² (lb / ft²)

S_v : La resistencia al corte saturado, N / m² (lb / ft²)

α_u : Unidad de conversión constante, 8630 N / m² (SI), 180 lb / pie² (CU)

PI : Índice de plasticidad de los límites de Atterberg

Tabla N° 2.9: Coeficientes para desagüe de fondo de la alcantarilla en suelos cohesivos

	α	β	θ	α_e
Depth, h_s	0.86	0.18	0.1	1.37
Width, W_s	3.55	0.17	0.07	5.63
Length, L_s	2.82	0.33	0.09	4.48
Volume, V_s	0.62	0.93	0.23	2.48

Fuentes: Hydraulic Design of Energy Dissipators For Culverts an Channels

3.2 Socavación de puentes y pontones.

La socavación es un fenómeno hidrodinámico que es la causa más frecuente de falla que afecta las cimentaciones de los puentes. Dicho fenómeno es una combinación de distintos procesos, unos que se producen a lo largo plazo y

otros transitorios por el paso de avenidas. El proceso de socavación en un puente se analiza como erosión potencial total y es de carácter estimativo, la cual combina la socavación producida en la sección del puente y sus inmediaciones, causada por el estrechamiento del cauce debido a su construcción y socavación local que se produce debido a su construcción y la socavación local que se produce en las inmediaciones de los pilares y estribos rodeados por la corriente del río.

3.2.1 Estimación de la socavación

3.2.1.1 Proceso de socavación asociados al diseño de puentes.

La socavación es un proceso que se produce a lo largo y corto plazo o transitorio, como en el caso de la ocurrencia de avenidas. Generalmente los fallos ocurre cuando se produce las avenidas. Generalmente los fallos ocurren cuando se producen las avenidas, sin embargo, también se presentan con procesos que ocurren a largo plazo.

La estimación de la profundidad de socavación para el diseño de puentes debe tomar en cuenta los siguientes aspectos; la socavación que ocurre independientemente de la presencia del puente como socavación general, socavación en curvas, etc., la socavación que ocurre en la sección del puente debido al estrechamiento del cauce por la presencia del puente (socavación por contracción) y la socavación que ocurre en la zona de sus apoyos (socavación local de pilares y estribos rodeados por la corriente).

3.2.1.1.1 Socavación general

Para fines de estimación con el objetivo de diseño de puentes es usual adoptar un criterio conservador que consiste en calcular la máxima profundización posible del lecho, bajo una condición hidráulica dada. La máxima profundización del cauce ocurre cuando se alcanza la condición de transporte crítico, donde la velocidad de flujo se reduce a tal punto en que la corriente no puede movilizar y arrastrar más material del lecho y a su vez no existe transporte de material desde aguas arriba. Por lo tanto, cuando se produce la avenida, la sección geométrica del cauce se modifica dando lugar a una nueva sección, la cual obviamente está socavada, donde el lecho queda en condiciones de arrastre crítico o de transporte incipiente.

A continuación se describen algunos métodos para la estimación de la profundidad de socavación general bajo la condición en que la velocidad de escurrimiento es igualada por la velocidad crítica de arrastre y estimación de socavación general por contracción del cauce.

A. Método de velocidad crítica y agua clara

Este método utiliza el criterio del principio de movimiento de un fondo granular bajo una corriente permanente, igual al criterio de Shields y la hipótesis de agua clara, es decir la corriente no transporta sedimentos.

La profundidad máxima de socavación general se alcanza cuando la velocidad crítica es igualada por la velocidad media de la sección, donde la velocidad crítica está en función del parámetro de tensión crítica adimensional, de la

fórmula de Stricker para el coeficiente de rugosidad de Manning y las características del material del lecho.

$$V_{cr} = 21 \left(\frac{R_h}{D_{50}} \right)^{1/6} \sqrt{0.056 \frac{(\gamma_s - \gamma)}{\gamma} D}$$

Dónde:

V_{cr} : Velocidad Crítica en la sección (m/s).

R_h : Radio Hidráulico de la sección (m)

D_{50} : Diámetro correspondiente al 50 % en la curva granulométrica (m).

D : Diámetro característico del lecho (m)

γ_s : Peso específico del suelo (T/m³).

γ : Peso específico del agua (T/m³)

Para la obtención del diámetro característico D del suelo erosionado puede emplearse el D_{84} que toma en cuenta el acorazamiento del lecho.

B. Método de Lischvan – Levediev.

El método propuesto por Lischvan-Levediev es el más usado en nuestro país para el cálculo de la socavación general incluyendo el efecto de la contracción de un puente. Se fundamenta en el equilibrio que debe existir entre la velocidad media real de la corriente (V_r) y la velocidad media erosiva (V_e). La velocidad erosiva no es la que da inicio al movimiento de las partículas en suelos sueltos, sino la velocidad mínima que mantiene un movimiento generalizado del material del fondo. Si el suelo es cohesivo, es la velocidad que es capaz de levantar y poner el sedimento en suspensión. La velocidad erosiva está en función de las características del sedimento de

fondo y de la profundidad del agua. La velocidad real está dada principalmente en función de las características del río: pendiente, rugosidad y tirante o profundidad del agua. El método se basa en suponer que el caudal unitario correspondiente a cada franja elemental en que se divide el cauce natural (Figura N°2.34) permanece constante durante el proceso erosivo y puede aplicarse, con los debidos ajustes, para casos de cauces definidos o no, materiales de fondo cohesivos o friccionantes y para condiciones de distribución de los materiales del fondo del cauce homogénea o heterogénea.

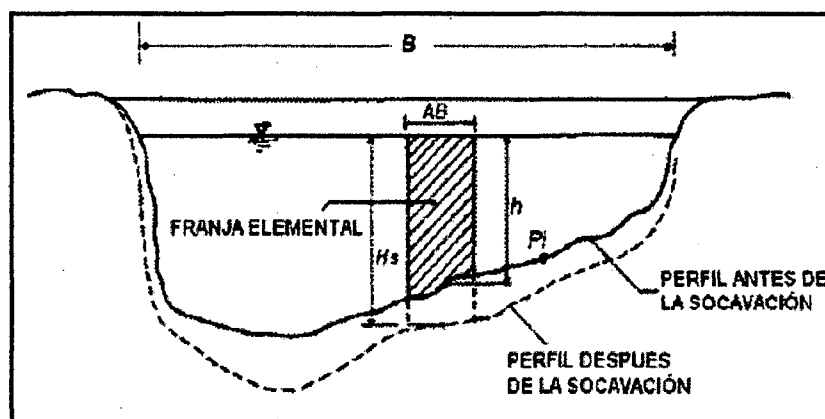


Figura N°2.34: Sección Transversal del Cauce

B.1 Para suelos granulares

Se tiene la siguiente ecuación:

$$H_s = \left(\frac{\alpha h^{5/3}}{0.68\beta D_m^{0.28}} \right)^{1/(1+z)}$$

La expresión anterior no considera el efecto de la contracción del flujo debida a la presencia de los estribos y Pilas, ni el peso específico del agua durante la creciente, por lo que debe corregirse mediante unos factores de ajuste cuando se trata de evaluar un puente.

El factor de corrección por contracción μ es menor que 1 y contribuye al incremento de la profundidad de socavación.

En el siguiente Cuadro se muestra el factor de corrección por contracción del cauce μ .

Tabla N°2.9: Coeficiente de Contracción (μ)

Velocidad media en la sección, en m/s	Longitud libre entre dos pilas, en m.												
	10	13	16	18	21	25	30	42	52	63	106	124	200
Menor de 1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.0	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2.0	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
2.5	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
3.0	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
3.5	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
4 o mayor	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99

Fuente:Manual de Diseño de Obras Civiles, Comisión Federal de Electricidad, México.

V : Velocidad media en la sección transversal

μ : 1.0, si no hay obstáculos.

Para puentes de una luz, la luz libre es la distancia entre estribos. Para puentes de varios tramos, la luz libre es la mínima distancia entre dos pilas consecutivas. O entre el pilar y estribos más próximos.

Adicional, el efecto del peso específico del agua durante la creciente se considera en otro factor de corrección ϕ que es mayor o igual que la unidad y su efecto es reducir la profundidad de socavación.

$\phi=1.0$, si $\gamma_m = 1.0$ T/m³ (agua clara)

γ_m : Peso específico de la muestra agua sedimento.

$\phi = -0.54 + 1.5143\gamma_m$, si $\gamma_m > 1.0$ T/m³ (Lecho móvil)

La ecuación final para el cálculo de la socavación considerando los coeficientes de corrección por contracción y peso específico de agua es la siguiente:

$$H_s = \left(\frac{\alpha h^{5/3}}{0.68\beta\mu\phi D_m^{0.28}} \right)^{1/(1+z)}$$

$H_s - h$: Profundidad de Socavación (m)

H : Tirante de agua (m)

D_m : Diámetro Característico del lecho (mm)

β : Coeficiente de frecuencia

μ : Factor de corrección por contracción del cauce

ϕ : Factor de Corrección por forma de transporte de sedimentos.

B.2 Para suelos cohesivos

Considerando los coeficientes de corrección por contracción y peso específico del agua durante crecientes, se tiene:

$$H_s = \left(\frac{\alpha h^{5/3}}{0.60\beta\mu\phi\gamma_s^{1.18}} \right)^{1/(1+x)}$$

Dónde:

$H_s - h$: Profundidad de Socavación (m)

H : Tirante de agua (m)

γ_s : Peso específico del sedimento del lecho (T/m³)

β : Coeficiente de frecuencia

μ : Factor de corrección por contracción del cauce

ϕ : Factor de Corrección por forma de transporte de sedimentos.

3.2.1.1.2 Socavación local

En este ítem se describirán algunos métodos para la estimación de la profundidad de socavación local que se produce en las zonas de los pilares como en los estribos del puente.

A. Estimación de la socavación local en estribos

Existe algunos métodos para la determinación de la socavación local en estribos, entre ellos podemos mencionar:(Liu Chang, Skinner, Laursen, Artamonov, Froehlich, Hire y Melville).

Sin embargo, la incertidumbre existe con relación a la aplicabilidad y a los resultados de las ecuaciones es mayor que para el caso de la socavación local en pilares. Todas las ecuaciones existentes tienen limitaciones de tipo práctico. Por ejemplo, las ecuaciones han sido desarrolladas para cauces de lecho arenoso y no tienen en cuenta la posibilidad de acorazamiento. Las ecuaciones para el cálculo de la socavación local en estribos se basan en información de laboratorio y muy poca información de campo existe para su verificación. Casi todas las ecuaciones dan como resultado valores muy conservadores de socavación debido a que consideran que el estribo está en el cauce principal formado por lechos aluviales y asumen que el caudal de agua obstruido es proporcional a la longitud del estribo, lo cual raramente ocurre en la realidad. Un método simple para determinar la longitud del estribo que se opone al paso del agua es superponer la estructura del puente a la del cauce aguas arriba y ver que tanto cada estribo obstruye el paso del agua. Esto resulta válido para puentes por construir, pero no es así cuando el puente ya está construido y el cauce natural está afectado por los terraplenes de acceso. En este caso, se recurre a comparar una sección de aguas arriba con la sección del puente, las que pueden ser diferentes en el ancho del cauce principal y estar afectadas por los terraplenes de aproximación, por lo que en vez de superponerlas mecánicamente, es mejor

analizar el comportamiento real del flujo y determinar a criterio la dimensión real de obstrucción. Para ello, hay que definir en el campo cuales son los extremos del cauce principal. Esto se determina por observación directa de cambios de pendiente en la sección transversal, cambios en el color del suelo o en la vegetación o cualquier otro indicio que lleve a diferenciar el cauce principal del cauce de inundaciones.⁷ La Figura N° 3.51 ilustra algunos de los casos que se pueden presentar dependiendo de la ubicación del estribo y de los niveles de inundación tanto en la zona del puente como en la sección transversal aguas arriba.

L_1 : Longitud entre el borde del cauce principal y la pared del estribo (Izquierdo o Derecho)

L_2 : Longitud entre el borde del cauce principal y el punto de intersección del agua con el margen.

L : Longitud del estribo que se opone al paso del agua.

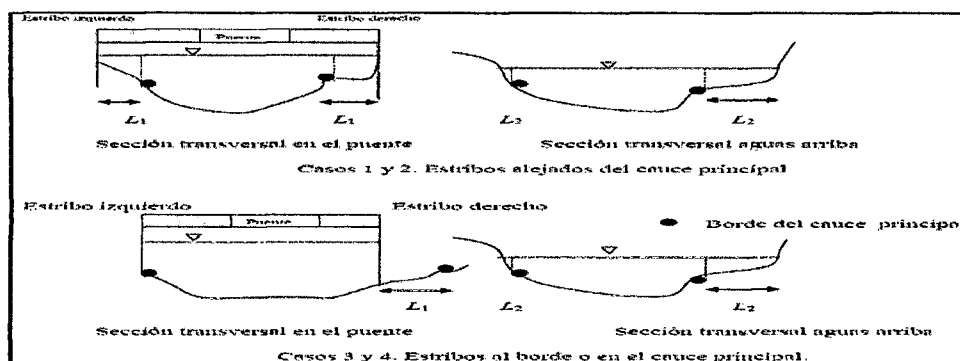


Figura N°2.35: Algunos Casos de Obstrucción de Estribos

Caso 1: Estribo Izquierdo $L_1 > L_2$

$L = L_2 - L_1$, es negativo y por lo tanto el estribo no obstruye el paso del agua, se asume $L=0$.

Caso 2: Estribo Derecho $L_2 > L_1$

$$L = L_2 - L_1$$

Caso 3: Estribo Izquierdo $L_1 = 0$

$$L = L_2 - L_1 = L_2$$

Caso 4: Estribo Derecho L_1 negativo

$$L = L_2 - (-L_1) \text{ entonces } L = L_2 + L_1$$

B. Método de Artamonov

Este método permite determinar no solamente la profundidad de socavación que se produce al pie de estribos sino también al pie de espolones o espigones. Depende de los siguientes factores:

- ✓ Porción de caudal que es interceptado por la estructura al meterse dentro de la corriente Q_1 o Q_2 ver Figura 2.36
- ✓ Talud que tiene los datos del estribo (H: 1.0V).
- ✓ Angulo entre el eje longitudinal del puente y la corriente (θ).

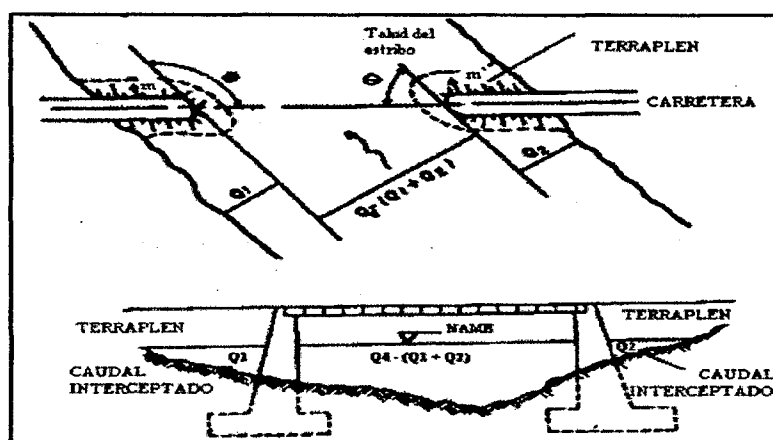


Figura N°2.36: Intersección del flujo por los estribos –Método de Artamonov

$$H_t = K_\theta K_Q K_m h$$

Dónde:

H_T : Profundidad del agua al pie del estribo o espigón medida desde la superficie libre de la corriente.

K_θ : Coeficiente que depende del ángulo que forma la corriente con el eje longitudinal del puente (Ver Tabla N°2.10).

K_Q : Coeficiente que depende de la relación entre el gasto teórico interceptado por el estribo Q_1 o Q_2 y el caudal total Q_d que escurre por la sección transversal (Ver Tabla N°2.11).

K_m : Coeficiente que depende del talud que tienen los lados del estribo (Ver Tabla N°2.12).

h : Tirante de agua en la zona cercana al estribo o al espigón antes de la socavación.

Tabla N°2.10

VALORES DEL COEFICIENTE CORRECTIVO P_α EN FUNCION DE α					
α	30°	60°	90°	120°	150°
P_α	0.84	0.94	1.00	1.07	1.19

Tabla N°2.11

VALORES DEL COEFICIENTE CORRECTIVO P_q EN FUNCION DE Q_1/Q								
Q_1/Q	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80
P_q	2.00	2.65	3.22	3.45	3.67	3.87	4.06	4.20

Tabla N°2.12

VALORES DEL COEFICIENTE CORRECTIVO P_R EN FUNCION DE R						
TALUD R	0	0.50	1.00	1.50	2.00	3.00
P_R	1.00	0.91	0.85	0.83	0.61	0.50

La siguiente ecuación se usa cuando el puente no está sesgado respecto al flujo ($\theta=90^\circ$) y la pared de los estribos es vertical:

$$H_T = K_Q h$$

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del Proyecto

El área de estudio se encuentra en la región Cajamarca, provincia de Cajabamba, distrito de Cajabamba, en la margen derecha de la ciudad de Cajabamba aproximadamente a 500 m de la plaza principal el punto de inicio (progresiva Km: 58+770), con una longitud total de Km: 16+400 (punto final).

La Coordenada UTM del punto inicio es:

- Este : 826160.00
- Norte : 9154975.00
- Altitud : 2672.00 m.s.n.m.

La Coordenada UTM del punto final es:

- Este : 828605.00
- Norte : 9148567.00
- Altitud : 3047.00 m.s.n.m.

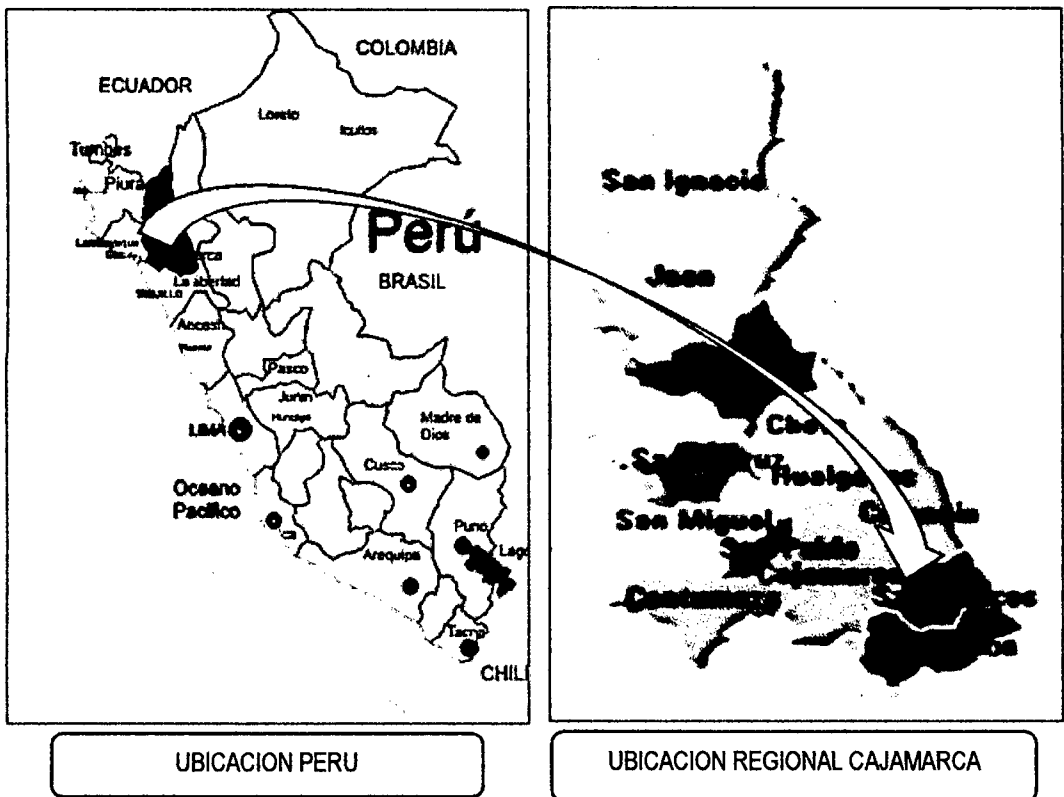
3.1.1 Ubicación Política

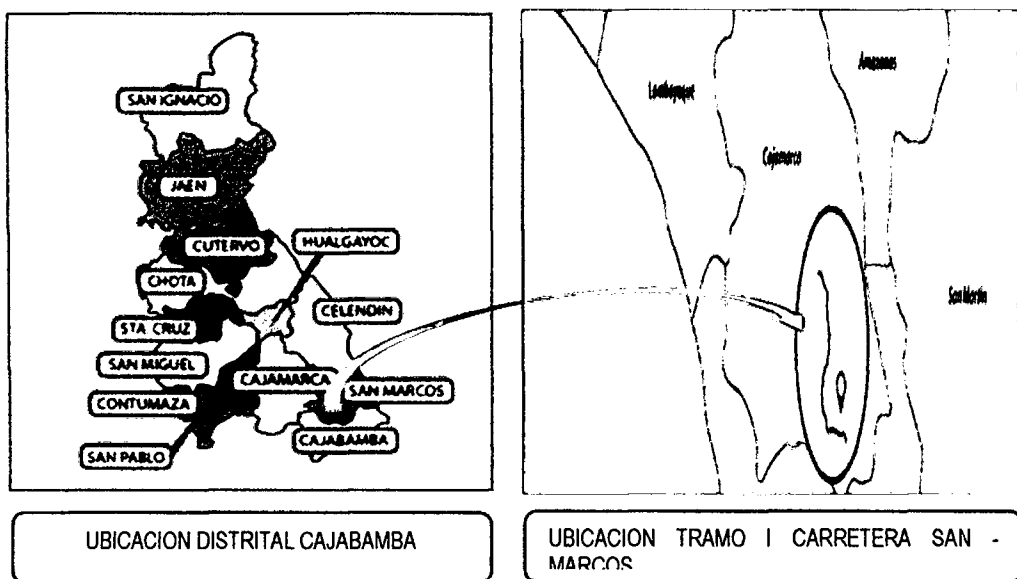
La Carretera SAN MARCOS TRAMO-I al noreste de la capital del distrito de CAJABAMBA que pertenece al departamento de Cajamarca, es un valle interandino y con una altitud aproximada de 2612 m.s.n.m.

- Región : Cajamarca
- Provincia : Cajabamba
- Distrito : Cajabamba
- Tramo : Tramo I (KM:58+770 A 75+450)

3.1.2 Ubicación geográfica

- Latitud oeste : 07°37'
- Latitud sur : 78°03'
- Altitud : 3290- 2612 m.s.n.m





3.1.3 Ubicación cartográfica

El tramo de Carretera y las cuencas involucradas se encuentran en el ámbito de las cartas nacionales pertenecientes al Instituto Geográfico Nacional (IGN)

Siguiendo:

- CAJABAMBA 16-g escala 1/100000

3.2 Materiales y equipos

En la presente tesis se utilizó los siguientes materiales equipos:

3.2.1 Materiales de escritorio

- Computadora
- Libreta de campo
- Materiales bibliográficos
- Calculadora

3.2.2 Equipo y Herramientas

- Cámara fotográfica

3.2.3 Software

- ARGIS V.10.2
- HEC-RAS
- MATLAB
- Google Earts. AutoCAD
- AUTOCAD CIVIL 3D
- SMADA

3.3. Estudio hidrológico

Este estudio corresponde a la primera etapa, es determinará los caudales de diseño para un periodo de retorno adecuado que permitan un diseño óptimo de las estructuras de drenaje en el TRAMO-I de la carretera SAN MARCOS. Estos caudales serán determinados a partir de un proceso de transformación precipitación – escorrentía, contando para ello con datos de precipitación máxima de 24 horas de la zona en estudio.

Para el cálculo de caudales de diseño se utilizará el método del Hidrograma Unitario del SCS para cuencas principales y el método de racional para cuencas secundarias, de igual manera para el cálculo de caudal de las cunetas se utilizará el método racional según las Normas Peruanas de Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

Se realizara la elaboración de un programa en el lenguaje programación de MATLAB con aplicación de método numérico en la Ingeniería de la Hidráulica para calcular el sustento Hidrológico de la capacidad hidráulica de las diferentes estructuras existentes que no han sido posible identificarlas

mediante las cartas nacional por ser muy pequeñas en el TRAMO-I de la carretera SAN MARCOS .

Se realizara la comparación respectiva de los resultados del programa **H-CANALES** que es programado en el lenguaje de programación de **VISUAL BASIC** y del **PROGRAMA ING. AGRICOLA-UNSCH** que es elaborado en el lenguaje de programación de **MATLAB**.

3.3.1 Elección del periodo de retorno

Según el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje de Carreteras recomienda utilizar valores máximos de riesgos admisibles. Los siguientes valores para diferente periodo.

Tabla N° 3.0: Valores Máximos Admisibles Recomendados de Riesgo Admisible de Obras Drenaje

TIPO DE OBRA	Riesgo Admisible (**)
Puentes (*)	25
Alcantarillas de paso de quebrada Importantes y Badenes	30
Alcantarillas de Paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de la Plataforma (a nivel Longitudinal)	40
Subdrenes	40

(*) Para obtención de la Luz y nivel de aguas Máximas Extraordinarias
-Se recomienda un periodo de Retorno T de 500 años para el cálculo de Socavación

(**)-Vida Útil Considerado (n)

- Puentes y Defensas Ribereñas n=40 años
- Alcantarillas de quebradas Importantes n=25 años

- Alcantarillas de quebradas menores n=15 años
- Drenaje de Plataforma y Sub-drenes n=15 años

Se tendrá en cuenta, la importancia y la vida útil de la obra a diseñar. El propietario de una Obra es el que define el riesgo admisible de falla y la vida Útil de las Obras.

Donde el Riesgo de falla admisible en función del periodo de retorno y vida útil de la obra está dado por:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

Y despejando la variable T (Periodo de Retorno) en función de la vida útil está dada por la siguiente expresión:

$$T = \frac{1}{1 - (1 - R)^{\frac{1}{n}}}$$

En el estudio del proyecto se tiene una respectiva Vida Útil de n años, la formula anterior permite calcular el periodo de retorno T, fijando el riesgo de falla admisible R, de acuerdo al tabla N°3.0, para cumplir con los riesgos de falla y vida útil propuestos se obtiene los siguientes resultados de periodo de retorno en la tabla N°4.0 del capítulo IV.

3.3.2 Características del área de estudio

A. Delimitación del área de la cuenca

Primeramente se ubicó las alcantarillas adecuadamente a los largo del eje de la vía, teniendo en cuenta las recomendaciones de las normas peruanas de carretera como se menciona en el capítulo II (distancia máxima entre

alcantarillas), se realizó la ubicación exacta de subdrenajes longitudinales en zonas de acuífero.

A.1 Cuencas principales

En el presente trabajo de investigación, se consideró como cuencas principales a las que tienen un curso natural de agua definida y depresión natural en la parte superior de la carretera, tal como se pudo constatar en la visita realizada al área del proyecto, cuyas características geomorfológicas y otros se describen en la tabla N° 4 .1 del capítulo IV . La ubicación de estas estructuras principales de drenaje a lo largo del (16+400) Km del TRAMO I de la carretera SAN MARCOS, se muestra en los planos H-1 del anexo N°08.

La delimitación de las áreas de drenaje fue obtenida a través de la cartografía de la zona de estudio y mediante el programa ArcGIS v. 10.2, gracias a la ayuda de los modelos de elevación digital realizada en toda el área de estudio, se pudo obtener la delimitación de las cuencas de drenaje

A.2 Cuencas para sub drenaje laterales

Existen acuíferos adyacentes al camino de acceso de estudio, para lo cual será necesario tener en cuenta los planos superficiales adyacentes que se recargan en épocas de lluvia, de tal forma de determinar las tasas de flujo subsuperficial que permita el diseño de las estructuras de drenaje lateral, cuya ubicación se muestra en los planos de ubicación general de drenaje.

B Características geomorfológicas de las cuencas

Las características geomorfológicas de las cuencas son importantes para la determinación de los caudales de diseño, los cuales son obtenidas para cuencas principales de cauce definido.

B.1 Cuencas principales

Para las cuencas principales se obtuvo longitud del curso, cota más alta y baja de la cuenca; los cuales se obtuvieron con la ayuda de la carta nacional, con estos datos se obtuvieron el tiempo de concentración cuyos resultados se muestran en la tabla N° 4.2 del capítulo IV.

El tiempo de concentración de las cuencas, definido como el tiempo que una gota de agua, caída en el punto más lejano, emplea para llegar a la sección de salida de la cuenca, varía de 0.1 horas a 3.29 horas. Existen varias fórmulas para calcular este parámetro, en el presente estudio se ha empleado el promedio de tres fórmulas ampliamente utilizadas: Temes y Bransby Williams.

Formula de Temes:

$$T_c = 0.30 \frac{L^{0.76}}{S^{0.19}}$$

Dónde:

T_c = Tiempo de concentración en horas.

L = Longitud del curso principal en kilómetros.

S = Pendiente a lo largo del cauce en m/m.

Formula de Bransby Williams

$$T_c = 0.2433 \frac{L}{A^{0.1} S^{0.2}}$$

Dónde:

T_c = Tiempo de concentración en horas.

L = Longitud del curso principal en kilómetros.

A = Área de cuenca en Km².

S = Pendiente a lo largo del cauce en m/m.

3.3.3 Análisis estadísticos de información

En el tramo en estudio no existen estaciones de aforo que permitan estimar directamente los caudales, estas serán calculadas en base a la información de lluvias máximas registradas en la estación ubicada en el ámbito de la zona de estudio. Se analizó la información de lluvias máximas diarias registradas en las estaciones Cajabamba. En la Estación N°01 se presenta la relación de las precipitaciones máximas registradas en esta estación y en las Figuras N° 4.0, 4.1 del capítulo IV se muestran el respectivo histograma.

ESTACION N° 01: CAJABAMBA, TIPO CONVENCIONAL-METEOROLOGICA

LONGITUD: 78° 3' 4".

LATITUD: 7° 37' 18".

ALTITUD: 2480 msnm.

DEPARTAMENTO: CAJAMARCA **PROVINCIA:** CAJABAMBA **DIST.:** CAJABAMBA

Año	Precipitación Max. 24 Horas
1980	19.20
1981	21.20
1982	S/D
1983	S/D
1984	S/D
1985	35.00
1986	64.20
1987	42.00
1988	53.00
1989	31.00
1990	32.50
1991	35.00
1992	27.00
1993	43.30
1994	36.00
1995	31.20
1996	33.30
1997	48.80
1998	61.60
1999	43.30
2000	25.80
2001	48.60
2002	49.30

2003	39.00
2004	36.50
2005	37.10
2006	65.70
2007	50.00
2008	40.90
2009	56.50
2010	44.90

Fuente: SEMAMHI.

3.3.4 Análisis estadísticos de datos hidrológicos

Para el estudio del proyecto está probado (sobre la base de muchos estudios hidrológicos de carreteras), que las distribuciones Pearson Tipo III, Log Pearson Tipo III y Gumbel, son las que mejor se ajustan a las precipitaciones máximas en 24 horas, para lo cual se utilizó el software de cómputo, SMADA Versión 6.3. Cuyos resultados del cómputo, SMADA Versión 6.3 se muestran en las tablas N° 4.3 al N° 4.5. Del capítulo IV.

3.3.5 Prueba de bondad de ajuste

3.3.5.1 Prueba de Kolmorov-Smirnov

Para saber que distribución teórica se ajustó mejor a los datos de intensidades calculadas, se aplicó la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov. Consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D entre la función de distribución de probabilidad observada $F_o(X_m)$ y la estimada $F(X_m)$.

$$D = \max |F_o(X_m) - F(X_m)|$$

Con un valor crítico "d" que depende del número de datos y del nivel de significación seleccionado.

Si $D < d$, se acepta la hipótesis nula

Los valores del nivel de significación α que se usan normalmente son del 10%, 5% y 1%. El valor de α , en la teoría estadística, es la probabilidad de rechazar la hipótesis nula $H_0 =$ La función de distribución de probabilidad es $D(\alpha, \beta, \dots)$, cuando en realidad es cierta, es decir de cometer un error tipo I.

La función de distribución de probabilidad observada se calcula como:

$$F_o(X_m) = 1 - \frac{m}{n+1}$$

Donde "m" es el número de orden del dato X_m en una lista de mayor a menor y "n" es el número total de datos.

De acuerdo a esta prueba de ajuste, todos los datos observados se ajustan a las distribuciones Pearson, Log Pearson y Gumbel, sin embargo los datos de las estaciones Cajabamba se ajustan mejor a la distribución Gumbel, por tener el menor valor de D. Cuyos Resultados del análisis de Kolmogorov-Smirnov se muestran en las tablas N° 4.6 al N° 4.8 y en la tabla N°4.9 se mostrara el resumen general en el capítulo IV.

3.3.6 Corrección por intervalo fijo de observación

L.L. Weiss en base a un estudio de miles de estaciones-año de datos de lluvia encontró que los resultados de un análisis probabilístico llevado a cabo con lluvias máximas anuales tomadas en un único y fijo intervalo de observación, para cualquier duración comprendida entre 1 y 24 horas, al ser incrementadas en un 13% conducían a magnitudes más aproximadas a las obtenidas en el análisis basado en lluvias verdaderas. De acuerdo a lo anterior, el valor de las

Para calcular el número de curva de escorrentía (CN) se determinó de la tabla 2.1 del capítulo II

3.3.9 Estimación de caudal de diseño

A Caudales máximo en quebrada de cauce definido

Los caudales máximos han sido estimados sobre la base de los Métodos Racionales e Hidrograma Unitario Triangular, de acuerdo al caso.

Se utilizó el Método Racional para las cuencas cuya superficie es menor o igual a 10 km². (Todas las cuencas tienen una superficie menor o igual a 10 km²., con excepción de Río Negro que tiene 10.4 km²).

➤ Se utilizó el método del Hidrograma Unitario Triangular para la cuenca Lulichuco que tiene una superficie mayor a 10 km².

A.1 Método racional

Para el cálculo del caudal de diseño, las Norma Peruana de Drenaje indica el uso del Método Racional si el área de la cuenca es igual o menor a 13 Km²; sin embargo el Manual Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC recomiendan utilizar el método para cuencas menores a 10 km². Este método es aplicado con buenos resultados en cuencas pequeñas. La descarga máxima instantánea es determinada sobre la base de la intensidad máxima de precipitación y según la relación:

$$Q = \frac{CIA}{3.6}$$

Dónde:

Q = Descarga pico en m³/seg.

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de precipitación en mm/hora.

A = Área de cuenca en Km².

Para efectos de la aplicabilidad de ésta fórmula, el coeficiente de escorrentía "C" varía de acuerdo a las características geomorfológicas de la zona: topografía, naturaleza del suelo y vegetación de la cuenca. Para calcular el caudal máximo por el método racional utilizamos el programa HYDRO-UNSCH elaborado en el lenguaje de programación de MATLAB.

A.2 Hidrograma sintético triangular del SCS

El desarrollo un Hidrógrama unitario sintético se forma triangular. De la geometría del hidrograma unitario, se deduce el gasto pico como:

$$q_p = \frac{0.555}{t_b} A$$

Dónde:

A : Área de la cuenca (km²)

t_b : Tiempo Base en (Horas)

q_p : Descarga Unitaria (m³/seg/ml)

Del análisis de varios hidrogramas, mockus concluye que el tiempo base y el tiempo pico T_p se relacionan mediante la expresión:

$$t_b = 2.67t_p$$

A su vez, el tiempo de pico se expresa como:

$$t_p = \frac{t_c}{2} + t_r$$

Sin embargo para cuencas de más de 5.00 km², el tiempo pico es:

$$t_r = 0.6t_c$$

O bien con la ecuación:

$$t_r = 0.005 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.64}$$

Dónde:

L: Es la longitud del cauce principal en (m)

S: su pendiente en (%)

Tr: Es el tiempo de retraso, (Horas)

Altura de Precipitación (Pe)

Las alturas de precipitación corresponden a las precipitaciones máximas en 24 horas para los periodos de retorno correspondientes.

Estación de Cajabamba

Para T= 143 años: 83.5 mm (Para Puente Lulichuco)

Para T= 500 años: 95.1 mm (Para Puente Lulichuco)

Dónde:

P=Altura de lluvia para un periodo de retorno de Tr años y una duración "d" en minutos.

El caudal máximo se determina tomando en cuenta la precipitación efectiva P_e .

$$Q_{\max} = q_p * P_e$$

P_e : Puede ser calculado tomando en cuenta los números de escurrimiento (Numero de Curva) Propuesto por el U.S.SOILI CONSERVATION SERVICE:

$$P_e = \frac{[P - \frac{5080}{N} + 50.8]^2}{[P + \frac{20320}{N} - 203.2]}$$

En la tabla 4.14 del capítulo IV se muestra los resultados del Caudal máximo estimado por el hidrograma unitario triangular SCS.

B Caudales de cunetas

Para la determinación del caudal de aporte hacia la cuneta generada por la carretera se ha tomado la precipitación máxima diaria registrada en las estaciones Cajabamba para un período de retorno de 30 años.

Se está considerando una longitud de 200 m. Para determinar el caudal de diseño se considera el aporte de 2 zonas bien diferenciadas:

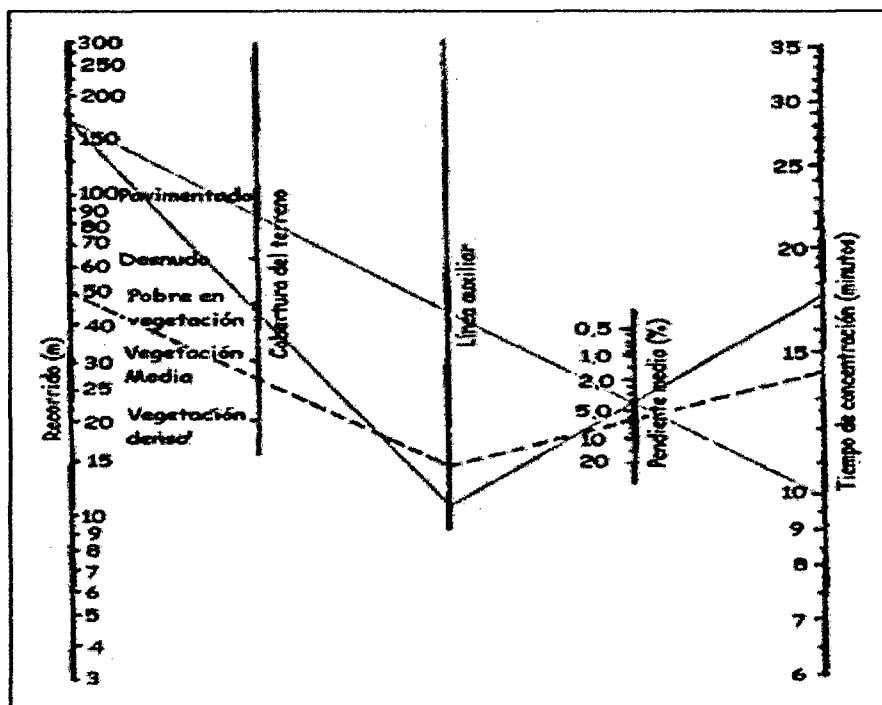
- Calzada.
- Áreas colindantes (talud superior).

En el cálculo del aporte realizado por la calzada se ha considerado la mitad del ancho de pavimento del lado correspondiente a la cuneta por una longitud de 200 m. En el aporte de las áreas colindantes, se ha considerado hasta una altura de 150 m. por una longitud de 200 Las aguas que vierten a las cunetas se desplazan en flujo difuso sobre el terreno, por lo que el tiempo de

concentración se determina de manera distinta. Si el recorrido del agua sobre la superficie fuera menor de 30 m., se podrá considerar que el tiempo de concentración es de cinco minutos. Este valor se podrá aumentar de cinco a diez minutos al aumentar el recorrido del agua por la plataforma de treinta (30) a ciento cincuenta (150) m.; para márgenes se podrá hacer uso del ábaco de la Figura N°3.0, proveniente de la Norma Española 3.2-IC. De acuerdo al ábaco se tienen los siguientes tiempos de concentración:

- Pavimento. Considerando una distancia promedio de 200 m, una pendiente promedio de 2% y cobertura tipo pavimento, 11 minutos (línea azul).

Figura N°3.0: Normas Española



Finalmente, el modelo utilizado para determinar el caudal de aporte es el Método Racional:

$$Q = \frac{C I A}{3,6}$$

Dónde:

Q : Caudal (m3/seg)

C : Coeficiente de Escurrimiento de la cuenca

A : Área Aportante, (Km²)

I : Intensidad de la Lluvia de diseño, (mm/hr)

En la figura N°4.10 del capítulo IV se muestra los resultados del caudal máximo, para el diseño de cada una de las alcantarillas consideradas como secundarias para un periodo de retorno de 30 años

C Caudal (alcantarilla secundarias pluviales)

Para determinar el caudal de la alcantarilla se determinó considerando que una alcantarilla debe evacuar como máximo 2 ramales de cunetas. Si una cuneta de 200 m. conduce 0.203 m³/s, dos cunetas evacuarán 0.406 m³/s, caudal máximo que debe evacuar la alcantarilla secundaria de drenaje. En el proyecto de estudio existen canal de riego que cruzan la vía y en otras pequeñas quebradas que no ha sido posible identificarlas en las cartas nacionales por ser muy pequeñas, como es el caso de las progresivas (59+457, 62+855, 63+434, 65+377, 66+428). En estos casos el caudal hidrológico ha sido sustentado con la capacidad hidráulica de las estructuras existentes mediante el PROGRAMA ING. AGRICOLA-UNSCH elaborado en el lenguaje de programación de MATLAB.

3.3.10 Procedimiento de programa en MATLAB

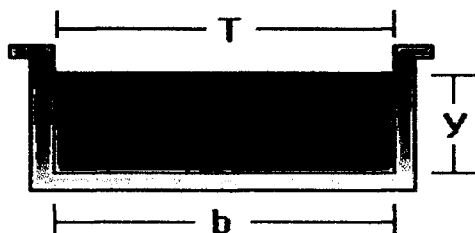
A. Cálculo del tirante normal y crítico para diferentes Secciones

Las diferentes formas de secciones están compuestas por, rectangular, trapezoidal, triangular, triangular de talud variable, trapezoidal de talud variable, circular, parabólico, rectangular con esquineros redondeados y triangulares con fondo redondeado por lo es necesario conocer las siguientes ecuaciones por medio de integración y derivadas.

En el Lenguaje de Programación de MATLAB está siendo utilizado como herramienta para la resolución de complejos problemas planteados en la realización y aplicación de modelos matemáticos en ingeniería Hidráulica. Los usos más característicos de la herramienta los encontramos en áreas de computación y cálculo numérico

A. Sección de forma rectangular

A.1.1 Cálculo del tirante normal



Partimos de la ecuación de MANNING:

$$Q = \frac{1}{n} \sqrt{S} A R^{\frac{2}{3}}$$

Debido a que el área A y el radio hidráulico R están en función compleja de la profundidad.

$$\frac{A^5}{P^2} = \left(\frac{nQ}{\sqrt{S}} \right)^3 = \text{Constante}$$

Se considera una profundidad y_j en la iteración j y se calcula la siguiente función.

$$f(y_j) = \frac{A_j^5}{P_j^2} - C$$

El gradiente de f con respecto a y es:

$$\frac{df}{dy_j} = \frac{d}{dy_j} \left(\frac{A_j^5}{P_j^2} - C \right)$$

Debido a que C es una constante. Por consiguiente, suponiendo que el coeficiente n de Mannig es constante.

$$\left(\frac{df}{dy} \right)_j = \frac{A_j^4}{P_j^3} \left(5P \frac{dA}{dy} - 2A \frac{dP}{dy} \right)_j$$

La expresión para gradiente es útil en el método NEWTON RAPHSON, donde, dada una alternativa de y_j, y_{j+1} se escoge para satisfacer:

$$\left(\frac{df}{dy} \right)_j = \frac{0 - f(y)_j}{y_{j+1} - y_j}$$

Resolviendo la siguiente ecuación tenemos:

$$y_{j+1} = y_j - \frac{f(y)_j}{\left(\frac{df}{dy} \right)_j}$$

$$y_{j+1} = y_j - \frac{\frac{A_j^5}{P_j^2} - C}{\frac{A_j^4}{P_j^3} \left(5P \frac{dA}{dy} - 2A \frac{dP}{dy} \right)_j}$$

Área de la sección rectangular:

$$A = by$$

Perímetro hidráulico de la sección rectangular es.

$$P = b + 2y$$

La ecuación general para calcular el tirante Normal de la sección rectangular:

$$y_{j+1} = y_j - \frac{\frac{(by_j)^5}{(b + 2y_j)^2} - \left(\frac{nQ}{\sqrt{S}} \right)^3}{\frac{(by_j)^4}{(b + 2y_j)^3} (5(b + 2y_j)y_j - 4by_j)}$$

A.1.2 Calculo del tirante critico

Partimos de la ecuación en régimen Crítico:

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A^3_c}{T_c}$$

Debido a que el área A y el espejo de agua T están en función compleja de la profundidad.

$$\frac{A^3_c}{T_c} = \frac{Q^2}{g} = \text{Constante}$$

Se considera una profundidad y_j en la iteración j y se calcula la siguiente función.

$$f(y_j) = \frac{A_j^3}{T_j} - C$$

El gradiente de f con respecto a y es:

$$\frac{df}{dy_j} = \frac{d}{dy_j} \left(\frac{A_j^3}{T_j} - C \right)$$

Debido a que C es una constante.

$$\left(\frac{df}{dy} \right)_j = \frac{A_j^2}{P_j^2} \left(3T \frac{dA}{dy} - A \frac{dT}{dy} \right)_j$$

La expresión para gradiente es útil en el método NEWTON RAPHSON, donde, dada una alternativa de y_j, y_{j+1} se escoge para satisfacer:

$$\left(\frac{df}{dy} \right)_j = \frac{0 - f(y)_j}{y_{j+1} - y_j}$$

Resolviendo la siguiente ecuación tenemos:

$$y_{j+1} = y_j - \frac{f(y)_j}{\left(\frac{df}{dy} \right)_j}$$

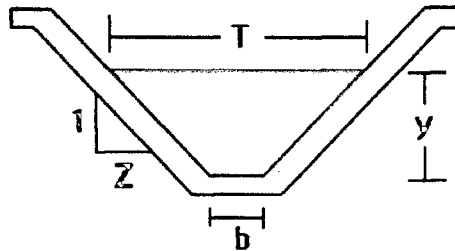
$$y_{j+1} = y_j - \frac{\frac{A_j^3}{T_j} - C}{\frac{A_j^2}{P_j^2} \left(3T \frac{dA}{dy} - A \frac{dT}{dy} \right)_j}$$

La ecuación general para calcular el tirante Crítico de la sección rectangular:

$$y_{j+1} = y_j - \frac{\frac{(by_j)^3}{b} - \frac{Q^2}{g}}{\frac{(by_j)^2}{b^2} (3by_j)}$$

A.2 Sección de forma trapezoidal

A.2.1 Calculo del tirante normal



Ecuación para calcular el tirante normal:

$$y_{j+1} = y_j - \frac{f(y)_j}{\left(\frac{df}{dy}\right)_j}$$

$$y_{j+1} = y_j - \frac{\frac{A_j^5}{P_j^2} - C}{\frac{A_j^4}{P_j^3} \left(5P \frac{dA}{dy} - 2A \frac{dP}{dy} \right)_j}$$

Área de la sección Trapezoidal:

$$A = (b + zy)y$$

Perímetro hidráulico de la sección Trapezoidal es.

$$P = b + 2y\sqrt{z^2 + 1}$$

La ecuación general para calcular el tirante Normal de la sección Trapezoidal:

$$y_{j+1} = y_j - \frac{\frac{(by_j + zy_j^2)^5}{(b + 2y_j\sqrt{z^2 + 1})^2} - \left(\frac{nQ}{\sqrt{s}}\right)^3}{\frac{(by_j + zy_j^2)^4}{(b + 2y_j\sqrt{z^2 + 1})^3} \left[5(b + 2y_j\sqrt{z^2 + 1})(b + 2zy_j) - 4(by_j + zy_j^2)(\sqrt{z^2 + 1}) \right]}$$

A.2.2 Calculo del tirante critico

Ecuación para calcular el tirante crítico:

$$y_{j+1} = y_j - \frac{f(y)_j}{\left(\frac{df}{dy}\right)_j}$$

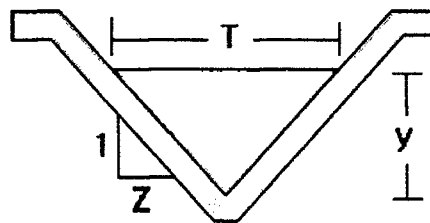
$$y_{j+1} = y_j - \frac{\frac{A_j^3}{T_j} - C}{\frac{A_j^2}{P_j^2} \left(3T \frac{dA}{dy} - A \frac{dT}{dy} \right)_j}$$

La ecuación general para calcular el tirante Crítico de la sección Trapezoidal:

$$y_{j+1} = y_j - \frac{\frac{(by_j + zy_j^2)^3}{(b + 2zy_j)} - \frac{Q^2}{g}}{\frac{(by_j + zy_j^2)^2}{(b + 2y_j \sqrt{z^2 + 1})^2} [3(b + 2zy_j)^2 - 2z(by_j + zy_j^2)]}$$

A.3 sección de forma triangular

A.3.1 Calculo del tirante normal



Ecuación general para calcular el tirante normal:

$$y_{j+1} = y_j - \frac{f(y)_j}{\left(\frac{df}{dy}\right)_j}$$

$$y_{j+1} = y_j - \frac{\frac{A_j^5}{P_j^2} - C}{\frac{A_j^4}{P_j^3} \left(5P \frac{dA}{dy} - 2A \frac{dP}{dy} \right)_j}$$

Área de la sección Triangular

$$A = zy^2$$

Perímetro hidráulico de la sección Triangular es.

$$P = 2y\sqrt{z^2 + 1}$$

La ecuación general para calcular el tirante Normal de la sección Triangular:

$$y_{j+1} = y_j - \frac{\frac{(zy_j^2)^5}{(2y_j\sqrt{z^2+1})^2} - \left(\frac{Qn}{\sqrt{s}}\right)^3}{\frac{(zy_j^2)^4}{(2y_j\sqrt{z^2+1})^3} \left[10(2y_j\sqrt{z^2+1})(zy_j) - 4(zy_j^2)(\sqrt{z^2+1}) \right]}$$

A.3.2 Calculo del tirante critico

Ecuación para calcular el tirante crítico:

$$y_{j+1} = y_j - \frac{f(y)_j}{\left(\frac{df}{dy}\right)_j}$$

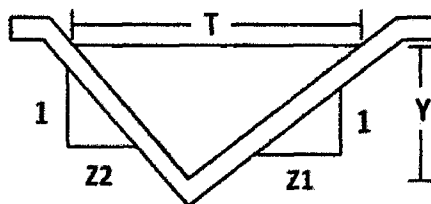
$$y_{j+1} = y_j - \frac{\frac{A_j^3}{T_j} - C}{\frac{A_j^2}{P_j^2} \left(3T \frac{dA}{dy} - A \frac{dT}{dy} \right)_j}$$

La ecuación general para calcular el tirante Crítico de la sección Triangular:

$$y_{j+1} = y_j - \frac{\frac{(zy_j^2)^3}{(2zy_j)} - \frac{Q^3}{g}}{\frac{(zy_j^2)^2}{(2y_j\sqrt{z^2+1})^2} \left[12(zy_j)^2 - 2z(zy_j^2) \right]}$$

A.4 sección de forma triangular talud variable

A.4.1 Calculo del tirante normal



Ecuación general para calcular el tirante normal:

$$y_{j+1} = y_j - \frac{f(y)_j}{\left(\frac{df}{dy}\right)_j}$$

$$y_{j+1} = y_j - \frac{\frac{A_j^5}{P_j^2} - C}{\frac{A_j^4}{P_j^3} \left(5P \frac{dA}{dy} - 2A \frac{dP}{dy} \right)_j}$$

Área de la sección Triangular talud variable

$$A = \frac{(z_1 + z_2)}{2} y^2$$

Perímetro hidráulico de la sección Triangular talud variable es.

$$P = y(\sqrt{z_1 + 1} + \sqrt{z_2 + 1})$$

$$L = (\sqrt{z_1 + 1} + \sqrt{z_2 + 1})$$

$$P = yL$$

Espejo de Agua: $T = y(z_1 + z_2)$

La ecuación general para calcular el tirante Normal de la sección Triangular de talud variable:

$$y_{j+1} = y_j - \frac{\frac{\left(\frac{z_1 + z_2}{2} y_j^2\right)^5}{(y_j L)^2} - \left(\frac{Qn}{\sqrt{S}}\right)^3}{\frac{\left(\frac{z_1 + z_2}{2} y_j^2\right)}{(y_j L)^3} \left[5(y_j L)(y_j(z_1 + z_2)) - 2\left(\frac{z_1 + z_2}{2} y_j^2\right)L \right]}$$

A.4.2 Cálculo del tirante crítico

Ecuación para calcular el tirante crítico:

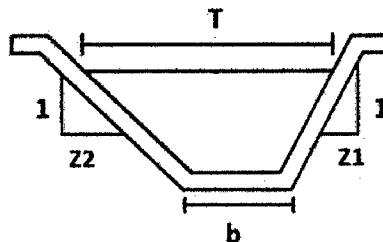
$$y_{j+1} = y_j - \frac{f(y)_j}{\left(\frac{df}{dy}\right)_j}$$

$$y_{j+1} = y_j - \frac{\frac{A_j^3}{T_j} - C}{\frac{A_j^2}{P_j^2} \left(3T \frac{dA}{dy} - A \frac{dT}{dy} \right)_j}$$

La ecuación general para calcular el tirante Crítico de la sección Triangular doble talud:

$$y_{j+1} = y_j - \frac{\frac{\left(\frac{z_1 + z_2}{2} y_j^2\right)^3}{(y_j(z_1 + z_2))} - \frac{Q^2}{g}}{\frac{\left(\frac{z_1 + z_2}{2} y_j^2\right)^2}{(y_j L)^2} \left[3(y_j(z_1 + z_2))(y_j(z_1 + z_2)) - \left(\frac{z_1 + z_2}{2} y_j^2\right) \right]}$$

A.5 sección de forma trapezoidal de talud variable



Ecuación general para calcular el tirante normal:

$$y_{j+1} = y_j - \frac{f(y)_j}{\left(\frac{df}{dy}\right)_j}$$

$$y_{j+1} = y_j - \frac{\frac{A^5_j}{P^2_j} - C}{\frac{A^4_j}{P^3_j} \left(5P \frac{dA}{dy} - 2A \frac{dP}{dy} \right)_j}$$

Área de la sección Trapezoidal talud variable

$$A = by + \frac{(z_1 + z_2)}{2} y^2$$

Perímetro hidráulico de la sección Triangular talud variable es.

$$P = b + y(\sqrt{z_1 + 1} + \sqrt{z_2 + 1})$$

$$L = \sqrt{z_1 + 1} + \sqrt{z_2 + 1}$$

$$P = b + yL$$

$$\text{Espejo de Agua: } T = b + y(z_1 + z_2)$$

La ecuación general para calcular el tirante Normal de la sección Trapezoidal de talud variable:

$$y_{j+1} = y_j - \frac{\frac{\left(by_j + \frac{z_1 + z_2}{2} y^2_j \right)^5}{(b + y_j L)^2} - \left(\frac{Qn}{\sqrt{s}} \right)^3}{\frac{\left(by_j + \frac{z_1 + z_2}{2} y^2_j \right)^4}{(b + y_j L)^3} \left[5(b + y_j L) y_j T - 2 \left(by_j + \frac{z_1 + z_2}{2} y^2_j \right) L \right]}$$

A.5.1 Cálculo del tirante crítico

Ecuación para calcular el tirante crítico:

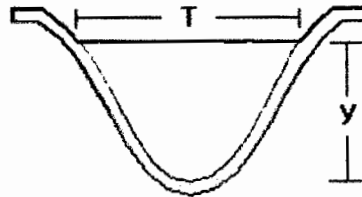
$$y_{j+1} = y_j - \frac{f(y)_j}{\left(\frac{df}{dy}\right)_j}$$

$$y_{j+1} = y_j - \frac{\frac{A_j^3}{T_j} - C}{\frac{A_j^2}{P_j^2} \left(3T \frac{dA}{dy} - A \frac{dT}{dy} \right)_j}$$

La ecuación general para calcular el tirante Crítico de la sección Trapezoidal doble talud:

$$y_{j+1} = y_j - \frac{\frac{\left(by_j + \frac{z_1 + z_2}{2} y_j^2 \right)^3}{(b + y_j(z_1 + z_2))} - \frac{Q^2}{g}}{\frac{\left(by_j + \frac{z_1 + z_2}{2} y_j^2 \right)^2}{(b + y_j L)^2} \left[3(b + y_j(z_1 + z_2)) - \left(by_j + \frac{z_1 + z_2}{2} y_j^2 \right) (z_1 + z_2) \right]}$$

A.6 sección de forma parabólica



Ecuación general para calcular el tirante normal:

$$y_{j+1} = y_j - \frac{f(y)_j}{\left(\frac{df}{dy}\right)_j}$$

$$y_{j+1} = y_j - \frac{\frac{A_j^5}{P_j^2} - C}{\frac{A_j^4}{P_j^3} \left(5P \frac{dA}{dy} - 2A \frac{dP}{dy} \right)_j}$$

Área de la sección Parabólica:

$$A = \frac{2T}{3Y}$$

Perímetro hidráulico de la sección Triangular talud variable es.

$$u = \frac{4y}{T}$$

$$L = \left(\sqrt{1+u^2} + \frac{1}{u \ln(u + \sqrt{1+u^2})} \right)$$

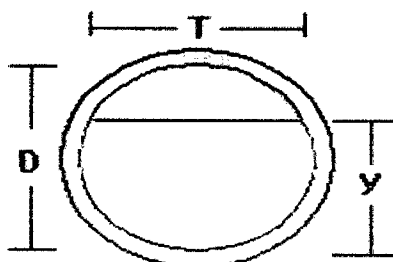
$$p = \frac{T}{2} L$$

La ecuación general para calcular el tirante Normal de la sección Parabólica:

$$y_{j+1} = y_j - \frac{\frac{\left(\frac{2T}{3y_j}\right)^5}{\left(\frac{T}{2}L_j\right)^2} - \left(\frac{Qn}{\sqrt{S}}\right)^3}{\left(\frac{2T}{3y_j}\right)^4 \left(\frac{10}{3} PT - \left(\frac{2T}{3y}\right) \left(T \left(\frac{2u}{\sqrt{u^2+1}} + \frac{1}{u(u + \sqrt{u^2+1})} - \ln(u + \sqrt{u^2+1}) \right) \right) \right)}_j$$

A.7 sección de forma circular

A.7.1 Calculo del tirante normal



Ecuación de una circunferencia está dado por: $(X - X_0)^2 + (Y - Y_0)^2 = R^2$

De la figura se tiene $(X_0, Y_0) = (0, R)$

$$f(y) = X = \sqrt{R^2 - (y - R)^2}$$

$$f'(y) = \frac{-(y - R)}{\sqrt{R^2 - (y - R)^2}}$$

Para $0 \leq y \leq 2R$

$$A = 2 \int_0^y \left(\sqrt{R^2 - (y - R)^2} \right) dy$$

$$P = 2 \int_0^y \left(\sqrt{1 + \left(\frac{-(y - R)}{\sqrt{R^2 - (y - R)^2}} \right)^2} \right) dy$$

Cálculo de tirante normal "y"

Por ecuación de Manning

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

$$\frac{A^{5/3}}{P^{2/3}} = \frac{Q \cdot n}{S^{1/2}}$$

$$\frac{\left[2 \int_0^y \left(\sqrt{R^2 - (y - R)^2} \right) dy \right]^{5/3}}{\left[2 \int_0^y \left(\sqrt{1 + \left(\frac{-(y - R)}{\sqrt{R^2 - (y - R)^2}} \right)^2} \right) dy \right]^{2/3}} = \frac{Q \cdot n}{S^{1/2}}$$

Donde y=Tirante normal

El espejo de agua está dado por (T):

$$T = 2f(y) = 2\sqrt{R^2 - (y-R)^2}$$

Donde y = Tirante normal calculado

$$0 \leq y \leq 2R$$

A.7.2 Calculo del tirante critico

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{T}$$

$$\frac{\left[2 \int_0^{y_c} \left(\sqrt{R^2 - (y-R)^2} \right) dy \right]^3}{2\sqrt{R^2 - (y_c - R)^2}} = \frac{Q^2}{g}$$

Donde y_c = Tirante crítico a calcular

$$0 \leq y_c \leq 2R$$

3.4. Estudio hidráulico

Este estudio corresponde a la segunda etapa. Los caudales de diseño determinados en la etapa anterior serán transitados a través de cada una de las estructuras hidráulicas propuestas: alcantarillas, cunetas, Badenes, drenaje lateral y Pontones obteniendo su dimensionamiento optimo mediante los programas Hydroculv v. 1.2 (diseño de alcantarillas secundarias), HEC-RAS (Diseño de Puentes y Pontones) y HY8 (diseño de alcantarillas principales) y comparar con el programa elaborado en el lenguaje de programación de MATLAB (JHC-7-ing.Agricola), logrando determinar a partir de estos las características hidráulicas aguas arriba y aguas abajo, perfil de

la superficie libre de agua, velocidad a la salida, de cada una de las estructuras hidráulicas propuestas que permitan un adecuado diseño.

Esta parte de la investigación permitirá realizar el dimensionamiento de las estructuras hidráulicas que permitan un adecuado drenaje de las aguas de lluvia considerando un periodo de retorno de 71 años para el diseño de las alcantarillas y badenes principales y 30 años para el diseño de las cunetas y alcantarillas secundarias y 143 años para el diseño de pontones y puentes.

Así mismo será necesario realizar el dimensionamiento de las estructuras de drenaje lateral, que permita transportar el flujo subsuperficial a lo largo de una tubería flexible para drenaje, hasta su disposición final a un lugar adecuado a través de la alcantarilla.

Para el dimensionamiento de las cunetas de drenaje se hará uso de la ecuación de Manning, para lo cual será necesario contar con la pendiente del terreno, según la propuesta del trazo del perfil del TRAMO I de la carretera SAN MARCOS, coeficiente de rugosidad de manning, sección transversal de la cuneta. En la siguiente etapa se realizó un modelamiento hidráulico utilizando el programa HY-8 y el programa de MATLAB para diferentes formas de secciones en alcantarillas ubicadas en las progresivas (62+330,69+146).

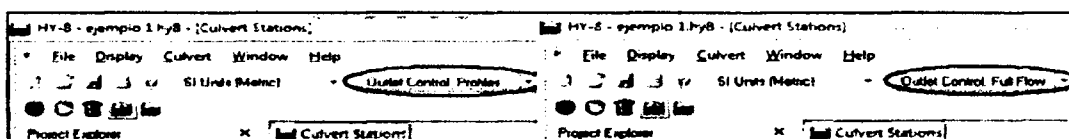
3.4.1 Diseño hidráulico de alcantarilla por medio programa “HY-8”

Programa “HY-8” analiza dos clases de flujo en la alcantarilla:

Outlet Control: Profiles.-Realiza el análisis para un caudal parcialmente lleno en la salida

De la alcantarilla.

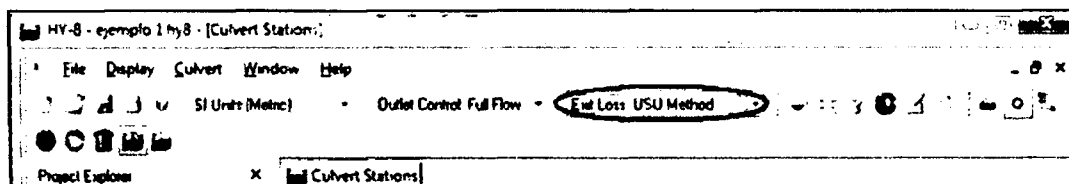
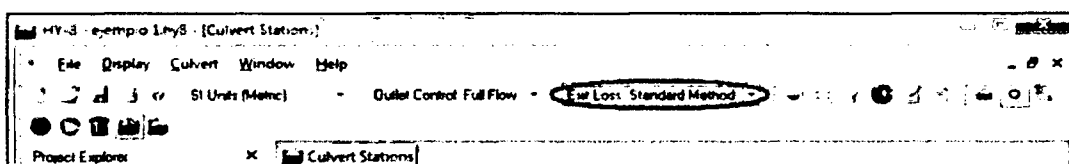
Outlet Control: Full Flow.-Realiza el análisis para un caudal lleno en la salida de la alcantarilla.



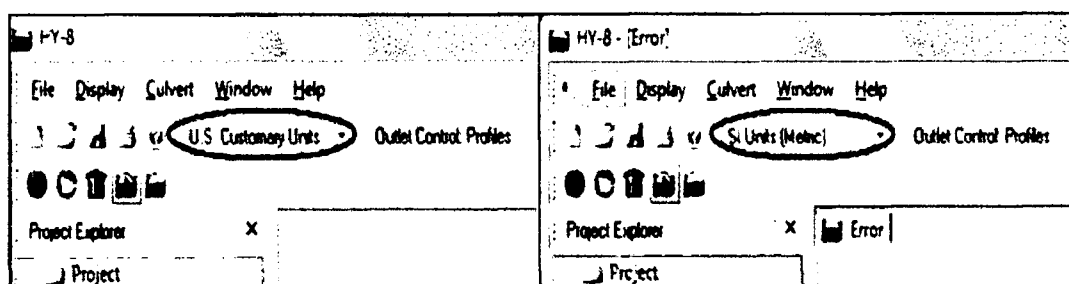
También tiene dos formas de analizar las perdidas en la salida:

Exit Loss: Standart Method


Exit Loss: USU Method



El programa trae por defecto el sistema de unidades inglesas por esta razón conviene modificar el sistema de unidades y cambiar SI (Sistema internacional de unidades métricas).



Sistema de unidades que trae por defecto “(métrica)”

Para añadir una nueva alcantarilla presionamos el icono  “Add new Culvert Crossing” de la barra de herramienta.

En esta plantilla existen cinco sub plantillas.

a) **DISCHARGE DATA.**- Donde encontraremos los caudales de diseño para la alcantarilla:

DISCHARGE DATA		
Discharge Method		
Minimum Flow	0.500	cms
Design Flow	14.360	cms
Maximum Flow	20.000	cms

Nombre	Descripción
Mínimum Flow	Caudal Mínimo de Diseño (m3/seg)
Design Flow	Caudal de Diseño (m3/seg)
Máximum Flow	Caudal Máximo de Diseño (m3/seg)

b) **TAILWATER DATA .-** Aquí encontraremos las características de nuestro canal de aporte:

TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	5.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.040	m/m
Manning's n (channel)	0.035	
Channel Invert Elevaton	2709.670	m
Rating Curve	View...	

Nombre	Descripción
Channel Type	Tipo de Canal
Bottom Width	Ancho del Canal (m)
Side Slope (H:V)	Pendiente de las Paredes del canal (Canal Trapezoidal)
Channel Slope	Pendiente del Terreno
Manning's n (channel)	Numero de Manning de Canal
Channel Invert Elevation	Elevación del canal en la Entrada (m)

En la pestaña “Channel Type” podemos escoger el tipo de canal:

- Channel Type (Tipo de Canal) {
- * **Rectangular Channel**
(Canal Rectangular)
 - * **Trapezoidal Channel**
(Canal Trapezoidal)
 - * **Triangular Channel**
(Canal Triangular)
 - * **Irregular Channel**
(Canal Irregular)
 - * **Enter Rating Curve**
(Entre en la curva de clasificacion)
 - * **Enter Constant Tailwater Elevation**

Después de llenar todos los datos, presionamos el botón "View...", para que nos muestre algunas características del flujo en el canal y una curva de clasificación.

Flow (cms)	Elevation (m)	Depth (m)	Velocity (m/s)	Shear (Pa)
0.500	2709.758	0.088	1.111	34.676
2.450	2709.900	0.230	2.037	90.171
4.400	2709.997	0.327	2.527	128.184
6.350	2710.077	0.407	2.882	159.765
8.300	2710.148	0.478	3.167	187.579
10.250	2710.213	0.543	3.407	212.821
12.200	2710.272	0.602	3.616	236.137
14.150	2710.328	0.658	3.801	257.951
14.360	2710.334	0.664	3.820	260.224
18.050	2710.430	0.760	4.122	298.099
20.000	2710.478	0.808	4.262	316.783

Buttons: Plot, OK, Cancel

c) **ROADWAY DATA** .- En esta subtitulo pondremos los datos de nuestra carretera:

ROADWAY DATA	
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation ▾
First Roadway Station	0.000 m
Crest Length	10.000 m
Crest Elevation	2716.420 m
Roadway Surface	Paved ▾
Top Width	15.930 m

Nombre	Descripción
Rodaway Profile Shape	Tipo de calzada (constante o irregular)
First Roadway Station	Primera estación de la calzada (m)
Cres Length	Longitud de la cresta
Cres Eevation	Elevación de la carretera (m)
Roadway Surface	Tipo de superficie de calzada (m)
Top Width	Ancho de la calzada (m)

En la pestaña "Roadway Profile Shape" podemos escoger el tipo de calzada:

Roadway Profile Shape { * Constante Roadway Elevation
(Elevacion de la calzada constante)
* Irregular
(Elevacion de la calzada tiene pendiente)

d) **CULVERT DATA** .- Se ingresa los datos y características de la alcantarilla a ser analizada:

CULVERT DATA	
Name	
Shape	Circular
Material	Corrugated Steel
Diameter	2740.000 mm
Embedment Depth	0.000 mm
Manning's n	0.024
Culvert Type	Straight
Inlet Configuration	Thin Edge Projecting
Inlet Depression?	No

Nombre	Descripción	Valor
Name	El nombre	Alcantarilla
Shape	La forma	Circular
Material	El material	TMC
Diameter	El diámetro (mm)	3670
Manning's n	El "n" de Manning	0.033
Inlet Type	El tipo de entrada	Convencional
Inlet Edge Condition	Condición de borde de entrada	Borde Cuadrado en la Entrada
Inlet Depression	Si existe una caída de entrada	No

En la pestaña "Shape" y "Material" podemos escoger la forma y el material de nuestra alcantarilla respectivamente:

- Shape (Forma de la Alcantarilla) {
- * **Circular**
(Circular)
 - * **Concrete Box**
(Cajon de Concreto)
 - * **Elliptical**
(Eliptico)
 - * **Pipe Arch**
(Tubo Arco)
 - * **User Defined**
(Definido por el usuario)
 - * **Arch, Open Bottom**
(Arco y piso)
 - * **Low – Profile Arch**
(Perfil de arco – bajo)
 - * **High – Profile Arch**
(Perfil de arco – bajo)
 - * **Metal Box**

e) **SITE DATA.**- En este subtítulo se debe ingresar los datos de las características topográficas de lugar donde se ubicara la alcantarilla.

SITE DATA	
Site Data Input Option	Culvert Invert Data ▾
Inlet Station	0.000 m
Inlet Elevation	2712.130 m
Outlet Station	28.340 m
Outlet Elevation	2709.670 m

Nombre	Descripción
Site Data Input Option	Opción de entrada de datos de sitio
Inlet Station	Estación de entrada (m)
Inlet Elevation	Elevación de entrada (m)
Outlet Station	Estación de salida (m)
Outlet Elevación	Numero de Alcantarillas

Luego presionamos el botón "Analyze Crossing" para que realice el análisis hidráulico de la alcantarilla. En esa parte también muestra las diferentes características de la alcantarilla:

- A. **Crossing Summary Table.**- Esta tabla contiene los resultados de la elevación en la entrada de la alcantarilla, el caudal de descarga y el número de iteraciones que el programa realizo.
- B. **Culvert Summary Table.**- Abre una tabla de respuesta, con todas la características a flujo parcialmente lleno o flujo según sea el caso. En esta tabla encontraremos:

Nombre	Descripción
Total Discharge	Caudal de descarga (Q)
Culvert Discharge	Descarga en la Alcantarilla
Headwater Elevation	Elevación a la entrada de la alcantarilla
Inlet Control Depth	Profundidad del agua con control de entrada
Outlet Control Depth	Profundidad del agua con control de salida
Flow Type	Tipo de Flujo
Normal Depth	Profundidad Normal (Hn)
Critical Depth	Profundidad Critica (dc)
Outlet Depth	Profundidad a la Salida
Tailwater Depth	Altura de agua a la salida (Tw)
Outlet Velocity	Velocidad a la salida de la alcantarilla (V)
Tailwater Velocity	Velocidad en el canal (Vcanal)

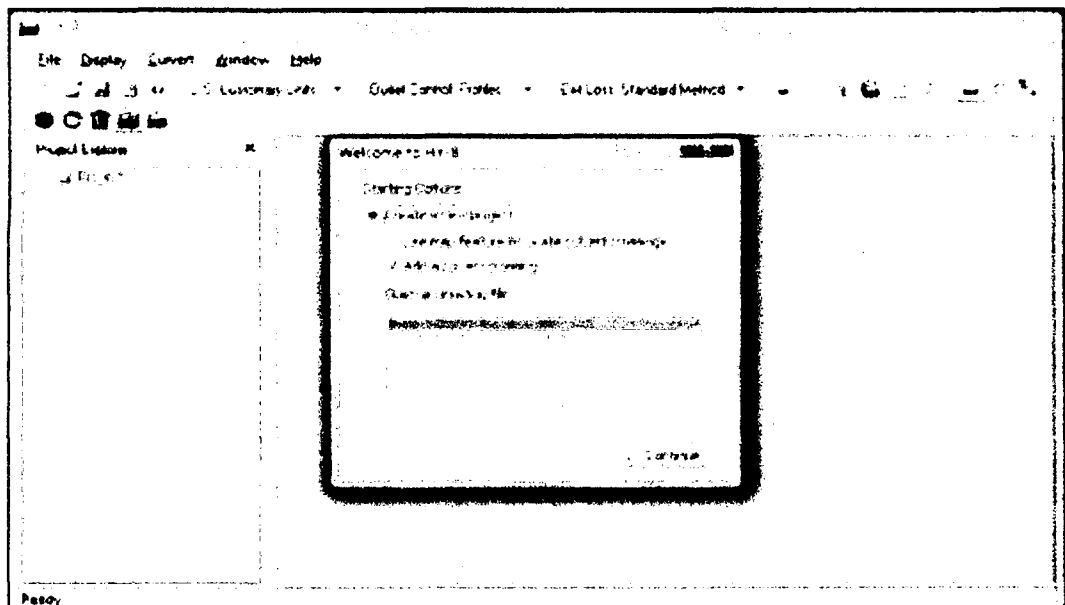
- C. **Water Surface Profile.**- Abre una tabla de respuesta, con todas la características geométricas de la alcantarilla y del flujo de agua, también grafica la alcantarilla (**Selected Water Profile**).

Nombre	Descripción
Total Discharge	Caudal de descarga (Q)
Culvert Discharge	Descarga en la Alcantarilla
Headwater Elevation	Elevación a la entrada de la alcantarilla
Inlet Control Depth	Profundidad del agua con control de entrada
Outlet Control Depth	Profundidad del agua con control de salida
Flow Type	Tipo de Flujo
Length Full	Tramo de la alcantarilla que escurre lleno
Length Free	Tramo de la alcantarilla que escurre libre
Last Step	Ultimo paso
Mean Slope	Pendiente del espejo de agua
First Depth	Altura de agua al ingresar a la alcantarilla
Last Depth	Altura de agua al salir de la alcantarilla

Las alcantarillas principales de cauce definido ubicados en las progresivas (62+330,69+146) en el TRAMO-I de la carretera de SAN MARCOS son diseñadas mediante el programa “HY-8”, teniendo en cuenta en primer término el caudal máximo para un periodo de retorno de 71 años calculado en la primera etapa del estudio hidrológico, así mismo es necesario tener en cuenta la cota de la rasante de la solera de ingreso y salida de cada una de las alcantarillas ,condiciones de borde aguas arriba y aguas debajo de la estructura a proponer, geometría del barril, coeficiente de rugosidad de manning que se contiene en función a las corrugas de la tubería de metal corrugado TMC , que permitan un adecuado dimensionamiento a través de la ecuación de manning

Pasos para Realizar un Modelamiento de Alcantarilla en el Tramo I de la carretera San Marcos ubicado en la (KM: 62+330):

Paso N°01: Iniciamos el Programa HY-8. La ventana aparecerá de esta forma:



Fuente: Programa Software HY-8

El programa trae por defecto el Sistema de unidades inglesas por esta razón conviene modificar el sistema de unidades y cambiar al SI (sistema internacional de unidades métricas). Para realizar esta aportación desmarcar la casilla que indica **“Add a Culvert Crossing”**, para cambiar las unidades y presionamos el botón **“Continue”**.

Paso N°02: Anadir una nueva alcantarilla  **“Add new Culvert Crossing”**
“(Barra de Herramienta)”

Paso N°03: Ingresar los datos de descarga del proyecto **“DISCHARGE DATA”**:

Nombre	Descripción	Valor
Mínimum Flow	Caudal Mínimo de Diseño (m3/seg)	0.50
Design Flow	Caudal de Diseño (m3/seg)	14.60
Maximun Flow	Caudal Máximo de Diseño (m3/seg)	20.00

Paso N°04: Ingresar los datos del canal de Salida del Proyecto **“TAILWATER DATA”**:

Nombre	Descripción	Valor
Channel Type	Tipo de Canal	Canal Trapezoidal
Botom Width	Ancho del Canal (m)	5.000
Side:Slope (H:V)	Pendiente de las Paredes del Canal (Canal Trapezoidal)	1.000
Channel Slope	Pendiente del Terreno	0.040
Manneng's n (Channel)	Numero de Manning del canal	0.035
Channel Invert Elevation	Elevacion del Canal en la Entrada (m)	2709.670

Paso N°06: Ingrese los siguientes datos de la carretera **“ROADWAY DATA”**:

Nombre	Descripción	Valor
Roadway Profile Shape	Tipo de Calzada (Constante o irregular)	Regular
First Roadway Station	Primera Estacion de la Calzada (m)	0.000
Crest Length	Longitud de la Cresta (m)	10.000
Cres Elevation	Elevacion de Superficie de Calzada (Rasante)	2716.420
Roadway Surface	Tipo de Superficie de Calzada	Pavimento
Channel Invert Elevation	Ancho de la Calzada (m)	15.930

Luego seleccionamos Analizar Alcantarilla “Analyze Crossing” Se abre una tabla de respuesta, con todas las características a flujo parcialmente lleno.

En el capítulo IV se muestra los respectivos resultados de los diferentes tipos de entradas de la alcantarilla como:

- Borde Delgado Proyectado
- Mitrado para Conformar la Pendiente del Terraplén.
- Borde Cuadrado con Muro de Cabecera
- Borde Biselado 45°

C. Forma Abovedado:

C.1. Ingreso :Borde cuadrado con muro de cabecera

Crossing Properties

Name: ABOVEDADO

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.500	cms
Design Flow	14.360	cms
Maximum Flow	20.000	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	5.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.040	m/m
Manning's n (channel)	0.035	
Channel Invert Elevation	2709.670	m
Railing Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	10.000	m
Crest Elevation	2716.420	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	15.930	m

Culvert Properties

ABOVEDADO Add Culvert Duplicate Culvert Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	ABOVEDADO	
Shape	Pipe Arch	
Material	Steel Structural Plate	
Size	Define...	
Span	3540.760	m
Rise	2263.140	m
Embedment Depth	0.000	m
Manning's n	0.034	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	2712.130	m

Help Click on any icon for help on a specific topic AOP Energy Dissipation **Analyze Crossing** OK Cancel

Fuente: Programa Software HY-8

Luego seleccionamos Analizar Alcantarilla “Analyze Crossing” Se abre una tabla de respuesta, con todas las características a flujo parcialmente lleno.

En el capítulo IV se muestra los respectivos resultados de los diferentes tipos de entradas de la alcantarilla como:

- Borde Delgado Projectado
- Mitrado para Conformar la Pendiente del Terraplén.
- Borde Cuadrado con Muro de Cabecera

D. Forma Arco:

D.1. Ingreso :borde delgado proyectado

Crossing Properties
Name: CUR52333

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.500	cms
Design Flow	14.360	cms
Maximum Flow	20.000	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	5.000	m
Side Slope (#:#)	1.000	1:1
Channel Slope	0.040	m/m
Manning's n (channel)	0.035	
Channel Invert Elevation	2709.670	m
Railing Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	10.000	m
Crest Elevation	2716.420	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	15.930	m

Culvert Properties

ARCO

Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	ARCO	
Shape	Arch, Open Bottom	
Material	Corrugated Steel	
Size	Define...	
Span	4.572	m
Rise	2.007	m
Embedment Depth	0.000	m
Manning's n (Top/Sides)	0.035	
Manning's n (Bottom)	0.035	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Thin Edge Projecting	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m

Help Click on any icon for help on a specific topic

ACP Energy Dissipation **Analyze Crossing** OK Cancel

Fuente: Programa Software HY-8

Luego seleccionamos Analizar Alcantarilla “Analyze Crossing” Se abre una tabla de respuesta, con todas las características a flujo parcialmente lleno.

En el capítulo IV se muestra los respectivos resultados de los diferentes tipos de entradas de la alcantarilla como:

- Borde Delgado Projectado
- Mitrado para Conformar la Pendiente del Terraplén.
- Borde Cuadrado con Muro de Cabecera

E. Forma Arco Perfil Alto:

E.1 Ingreso :borde delgado proyectado

The screenshot displays two panels: 'Crossing Properties' and 'Culvert Properties'.

Crossing Properties
 Name: 2762383
 Parameter | Value | Units

DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.500	cms
Design Flow	14.360	cms
Maximum Flow	20.000	cms
TALWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	5.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.040	m/m
Manning's n (channel)	0.035	
Channel Invert Elevation	2709.670	m
Railing Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	10.000	m
Crest Elevation	2716.420	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	15.930	m

Culvert Properties
 ARCO PERFIL ALTO
 Add Culvert
 Duplicate Culvert
 Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	ARCO PERFIL ALTO	
Shape	High-Profile Arch	
Material	Corrugated Steel	
Site	Define...	
Span	6121.400	m
Rise	2768.600	m
Embankment Depth	0.000	m
Manning's n (Top/Sides)	0.035	
Manning's n (Bottom)	0.035	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Thin Edge Projecting	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m

Buttons: Help, AOP, Energy Dissipation, Analyze Crossing, OK, Cancel

Fuente: Programa Software HY-8

Luego seleccionamos Analizar Alcantarilla “Analyze Crossing” Se abre una tabla de respuesta, con todas las características a flujo parcialmente lleno.

En el capítulo IV se muestra los respectivos resultados de los diferentes tipos de entradas de la alcantarilla como:

- Borde Delgado Projectado

- Mitrado para Conformar la Pendiente del Terraplén.
- Borde Cuadrado con Muro de Cabecera

Cuyos resultados del modelamiento de las alcantarillas principales con diferentes tipos de secciones (Forma Circular, Forma Elipse Horizontal, Forma Abovedado, Forma Arco y Forma Rectangular) y diferentes tipos de ingreso como (Borde Delgado Proyectados, Mitrado para Conformar la Pendiente del Terraplén, Borde con Muro de Cabecera y Borde Biselado de 45° y 33.7°) que se mostraran en el Ítem 4.2.1 capítulo IV.

3.4.2 Diseño de alcantarilla mediante cartas de diseño

Las alcantarillas principales de cauce definido ubicado en las progresivas (62+330,69+146) en el TRAMO-I de la carretera de SAN MARCOS son diseñadas mediante Cartas de Diseño, considerando el control de salida y control de ingreso. Pasos de diseño de una Alcantarilla de Sección Circular (Km: 62+330)

Paso N°01: Elegimos el tipo de alcantarilla (Tentativo), material, forma del conducto y tipo de entrada. Tipo de Alcantarilla = Tubo Circular de Metal Corrugado Standar con Borde Delgado Proyectado

Diámetro =2.740 m

Paso N°02: Suponer que nuestra alcantarilla escurre con CONTROL A LA ENTRADA. Con el monograma de la Carta N°2 del anexo tenemos:

$$\frac{H_e}{D} = 0.96 \rightarrow \text{Despejando} \rightarrow H_e = 0.96 * 2.740 = 2.63 \text{ m}$$

Verificando a la carga máxima de diseño:

$$H_{e\max} = D + 0.3 \rightarrow 2.63 + 0.3 = 2.93 \text{ m}$$

$H_e < H_{e\max} \rightarrow$ el resultado es el apropiado

Paso N°03: Suponer que nuestra alcantarilla escurre con CONTROL A LA SALIDA.

Paso N°04: Calcular la altura de agua a la salida de la alcantarilla (T_w). Se utilizara el Programa Ing. Agrícola – Unsch.

Calculo de tirante normal, Sección trapezoidal

Lugar: QDA EL ARCO Proyecto: TRAMO-I
 Tramo: 62+330 Revestimiento: CANAL NATURAL

Datos:
 Caudal(Q): 14.36 m³/seg
 Ancho de solera(b): 5 m
 Talud(Z): 1
 Rugosidad(n): 0.035
 Pendiente(S): 0.04 m/m

Resultados:
 Tirante normal (y): 0.6637 m
 Area Hidraulica (A): 3.7591 m²
 Espejo de Agua (T): 6.3274 m
 Numero de Froude (F): 1.5824
 Tipo de Flujo: Supercritico

Perimetro (P): 6.8773 m
 Radio Hidraulico (R): 0.5466 m
 Velocidad (v): 3.8201 m/seg
 Energia especifica (E): 1.4075 m-Kg/Kg

Curva Descarga: continuar

Botones: Calcular, Limpiar, Menu, Imprimir

Fuente: Programa Ing. Agrícola-Unsch

$$T_w = 0.66$$

Como $T_w < D \rightarrow$ La salida es NO SUMERGIDA

Paso N°05 Calcular la altura de la Línea Piezometrica aproximada (h_0):

- $T_w = 0.66$
- El valor de la Profundidad Critica (d_c) para tubos se encuentra en la Carta N°04. Del anexo

$$d_c = 1.6931$$

$$D = 2.740 \text{ m}$$

$$\frac{d_c + D}{2} = \frac{2.740 + 1.6931}{2} = 2.21 \text{ m}$$

Por lo tanto $h_o = 2.21 \text{ m}$

$$h_o \text{ Es el mayor entre } Tw \text{ y } \frac{d_c + D}{2}$$

Paso N°06. Calcular la carga (H): (como la salida es NO SUMERGIDA entonces utilizar los nomogramas de las Figuras

El coeficiente de perdida de carga $\rightarrow K_e = 0.9$ (tabla del anexo) (Borde Delgado Proyectado)

Con el monograma de la carta N° 06 para una longitud $L=28.40$ y $Ke=0.9$ se tiene:

$$H=0.68 \text{ m}$$

Paso N°07. La profundidad del agua en la entrada medida desde el umbral (H_e).

$$H_e = H + h_o - L * S_0 \rightarrow 0.68 + 2.21 - 28.34 * 0.08 = 0.62 \text{ m}$$

Teniendo el valor de H_e (Control de Entrada) y H_e (Control de salida), se debe verificar que tipo de control tiene nuestra alcantarilla. Para eso debemos escoger el mayor de los dos valores y ese también será el tipo de control que tenga:

$$H_e \text{ (Control de Entrada)} = 2.63 \text{ m.}$$

$$H_e \text{ (Control de Salida)} = 0.62 \text{ m.}$$

El tipo de Control es de Entrada, con $H_e = 2.63 \text{ m}$.

A. Alcantarilla de forma circular

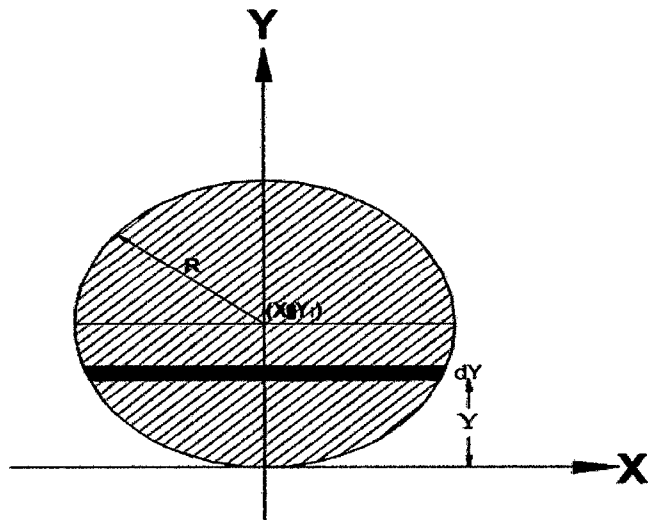


Figura N°3.1: Alcantarilla de Forma Circular

La ecuación de una circunferencia está dado por: $(X - X_0)^2 + (Y - Y_0)^2 = R^2$

Se tiene $(X_0, Y_0) = (0, R)$

$$f(y) = X = \sqrt{R^2 - (y - R)^2}$$

$$f'(y) = \frac{-(y - R)}{\sqrt{R^2 - (y - R)^2}}$$

Para $0 \leq y \leq 2R$

Ecuacion para calcular el area hidraulica (A) :

$$A = 2 \int_0^y \left(\sqrt{R^2 - (y - R)^2} \right) dy$$

Ecuacion para calcular el perimetro hidraulico (P):

$$P = 2 \int_0^y \left(\sqrt{1 + \left(\frac{-(y - R)}{\sqrt{R^2 - (y - R)^2}} \right)^2} \right) dy$$

A.1 Cálculo del tirante normal "Yn"

Partimos de la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} \sqrt{S} A R^{\frac{2}{3}}$$

Debido a que el área A y el radio hidráulico R están en función compleja de la profundidad.

$$\frac{A^5}{P^2} = \left(\frac{n Q}{\sqrt{S}} \right)^3 = \text{Constante}$$

$$\frac{\left[2 \int_0^y \left(\sqrt{R^2 - (y-R)^2} \right) dy \right]^{5/3}}{\left[2 \int_0^y \left(\sqrt{1 + \left(\frac{-(y-R)}{\sqrt{R^2 - (y-R)^2}} \right)^2} \right) dy \right]^{2/3}} = \frac{Q \cdot n}{S^{1/2}}$$

Dónde: y=Tirante Normal

El espejo de agua está dado por (T):

$$T = 2f(y) = 2\sqrt{R^2 - (y-R)^2}$$

Donde y=Tirante Normal calculado

$$0 \leq y \leq 2R$$

A.2 Cálculo del tirante crítico "Yc"

Partimos de la ecuación en régimen Crítico:

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{T_c}$$

Debido a que el área A y el espejo de agua T están en función compleja de la profundidad.

$$\frac{A_c^3}{T_c} = \frac{Q^2}{g} = \text{Constante}$$

$$\frac{\left[2 \int_0^{y_c} \left(\sqrt{R^2 - (y-R)^2} \right) dy \right]^3}{2 \sqrt{R^2 - (y_c - R)^2}} = \frac{Q^2}{g}$$

Donde $Y_c =$ Tirante crítico a calcular

$$0 \leq y_c \leq 2R$$

B. Alcantarilla de forma elipse horizontal

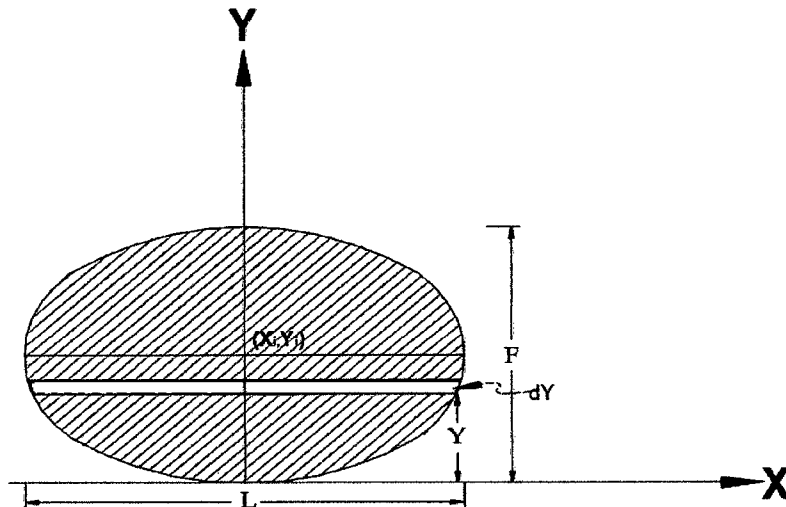


Figura N°3.2: Alcantarilla de Forma Elipse Horizontal

Ecuación de una circunferencia está dado por: $\frac{(X-X_0)^2}{a^2} + \frac{(Y-Y_0)^2}{b^2} = 1$

De la figura se tiene $(X_0, Y_0) = \left(0, \frac{F}{2} \right)$

$$\frac{(X)^2}{\left(\frac{L}{2}\right)^2} + \frac{\left(y - \frac{F}{2}\right)^2}{\left(\frac{F}{2}\right)^2} = 1$$

$$f(y) = X = \frac{L}{2F} \sqrt{F^2 - 4\left(y - \frac{F}{2}\right)^2}$$

$$\frac{df(y)}{dy} = f'(y) = \left(\frac{-2L}{F}\right) \frac{\left(y - \frac{F}{2}\right)}{\sqrt{F^2 - 4\left(y - \frac{F}{2}\right)^2}}$$

Para $0 \leq y \leq F$

Ecuacion para calcular el area hidraulica (A) :

$$A = 2 \int_0^y \left(\frac{L}{2F} \sqrt{F^2 - 4\left(y - \frac{F}{2}\right)^2} \right) dy$$

Ecuacion para calcular el perimetro hidraulico (P) :

$$P = \int_0^y \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\left(\frac{-2L}{F}\right) \left(y - \frac{F}{2}\right)}{\sqrt{F^2 - 4\left(y - \frac{F}{2}\right)^2}} \right)^2} \right) dy$$

B.1. Calculo del tirante normal "Yn"

Partimos de la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} \sqrt{s} A R^{\frac{2}{3}}$$

Debido a que el área A y el radio hidráulico R están en función compleja de la profundidad.

$$\frac{A^5}{P^2} = \left(\frac{n Q}{\sqrt{S}}\right)^3 = \text{Constante}$$

$$\frac{\left[2 \int_0^y \left(\frac{L}{2F} \sqrt{F^2 - 4 \left(y - \frac{F}{2} \right)^2} \right) dy \right]^{5/3}}{\left[\int_0^y \left(\sqrt{1 + \left(\frac{-2L}{F} \frac{\left(y - \frac{F}{2} \right)}{\sqrt{F^2 - 4 \left(y - \frac{F}{2} \right)^2}} \right)^2} \right) dy \right]^{2/3}} = \frac{Q \cdot n}{S^{1/2}}$$

Donde y=Tirante normal

El espejo de agua está dado por (T):

$$T = 2f(y) = \frac{L}{F} \sqrt{F^2 - 4 \left(y - \frac{F}{2} \right)^2}$$

Donde y=Tirante normal calculado

$$0 \leq y \leq F$$

B.2. Calculo del tirante crítico "Yc"

Partimos de la ecuación en régimen Crítico:

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A_c^3}{T_c}$$

Debido a que el área A y el espejo de agua T están en función compleja de la profundidad.

$$\frac{A_c^3}{T_c} = \frac{Q^2}{g} = \text{Constante}$$

$$\frac{\left[2 \int_0^{y_c} \left(\frac{L}{2F} \sqrt{F^2 - 4 \left(y - \frac{F}{2} \right)^2} \right) dy \right]^3}{\frac{L}{F} \sqrt{F^2 - 4 \left(y_c - \frac{F}{2} \right)^2}} = \frac{Q^2}{g}$$

Donde y = Tirante normal calculado

$$0 \leq y_c \leq F$$

C. Alcantarilla de forma arco

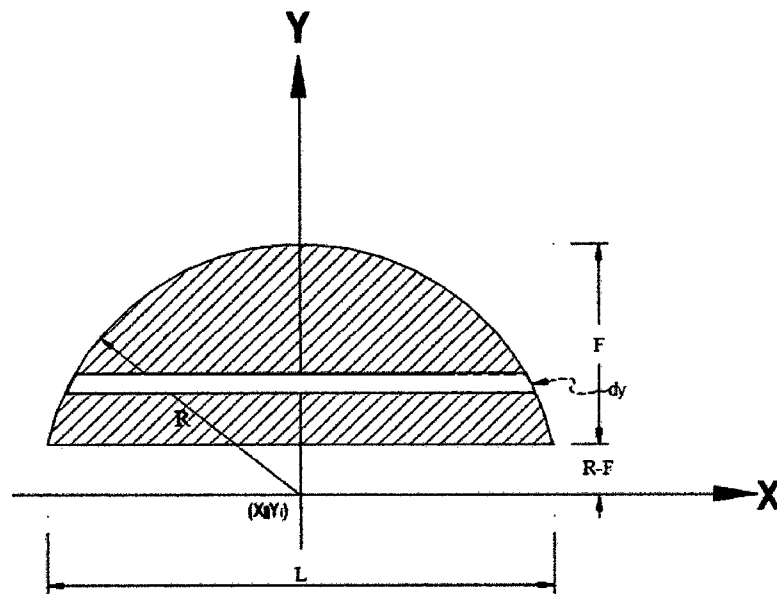


Figura N°3.3: Alcantarilla de Forma Arco

Ecuación de una circunferencia está dado por: $(X - X_0)^2 + (Y - Y_0)^2 = R^2$

De la figura se tiene $(X_0, Y_0) = (0,0)$

$$f(y) = X = \sqrt{R^2 - y^2}$$

$$f(y) = \frac{-y}{\sqrt{R^2 - y^2}}$$

Para $R - F \leq y \leq 2R$

La ecuación para el cálculo del área hidráulica:

$$A = 2 \int_{R-F}^y \left(\sqrt{R^2 - y^2} \right) dy$$

La ecuación para el cálculo del perímetro hidráulico:

$$P = 2 \int_{R-F}^y \left(\sqrt{1 + \left(\frac{-y}{\sqrt{R^2 - y^2}} \right)^2} \right) dy + L$$

C.1. Calculo del tirante normal

Partimos de la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} \sqrt{s} A R^2$$

Debido a que el área A y el radio hidráulico R están en función compleja de la profundidad.

$$\frac{A^5}{P^2} = \left(\frac{n Q}{\sqrt{S}} \right)^3 = \text{Constante}$$

$$\frac{\left[2 \int_{R-F}^y \left(\sqrt{R^2 - y^2} \right) dy \right]^{5/3}}{\left[2 \int_{R-F}^y \left(\sqrt{1 + \left(\frac{-y}{\sqrt{R^2 - y^2}} \right)^2} \right) dy + L \right]^{2/3}} = \frac{Q \cdot n}{S^{1/2}}$$

Donde y=Tirante normal

El espejo de agua está dado por (T):

$$T = 2f(y) = 2\sqrt{R^2 - y^2}$$

Donde y = Tirante normal calculado

C.2. Calculo del tirante critico

Partimos de la ecuación en régimen Crítico:

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A_c^3}{T_c}$$

Debido a que el área A y el espejo de agua T están en función compleja de la profundidad.

$$\frac{A_c^3}{T_c} = \frac{Q^2}{g} = \text{Constante}$$

$$\frac{\left[2 \int_{R-F}^{y_c} (\sqrt{R^2 - y^2}) dy \right]^3}{2\sqrt{R^2 - y_c^2}} = \frac{Q^2}{g}$$

Donde y_c = Tirante crítico a calcular

D. Alcantarilla de forma abovedado

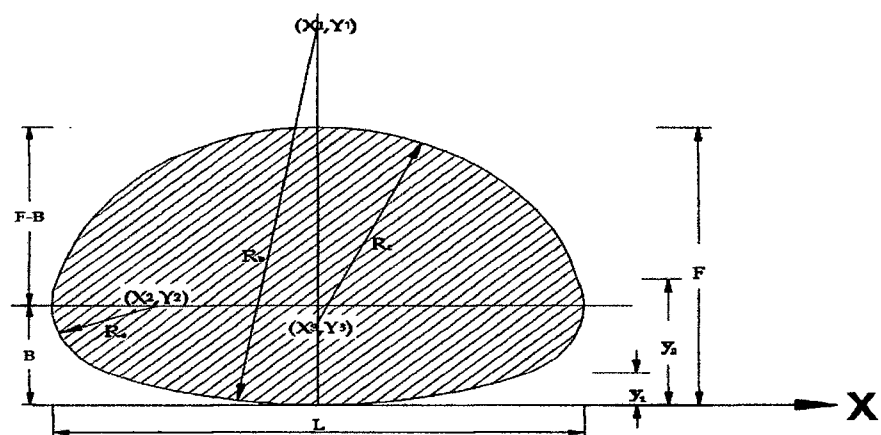


Figura N°3.4: Alcantarilla de Forma Abovedado

Las coordenadas del centroide de la figura está dado por:

$$(X_1, Y_1) = (0, R_b) \quad = \quad \text{Centroide del radio de la base}$$

$$(X_2, Y_2) = \left(\frac{L}{2} - R_c, B\right) \quad = \quad \text{Centroide del radio esquinero}$$

$$(X_3, Y_3) = (0, F - R_c) \quad = \quad \text{Centroide del radio de la tapa}$$

Cálculo de y_c

Determinación de la función para el radio de la base

$$X^2 + (y - R_b)^2 = R_b^2$$

$$f_1(y) = X = \sqrt{R_b^2 - (y - R_b)^2}$$

$$f'_1(y) = \frac{-(y - R_b)}{\sqrt{R_b^2 - (y - R_b)^2}}$$

Determinación de la función para el radio esquinero

$$\left(X - \frac{L}{2} + R_c\right)^2 + (y - B)^2 = R_c^2$$

$$f_2(y) = X = \sqrt{R_c^2 - (y - B)^2} + \frac{L}{2} - R_c$$

$$f'_2(y) = \frac{-(y - B)}{\sqrt{R_c^2 - (y - B)^2}}$$

Determinación de la función para el radio de la tapa

$$X^2 + (y - F + R_t)^2 = R_t^2$$

$$f_3(y) = X = \sqrt{R_t^2 - (y - F + R_t)^2}$$

$$f'_3(y) = \frac{-(y - F + R_t)}{\sqrt{R_t^2 - (y - F + R_t)^2}}$$

Cálculo de y_1

$$P = 2 \int_0^{y_1} \sqrt{1 + \left(\frac{-(y - R_b)}{\sqrt{R_b^2 - (y - R_b)^2}} \right)^2} dy = 0.2438 N_{Rb}$$

$y_1 =$ Se determina

Cálculo de y_2

$$P = 2 \int_{y_1}^{y_2} \sqrt{1 + \left(\frac{-(y - B)}{\sqrt{R_c^2 - (y - B)^2}} \right)^2} dy = 0.2438 N_{Rc}$$

$y_2 =$ Se determina

* Si $0 \leq y \leq y_1$

Cálculo de tirante normal

$$A_1 = 2 \int_0^y \left(\sqrt{R_b^2 - (y - R_b)^2} \right) dy$$

$$P_1 = 2 \int_0^y \left(\sqrt{1 + \left(\frac{-(y - R_b)}{\sqrt{R_b^2 - (y - R_b)^2}} \right)^2} \right) dy$$

$$\frac{A^{5/3}}{P^{2/3}} = \frac{Q.n}{S^{1/2}}$$

$$\frac{\left[2 \int_0^y \left(\sqrt{R_b^2 - (y - R_b)^2} \right) dy \right]^{5/3}}{\left[2 \int_0^y \left(\sqrt{1 + \left(\frac{-(y - R_b)}{\sqrt{R_b^2 - (y - R_b)^2}} \right)^2} \right) dy \right]^{2/3}} = \frac{Q.n}{S^{1/2}}$$

Donde y=Tirante normal

El espejo de agua está dado por (T):

$$T = 2f(y) = 2\sqrt{R_b^2 - (y - R_b)^2}$$

Donde y = Tirante normal calculado

Cálculo de tirante crítico "y_c"

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{T}$$

$$\frac{\left[2 \int_0^{y_c} \left(\sqrt{R_b^2 - (y - R_b)^2} \right) dy \right]^3}{2\sqrt{R_b^2 - (y_c - R_b)^2}} = \frac{Q^2}{g}$$

Donde y_c = Tirante crítico a calcular

** Si $y_1 \leq y \leq y_2$

Cálculo de tirante normal

Área mojada es:

$$A_2 = 2 \int_0^{y_1} \left(\sqrt{R_b^2 - (y - R_b)^2} \right) dy + 2 \int_{y_1}^y \left(\sqrt{R_c^2 - (y - B)^2} + \frac{L}{2} - R_c \right) dy$$

Perímetro mojado es:

$$P_2 = 2 \int_0^{y_1} \left(\sqrt{1 + \left(\frac{-(y-R_b)}{\sqrt{R_b^2 - (y-R_b)^2}} \right)^2} \right) dy + 2 \int_{y_1}^y \left(\sqrt{1 + \left(\frac{-(y-B)}{\sqrt{R_c^2 - (y-B)^2}} \right)^2} \right) dy$$

$$\frac{A_2^{5/3}}{P_2^{2/3}} = \frac{Q.n}{S^{1/2}}$$

El espejo de agua está dado por (T):

$$T = 2f(y) = 2 \left(\sqrt{R_c^2 - (y-B)^2} + \frac{L}{2} - R_c \right)$$

Donde y = Tirante normal calculado

Cálculo de tirante crítico "y_c"

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{T}$$

$$\frac{\left(2 \int_0^{y_1} \left(\sqrt{R_b^2 - (y-R_b)^2} \right) dy + 2 \int_{y_1}^{y_c} \left(\sqrt{R_c^2 - (y-B)^2} + \frac{L}{2} - R_c \right) dy \right)^3}{2 \left(\sqrt{R_c^2 - (y_c-B)^2} + \frac{L}{2} - R_c \right)} = \frac{Q^2}{g}$$

Donde y_c = Tirante crítico a calcular

*** Si y₂ ≤ y ≤ F

Cálculo de tirante normal

Área mojada es:

$$A_3 = 2 \int_0^{y_1} \left(\sqrt{R_b^2 - (y-R_b)^2} \right) dy + 2 \int_{y_1}^{y_2} \left(\sqrt{R_c^2 - (y-B)^2} + \frac{L}{2} - R_c \right) dy + 2 \int_{y_2}^y \left(\sqrt{R_t^2 - (y-F+R_t)^2} \right) dy$$

Perímetro mojado es:

$$P_3 = 2 \int_0^{y_1} \left(\sqrt{1 + \left(\frac{-(y-R_b)}{\sqrt{R_b^2 - (y-R_b)^2}} \right)^2} \right) dy + 2 \int_{y_1}^{y_2} \left(\sqrt{1 + \left(\frac{-(y-B)}{\sqrt{R_c^2 - (y-B)^2}} \right)^2} \right) dy + 2 \int_{y_2}^y \left(\sqrt{1 + \left(\frac{-(y-F+R_t)}{\sqrt{R_t^2 - (y-F+R_t)^2}} \right)^2} \right) dy$$

$$\frac{A_3^{5/3}}{P_3^{2/3}} = \frac{Q \cdot n}{S^{1/2}}$$

El espejo de agua está dado por (T):

$$T = 2f(y) = 2 \left(\sqrt{R_t^2 - (y-F+R_t)^2} \right)$$

Donde y = Tirante normal calculado

Cálculo de tirante crítico "y_c"

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{T}$$

$$A_3^* = 2 \int_0^{y_1} \left(\sqrt{R_b^2 - (y-R_b)^2} \right) dy + 2 \int_{y_1}^{y_2} \left(\sqrt{R_c^2 - (y-B)^2} + \frac{L}{2} - R_c \right) dy + 2 \int_{y_2}^{y_c} \left(\sqrt{R_t^2 - (y-F+R_t)^2} \right) dy$$

$$\frac{(A_3^*)^3}{2 \left(\sqrt{R_t^2 - (y_c - F + R_t)^2} \right)} = \frac{Q^2}{g}$$

Donde y_c = Tirante crítico a calcular

E. Alcantarilla de forma arco perfil alto

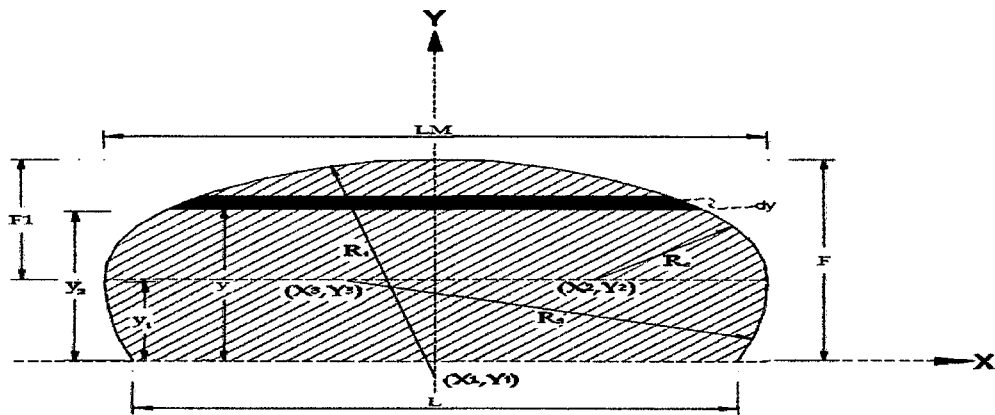


Figura N°3.5: Alcantarilla de Forma Arco Perfil Alto

Las coordenadas del centroide de la figura está dado por:

$$(X_1, Y_1) = (0, R_t - F) \quad = \quad \text{Centroide del radio de la tapa}$$

$$(X_2, Y_2) = \left(\frac{LM}{2} - R_c, F - F_1 \right) \quad = \quad \text{Centroide del radio esquinero}$$

$$(X_3, Y_3) = \left(-R_s - \frac{L}{2}, F - F_1 \right) \quad = \quad \text{Centroide del radio del lado}$$

Cálculo de y_c

Determinación de la función para el radio de la tapa

$$X^2 + (y - R_t + F)^2 = R_t^2$$

$$f_1(y) = X = \sqrt{R_t^2 - (y - R_t + F)^2}$$

$$f_1'(y) = \frac{-(y - R_t + F)}{\sqrt{R_t^2 - (y - R_t + F)^2}}$$

Determinación de la función para el radio esquinero

$$\left(X - \frac{LM}{2} + R_c\right)^2 + (y - F + F_1)^2 = R_c^2$$

$$f_2(y) = X = \sqrt{R_c^2 - (y - F + F_1)^2} + \frac{LM}{2} - R_c$$

$$f'_2(y) = \frac{-(y - F + F_1)}{\sqrt{R_c^2 - (y - F + F_1)^2}}$$

Determinación de la función para el radio del lado

$$\left(X + R_s - \frac{L}{2}\right)^2 + (y - F + F_1)^2 = R_s^2$$

$$f_3(y) = X = \sqrt{R_s^2 - (y - F + F_1)^2} - R_s + \frac{L}{2}$$

$$f'_3(y) = \frac{-(y - F + F_1)}{\sqrt{R_s^2 - (y - F + F_1)^2}}$$

Cálculo de y_1

$$P = 2 \int_0^{y_1} \sqrt{1 + \left(\frac{-(y - F + F_1)}{\sqrt{R_s^2 - (y - F + F_1)^2}}\right)^2} dy = 0.2438 N_{R_s}$$

$y_1 =$ Se determina

Cálculo de y_2

$$P = 2 \int_{y_1}^{y_2} \sqrt{1 + \left(\frac{-(y - F + F_1)}{\sqrt{R_c^2 - (y - F + F_1)^2}}\right)^2} dy = 0.2438 N_{R_c}$$

$y_2 =$ Se determina

* Si $0 \leq y \leq y_1$

Cálculo de tirante normal

$$A_1 = 2 \int_0^y \left(\sqrt{R_s^2 - (y - F + F_1)^2} - R_s + \frac{L}{2} \right) dy$$

$$P_1 = 2 \int_0^y \left(\sqrt{1 + \left(\frac{-(y - F + F_1)}{\sqrt{R_s^2 - (y - F + F_1)^2}} \right)^2} \right) dy + L$$

$$\frac{A_1^{5/3}}{P_1^{2/3}} = \frac{Q \cdot n}{S^{1/2}}$$

$$\frac{\left[2 \int_0^y \left(\sqrt{R_s^2 - (y - F + F_1)^2} - R_s + \frac{L}{2} \right) dy \right]^{5/3}}{\left[2 \int_0^y \left(\sqrt{1 + \left(\frac{-(y - F + F_1)}{\sqrt{R_s^2 - (y - F + F_1)^2}} \right)^2} \right) dy + L \right]^{2/3}} = \frac{Q \cdot n}{S^{1/2}}$$

Donde $y =$ Tirante normal

El espejo de agua está dado por (T):

$$T = 2f(y) = 2 \left(\sqrt{R_s^2 - (y - F + F_1)^2} - R_s + \frac{L}{2} \right)$$

Donde $y =$ Tirante normal calculado

Cálculo de tirante crítico " y_c "

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{T}$$

$$\frac{\left[2 \int_0^{y_c} \left(\sqrt{R_s^2 - (y - F + F_1)^2} - R_s + \frac{L}{2} \right) dy \right]^3}{2 \left(\sqrt{R_s^2 - (y_c - F + F_1)^2} - R_s + \frac{L}{2} \right)} = \frac{Q^2}{g}$$

Donde y_c = Tirante crítico a calcular

** Si $y_1 \leq y \leq y_2$

Cálculo de tirante normal

Área mojada es:

$$A_2 = 2 \int_0^{y_1} \left(\sqrt{R_s^2 - (y - F + F_1)^2} - R_s + \frac{L}{2} \right) dy + 2 \int_{y_1}^y \left(\sqrt{R_c^2 - (y - F + F_1)^2} + \frac{LM}{2} - R_c \right) dy$$

Perímetro mojado es:

$$P_2 = 2 \int_0^{y_1} \left(\sqrt{1 + \left(\frac{-(y - F + F_1)}{\sqrt{R_s^2 - (y - F + F_1)^2}} \right)^2} \right) dy + 2 \int_{y_1}^y \left(\sqrt{1 + \left(\frac{-(y - F + F_1)}{\sqrt{R_c^2 - (y - F + F_1)^2}} \right)^2} \right) dy + L$$

$$\frac{A_2^{5/3}}{P_2^{2/3}} = \frac{Q \cdot n}{S^{1/2}}$$

El espejo de agua está dado por (T):

$$T = 2f(y) = 2 \left(\sqrt{R_c^2 - (y - F + F_1)^2} + \frac{LM}{2} - R_c \right)$$

Donde y = Tirante normal calculado

Cálculo de tirante crítico "y_c"

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{T}$$

$$A_2^* = 2 \int_0^{y_1} \left(\sqrt{R_s^2 - (y - F + F_1)^2} - R_s + \frac{L}{2} \right) dy + 2 \int_{y_1}^{y_c} \left(\sqrt{R_c^2 - (y - F + F_1)^2} + \frac{LM}{2} - R_c \right) dy$$

$$\frac{(A_2^*)^3}{2 \left(\sqrt{R_c^2 - (y_c - F + F_1)^2} + \frac{LM}{2} - R_c \right)} = \frac{Q}{g}$$

Donde y_c = Tirante crítico a calcular

*** Si y₂ ≤ y ≤ F

Cálculo de tirante normal

$$A_3 = 2 \int_0^{y_1} \left(\sqrt{R_s^2 - (y - F + F_1)^2} - R_s + \frac{L}{2} \right) dy + 2 \int_{y_1}^{y_2} \left(\sqrt{R_c^2 - (y - F + F_1)^2} + \frac{LM}{2} - R_c \right) dy + 2 \int_{y_2}^y \left(\sqrt{R_t^2 - (y - R_t + F)^2} \right) dy$$

$$P_3 = 2 \int_0^{y_1} \left(\sqrt{1 + \left(\frac{-(y - F + F_1)}{\sqrt{R_s^2 - (y - F + F_1)^2}} \right)^2} \right) dy + 2 \int_{y_1}^{y_2} \left(\sqrt{1 + \left(\frac{-(y - F + F_1)}{\sqrt{R_c^2 - (y - F + F_1)^2}} \right)^2} \right) dy + 2 \int_{y_2}^y \left(\sqrt{1 + \left(\frac{-(y - R_t + F)}{\sqrt{R_t^2 - (y - R_t + F)^2}} \right)^2} \right) dy + L$$

$$\frac{A_3^{5/3}}{P_3^{2/3}} = \frac{Q \cdot n}{S^{1/2}}$$

El espejo de agua está dado por (T):

$$T = 2f(y) = 2\left(\sqrt{R_t^2 - (y - R_t + F)^2}\right)$$

Cálculo de tirante crítico "y_c"

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{T}$$

$$A_3^* = 2\int_0^{y_1} \left(\sqrt{R_s^2 - (y - F + F_1)^2} - R_s + \frac{L}{2}\right) dy + 2\int_{y_1}^{y_2} \left(\sqrt{R_c^2 - (y - F + F_1)^2} + \frac{LM}{2} - R_c\right) dy + 2\int_{y_2}^{y_c} \left(\sqrt{R_t^2 - (y - R_t + F)^2}\right) dy$$

$$\frac{(A_3^*)^3}{2\left(\sqrt{R_t^2 - (y_c - R_t + F)^2}\right)} = \frac{Q^2}{g}$$

3.4.4 Comparación de resultados de modelamiento de alcantarillas

De acuerdo a los modelamiento realizados con el programa HY-8 en el lenguaje de programación de C ++ y el programa JHC-7-ING.AGRICOLA en el lenguaje de programación de MATLAB para diferentes formas de secciones de alcantarillas y diferentes tipos de ingresos, lo cual muestran resultados similares en el cálculo del Tirante Normal, Tirante Critico y la altura de carga de agua (Hw) en el ingreso de las alcantarillas lo cual se muestran en las tablas N°4.17 y 4.18 del capítulo IV.

3.4.5 Diseño hidráulico de las alcantarillas principales

Las alcantarillas principales de cauce definido ubicados en el TRAMO-I de la carretera SAN MARCOS serán diseñadas mediante el programa HY-8 ,

teniendo en cuenta en primer lugar los caudales de diseño para el periodo de retorno optimo calculado en la etapa hidrológica, así mismo es necesario tener en cuenta la cota de rasante de la solera de ingreso y salida de cada una de las alcantarillas, condiciones de borde aguas arriba y aguas abajo de la estructura hidráulica a proponer, geometría del barril, coeficiente de rugosidad de manning que se obtiene en función a las corrugas de la tubería de metal corrugado TMC, que permitan un adecuado dimensionamiento a través de la ecuación de Manning. Cuyos resultados se muestran en la tabla N° 4.19 del capítulo IV y los respectivos planos en anexo.

3.4.6 Diseño hidráulico de las alcantarillas secundarias (Hydroculv)

Las alcantarillas secundarias drenaje en el TRAMO-I de la carretera SAN MARCOS serán diseñadas mediante el programa Hydroculv v. 1.0, teniendo en cuenta en primer término el caudal máximo para un periodo de retorno de 30 años, obtenido en la etapa hidrológica, luego es necesario contar con la elevación del terreno en el lugar donde se instalará la estructura hidráulica, las características geométricas propuestas, como diámetro del barril, longitud del barril, coeficiente de rugosidad de manning según las corrugas de la tubería a utilizar, condición de borde aguas abajo.

Abrimos el programa "HydroCulv" que analiza el flujo en la alcantarilla Secundarias:

Paso N°01: Culvert Geometry. Donde ingresamos los datos de la geométrica de la alcantarilla.

Culvert Geometry	
Project Description	KM:58+892.00
U/S Invert Elev (m)	2654.66
D/S Invert Elev (m)	2654.24
Culvert Length (m)	10.6
Roughness ['n']	.033
Entrance Loss Coeff.	.5
Exit Loss Coeff.	1
Culvert Height (m)	.9
Culvert Slope	0.03982

Shape	
<input checked="" type="radio"/>	Round
<input type="radio"/>	Ellipse
<input type="radio"/>	Arch
<input type="radio"/>	Box
<input type="radio"/>	User Defined

Shape Properties	
Boundary Conditions	

Nombre	Descripción
U/S Invert Elev (m)	Elevación Aguas arriba (m)
D/S Invert Elev (m)	Elevación aguas abajo (m)
Culvert Length (m)	Longitud de la Alcantarilla (m)
Roughness	Coefficiente de Rugosidad de manning
Entrance Loss Coeff.	Coefficiente de Perdida en el Ingreso
Exit Loss Coeff.	Coefficiente de Perdida en la salida
Culvert Height (m)	Diámetro de la Alcantarilla (m)

En la pestaña "Shape" podemos escoger el tipo de forma de la alcantarilla

- respectivamente: Shape (Forma de Alcantarilla)
- * **Round**
(Circular)
 - * **Elilipse**
(Elipse)
 - * **Arch**
(Arco)
 - * **Box**
(Cajon)
 - * **User Define**
(Usuario Define)

Paso N°02: Boundary Conditions (Ingresamos datos de las Condiciones del Contorno)

Boundary Conditions	
Tailwater Calculation Method	
<input checked="" type="radio"/>	Calculated - Normal Flow
<input type="radio"/>	Specified Head Elevation
OK	
Cancel	
D/S Boundary Conditions	
Discharge (cms)	TW Head Elevation (m)
1 [.1]	2654.505
2 [.203]	2654.545
3 [.3]	2654.577
4 [.4]	2654.606
5 [.5]	2654.632
TW Details	Calc IW
D/S Channel Geometry	
Bed Elevation (m)	2654.44
Channel Slope	.02
Roughness ['n']	.025
Channel Shape	
<input type="radio"/>	Rectangular
<input checked="" type="radio"/>	Trapezoidal
<input type="radio"/>	User Defined
Bed Width (m)	3.4
Side Slope (H:V)	1

D/S Boundary Conditions	Condición de contorno aguas Abajo
Discharge (cms)	Caudal de diseño ,m3/seg
TW Head Elevation (m) :	Tw Elevacion de la Cabeza, m
D/S Channel Geometry	Condición Canal aguas Abajo
Bed Elevation (m)	Elevacion del canal de Entrada (m)
Channel Slope	Pendiente del Terreno
Roughness	Coefficiente de rugosidad de Manning

Channel Shape (Forma de Canal) { * Rectangular
* Trapezoidal
* User Define
(Usuario Define)

Luego presionamos el botón **“Calc”** para que realice el análisis hidráulico de la alcantarilla. En esta parte también muestra las diferentes características de la alcantarilla.

Paso N°03: Result (Abre una tabla de resultados con toda las características a flujo parcialmente lleno. En esta tabla encontraremos)

NOMBRE	DESCRIPCION
U/S Head E.l (m)	Elevación Headwater (m)
TW Head El. (m)	Elevación Tailwater (m)
Freeboard (m)	Bordo Libre (m)
Head Loss (m)	Perdida de Carga (m)
Vel @ U/S End (m/s)	Velocidad de Salida (m/s)
Vel @ D/S End (m/s)	Velocidad de Ingreso (m/s)
Normal Depth (m)	Profundidad Normal (m)
Critical Depth (m)	Profundidad Critica (m)

En la tabla N° 4.20 del capítulo IV, se muestran el resultados obtenidos mediante el programa Hydroculv los cuales fueron obtenidos de forma similar para todas las alcantarillas secundarias en el TRAMO-I de la carretera SAN MARCOS, donde se indican claramente el tipo de perfil de superficie libre de agua presentado, diámetro de diseño de la alcantarilla, velocidad aguas abajo de la alcantarilla, entre otros resultados. El resumen del diseño, se muestra

en los planos, correspondientes a secciones transversales de las alcantarillas, AS 01, 02 y 03, así mismo se muestra los planos de detalles de las alcantarillas DA-1 en los anexos.

3.4.7 Diseño hidráulico de las cunetas

Las cunetas proyectadas en el TRAMO I de la carretera SAN MARCOS será del tipo Triangular, donde su ancho es medido desde el borde de la rasante hasta la vertical que pasa por el vértice inferior. La profundidad es medida verticalmente desde el nivel del borde de la rasante al fondo o vértice de la cuneta.

Donde la inclinación del talud interior de la cuneta (V/H) (1:Z1) dependerá, por condiciones de seguridad, de la velocidad de diseño de la carretera y Índice Medio Diario Anual IMDA (veh/día).

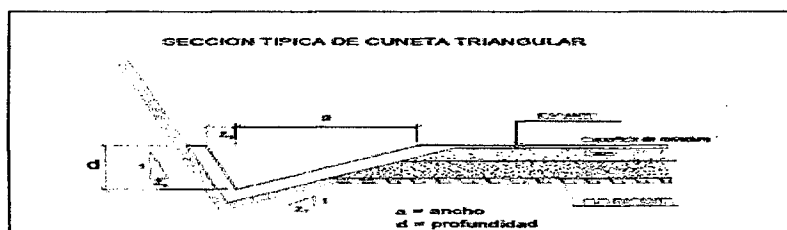
Tabla N°3.2: Inclinación Máxima del Talud (V: H) Interior de la Cuneta

TABLA 304.12 (Manual de Diseño Geometrico DG-2001)			
V.D.(KM/HR)	I.M.D.A (VEH/DIA)		
	<750		>750
<70	1:02	(*)	1:03
	1:03		
>70	1:03		1:04

(*) Solo en casos muy especiales

La inclinación del talud exterior de la cuneta (V/H) (1:Z2) será de acuerdo al tipo de inclinación considerada en el talud de corte.

Figura N°3.6: Sección Típica de Cuneta Triangular



Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC)

Tabla N°3.3: Dimensiones Mínimas de Cuneta

Region	Profundidad (mt)	Ancho (mt)
Seca	0.20	0.50
lluviosa	0.30	0.75
MuyLluviosa	0.50	1.00

En el TRAMO I de la carretera SAN MARCOS del proyecto en estudio está diseñada con una velocidad de diseño: $VD=30$ KM/HR e Índice Medio Diario Anual IMDA ($IMDA<750$), Con estos respectivos datos entramos en el Cuadro N°3.3 y obtenemos el talud interior de la cuneta: ($V/H=1:Z1=1:3$).

La inclinación del talud exterior de la cuneta ($V/H=1:Z2=1:0.5$) será de acuerdo talud de corte del proyecto en estudio.

Resumen de las dimensiones Sección Triangular

Talud exterior : 0.5H:1.0V

Talud interior : 3.0H:1.0V

Altura : 0.30 m.

Ancho : 1.05 m.

Con estas respectivas dimensiones se realizó el cálculo hidráulico de la cuneta triangular en el TRAMO I de la carretera SAN MARCOS donde el caudal (Manning) es mayor que el caudal (Hidrológico) lo cual se muestra en el figura N°4.83 del Capítulo IV.

3.4.8 Diseño hidráulico de badenes

El badén existente ubicado en la progresiva (61+220) en el TRAMO-I de la carretera de SAN MARCOS es verificado hidráulicamente teniendo en cuenta en primer término el caudal máximo para un periodo de retorno de 71 años

calculado en la primera etapa del estudio hidrológico el cual se muestra en la tabla N°4.23 del capítulo IV.

3.4.8.1 Capacidad de descarga de badén existente.

Para el diseño hidráulico se idealizara el badén como un canal trapezoidal con régimen uniforme. Este tipo de flujo tiene las siguientes propiedades:

- a) La profundidad, área de la sección transversal, velocidad media y gasto son constantes en la sección del canal.
- b) La línea de energía, el eje hidráulico y el fondo del canal son paralelos, es decir, las pendientes de la línea de energía, de fondo y de la superficie del agua son iguales. El flujo uniforme se considera es Permanente en el tiempo. Aun cuando este tipo de flujo es muy raro en las corrientes naturales, en general, constituye una manera fácil de idealizar el flujo en el badén y los resultados tienen una aproximación práctica adecuada.

Se hace el análisis de la sección hidráulica como canal trapezoidal utilizando la fórmula de Manning, y se asumió las condiciones más desfavorables.

- El tirante de agua sobre la superficie del tramo del badén es en promedio 0.24 – 0.30
- La pendiente mínima estará entre 2-3 %, en la sección trasversal del badén.
- El coeficiente de rugosidad para los badenes como 0.018 (concreto desgastado).

El badén existente en la progresiva 61+220 ubicado en el TRAMO-I de la carretera SAN MARCOS de (L=25 mt y H=0.30 mt), cuyo resultados hidráulicos se muestra en la Figura N°4.84 del capítulo IV.

3.4.9 Diseño hidráulico de pontones y puentes

Los puentes (Luz>10mt) y pontones (6<Luz<10) ubicados en el TRAMO-I de la carretera SAN MARCOS se verifican hidráulicamente teniendo en cuenta en primer término el caudal máximo para un periodo de retorno de 143 años calculados en la primera etapa del estudio hidrológico el cual se muestra en la tabla N°4.24 del capítulo IV.

3.4.9.1 Capacidad de descarga (puentes y pontones existentes)

Para la determinación de la capacidad de descarga “Q” de los pontones existentes en los cruces de las quebradas se ha utilizado la fórmula de Manning y se ha asumido las siguientes condiciones más desfavorables:

- Ya que las dimensiones de los pontones a la entrada y a la salida varían, para fines de cálculo, se ha considerado las dimensiones que den el área menor asumiendo que el pontón trabajara al 80 % de su capacidad.

Para los Puentes y Pontones cuya capacidad de descarga “Qmannig” sea menor al caudal máximo hidrológico “Qm” determinados en la tabla 4.25 del capítulo IV se recomienda el reemplazo por una estructura de dimensiones mayores.

3.4.9.2 Dimensiones de puentes y pontones a remplazar

Para el dimensionamiento adecuado de los pontones y puentes en el TRAMO-I de la carretera SAN MARCOS se realizara los cálculos de las estructuras en un régimen crítico cuyos resultados se muestra en la Tabla N° 4.26 del capítulo IV.

$$Q_{\text{critico}} = 1.704a^{1.5}b$$

Dónde:

a = Ancho (mt)

b = Altura (mt)

En la tabla N° 4.27 del capítulo IV se muestra las dimensiones óptimas de los puentes y pontones ubicados en diferentes progresivas del tramo de las carreteras.

Con estas respectivas dimensiones del cuadro N° 4.65 se realiza el modelamiento hidráulico mediante el programa HEC-RAS del respectivo Puente ubicado en la progresiva (60+161) y de los pontones ubicado en la progresiva (62+671 ,74+205 y 75+062) del tramo de la carretera.

3.5 Hidráulica fluvial

Es la tercera etapa del estudio que permitirá determinar la erosión aguas abajo de las estructuras hidráulicas propuestas así como las medidas de protección a instalar, teniendo en cuenta las velocidades obtenidas a la salida de alcantarillas en la etapa anterior.

La estimación de la socavación a la salida de las alcantarillas instaladas a lo largo del TRAMO I de la carretera SAN MARCOS es importante, debido a que

toma en cuenta la seguridad hacia futuro sobre los caudales máximos a generarse en el tiempo de vida útil de las estructuras hidráulicas, con la consiguiente velocidad máxima aguas abajo del barril y las medidas de protección a utilizar.

3.5.1 Socavación de alcantarillas

Las formulas a utilizar en la determinación del hueco de socavación aguas abajo de las alcantarillas propuestas a lo largo del TRAMO I de la carretera SAN MARCOS, son las que indican en el capítulo II del marco teórico.

Procedimiento de Diseño:

- Determinar la magnitud y duración de la descarga pico. Expresar la descarga en m³/seg y la duración en minutos.
- Calcular el radio Hidráulico de flujo Total :

$$R_{\text{Hidraulico}} = \frac{D}{4}$$

- Calcular la altura invertida de la alcantarilla por encima de la relación de la cama H_d para pendiente > 0%.

$$H_d = \frac{y_e}{D}$$

- Determinar los coeficientes de socavación de la tabla 2.4 y los coeficientes de caída de altura de la alcantarilla Ch de la tabla 2.5 y la pendiente Cs en la tabla 2.6 del capítulo II del marco teórico.
- Determinar la desviación estándar de material. A partir de un análisis de tamiz una muestra de suelo en la ubicación de alcantarilla propuesto.

$$\sigma = \left(\frac{D_{84}}{D_{16}} \right)^{0.5}$$

- Calcular las dimensiones de los orificios socavación utilizando la ecuación.

$$\left[\frac{h_s}{R_c}, \frac{W_s}{R_c}, \frac{L_s}{R_c}, \frac{V_s}{R_c^3} \right] = C_s C_h \left(\frac{\alpha}{\sigma^{1/3}} \right) \left(\frac{Q}{\sqrt{g} R^{2.5}_c} \right)^{\beta} \left(\frac{t}{316} \right)^{\theta}$$

- Calcular la ubicación de máxima socavación.

$$L_{\text{maxima Socavacion}} = 0.4 L_s$$

Los resultados de socavación para cada una de las alcantarillas se obtiene de forma similar, lo cual se muestra la Figura N° 4.85 (alcantarilla Km: 58+892.00) un modelo de cálculo para obtener la socavación en alcantarillas y en la tabla N° 4.32 se muestra el resumen general.

3.5.2 Socavación de puentes y pontones.

Los puentes y pontones proyectados en el TRAMO I de la Carretera SAN MARCOS no tendrán pilares centrales, serán apoyados en estribos que se ubican fuera del cauce, en algunos casos y en otros pueden ser afectados por el nivel máximo del agua. Por lo que se requiere el cálculo de la socavación general en algunos casos y en otros la socavación local para los estribos. La socavación es estimada para un caudal con período de retorno de 500 años. De acuerdo al informe geotécnico de puentes y pontones, se puede observar que los puentes Lulichuco, Río Negro y Gamarras, se encuentran sobre roca, por lo que no requieren el cálculo de la socavación. La socavación general ha sido estimada en base al método propuesto por Lisschtvan-Lebediev. Como socavación local se considera la que se presenta en los estribos. No se

considera socavación local por pilares por cuanto los puentes y pontones proyectados son de un solo vano y no tienen pilares centrales.

3.5.2.1 Socavación general

Este método se basa en determinar la condición de equilibrio entre la velocidad media de la corriente y la velocidad media del flujo que se requiere para erosionar el material del lecho del cauce para un diámetro y peso específico conocido, aplicable para cualquier material del subsuelo. El valor calculado es el descenso del fondo del cauce durante una avenida como consecuencia de la mayor capacidad de arrastre del sedimento.

La condición de equilibrio es $U_e = U_r$; en la cual la velocidad media de la corriente para erosionar al material de fondo (inicio del arrastre) será igual a la velocidad media real de la corriente

$$U_r = \frac{\alpha d_o^{5/3}}{d_s}$$

Dónde:

d_o : Profundidad inicial de la sección entre el nivel de agua durante la avenida y el nivel de fondo del lecho durante el estiaje, m.

d_s : Profundidad después de producirse la socavación del fondo, se mide desde el nivel de agua al pasar la avenida hasta el nivel fondo erosionado, m.

α : Coeficiente que se produce a partir de los datos, mediante la expresión:

$$\alpha = \frac{Q_d}{d_m^{5/3} B_e \mu}$$

B_e : Ancho efectivo de la sección en metros, descontando obstáculos.

d_m : Tirante medio de la sección, en m.

μ : Coeficiente que toma en cuenta el efecto de contracción producido por los pilares, depende de la velocidad media de la sección y la longitud libre entre pilares. Se da en la Tabla N°2.8 del capítulo II.

La velocidad mínima para arrastrar el material del fondo depende de la naturaleza del lecho del río:

Para suelos no cohesivos se tiene:

$$U_e = 0.68D_m^{0.28}\beta d_s^x$$

β : Coeficiente que toma en cuenta el período de retorno con que se presenta el caudal de diseño.

X : exponente variable que tiene diferente valor en cada una de las fórmulas, es función del Dm.

Para suelos Cohesivos:

$$U_e = 0.60\gamma_m^{0.28}\beta d_s^x$$

La socavación para suelos granulares y Cohesivos es la siguiente:

$$d_s = \left[\frac{\alpha d_o^{5/3}}{0.68D_m^{0.28}\beta} \right]^{\frac{1}{(1+x)}}$$

$$d_s = \left[\frac{\alpha d_o^{5/3}}{0.60\gamma_s^{1.18}\beta} \right]^{\frac{1}{(1+x)}}$$

Dónde:

d_s : Profundidad después de producirse la socavación del fondo. Se mide el nivel del agua durante la avenida hasta el nivel del fondo erosionado, m.

γ_s : Peso volumétrico en ton/m³.

Para el cálculo de la socavación General se cuenta con la siguiente información:

- Nivel máximos estimados para un periodo de retorno de 500 años.
- Coeficiente de Contracción ($\mu=0.85$)
- Coeficiente ($\beta=1.05$)
- $X=0.29$ Para $\gamma = 1.8$ kg/m³.

En el caso del Pontón San Miguel ubicado en la Progresiva 75+062 m con presencia de suelos cohesivos, donde los valores de peso específico de las arcillas entre 1.6 y 1.8 ton/m³, reportado por el estudio geotécnico.

3.5.2.2 Socavación local

El método que será expuesto se debe K.F. Artamonov y permite estimar no solo la profundidad de socavación al pie de estribos, sino además al pie de espigones. Esta erosión depende del gasto que teóricamente es interceptado por el espigón, relacionando con el gasto total que ocurre por el río, del talud que tiene los lados del estribo y del ángulo que el eje longitudinal de la obra forma con la corriente. El tirante incrementado al pie de un estribo medido desde la superficie libre de la corriente, está dada por.

$$S_t = P_\alpha P_q P_R H_o$$

Dónde:

S_t : Tirante Incrementado al pie del estribo.

P_α : Coeficiente que depende del ángulo α que forma el eje del estribo con la corriente, su valor está en la tabla N° 2.9 del capítulo II

P_q : Coeficiente que depende de la relación Q_1/Q , en que Q_1 es el caudal que teóricamente pasaría si este no existiera y Q el caudal total que escurre el río, su valor está en la tabla N° 2.10 del capítulo II

P_R : Coeficiente que depende del talud que tiene los lados del estribo, su valor está en la tabla N°2.11 del capítulo II.

H_o : Tirante que se tiene en la zona cercana al estribo antes de la erosión.

En el caso que el cruce del Pontón de San Miguel se efectúa en forma recta y el talud del estribo será vertical, la expresión de Artamonov, queda como:

$$S_t = P_q H_o$$

P_q = Coeficiente que depende de la Relación Q_1/Q ver en el cuadro N°2.10 =2.00

H_o = Tirante que se tiene en la zona cercana al estribo antes de la erosión = 3.15 m

Los Resultados de la Socavación local en los Estribos en el pontón San Miguel Ubicado en el Progresiva KM: 75+062. Se encuentra en la tabla N° 4.32 del capítulo IV.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Estudio hidrológico

Los resultados correspondientes a la primera etapa, se determinó los caudales de diseño para el periodo de retorno óptimo de las estructuras hidráulica de drenaje a lo largo del TRAMO I de la carretera SAN MARCOS. Estos caudales fueron determinados a partir de un proceso de transformación precipitación – escorrentía.

Los caudales de diseño fueron determinados por el método del Hidrograma Unitario Triangular para cuencas principales y el método racional para cuencas secundarias (Alcantarilla de drenaje) , de igual manera para el cálculo

de caudal de las cunetas se utilizará el método racional según las normas peruanas del MTC.

Los caudales hidrológicos de las estructuras existentes en el TRAMO-I de la carretera SAN MARCOS han sido sustentados mediante el **PROGRAMA ING. AGRÍCOLA - UNSCH** elaborado en lenguaje de programación de MATLAB.

4.1.1.1 Elección del periodo de retorno

Para el estudio del proyecto se encontró Puente-Pontones y alcantarillas principales (alcantarillas de paso) con quebradas definidas los cuales se diseñará para un periodo de retorno de 71 ,143 años respectivamente; las alcantarillas secundarias (alcantarillas de alivio) que cumplen la función de evacuar las aguas pluviales provenientes de las cunetas los cuales se diseñará para un periodo de retorno de 30 años.

Las cunetas se diseñará para un periodo de retorno 30 años y el drenaje lateral también se diseñaron para un periodo de retorno de 53 años por tratarse de unas estructuras importantes al igual que las alcantarillas cuyos resultados se muestran en la tabla N°4.0

Tabla N°4.0: Valores Periodo de Retorno de Obra Drenaje

TIPO DE OBRA	R RIESGOS (%)	n VIDA ÚTIL (años)	T TIEMPO DE RETORNO (años)
Puentes y Pontones	0.25	40	143
Alcantarilla de Paso, Badén	0.3	25	71
Alcantarilla de Alivio	0.35	15	30
Cunetas	0.4	15	30
Subdrenes	0.25	15	53

Fuente: Elaboración Propia

4.1.1.2 Características del área del estudio

A. Delimitación del área de la cuenca

Los resultados de la delimitación de las cuencas del TRAMO I de la carretera SAN MARCOS, se encuentran 07 cuencas de drenaje principales de cauce definido. Como se muestran en los planos H-1 del anexo.

A.1. Cuencas principales

Los resultados de la ubicación de las cuencas principales de drenaje a lo largo del 16+400 km del TRAMO I de la carretera de SAN MARCOS se muestran en la tabla N°4.1. Cuyos resultados de la delimitación de las áreas de drenaje se obtuvo a través de la cartografía de la zona de estudio y mediante el programa ArcGIS v. 10.2.

Tabla N°4.1: Ubicación y Área a de Cuencas Principales

CUENCAS	KM:	(KM²)
LULICHUCO	60+161	64.4
BADEN	61+220	0.41
EL ARCO	62+320	3.07
CAJIKUES	62+671	1.3
QDA NEGRA	69+146	0.52
RIO NEGRO	70+497	10.4
LAS GAMARAS	74+205	9.68
SAN MIGUEL	75+062	0.99

Fuente: Elaboración Propia

B. Características geomorfológicas de las cuencas

Los resultados de las características geomorfológicas de las cuencas principales de cauce definido se encuentran en los Planos H-1 del anexo.

B.1. Cuencas principales

Tabla N°4.2: Características Geométricas de las cuencas principales

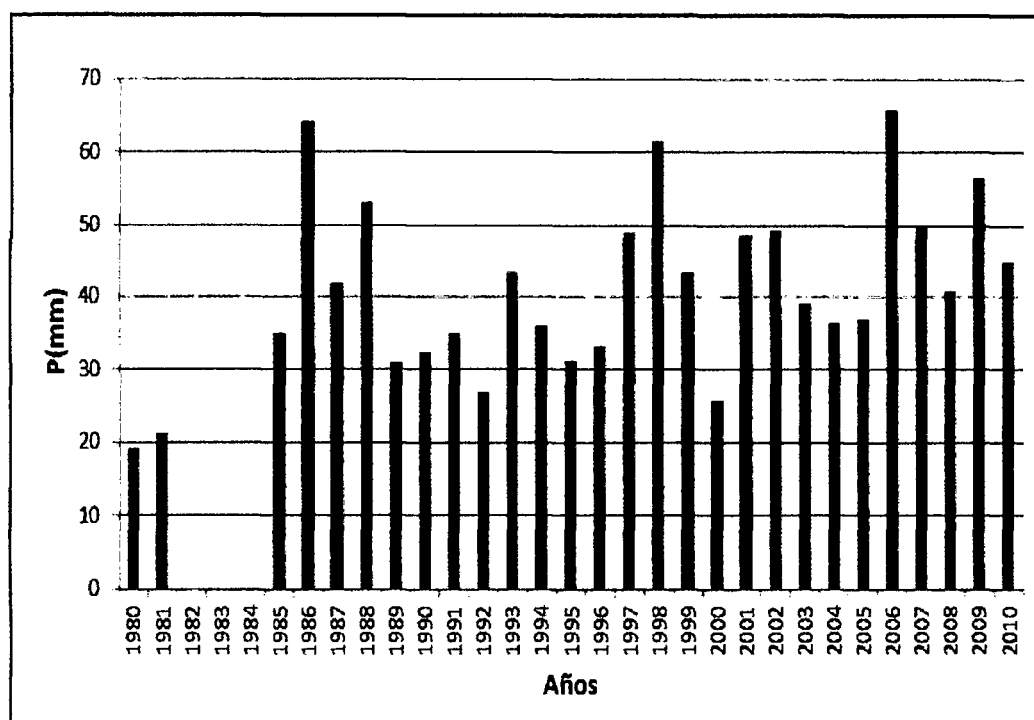
N°	CUENCA DESCRIPCIÓN	PROGRESIVA (KM)	L. DEL CURSO (MT)	DESNIVEL (MT)	PENDIENTE (M/M)	TIEMPO CONCENTRACIÓN (HORAS)		
						TEMES	BRANSBY WILLIAMS	PROMEDIO
1	LULICHUCO	60*61	12930	1250	0.0967	3.27	3.31	3.29
2	BADEN	61*220	405	60	0.1481	0.22	0.16	0.19
3	EL ARCO	62*320	1671	200	0.1187	0.66	0.56	0.61
4	CAJIKUES	62*671	1058	100	0.0945	0.49	0.4	0.45
5	ODA NEGRA	69*446	685	60	0.0876	0.36	0.29	0.33
6	RIONEGRO	70*497	5078	800	0.675	1.47	1.41	1.44
7	LAS GAMARAS	74*205	4210	750	0.1761	1.24	1.15	1.2
8	SAN MIGUEL	75*082	1612	350	0.2171	0.58	0.53	0.56

Fuente: Elaboración propia

4.1.1.3 Análisis estadístico de información.

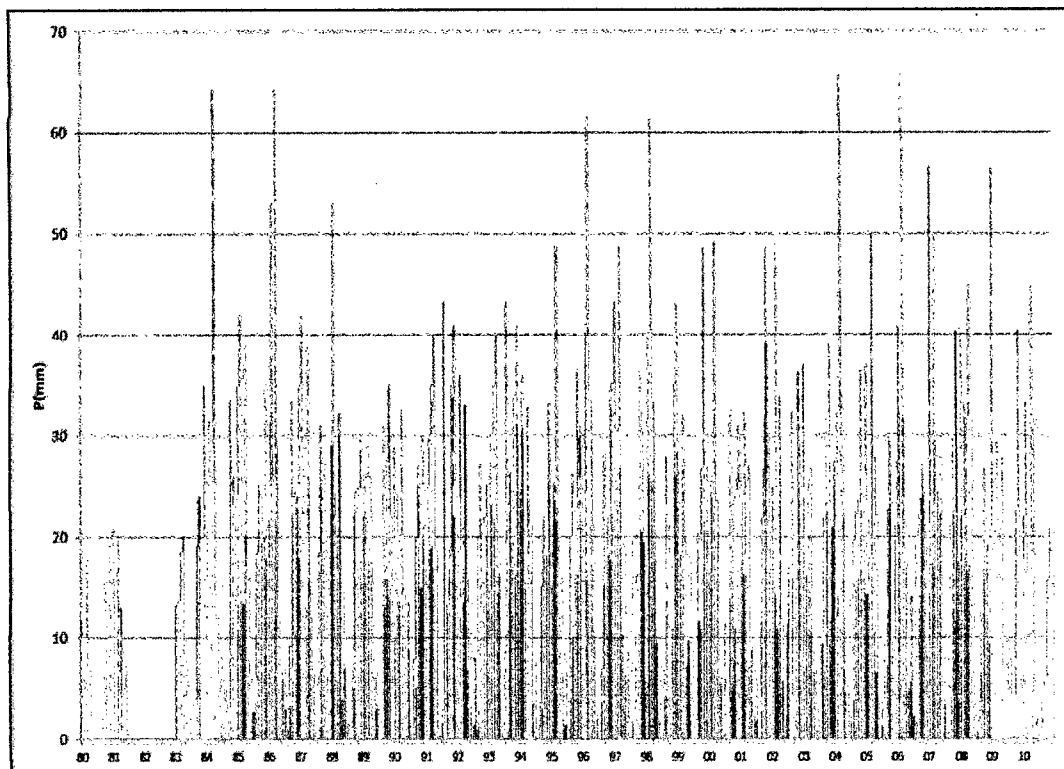
Los resultados de los histogramas de la estación Cajabamba se muestran en la figura N°4.0, 4.1.

Figura. N°4.0: Histograma de Precipitación Max. 24 H. anuales



Fuente: Elaboración propia.

Figura.N°4.1: Histograma de Precipitación Max. Diaria Estación
Cajabamba



Fuente: Elaboración Propia.

4.1.1.4 Análisis estadísticos de datos hidrológicos.

Los resultados del software de cómputo, SMADA Versión 6.3 se muestran en las tablas N° 4.3 al N° 4.5.

4.1.1.4.1. Distribución Pearson Tipo III

Tabla N°4.3: Precipitación Máxima en 24 Horas (mm)- Distribución Pearson Tipo III

Distribution Analysis : Pearson Type III				
First Moment (mean) = 42.7500				
Second Moment = 1.225 e02				
Skew =5.058 e-01				
Point Number	Weibull Probability	Actual Value	Predicted Value	Standard Deviation
1	0.04	25.8	26.3	2.98
2	0.07	27	29.6	2.29
3	0.11	31	30.2	2.04

4	0.15	31.2	31.6	1.97
5	0.19	32.5	32.8	1.98
6	0.22	33.3	34	2.02
7	0.26	35	35	2.08
8	0.3	35	36	2.15
9	0.33	36	37	2.21
10	0.37	36.5	38	2.32
11	0.41	37.1	39.9	2.37
12	0.44	39	40.9	2.42
13	0.48	40.9	41.9	2.46
14	0.52	42	42.9	2.51
15	0.56	43.3	44	2.55
16	0.59	43.3	45.1	2.6
17	0.63	44.9	46.2	2.65
18	0.67	48.6	47.5	2.72
19	0.7	48.8	48.9	2.81
20	0.74	49.3	48.9	2.81
21	0.78	50	50.4	2.93
22	0.81	53	52.1	3.11
23	0.85	56.5	54.1	3.38
24	0.89	61.6	56.6	3.81
25	0.93	64.2	59.9	4.55
26	0.96	65.7	65.2	6.1

Fuente: Resultados obtenidos en base al Software SMADA VERSION 6.3

Predictions			
Exceedence	Return	Calculated	Standard
Probability	Period	Value	Deviation
0.998	500	85	14.59
0.993	143	76.9	10.67
0.99	100	74.5	9.62
0.986	71	72.2	8.66
0.971	35	67	6.71
0.967	30	66.1	6.38
0.667	3	46.3	2.65
0.5	2	41.4	2.44

4.1.1.4.2. Distribución Log Pearson tipo III

Tabla N°4.4: Precipitación Máxima en 24 Horas (mm)- Distribución Log Pearson Tipo III

Distribution Analysis : Log Pearson Type III				
First Moment (mean) = 42.7500				
Second Moment = 1.225 e02				
Skew =5.058 e-01				
Point	Weibull	Actual	Predicted	Standard
Number	Probability	Value	Value	Deviation
1	0.037	25.8	26.1	2.33
2	0.0741	27	28.4	2.08
3	0.1111	31	30	1.98
4	0.1481	31.2	31.4	1.95
5	0.1852	32.5	32.6	1.95
6	0.2222	33.3	33.7	1.96
7	0.2593	35	34.8	1.99
8	0.2963	35	35.8	2.03
9	0.3333	36	36.8	2.08
10	0.3704	36.5	37.8	2.13
11	0.4074	37.1	38.7	2.18
12	0.4444	39	39.7	2.23
13	0.4815	40.9	40.7	2.29
14	0.5185	42	41.7	2.36
15	0.5556	43.3	42.8	2.5
16	0.5926	43.3	43.8	2.5
17	0.6296	44.9	45	2.59
18	0.6667	48.6	46.2	2.69
19	0.7037	48.8	47.6	2.8
20	0.7407	49.3	49	2.94
21	0.7778	50	50.6	3.13
22	0.8148	53	52.5	3.37
23	0.8519	56.5	54.7	3.71
24	0.8889	61.6	57.5	4.22
25	0.9259	64.2	61.2	5.1
26	0.963	65.7	67.4	6.99

Fuente: Resultados obtenidos en base al Software SMADA VERSION 6.3

Predictions			
Exceedence	Return	Calculated	Standard
Probability	Period	Value	Deviation
0.998	500	92.8	19.91
0.993	143	81.9	13.41
0.99	100	78.8	11.82
0.986	71	75.9	10.43
0.971	35	69.6	7.77
0.967	30	68.4	7.35
0.667	3	46.2	2.69
0.5	2	41.2	2.32

4.1.1.4.3. Distribución Gumbel Extrema Tipo I

Tabla N°4.5: Precipitación Máxima en 24 Horas (mm)- Distribución Gumbel Tipo I

Distribution Analysis : Gumbel Extremal Type I				
First Moment (mean) = 42.7500				
Second Moment = 1.225 e02				
Skew =5.058 e-01				
Point	Weibull	Actual	Predicted	Standard
Number	Probability	Value	Value	Deviation
1	0.037	25.8	26.9	2.59
2	0.0741	27	29	2.3
3	0.1111	31	30.6	2.12
4	0.1481	31.2	31.9	2
5	0.1852	32.5	33	1.91
6	0.2222	33.3	34.1	1.84
7	0.2593	35	35.1	1.8
8	0.2963	35	36	1.79
9	0.3333	36	37	1.79
10	0.3704	36.5	37.9	1.81
11	0.4074	37.1	38.8	1.85
12	0.4444	39	39.8	1.9
13	0.4815	40.9	40.7	1.97
14	0.5185	42	41.7	2.06
15	0.5556	43.3	42.7	2.17
16	0.5926	43.3	43.8	2.3

17	0.6296	44.9	45	2.44
18	0.6667	48.6	46.2	2.61
19	0.7037	48.8	47.5	2.81
20	0.7407	49.3	48.9	3.03
21	0.7778	50	50.6	3.3
22	0.8148	53	52.5	3.61
23	0.8519	56.5	54.7	4
24	0.8889	61.6	57.6	4.51
25	0.9259	64.2	61.5	5.22
26	0.963	65.7	68	6.45

Fuente: Resultados obtenidos en base al Software SMADA VERSION 6.3

Predictions			
Exceedence	Return	Calculated	Standard
Probability	Period	Value	Deviation
0.998	500	95.1	11.64
0.993	143	83.5	9.41
0.99	100	80.2	8.77
0.986	71	77.1	8.17
0.971	35	70.3	6.88
0.967	30	69.1	6.65
0.667	3	46.2	2.61
0.5	2	41.2	2.02

4.1.1.5 Prueba de bondad de ajuste

4.1.1.5.1. Prueba Kolmogorov - Smirnov

De acuerdo a esta prueba de ajuste, todos los datos observados se ajustan a las distribuciones Pearson, Log Pearson y Gumbel, sin embargo los datos de las estaciones Cajabamba se ajustan mejor a la distribución Gumbel, por tener el menor valor de D. Cuyos resultados del análisis de Kolmorov - Smirnov se muestran en las tablas N° 4.6 – 4.9.

Tabla N°4.6: Prueba de Kolmogorov-Smirnov

Distribución Pearson Tipo III – Precipitación máxima 24 Horas

N	X	$Y=(x-\delta_1)/\alpha_1$	2Y	$2\beta_1$	χ^2	Fx	Fo	Abs(Fo-Fx)
1	25.8	6.9416	13.8833	24.6297	0.9492	0.0508	0.0370	0.0137
2	27.0	7.3220	14.6441	24.6297	0.9307	0.0693	0.0741	0.0048
3	31.0	8.5901	17.1801	24.6297	0.8409	0.1591	0.1111	0.0480
4	31.2	8.6535	17.3069	24.6297	0.8353	0.1647	0.1481	0.0166
5	32.5	9.0656	18.1311	24.6297	0.7966	0.2034	0.1852	0.0182
6	33.3	9.3192	18.6383	24.6297	0.7710	0.2290	0.2222	0.0068
7	35.0	9.8581	19.7161	24.6297	0.7128	0.2872	0.2593	0.0279
8	35.0	9.8581	19.7161	24.6297	0.7128	0.2872	0.2963	0.0091
9	36.0	10.1751	20.3501	24.6297	0.6767	0.3233	0.3333	0.0100
10	36.5	10.3336	20.6671	24.6297	0.6583	0.3417	0.3704	0.0286
11	37.1	10.5238	21.0475	24.6297	0.6359	0.3641	0.4074	0.0433
12	39.0	11.1261	22.2521	24.6297	0.5642	0.4358	0.4444	0.0087
13	40.9	11.7284	23.4568	24.6297	0.4930	0.5070	0.4815	0.0255
14	42.0	12.0771	24.1542	24.6297	0.4528	0.5472	0.5185	0.0287
15	43.3	12.4892	24.9784	24.6297	0.4069	0.5931	0.5556	0.0375
16	43.3	12.4892	24.9784	24.6297	0.4069	0.5931	0.5926	0.0005
17	44.9	12.9964	25.9928	24.6297	0.3535	0.6465	0.6296	0.0168
18	48.6	14.1693	28.3386	24.6297	0.2460	0.7540	0.6667	0.0873
19	48.8	14.2327	28.4654	24.6297	0.2409	0.7591	0.7037	0.0554
20	49.3	14.3912	28.7824	24.6297	0.2284	0.7716	0.7407	0.0308
21	50.0	14.6131	29.2262	24.6297	0.2117	0.7883	0.7778	0.0105
22	53.0	15.5641	31.1282	24.6297	0.1501	0.8499	0.8148	0.0351
23	56.5	16.6736	33.3472	24.6297	0.0970	0.9030	0.8519	0.0512
24	61.6	18.2903	36.5806	24.6297	0.0482	0.9518	0.8889	0.0630
25	64.2	19.1145	38.2291	24.6297	0.0328	0.9672	0.9259	0.0412
26	65.7	19.5900	39.1801	24.6297	0.0261	0.9739	0.9630	0.0109
							D=	0.0873
Media	42.8	d crítico = 0.259 n= 26 $\alpha=0.05$						
Des.Eest(S)	11.07							
sesgo(y)	0.5699							
$\beta_1=(2/y)^2$	12.3148							
$\alpha_1=S/\sqrt{\beta_1}$	3.1546							
$\delta_1=X-\alpha_1\beta_1$	3.9022							

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°4.7: Prueba de Kolmogorov-Smirnov

Distribución Log Pearson Tipo III – Precipitación máxima 24 Horas

N	X	LnX	$Y=(x-\delta_1)/\alpha_1$	2Y	$2\beta_1$	χ^2	Fx	Fo	Abs(Fo-Fx)
1	25.8	3.2504	362.6822	725.3643	799.3967	0.9703	0.0297	0.0370	0.0073
2	27.0	3.2958	366.2366	732.4733	799.3967	0.9551	0.0449	0.0741	0.0291
3	31.0	3.4340	377.0379	754.0759	799.3967	0.8705	0.1295	0.1111	0.0184
4	31.2	3.4404	377.5407	755.0815	799.3967	0.8649	0.1351	0.1481	0.0131
5	32.5	3.4812	380.7324	761.4648	799.3967	0.8257	0.1743	0.1852	0.0109
6	33.3	3.5056	382.6337	765.2673	799.3967	0.7993	0.2007	0.2222	0.0216
7	35.0	3.5553	386.5265	773.0531	799.3967	0.7388	0.2612	0.2593	0.0020
8	35.0	3.5553	386.5265	773.0531	799.3967	0.7388	0.2612	0.2963	0.0351
9	36.0	3.5835	388.7291	777.4582	799.3967	0.7009	0.2991	0.3333	0.0343
10	36.5	3.5973	389.8075	779.6150	799.3967	0.6816	0.3184	0.3704	0.0520
11	37.1	3.6136	391.0823	782.1646	799.3967	0.6582	0.3418	0.4074	0.0656
12	39.0	3.6636	394.9872	789.9745	799.3967	0.5831	0.4169	0.4444	0.0276
13	40.9	3.7111	398.7064	797.4128	799.3967	0.5092	0.4908	0.4815	0.0093
14	42.0	3.7377	400.7814	801.5627	799.3967	0.4678	0.5322	0.5185	0.0136
15	43.3	3.7682	403.1647	806.3294	799.3967	0.4210	0.5790	0.5556	0.0235
16	43.3	3.7682	403.1647	806.3294	799.3967	0.4210	0.5790	0.5926	0.0135
17	44.9	3.8044	406.0017	812.0033	799.3967	0.3669	0.6331	0.6296	0.0035
18	48.6	3.8836	412.1928	824.3856	799.3967	0.2594	0.7406	0.6667	0.0739
19	48.8	3.8877	412.5139	825.0278	799.3967	0.2544	0.7456	0.7037	0.0419
20	49.3	3.8979	413.3109	826.6218	799.3967	0.2420	0.7580	0.7407	0.0172
21	50.0	3.9120	414.4132	828.8264	799.3967	0.2255	0.7745	0.7778	0.0033
22	53.0	3.9703	418.9690	837.9379	799.3967	0.1647	0.8353	0.8148	0.0205
23	56.5	4.0342	423.9688	847.9376	799.3967	0.1119	0.8881	0.8519	0.0363
24	61.6	4.1207	430.7257	861.4513	799.3967	0.0618	0.9382	0.8889	0.0493
25	64.2	4.1620	433.9579	867.9159	799.3967	0.0452	0.9548	0.9259	0.0289
26	65.7	4.1851	435.7637	871.5274	799.3967	0.0376	0.9624	0.9630	0.0006
Suma								D=	0.0739
Media		3.72							
Des. Eest(S)		0.2557							
sesgo(y)		0.1000							
$\beta_1=(2Y)^2$		399.6984							
$\alpha_1=S/\sqrt{\beta_1}$		0.0128							
$\delta_1=X-\alpha_1\beta_1$		-1.3884							

d crítico = 0.259
n= 26
 $\alpha=0.05$

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°4.8: Prueba de Kolmogorov-Smirnov
Distribución Gumbel – Precipitación máxima 24 Horas

N	X	F _x	F _o	Abs(F _o -F _x)
1	25.8	0.0430	0.0370	0.0060
2	27.0	0.0612	0.0741	0.0129
3	31.0	0.1526	0.1111	0.0414
4	31.2	0.1583	0.1481	0.0101
5	32.5	0.1978	0.1852	0.0126
6	33.3	0.2237	0.2222	0.0015
7	35.0	0.2822	0.2593	0.0229
8	35.0	0.2822	0.2963	0.0141
9	36.0	0.3179	0.3333	0.0154
10	36.5	0.3360	0.3704	0.0344
11	37.1	0.3578	0.4074	0.0496
12	39.0	0.4268	0.4444	0.0177
13	40.9	0.4939	0.4815	0.0124
14	42.0	0.5312	0.5185	0.0127
15	43.3	0.5733	0.5556	0.0178
16	43.3	0.5733	0.5926	0.0192
17	44.9	0.6220	0.6296	0.0076
18	48.6	0.7196	0.6667	0.0529
19	48.8	0.7242	0.7037	0.0205
20	49.3	0.7356	0.7407	0.0052
21	50.0	0.7509	0.7778	0.0269
22	53.0	0.8082	0.8148	0.0066
23	56.5	0.8602	0.8519	0.0084
24	61.6	0.9132	0.8889	0.0243
25	64.2	0.9322	0.9259	0.0063
26	65.7	0.9413	0.9630	0.0217
			D=	0.0529
Media	42.8			
Desvest	11.07			
uy	0.53206			
σy	1.09613			
Alfa	0.099017			
Beta	37.376582			
exp(1)	2.718282			

d crítico = 0.259
n= 30
α=0.05

En el cuadro N°4.9 se muestra el resumen de la prueba de ajuste aplicados a las distribuciones teóricas según Kolmogorov – Smirnov

Cuadro N°4.9: Resumen de la Prueba de Ajuste Kolgomorov –Smirnov

FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN	D	d (Crítico)	Decisión
Pearson Tipo III	0.0873	0.259	
Log Pearson Tipo III	0.0739	0.259	
Gumbel Extremo Tipo I	0.0529	0.259	OK

4.1.1.6 Corrección por intervalo por intervalo fijo de observación

De acuerdo a los resultados de la prueba de bondad realizados anteriormente los resultados del método Gumbel de la tablas N°4.5 cuyo valor de las lluvias máximas es multiplicado por 1.13 para ajustarlo por intervalo fijo y único de observación. Este análisis se muestra en la tabla N°.4.10

Tabla N°4.10: Precipitación Máxima Corregida por Intervalo Fijo de Observación

Periodo de Retorno	Pmax Sin Corrección	Pmax con Corrección
	Cajabamba	Cajabamba
500	95.1	107.46
143	83.5	94.36
100	80.2	90.63
71	77.1	87.12
35	70.3	79.44
30	69.1	78.08
3	46.2	52.21
2	41.2	46.56

4.1.1.7 Determinación de la tormenta de diseño.

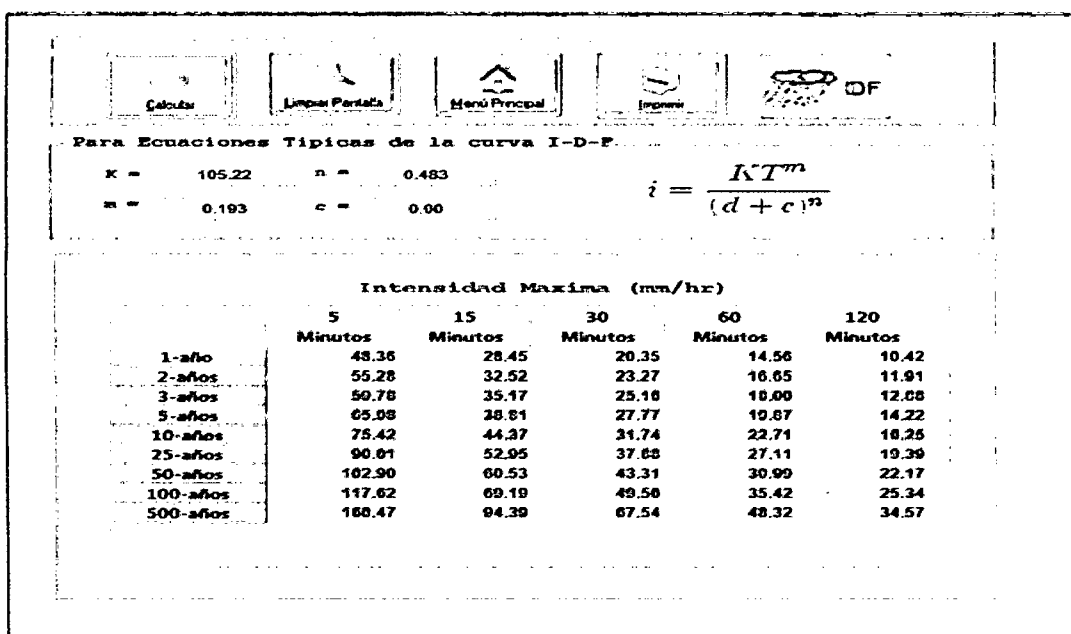
4.1.1.7.1. Curvas intensidad-Duración-Frecuencia

Los resultados de los factores K, m, n determinadas a partir de la intensidad máximas calculadas anteriormente mediante la regresión múltiple lo cual se mostraran en la tabla adjunto:

Constante	2.0222379		Log K= 2.0222	K= 105.25
Err. estándar de est.Y	0.0864078			
R cuadrada	0.8698997			n= 0.483
Núm. de observaciones	48			$I = \frac{105.22 T^{0.193}}{t^{0.483}}$
Grado de libertad	45		Donde:	
Coficiente(s) X	0.1930261	-0.482627		T= años
Error estándar de coef.	0.0162806	0.0364115		t= minutos

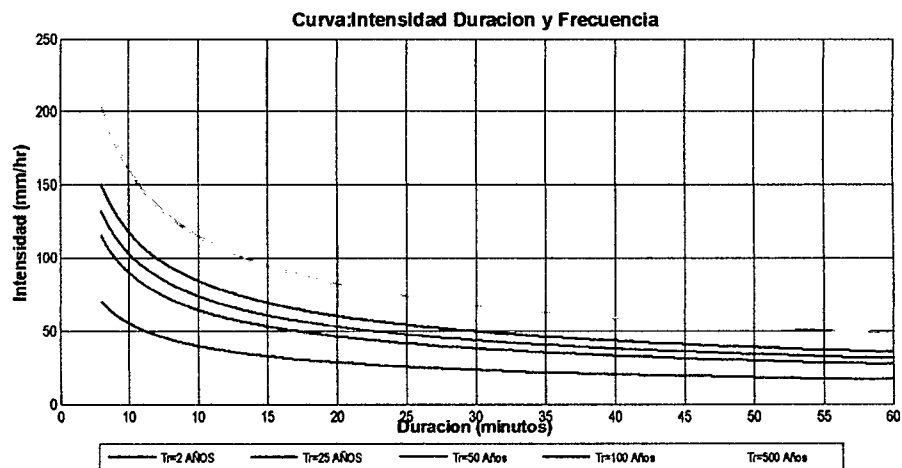
De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla N°4.11 se estable la siguiente expresión para calcular las curvas de intensidad – duración – frecuencia. Los Resultados mostrados por el Programa Hydro – Unsch elaborados en MATLAB para calcular las respectivas curvas de I-D-F para Diferentes periodos de retorno se muestran en la figura N°4.3 y N°4.4 respectivamente.

Figura N°4.3



Fuente: Elaboración Propia

Figura N°4.4



4.1.1.8 Precipitación total y efectiva

Resultados del modelo del número de curva del SCS, se muestra en la tabla N° 4.12.

Tabla N°4.12: Resumen del Coeficiente de Escorrentía

Condición Hidrológica	Pobre
Grupo hidrológico del suelo	C
Numero de curva	76
Uso de la Tierra	Pastizales o Similares
Tratamiento o Práctica	-----
Perdida Inicial la (mm)	16.04

4.1.1.9. Estimación de caudal de diseño

A Caudales máximo en quebradas de cauce definido

Los resultados de los Caudales máximos de diseño para cada una de las cuencas cuya superficie es menor de 10 km² obtenidos por el método racional, se muestra en la tabla N° 4.13.

Tabla N°4.13: Resumen General Caudales Máximo - Método Racional

N°	Cuenca	Progresiva Km.	Area A (km ²)	Tiempo de concentración Tc		Intensidad mm/hora				Caudal Máximo (m ³ /s)			
				horas	min	T=35	T=71	T=143	T=500	T=35	T=71	T=143	T=500
1	Badén	61+220	0.41	0.19	11.4	64.51	73.94	84.64	107.77	2.64	3.03	3.47	4.42
2	El Arco	62+320	3.07	0.61	36.6	36.79	42.17	48.27	61.47	12.55	14.36	16.47	20.97
3	Cejiques	62+671	1.3	0.45	26.7	42.83	49.1	56.21	71.57	6.34	7.27	8.31	10.6
4	Qda.Negra	69+146	0.52	0.33	19.5	49.85	57.14	65.41	83.29	2.88	3.3	3.78	4.81
5	Río Negro	70+497	10.4	1.44	86.4	24.3	27.86	31.89	40.61	28.79	33	37.5	48.1
6	Gamaras	74+205	9.68	1.2	71.7	26.59	30.48	34.89	44.43	29.32	33.61	38.2	48.98
7	San Miguel	75+062	0.99	0.56	33.3	38.5	44.14	50.52	64.33	4.24	4.85	5	7.08

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura N°4.5 se presenta un modelo del resultado del programa HYDRO-UNSCH elaborado en MATLAB en la progresiva (KM: 61+220)

Figura N°4.5: Caudal Máximo – Método Racional Km: 61+220

Metodo Racional

Proyecto: Diseñado Por: BACH. JUAN CARLOS CABALLERO
 Prog: 61+220 Revisado Por: ING. JUAN CHARAPAQUI ANCCASI

Para Ecuaciones Típicas de la curva I-D-F

$K = 105.22$ $n = 0.483$
 $m = 0.193$ $c = 0.00$

$$i = \frac{KT^n}{(d+c)^n}$$

Tiempo de Retorno (Años):
 $T_r = 35$ $T_r = 143$
 $T_r = 71$ $T_r = 500$

i: Intensidad (mm/hr) T: Periodo Retorno (años)
 h, m, n, c: Constantes d: Duracion (min)

Datos de la Cuenca:

Area drenaje (km²) = 0.41
 Coeficiente Escorrentia (C) = 0.36 %
 Met. Usario Met. Kirpich Met. Temes
 Tiempo de Conc. (min) = 11.40

Cuadro Resultados:

Caudal Maximo			
Tr=35	Tr=71	Tr=143	Tr=500
m3/seg	m3/seg	m3/seg	m3/seg
2.64	3.03	3.47	4.42

Control 6/02/2016
 23:01 p.m.

Botones: Salir, Limpia Pantalla, Inicio Program, Ejecutar

El resultado del caudal máximo de diseño para la cuenca de Lulichuco (KM:60+161) cuya superficie es mayor de 10 km² fue obtenidas por el Hidrograma unitario Triangular (SCS) y se muestra en la tabla N° 4.14.

Tabla N°4.14: Caudales Máximo-Hidrograma Unitario Triangular

Cuenca	Area A (km ²)	Tiempo de concentración tc (horas)	Tiempo (horas)			Caudal Unitario qp (m ³ /s/mm)	Número de curva N	Altura de lluvia P (mm)		Lluvia efectiva Pe (mm)		Caudal Máximo (m ³ /s)		
			retraso tr	pico tp	base tb			T=143	T=500	T=143	T=500	T=143	T=500	
1	Lulichuco	64.40	3.29	1.97	3.62	9.67	3.70	75	83.5	95.1	29.3	37.5	108.4	138.8

Fuente: Elaboración Propia

En las (Figura N°4.6, 4.7 ,4.8, 4.9) se muestra el resultado del Hidrograma Unitario Triangular Del Programa HYDRO – UNSCH para diferentes periodo de Retorno ver figura adjuntas.

Figura N°4.6: Caudal Máximo – Método Hidrograma Triangular
(Periodo de Retorno T=143 años)

CALCULO DEL HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR

Hidrograma Unitario Triangular

Proyecto: _____ Diseñado Por: BACHJUAN CARLOS CABALLERO CONDORI
Tramo: TRAMO-I Revisado Por: ING. JUAN CHARAPAQUI ANCCASI

Datos de la Cuenca:

Area drenaje (km2) = 64.40

Numero de Curva (N) = 75 %

Met. Cusario Met. Kirpich Met. Temes

Tiempo de Conc. (hr) = 3.29

Formula Calculo Precipitacion Exceso

$$P_e = \frac{[P - 6080/N + 50.8]^2}{[P + 20320/N - 203.2]}$$

Donde: N: Numero de Curva
P: Altura de Lluvia

Datos de Precipitacion:

Precipitacion-Tormenta (mm) = 83.5

Resultados:

Tiempo retraso (Tr):	1.97	Horas
Tiempo Pico (Tp):	3.62	Horas
Tiempo Base (Tb):	9.66	Horas
Caudal Unitario:	3.70	m ³ /seg/mm
Precipitacion Exceso (Pe):	29.30	mm
Caudal Maximo (Qmax):	108.48	m ³ /seg

Seleccione Tiempo Pico

Para Cuenca Grande $T_p = \sqrt{t_c} + t_r$

Para Cuenca Pequeña $T_p = \frac{t_c}{2} + t_r$

Control

Calculo Limpia Pantalla Menú Principal Impresión

Gráfico

H. Unitario

Fuente: Elaboracion Propia

Figura N°4.7

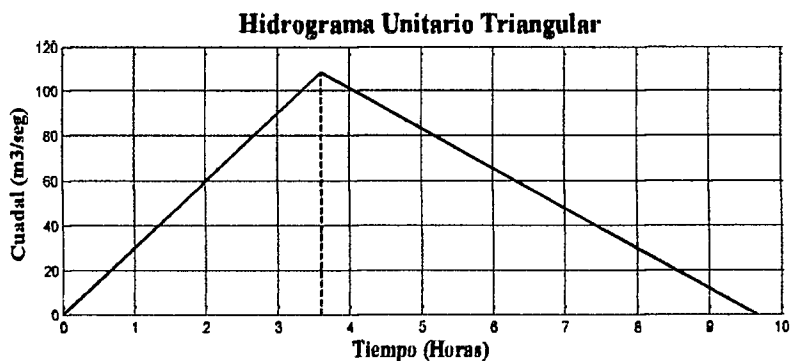


Figura N°4.8: Caudal Máximo – Método Hidrograma Triangular
(Periodo de Retorno T=500 años)

CALCULO DEL HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR

Hidrograma Unitario Triangular

Proyecto: **TRAMO-I** Diseñado Por: **BACHUAN CARLOS CABALLERO CONDORI**
 Revisado Por: **ENG. JUAN CHARAPAQUI ANCCASI**

Datos de la Cuenca:

Area drenaje (km²): **64.40**
 Numero de Curva (N): **75** [%]
 Met. Usario Met. Kirpich Met. Temes
 Tiempo de Conc. (hr): **3.29**

Formula Calculo Precipitacion Exceso

$$P_e = \frac{[P - 5080/N + 50.8]^2}{[P + 20320/N - 203.2]}$$

Donde: N: Numero de Curva
 P: Altura de Lluvia

Datos de Precipitacion:

Precipitacion-Tormenta (mm): **95.1**

Seleccione Tiempo Pico

Para Cuenca Grandes $T_p = \sqrt{t_c} + t_r$
 Para Cuenca Pequeñas $T_p = \frac{t_c}{2} + t_r$

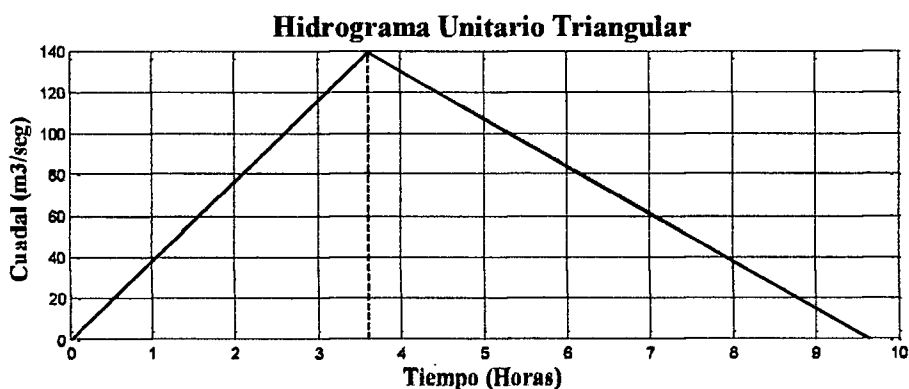
Resultados:

Tiempo retraso (Tr):	1.97	Horas
Tiempo Pico (Tp):	3.62	Horas
Tiempo Base (Tb):	9.66	Horas
Caudal Unitario:	3.70	m ³ -seg/mm
Precipitacion Exceso (Pe):	37.52	mm
Caudal Maximo (Qmax):	138.92	m ³ seg

Control **Grafico**

Fuente: Elaboracion Propia

Figura N°4.9



B. Caudales de cunetas

En la figura N°4.10 se muestra los resultados del caudal máximo, para el diseño de cada una de las alcantarillas consideradas como secundarias para un periodo de retorno de 30 años en el TRAMO I de la carretera SAN MARCOS

Figura N°4.10

METODO RACIONAL

Metodo Racional

Proyecto: Diseñado Por: BACH. JUAN CARLOS CABALLERO CONDORI
 Tramo: TRAMO I (58-770 A 79-450) Revisado Por: ING. JUAN CHARAPAQUI ANCASHI

Ingreso Datos : Proyeccion Tabul

Ancho Tributaria: 150 m
 Longitud Tributaria: 200 m
 Tiempo de Concentracion: 19 min
 Coeficiente Escorrentia: 0.46
 Periodo de Retorno: 30 años

Datos Ingreso:

$k: 105.22 \quad n: 0.433$
 $m: 0.193 \quad c: 0.00$

Ecuacion Curva I-D-F

$$i = \frac{KT^n}{(c+d)^n}$$

i : Intensidad (mm/hr)
 k, m, n, c : Constantes
 d : Duracion (min)

Ingreso Datos : Media Calzada

Ancho Tributaria: 5 m
 Longitud Tributaria: 200 m
 Tiempo de Concentracion: 11 min
 Coeficiente Escorrentia: 0.86
 Periodo de Retorno: 30 años

Cuadro Resultados

Area Total	Caudal maximo	Caudal maximo
km ²	m ³ /s	l/s
0.031	0.203	202.77

Control

Calcular Limpio Partida Item, Precipit Impres

09:40 p.m.
5/02/2016

Fuente: Elaboracion Propia

C. Caudal (alcantarillas secundarias pluviales)

En la tabla N°4.15 se muestra los resultados de los caudales máximos para el diseño de cada una de las de las alcantarillas consideradas como secundarias para un periodo de retorno de 30 años.

Tabla N° 4.15: Caudales Máximos Alcantarilla Secundarias Tr=30 años

REGRESIVA		ENTREGA	Q (M3/SEG) (HIDROLÓGICO)	DESCRIPCIÓN
INICIO	FINAL			
58+770	58+892	58+770	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
58+892	59+072	58+892	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
59+072	59+211	59+072	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
59+211	59+457	59+211	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
59+457		59+457	0.607 (*)	Q(CRUCÉ CANAL DE RIEGO)
59+570	59+689	59+689	0.406	Q (CUNETA APORTANTE)
59+689	59+860			
59+860	60+062	59+860	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
60+062	60+160	60+062	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
60+340	60+519	60+340	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
60+519	60+674	60+519	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
60+674	60+786	60+674	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)

60+786	60+907	60+786	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
60+907	61+062	60+907	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
61+062	Qda BADEN	61+062	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
61+418	61+541	61+418	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
61+541	61+740	61+541	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
61+740	61+864	61+864	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
61+864	62+118	62+118	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
62+460	Qda CAJIQUES	62+460	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
62+855	63+090	62+855	0.564 (*)	Q(CRUCE CANAL DE RIEGO) +Q(APORTE CUNETA)
63+090	63+272	63+090	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
63+272	63+434	63+260	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
63+434	63+527	63+434	4.401(*)	Q(CRUCE CANAL DE RIEGO) +Q(APORTE CUNETA)
63+527	63+762	63+527	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
63+762	63+869	63+762	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
63+869	64+139	63+869	0.406	Q (CUNETA APORTANTE)
64+139	64+317	64+139	0.406	Q (CUNETA APORTANTE)
64+317	64+428	64+317	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
64+428	64+564	64+428	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
64+564	64+643	64+564	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
64+643	64+915	64+643	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
64+915	65+127	64+915	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
65+377			0.689 (*)	Q (CRUCE DE CANAL DE RIEGO)
65+193	65+410	65+193	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
65+410	65+520	65+520	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
65+520	65760	65+520	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
65+760	65+950	65+760	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
65+950	66+030	65+950	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
66+030	66+248	66+030	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
66+248	66+428	66+248	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
66+428	66+633	66+428	0.936 (*)	Q (CRUCE CANAL DE RIEGO) +Q (APORTE CUNETA)
66+633	66+840	66+633	0.406	Q (CUNETA APORTANTE)
66+840	67+060	66+840	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
67+060	67+240	66+840	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
67+240	67+450	67+240	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
67+450	67+740	67+450	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
67+740	67+960	67+740	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
67+960	68+210	67+960	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
68+210	68+380	68+210	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
68+380	68+589	68+380	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
68+589	68+815	68+815	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)
68+815	69+040	69+040	0.203	Q (CUNETA APORTANTE)

Elaboración Propia

(*) Los Caudales hidrológico han sido sustentado con la capacidad hidráulica de las estructuras existentes en la carretera SAN MARCOS TRAMO I mediante el programa ING.AGRÍCOLA-UNSCH.

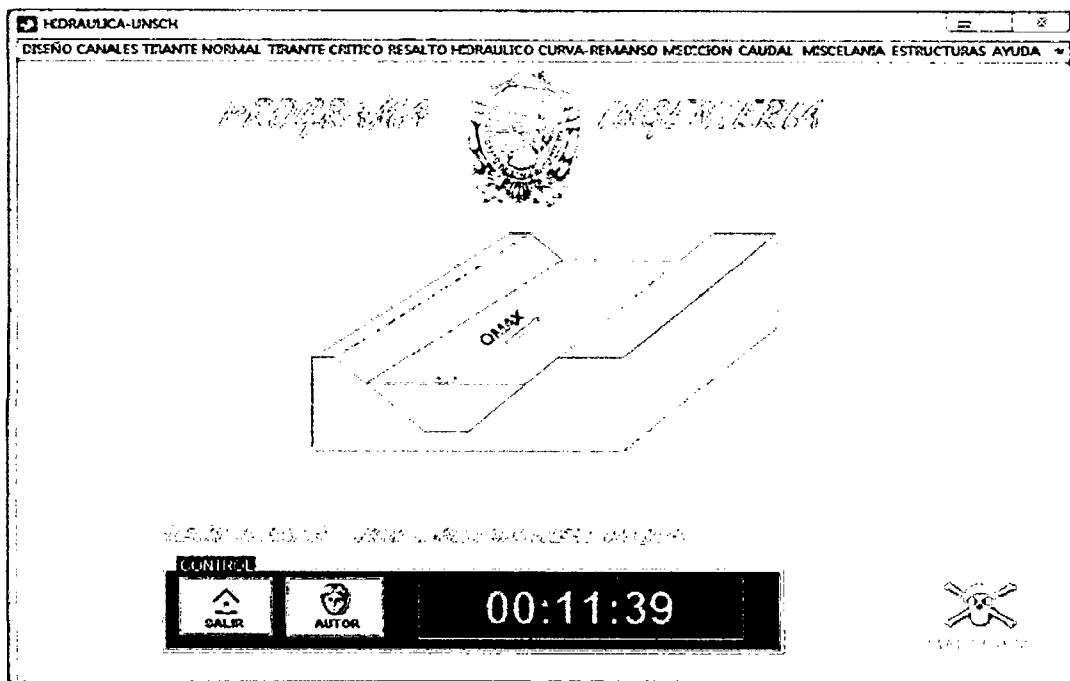


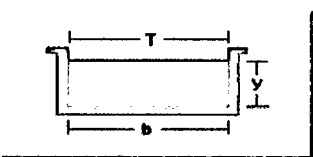
Figura N°4.11: $Q_m = 0.607 \text{ m}^3/\text{seg}$

Calculo de caudal, seccion rectangular

Lugar:		Proyecto:	TRAMO - I
Tramo:	KM 58+457	Revestimiento:	CANAL DE RIEGO

DATOS :

Tirante (y) :	0.60	m
Ancho de colera (b) :	0.70	m
Coefficiente de Rugosidad (n) :	0.016	
Pendiente (S) :	0.004	m/m



RESULTADOS :

Caudal (Q) :	0.6070	m ³ /s	Velocidad (V) :	1.4451	m/seg
Area Hidraulica (A) :	0.4200	m ²	Perimetro (p) :	1.9000	m
Radio hidraulico (R) :	0.2211	m	Espejo de agua :	0.7000	m
Numero de Froude (F) :	0.5957		Energia especifica (E) :	0.7064	m-Kg/Kg
Tipo de Flujo :	Subcritico				

Buttons: Calcular, Limpiar, Menu, Imprimir, Calculadora, Curva Descarga

Figura N°4.12

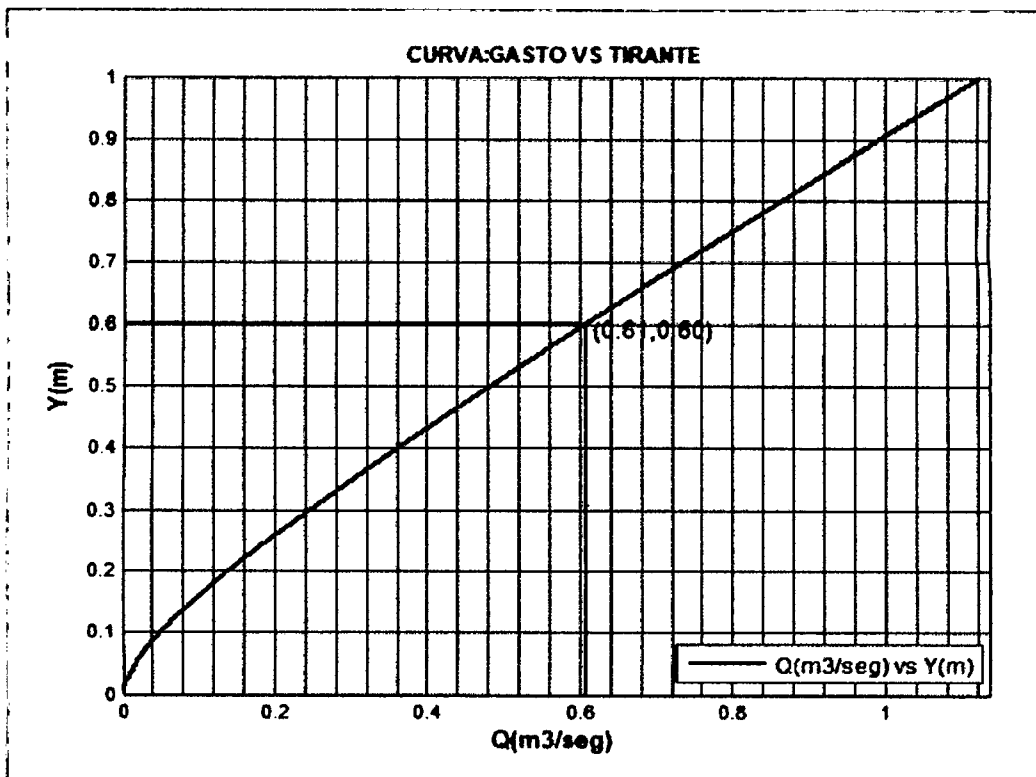


Figura N°4.13: $Q_m=0.3615$ m³/seg añadir caudal de cuneta

Calculo de caudal, seccion rectangular

Lugar	Tramo	KM : 62+855	Proyecto	Revoclimiento:	TRAMO - I CANAL DE RIEGO
-------	-------	-------------	----------	----------------	-----------------------------

DATOS :

Tirante (y) :	0.40	m
Ancho de solera (b) :	0.70	m
Coefficiente de Rugosidad (n) :	0.016	
Pendiente (S) :	0.004	m/m

RESULTADOS :

Caudal (Q) :	0.3615	m³/s	Velocidad (V) :	1.2911	m/seg
Area Hidraulica (A) :	0.2800	m²	Perimetro (p) :	1.5000	m
Radio hidraulico (R) :	0.1867	m	Espejo de agua	0.7000	m
Numero de Froude (F) :	0.6518		Energia especifica (E) :	0.4850	m-Kg/m³g
Tipo de Flujo	Subcritico				

Figura N°4.14

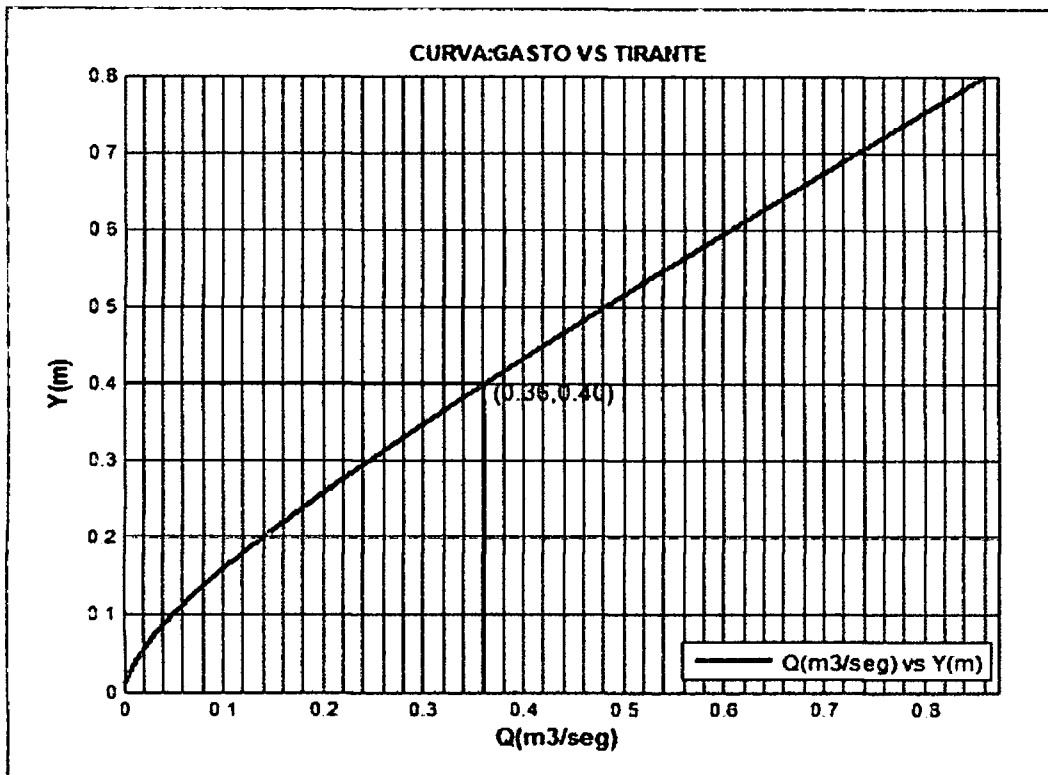


Figura N°4.15: $Q_m=4.1976$ m³/seg añadir caudal de cuneta

Calculo de caudal, seccion rectangular

Lugar	Proyecto	TRAMO - I
Tromo	Revestimiento	CANAL DE RIEGO

DATOS:

Tirante (y):	1.0	m
Ancho de solera (b):	2.5	m
Coefficiente de Rugosidad (n):	0.018	
Pendiente (S):	0.002	m/m

RESULTADOS:

Caudal (Q):	4.1976	m ³ /s	Velocidad (V):	1.6790	m/seg
Area Hidraulica (A):	2.5000	m ²	Perimetro (p):	4.5000	m
Radio hidraulico (R):	0.5556	m	Espejo de agua	2.5000	m
Numero de Froude (F):	0.5361		Energia especifica (E):	1.1437	m-Kg/Mg
Tipo de Flujo	Subcritico				

Calculator | Limpia | Menu | Imprimir | Calculadora | Curva Descarga

Figura N°4.16

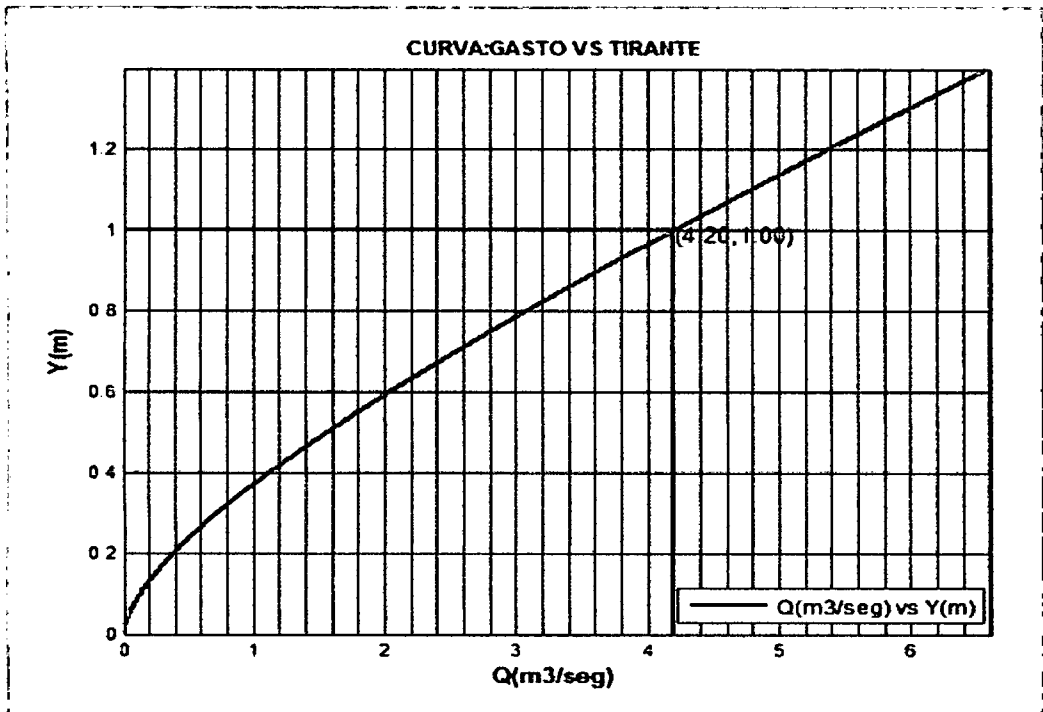


Figura N°4.17: $Q_m=0.689$ m³/seg canal de riego

Calculo de caudal, seccion rectangular

Lugar	Proyecto
Tramo: KM : 66+377	TRAMO - I
	Revoamiento: CRUCE DE CANAL DE RIEGO

DATOS:

Tirante (y) :	0.50	m
Ancho de solera (b) :	0.90	m
Coefficiente de Rugosidad (n) :	0.016	
Pendiente (S) :	0.004	m/m

RESULTADOS:

Caudal (Q) :	0.6809	m³/s	Velocidad (v) :	1.5132	m/seg
Area Hidraulica (A) :	0.4500	m²	Perimetro (p) :	1.9000	m
Radio hidraulico (R) :	0.2368	m	Espejo de agua	0.9000	m
Numero de Froude (F) :	0.6832		Energia especifica (E) :	0.6167	m-Kg/Kg
Tipo de Flujo	Subcritico				

Calculador

Limpiar

Menu

Imprimir

Calculadora

Curva Descarga

Figura N°4.18

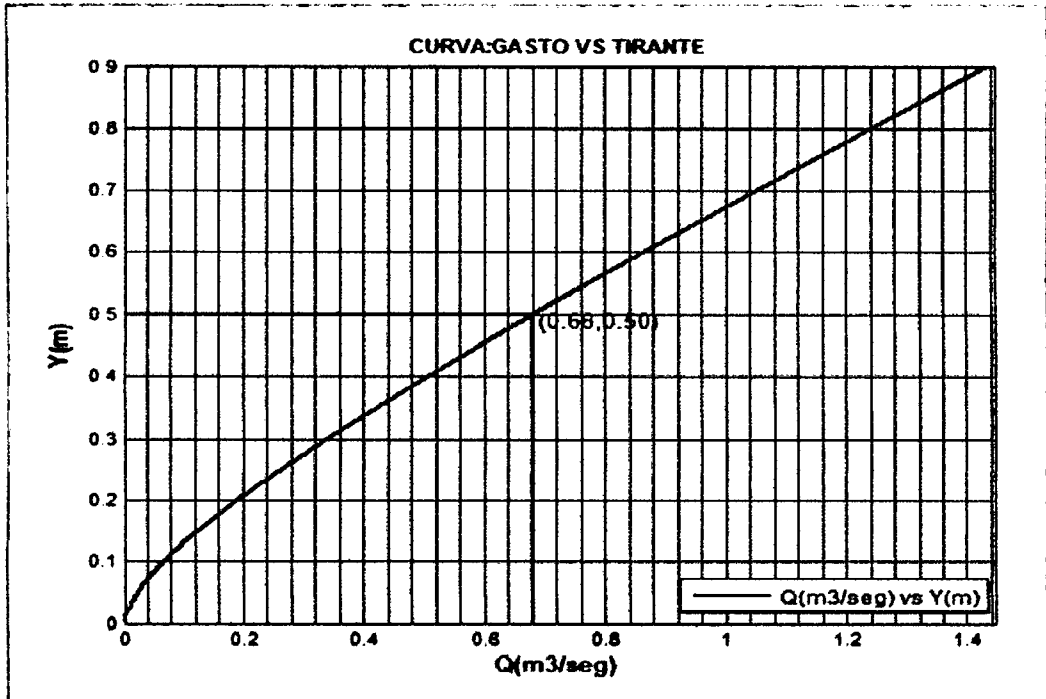


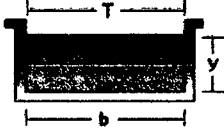
Figura N°4.19: $Q_m=0.7328 m^3/seg$ canal de riego

Calculo de caudal, seccion rectangular

Lugar:		Proyecto:	TRAMO - I
Tramo:	KM : 66+428	Revestimiento:	CANAL DE RIEGO

DATOS:

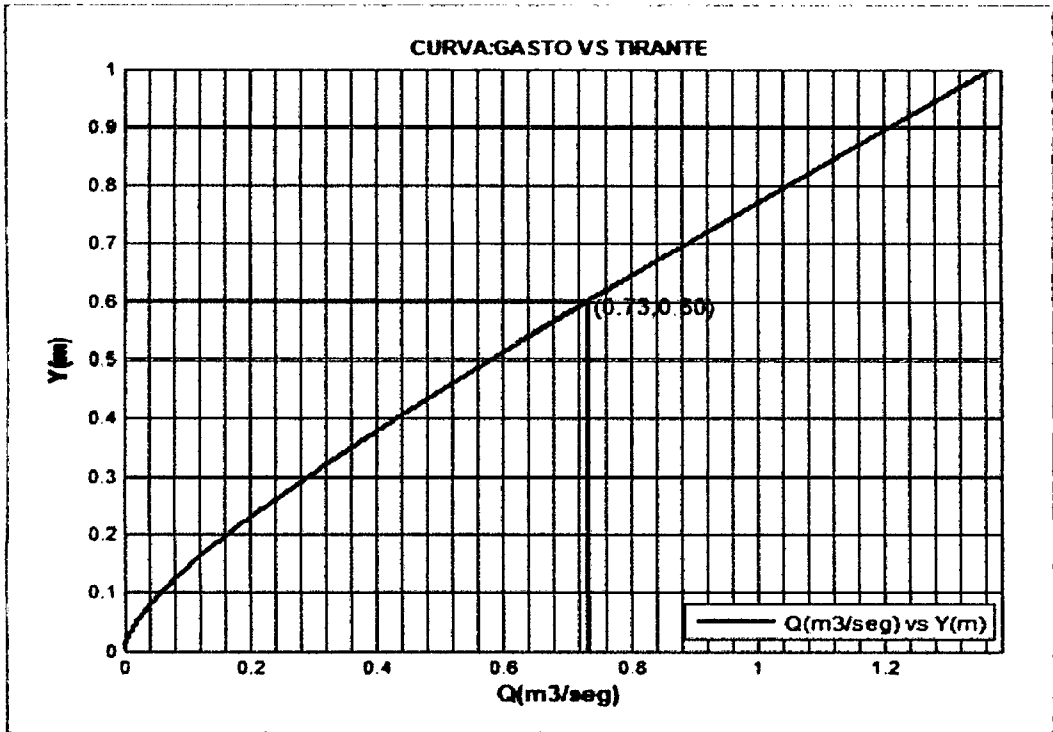
Tirante (y):	0.60	m
Ancho de solera (b):	0.80	m
Coefficiente de Rugosidad (n):	0.016	
Pendiente (S):	0.004	m/m



RESULTADOS:

Caudal (Q):	0.7328	m^3/s	Velocidad (v):	1.5266	m/seg
Area Hidraulica (A):	0.4800	m^2	Perimetro (p):	2.0000	m
Radio hidraulico (R):	0.2400	m	Especo de agua:	0.8000	m
Numero de Froude (F):	0.6292		Energia especifica (E):	0.7188	$m-Kg/Kg$
Tipo de Flujo:	Subcritico				

Figura N°4.20



En la tabla N°4.16 se muestran los resultados obtenidos del modelamiento del programa H-CANALES Y ING. AGRÍCOLA – UNSCH en la progresiva mencionadas anteriormente.

Tabla N° 4.16: Comparación de las características Hidráulicas del programa: H-Canales y Ing. Agrícola - Unsch

PROGRESIVAS (KM)	H-CANALES							PROGRAMA ING. AGRICOLA - UNSCH						
	Q (M3/S)	A (M2)	R (M)	P (M)	V (M/S)	T (M)	E (M-KG/KG)	Q (M3/S)	A (M2)	R (M)	P (M)	V (M/S)	T (M)	E (M-KG/KG)
59+457	0.601	0.420	0.221	1.900	1.445	0.700	0.706	0.601	0.420	0.221	1.900	1.445	0.700	0.706
62+855	0.362	0.280	0.187	1.500	1.291	0.700	0.485	0.362	0.280	0.187	1.500	1.291	0.700	0.485
63+434	4.198	2.500	0.556	4.500	1.679	2.500	1.144	4.198	2.500	0.556	4.500	1.679	2.500	1.144
65+377	0.681	0.450	0.237	1.900	1.513	0.900	0.617	0.681	0.450	0.237	1.900	1.513	0.900	0.617

Fuente:Elaboracion Propia

3..1. Estudio hidráulico

4.1.2.1 Diseño hidráulico de las diferentes formas de alcantarillas y con diferentes tipos de ingreso utilizando programa HY-8

A. Forma circular:

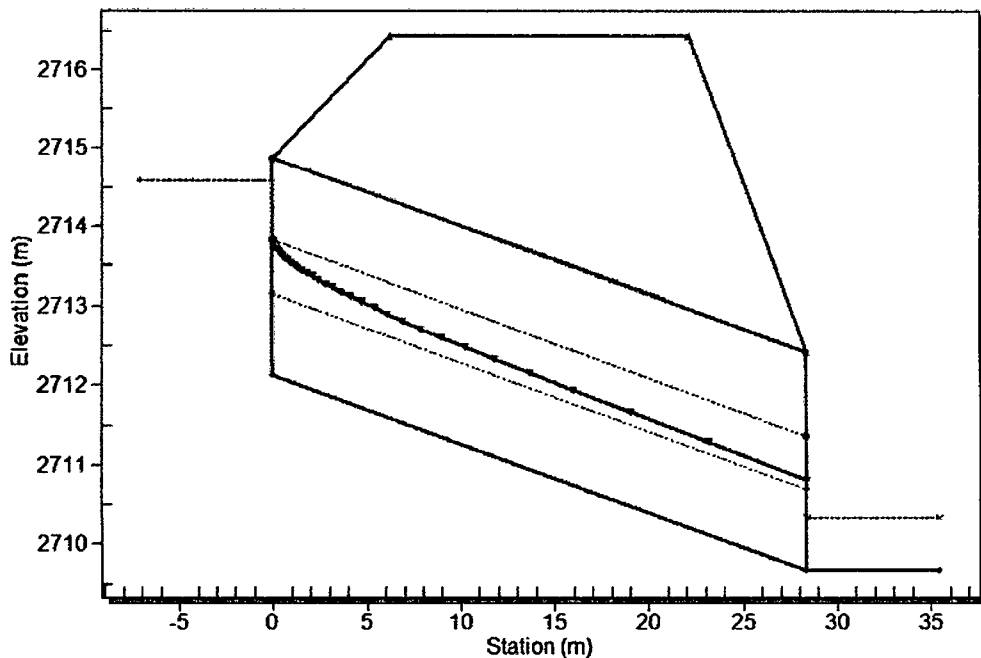
A. Ingreso: Borde delgado proyectado

Figura N°4.20: Cuadro de resultados ($Y_n=1.02$, $Y_c=1.69$, $H_{wi}=2.72$)

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.50	0.50	2712.53	0.40	0.0*	1-52n	0.15	0.30	0.21	0.09	1.68	1.11
2.45	2.45	2713.05	0.92	0.0*	1-52n	0.39	0.67	0.45	0.23	3.28	2.04
4.40	4.40	2713.39	1.26	0.0*	1-52n	0.54	0.91	0.61	0.33	3.86	2.53
6.35	6.35	2713.60	1.56	0.0*	1-52n	0.65	1.10	0.74	0.41	4.34	2.88
8.30	8.30	2713.98	1.85	0.0*	1-52n	0.76	1.27	0.85	0.40	4.69	3.17
10.25	10.25	2714.25	2.12	0.0*	1-52n	0.84	1.42	0.95	0.54	4.96	3.41
12.20	12.20	2714.53	2.40	0.0*	1-52n	0.93	1.55	1.05	0.60	5.19	3.62
14.15	14.15	2714.82	2.69	0.07	1-52n	1.01	1.68	1.14	0.66	5.39	3.80
18.05	18.05	2715.46	3.33	0.83	5-52n	1.15	1.90	1.31	0.76	5.74	4.12
20.00	20.00	2715.82	3.69	1.25	5-52n	1.23	2.00	1.39	0.81	5.89	4.26

Fuente: Resultados obtenidos en base al Software HY-8

Figuras N° 4.21: Perfil del Flujo



Se observa que para el caudal de 14.36 m³/seg la altura Hw es de 2.45 , es decir Hw/D = 0.89 ,valor menor a 1.20 y por lo tanto dentro de las recomendaciones de diseño.

A.2. Ingreso: Mitrado para conformar la pendiente del terraplén

Figura N°4.21: Cuadro de resultados (Yn=1.02, Yc=1.69, Hwi=2.81)

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.50	0.50	2712.99	0.46	0.0*	1-52n	0.15	0.30	0.21	0.09	1.68	1.11
2.45	2.45	2713.26	1.07	0.0*	1-52n	0.39	0.67	0.45	0.23	3.28	2.04
4.40	4.40	2713.60	1.47	0.0*	1-52n	0.54	0.91	0.61	0.33	3.86	2.53
6.35	6.35	2713.90	1.77	0.0*	1-52n	0.65	1.10	0.74	0.41	4.34	2.88
8.30	8.30	2714.16	2.03	0.0*	1-52n	0.76	1.27	0.85	0.48	4.69	3.17
10.25	10.25	2714.41	2.28	0.0*	1-52n	0.84	1.42	0.95	0.54	4.96	3.41
12.20	12.20	2714.65	2.52	0.0*	1-52n	0.93	1.55	1.05	0.60	5.19	3.62
14.15	14.15	2714.91	2.78	0.01	5-52n	1.01	1.68	1.14	0.66	5.39	3.80
18.05	18.05	2715.51	3.38	0.73	5-52n	1.15	1.90	1.31	0.76	5.74	4.12
20.00	20.00	2715.87	3.74	1.13	5-52n	1.23	2.00	1.39	0.81	5.89	4.26

A.3. Ingreso: Borde cuadrado con muro de cabecera

Figura N°4.22: Cuadro de resultados (yn=1.02, yc=1.69, Hwi=2.45)

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.50	0.50	2712.50	0.37	0.0*	1-52n	0.15	0.30	0.21	0.09	1.68	1.11
2.45	2.45	2712.99	0.86	0.0*	1-52n	0.39	0.67	0.45	0.23	3.28	2.04
4.40	4.40	2713.30	1.17	0.0*	1-52n	0.54	0.91	0.61	0.33	3.86	2.53
6.35	6.35	2713.56	1.43	0.0*	1-52n	0.65	1.10	0.74	0.41	4.34	2.88
8.30	8.30	2713.83	1.70	0.0*	1-52n	0.76	1.27	0.85	0.48	4.69	3.17
10.25	10.25	2714.07	1.94	0.0*	1-52n	0.84	1.42	0.95	0.54	4.96	3.41
12.20	12.20	2714.31	2.18	0.0*	1-52n	0.93	1.55	1.05	0.60	5.19	3.62
14.15	14.15	2714.56	2.43	0.0*	1-52n	1.01	1.68	1.14	0.66	5.39	3.80
18.05	18.05	2715.06	2.93	0.64	5-52n	1.15	1.90	1.31	0.76	5.74	4.12
20.00	20.00	2715.34	3.21	1.01	5-52n	1.23	2.00	1.39	0.81	5.89	4.26

A.4. Ingreso: Borde biselado de 45°

Figura N°4.23: Cuadro de resultados (yn=1.02, yc=1.69, Hwi=2.39)

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.50	0.50	2712.50	0.37	0.0*	1-52n	0.15	0.30	0.21	0.09	1.68	1.11
2.45	2.45	2712.98	0.85	0.0*	1-52n	0.39	0.67	0.45	0.23	3.28	2.04
4.40	4.40	2713.29	1.16	0.0*	1-52n	0.54	0.91	0.61	0.33	3.86	2.53
6.35	6.35	2713.56	1.43	0.0*	1-52n	0.65	1.10	0.74	0.41	4.34	2.88
8.30	8.30	2713.83	1.70	0.0*	1-52n	0.76	1.27	0.85	0.48	4.69	3.17
10.25	10.25	2714.06	1.93	0.0*	1-52n	0.84	1.42	0.95	0.54	4.96	3.41
12.20	12.20	2714.28	2.15	0.0*	1-52n	0.93	1.55	1.05	0.60	5.19	3.62
14.15	14.15	2714.49	2.36	0.0*	1-52n	1.01	1.68	1.14	0.66	5.39	3.80
18.05	18.05	2714.94	2.81	0.49	5-52n	1.15	1.90	1.31	0.76	5.74	4.12
20.00	20.00	2715.19	3.06	0.83	5-52n	1.23	2.00	1.39	0.81	5.89	4.26

A.5. Ingreso: Borde biselado de 33.7°

Figura N°4.24: Cuadro de resultados ($Y_n=1.02$, $Y_c=1.69$, $H_{wi}=2.36$)

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.50	0.50	2712.50	0.37	0.0*	1-52n	0.15	0.30	0.21	0.09	1.68	1.11
2.45	2.45	2712.97	0.84	0.0*	1-52n	0.39	0.67	0.45	0.23	3.28	2.04
4.40	4.40	2713.28	1.15	0.0*	1-52n	0.54	0.91	0.61	0.33	3.86	2.53
6.35	6.35	2713.54	1.41	0.0*	1-52n	0.65	1.10	0.74	0.41	4.34	2.88
8.30	8.30	2713.81	1.68	0.0*	1-52n	0.76	1.27	0.85	0.48	4.69	3.17
10.25	10.25	2714.05	1.92	0.0*	1-52n	0.84	1.42	0.95	0.54	4.96	3.41
12.20	12.20	2714.26	2.13	0.0*	1-52n	0.93	1.55	1.05	0.60	5.19	3.62
14.15	14.15	2714.47	2.34	0.0*	1-52n	1.01	1.68	1.14	0.66	5.39	3.80
18.05	18.05	2714.87	2.74	0.49	5-52n	1.15	1.90	1.31	0.76	5.74	4.12
20.00	20.00	2715.08	2.95	0.83	5-52n	1.23	2.00	1.39	0.81	5.89	4.26

B. Forma elipse horizontal

B.1. Ingreso: Borde delgado proyectado

Figura N°4.25: Cuadro de resultados ($Y_n=0.73$, $Y_c=1.25$, $H_{wi}=1.64$)

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.50	0.50	2712.46	0.33	0.0*	1-52n	0.06	0.23	0.16	0.09	0.80	1.11
2.45	2.45	2712.80	0.67	0.0*	1-52n	0.28	0.51	0.35	0.23	2.79	2.04
4.40	4.40	2713.02	0.89	0.0*	1-52n	0.40	0.69	0.45	0.33	3.43	2.53
6.35	6.35	2713.20	1.07	0.0*	1-52n	0.47	0.83	0.55	0.41	3.64	2.88
8.30	8.30	2713.36	1.23	0.0*	1-52n	0.54	0.95	0.62	0.48	3.99	3.17
10.25	10.25	2713.51	1.38	0.0*	1-52n	0.60	1.06	0.69	0.54	4.30	3.41
12.20	12.20	2713.63	1.50	0.0*	1-52n	0.67	1.15	0.76	0.60	4.49	3.62
14.15	14.15	2713.73	1.62	0.0*	1-52n	0.72	1.24	0.81	0.66	4.65	3.80
18.05	18.05	2713.98	1.85	0.0*	1-52n	0.80	1.40	0.92	0.76	4.97	4.12
20.00	20.00	2714.09	1.96	0.0*	1-52n	0.84	1.48	0.97	0.81	5.12	4.26

B.1. Ingreso: Mitrado para conformar la pendiente del terraplén

Figura N°4.26: Cuadro de resultados ($y_n=0.73$, $y_c=1.25$, $H_{wi}=1.94$)

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.50	0.50	2712.46	0.33	0.0*	1-52n	0.06	0.23	0.16	0.09	0.80	1.11
2.45	2.45	2712.89	0.76	0.0*	1-52n	0.28	0.51	0.35	0.23	2.79	2.04
4.40	4.40	2713.18	1.05	0.0*	1-52n	0.40	0.69	0.45	0.33	3.43	2.53
6.35	6.35	2713.39	1.26	0.0*	1-52n	0.47	0.83	0.55	0.41	3.64	2.88
8.30	8.30	2713.53	1.45	0.0*	1-52n	0.54	0.95	0.62	0.48	3.99	3.17
10.25	10.25	2713.75	1.62	0.0*	1-52n	0.60	1.06	0.69	0.54	4.30	3.41
12.20	12.20	2713.91	1.78	0.0*	1-52n	0.67	1.15	0.76	0.60	4.49	3.62
14.15	14.15	2714.05	1.92	0.0*	1-52n	0.72	1.24	0.81	0.66	4.65	3.80
18.05	18.05	2714.41	2.28	0.0*	1-52n	0.80	1.40	0.92	0.76	4.97	4.12
20.00	20.00	2714.56	2.43	0.0*	1-52n	0.84	1.48	0.97	0.81	5.12	4.26

B.3. Ingreso: Borde cuadrado con muro de cabecera

Figura N°4.27: Cuadro de resultados ($Y_n=1.45$, $Y_c=1.91$, $H_{wi}=1.52$)

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.50	0.50	2712.46	0.33	0.0*	1-52n	0.06	0.23	0.16	0.09	0.80	1.11
2.45	2.45	2712.78	0.65	0.0*	1-52n	0.28	0.51	0.35	0.23	2.79	2.04
4.40	4.40	2712.96	0.83	0.0*	1-52n	0.40	0.69	0.45	0.33	3.43	2.53
6.35	6.35	2713.13	1.00	0.0*	1-52n	0.47	0.83	0.55	0.41	3.64	2.88
8.30	8.30	2713.28	1.15	0.0*	1-52n	0.54	0.95	0.62	0.48	3.99	3.17
10.25	10.25	2713.41	1.28	0.0*	1-52n	0.60	1.06	0.69	0.54	4.30	3.41
12.20	12.20	2713.53	1.40	0.0*	1-52n	0.67	1.15	0.76	0.60	4.49	3.62
14.15	14.15	2713.64	1.51	0.0*	1-52n	0.72	1.24	0.81	0.66	4.65	3.80
18.05	18.05	2713.85	1.72	0.0*	1-52n	0.80	1.40	0.92	0.76	4.97	4.12
20.00	20.00	2713.94	1.81	0.0*	1-52n	0.84	1.48	0.97	0.81	5.12	4.26

B.4. Ingreso: Borde biselado de 45°

Figura N°4.28: Cuadro de resultados ($y_n=0.73$, $y_c=1.25$, $H_{wi}=1.55$)

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.50	0.50	2712.46	0.33	0.0*	1-52n	0.06	0.23	0.16	0.09	0.80	1.11
2.45	2.45	2712.78	0.65	0.0*	1-52n	0.28	0.51	0.35	0.23	2.79	2.04
4.40	4.40	2712.98	0.85	0.0*	1-52n	0.40	0.69	0.45	0.33	3.43	2.53
6.35	6.35	2713.15	1.02	0.0*	1-52n	0.47	0.83	0.55	0.41	3.64	2.88
8.30	8.30	2713.30	1.17	0.0*	1-52n	0.54	0.95	0.62	0.48	3.99	3.17
10.25	10.25	2713.44	1.31	0.0*	1-52n	0.60	1.06	0.69	0.54	4.30	3.41
12.20	12.20	2713.56	1.43	0.0*	1-52n	0.67	1.15	0.76	0.60	4.49	3.62
14.15	14.15	2713.67	1.54	0.0*	1-52n	0.72	1.24	0.81	0.66	4.65	3.80
18.05	18.05	2713.89	1.76	0.0*	1-52n	0.80	1.40	0.92	0.76	4.97	4.12
20.00	20.00	2713.98	1.85	0.0*	1-52n	0.84	1.48	0.97	0.81	5.12	4.26

C. Forma abovedado

C.1. Ingreso: Borde delgado proyectado

Figura N°4.29: Cuadro de resultados ($Y_n=0.74$, $Y_c=1.29$, $H_{wi}=2.17$)

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.50	0.50	2712.45	0.32	0.0*	1-52n	0.10	0.22	0.16	0.09	1.21	1.11
2.45	2.45	2712.82	0.69	0.0*	1-52n	0.28	0.49	0.32	0.23	2.88	2.04
4.40	4.40	2713.10	0.97	0.0*	1-52n	0.39	0.66	0.42	0.33	3.67	2.53
6.35	6.35	2713.36	1.23	0.0*	1-52n	0.47	0.81	0.53	0.41	3.95	2.88
8.30	8.30	2713.60	1.47	0.0*	1-52n	0.54	0.95	0.61	0.48	4.28	3.17
10.25	10.25	2713.82	1.69	0.0*	1-52n	0.61	1.07	0.68	0.54	4.62	3.41
12.20	12.20	2714.04	1.91	0.0*	1-52n	0.67	1.18	0.75	0.60	4.91	3.62
14.15	14.15	2714.27	2.14	0.0*	1-52n	0.73	1.28	0.82	0.66	5.13	3.80
18.05	18.05	2714.79	2.66	0.29	5-52n	0.85	1.48	0.96	0.76	5.52	4.12
20.00	20.00	2715.10	2.97	0.67	5-52n	0.91	1.56	1.03	0.81	5.67	4.26

C.2. Ingreso: Mitrado para conformar la pendiente del terraplén

Figura N°4.30: Cuadro de resultados ($Y_n=0.74$, $Y_c=1.29$, $H_{wi}=2.29$)

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.50	0.50	2712.50	0.37	0.0*	1-52n	0.10	0.22	0.10	0.09	1.21	1.11
2.45	2.45	2712.97	0.84	0.0*	1-52n	0.20	0.46	0.22	0.23	2.66	2.04
4.40	4.40	2713.31	1.18	0.0*	1-52n	0.39	0.66	0.42	0.33	3.67	2.53
6.35	6.35	2713.56	1.43	0.0*	1-52n	0.47	0.81	0.53	0.41	3.95	2.88
8.30	8.30	2713.76	1.63	0.0*	1-52n	0.54	0.95	0.61	0.48	4.28	3.17
10.25	10.25	2713.96	1.83	0.0*	1-52n	0.61	1.07	0.68	0.54	4.62	3.41
12.20	12.20	2714.17	2.04	0.0*	1-52n	0.67	1.18	0.75	0.60	4.91	3.62
14.15	14.15	2714.39	2.26	0.0*	1-52n	0.73	1.28	0.82	0.66	5.18	3.80
14.36	14.36	2714.42	2.29	0.0*	5-52n	0.74	1.29	0.83	0.66	5.14	3.82
18.05	18.05	2714.82	2.79	0.12	5-52n	0.85	1.48	0.96	0.78	5.32	4.12
20.00	20.00	2715.24	3.11	0.56	5-52n	0.91	1.56	1.03	0.81	5.67	4.26

C.3. Ingreso: Borde cuadrado con muro de cabecera

Figura N°4.31: Cuadro de resultados ($Y_n=0.74$, $Y_c=1.29$, $H_{wi}=2.03$)

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.50	0.50	2712.44	0.31	0.0*	1-52n	0.10	0.22	0.16	0.09	1.21	1.11
2.45	2.45	2712.60	0.67	0.0*	1-52n	0.20	0.46	0.22	0.23	2.66	2.04
4.40	4.40	2713.06	0.93	0.0*	1-52n	0.39	0.66	0.42	0.33	3.67	2.53
6.35	6.35	2713.29	1.16	0.0*	1-52n	0.47	0.81	0.53	0.41	3.95	2.88
8.30	8.30	2713.52	1.39	0.0*	1-52n	0.54	0.95	0.61	0.48	4.28	3.17
10.25	10.25	2713.75	1.60	0.0*	1-52n	0.61	1.07	0.68	0.54	4.62	3.41
12.20	12.20	2713.93	1.80	0.0*	1-52n	0.67	1.18	0.75	0.60	4.91	3.62
14.15	14.15	2714.14	2.01	0.0*	1-52n	0.73	1.28	0.82	0.66	5.18	3.80
14.36	14.36	2714.16	2.03	0.0*	1-52n	0.74	1.29	0.83	0.66	5.14	3.82
18.05	18.05	2714.57	2.44	0.12	5-52n	0.85	1.48	0.96	0.78	5.32	4.12
20.00	20.00	2714.81	2.68	0.46	5-52n	0.91	1.56	1.03	0.81	5.67	4.26

D. Forma arco

D.1. Ingreso: Borde delgado proyectado

Figura N°4.32: Cuadro de resultados ($Y_n=0.57$, $Y_c=1.01$, $H_{wi}=1.92$)

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.50	0.50	2712.28	0.15	0.0*	1-52n	0.04	0.10	0.07	0.09	0.85	1.11
2.45	2.45	2712.65	0.52	0.0*	1-52n	0.18	0.31	0.18	0.23	2.66	2.04
4.40	4.40	2712.90	0.77	0.0*	1-52n	0.25	0.46	0.28	0.33	3.16	2.53
6.35	6.35	2713.12	0.99	0.0*	1-52n	0.33	0.59	0.35	0.41	3.65	2.88
8.30	8.30	2713.35	1.22	0.0*	1-52n	0.39	0.70	0.42	0.48	4.01	3.17
10.25	10.25	2713.59	1.46	0.0*	1-52n	0.45	0.81	0.49	0.54	4.39	3.41
12.20	12.20	2713.81	1.68	0.0*	1-52n	0.51	0.91	0.57	0.60	4.42	3.62
14.15	14.15	2714.03	1.90	0.0*	1-52n	0.57	1.00	0.63	0.66	4.65	3.80
14.36	14.36	2714.05	1.92	0.0*	1-52n	0.57	1.01	0.62	0.66	4.61	3.82
18.05	18.05	2714.47	2.34	0.0*	5-52n	0.67	1.17	0.75	0.78	5.01	4.12
20.00	20.00	2714.69	2.56	0.10	5-52n	0.73	1.25	0.81	0.81	5.18	4.26

D.2. Ingreso: Mitrado para conformar la pendiente del terraplén

Figura N°4.33: Cuadro de resultados ($Y_n=0.57$, $Y_c=1.01$, $H_{wi}=2.01$)

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.50	0.50	2712.34	0.21	0.0*	1-52n	0.04	0.10	0.07	0.09	0.85	1.11
2.45	2.45	2713.07	0.54	0.0*	1-52n	0.18	0.31	0.18	0.23	2.69	2.04
4.40	4.40	2713.42	1.29	0.0*	1-52n	0.25	0.46	0.28	0.33	3.16	2.53
6.35	6.35	2713.33	1.28	0.0*	1-52n	0.33	0.59	0.35	0.41	3.65	2.88
8.30	8.30	2713.53	1.40	0.0*	1-52n	0.39	0.70	0.42	0.48	4.01	3.17
10.25	10.25	2713.73	1.60	0.0*	1-52n	0.45	0.81	0.49	0.54	4.30	3.41
12.20	12.20	2713.93	1.80	0.0*	1-52n	0.51	0.91	0.57	0.60	4.42	3.62
14.15	14.15	2714.12	1.99	0.0*	1-52n	0.57	1.00	0.63	0.66	4.65	3.80
14.36	14.36	2714.14	2.01	0.0*	5-52n	0.57	1.01	0.62	0.66	4.81	3.82
18.05	18.05	2714.60	2.47	0.0*	5-52n	0.67	1.17	0.75	0.76	5.01	4.12
20.00	20.00	2714.89	2.76	0.01	5-52n	0.73	1.25	0.81	0.81	5.18	4.26

D.3. Ingreso: Borde cuadrado con muro de cabecera

Figura N°4.34: Cuadro de resultados ($Y_n=0.57$, $Y_c=1.01$, $H_{wi}=1.67$)

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.50	0.50	2712.28	0.15	0.0*	1-52n	0.04	0.10	0.07	0.09	0.85	1.11
2.45	2.45	2712.61	0.46	0.0*	1-52n	0.18	0.31	0.18	0.23	2.69	2.04
4.40	4.40	2712.85	0.72	0.0*	1-52n	0.25	0.46	0.28	0.33	3.16	2.53
6.35	6.35	2713.06	0.93	0.0*	1-52n	0.33	0.59	0.35	0.41	3.65	2.88
8.30	8.30	2713.25	1.12	0.0*	1-52n	0.39	0.70	0.42	0.48	4.01	3.17
10.25	10.25	2713.44	1.31	0.0*	1-52n	0.45	0.81	0.49	0.54	4.30	3.41
12.20	12.20	2713.62	1.49	0.0*	1-52n	0.51	0.91	0.57	0.60	4.42	3.62
14.15	14.15	2713.78	1.65	0.0*	1-52n	0.57	1.00	0.63	0.66	4.65	3.80
14.36	14.36	2713.80	1.67	0.0*	1-52n	0.57	1.01	0.62	0.66	4.81	3.82
18.05	18.05	2714.16	2.03	0.0*	5-52n	0.67	1.17	0.75	0.76	5.01	4.12
20.00	20.00	2714.38	2.25	0.0*	5-52n	0.73	1.25	0.81	0.81	5.18	4.26

D.4. Ingreso: borde biselado de 45°

Figura N°4.35: Cuadro de resultados ($Y_n=0.57$, $Y_c=1.01$, $H_{wi}=1.55$)

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.50	0.50	2712.28	0.15	0.0*	1-52n	0.04	0.10	0.07	0.09	0.85	1.11
2.45	2.45	2712.59	0.46	0.0*	1-52n	0.18	0.31	0.18	0.23	2.69	2.04
4.40	4.40	2712.81	0.68	0.0*	1-52n	0.25	0.46	0.28	0.33	3.16	2.53
6.35	6.35	2713.01	0.88	0.0*	1-52n	0.33	0.59	0.35	0.41	3.65	2.88
8.30	8.30	2713.19	1.06	0.0*	1-52n	0.39	0.70	0.42	0.48	4.01	3.17
10.25	10.25	2713.37	1.24	0.0*	1-52n	0.45	0.81	0.49	0.54	4.30	3.41
12.20	12.20	2713.52	1.39	0.0*	1-52n	0.51	0.91	0.57	0.60	4.42	3.62
14.15	14.15	2713.67	1.54	0.0*	1-52n	0.57	1.00	0.63	0.66	4.65	3.80
14.36	14.36	2713.68	1.55	0.0*	1-52n	0.57	1.01	0.62	0.66	4.81	3.82
18.05	18.05	2714.00	1.87	0.0*	1-52n	0.67	1.17	0.75	0.76	5.01	4.12
20.00	20.00	2714.19	2.06	0.0*	5-52n	0.73	1.25	0.81	0.81	5.18	4.26

E. Forma arco perfil alto:

E.1 Ingreso : Borde delgado proyectado

Figura N°4.36: Cuadro de resultados ($Y_n=0.44$, $Y_c=0.83$, $H_{wi}=1.32$)

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.50	0.50	2712.26	0.13	0.0*	1-52n	0.02	0.09	0.06	0.09	0.70	1.11
2.45	2.45	2712.54	0.41	0.0*	1-52n	0.11	0.26	0.16	0.23	1.69	2.04
4.40	4.40	2712.73	0.60	0.0*	1-52n	0.20	0.38	0.23	0.33	2.67	2.53
6.35	6.35	2712.90	0.77	0.0*	1-52n	0.27	0.48	0.29	0.41	3.32	2.88
8.30	8.30	2713.05	0.92	0.0*	1-52n	0.31	0.56	0.33	0.48	3.74	3.17
10.25	10.25	2713.19	1.06	0.0*	1-52n	0.35	0.67	0.39	0.54	4.00	3.41
12.20	12.20	2713.32	1.19	0.0*	1-52n	0.40	0.75	0.45	0.60	4.08	3.62
14.15	14.15	2713.44	1.31	0.0*	1-52n	0.44	0.83	0.49	0.66	4.33	3.80
14.36	14.36	2713.45	1.32	0.0*	1-52n	0.44	0.83	0.50	0.66	4.32	3.82
18.05	18.05	2713.70	1.57	0.0*	1-52n	0.52	0.97	0.58	0.76	4.69	4.12
20.00	20.00	2713.84	1.71	0.0*	1-52n	0.55	1.04	0.62	0.81	4.84	4.26

D.2. Ingreso : Mitrado para conformar la pendiente del terraplén

Figura N°4.37: Cuadro de resultados ($Y_n=0.44$, $Y_c=0.83$, $H_{wi}=1.61$)

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.50	0.50	2712.27	0.14	0.0*	1-52n	0.02	0.09	0.06	0.09	0.70	1.11
2.45	2.45	2712.87	0.74	0.0*	1-52n	0.11	0.26	0.16	0.23	1.69	2.04
4.40	4.40	2713.19	1.06	0.0*	1-52n	0.20	0.38	0.23	0.33	2.67	2.53
6.35	6.35	2713.48	1.35	0.0*	1-52n	0.27	0.48	0.29	0.41	3.32	2.88
8.30	8.30	2713.77	1.64	0.0*	1-52n	0.31	0.58	0.33	0.48	3.74	3.17
10.25	10.25	2713.90	1.77	0.0*	1-52n	0.35	0.67	0.39	0.54	4.00	3.41
12.20	12.20	2714.03	1.90	0.0*	1-52n	0.40	0.75	0.45	0.60	4.08	3.62
14.15	14.15	2713.73	1.69	0.0*	1-52n	0.44	0.83	0.49	0.66	4.33	3.80
14.36	14.36	2713.74	1.61	0.0*	1-52n	0.44	0.83	0.50	0.66	4.32	3.82
18.05	18.05	2713.96	1.83	0.0*	1-52n	0.52	0.97	0.58	0.76	4.69	4.12
20.00	20.00	2714.08	1.93	0.0*	1-52n	0.55	1.04	0.62	0.81	4.84	4.26

D.3. Ingreso : Borde cuadrado con muro de cabecera

Figura N°4.38: Cuadro de resultados ($Y_n=0.44$, $Y_c=0.83$, $H_{wi}=1.24$)

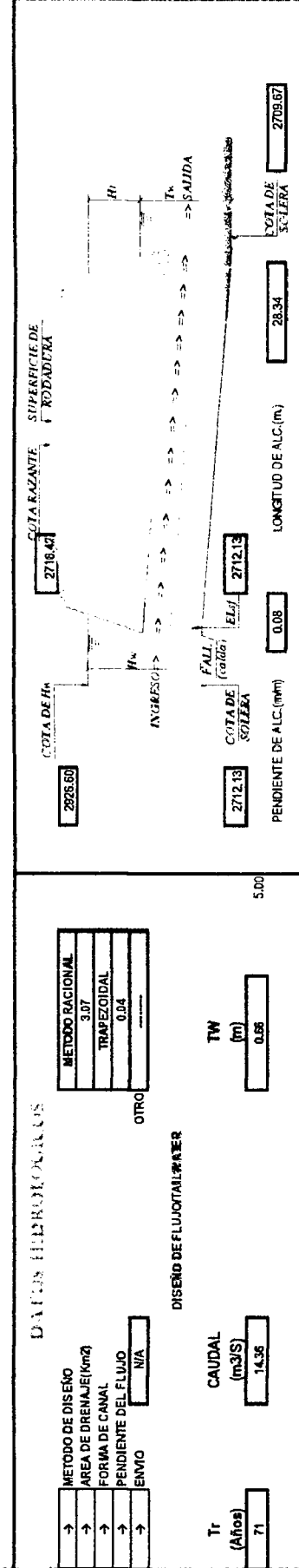
Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.50	0.50	2712.26	0.13	0.0*	1-52n	0.02	0.09	0.06	0.09	0.70	1.11
2.45	2.45	2712.52	0.39	0.0*	1-52n	0.11	0.26	0.16	0.23	1.69	2.04
4.40	4.40	2712.70	0.57	0.0*	1-52n	0.20	0.38	0.23	0.33	2.67	2.53
6.35	6.35	2712.85	0.72	0.0*	1-52n	0.27	0.48	0.29	0.41	3.32	2.88
8.30	8.30	2712.99	0.86	0.0*	1-52n	0.31	0.56	0.33	0.48	3.74	3.17
10.25	10.25	2713.12	0.99	0.0*	1-52n	0.35	0.67	0.39	0.54	4.00	3.41
12.20	12.20	2713.25	1.12	0.0*	1-52n	0.40	0.75	0.45	0.60	4.08	3.62
14.15	14.15	2713.36	1.23	0.0*	1-52n	0.44	0.83	0.49	0.66	4.33	3.80
14.36	14.36	2713.37	1.24	0.0*	1-52n	0.44	0.83	0.50	0.66	4.32	3.82
18.05	18.05	2713.58	1.45	0.0*	1-52n	0.52	0.97	0.58	0.76	4.69	4.12
20.00	20.00	2713.70	1.57	0.0*	1-52n	0.55	1.04	0.62	0.81	4.84	4.26

4.1.2.2. Diseño de las diferentes formas de alcantarilla utilizando cartas

FORMAS DE DISEÑO DE ALCANTARILLAS CIRCULAR UTILIZANDO CARTAS DE DISEÑO																
PROYECTO: <u>CARRETERA TRAMO I (KM:58-770 A 75-450)</u> OBRA: <u>CARRETERA TRAMO I (KM:58-770 A 75-450)</u>					PROGRESIVA: <u>Km:62+330</u> HOJA N°: <u>1</u> DE <u>1</u>					TIPO DE ALC.: <u>TMC TIPO I</u> DISEÑADO POR: <u>BACH. J. CARLOS CABALLERO</u> RESIVADO POR: <u>ING. JUAN CHARAPAQUI ANCCASI</u>						
DATOS HIDROLÓGICOS → METODO DE DISEÑO: <u>METODO RACIONAL</u> → AREA DE DRENAJE (Km ²): <u>3.07</u> → FORMA DE CANAL: <u>TRAPEZOIDAL</u> → PENDIENTE DEL FLUJO: <u>0.04</u> → ENVIO: <u>N/A</u> OTRO: _____																
DISEÑO DE FLUJO/TAILWATER Tr (Años): <u>71</u> CAUDAL (m ³ /S): <u>14.36</u> TW (m): <u>0.66</u>							PENDIENTE DE ALC. (m/m): <u>0.08</u> LONGITUD DE ALC. (m): <u>28.34</u> COTA DE SOLETA: <u>2709.67</u>									
DESCRIPCIÓN - CÁLCULO - COMENTARIOS Y/O SUGERENCIAS																
DESCRIPCIÓN DE ALCANTARILLA		Qr	Obarilla	CÁLCULO DE PROFUNDIDAD DE AGUA DE ENTRADA (TW)										TIPO DE CONTROL	VELOCIDAD SALIDA	UTILIZAR CARTAS
TAMAÑO - MATERIAL - FORMA - ENTRADA	Qr	Obarilla	CONTROL DE INGRESO					CONTROL DE SALIDA							DE DISEÑO N°	
	Q	Q	h ₁	h ₂	FALL	E ₁	T _a	d ₁	h ₂	h ₃	V ₁	M ₁	E ₂			
2740 mm (152x51 mm) -TMC- PROYECTADO	14.36	14.36	0.96	2.63	---	2714.76	0.66	1.69	2.22	2.22	0.9	0.68	0.63	ENTRADA	6.27	CARTAS N°= 02,04,06
2740 mm (152x51 mm) -TMC- MURO DE CABECERA	14.36	14.36	0.88	2.41	---	2714.54	0.66	1.69	2.215	2.215	0.5	0.68	0.63	ENTRADA	6.27	CARTAS N°= 02,04,06
2740 mm (152x51 mm) -TMC- MITRADO PARA CONFORMAR TERRAPLEN	14.36	14.36	0.89	2.44	---	2714.57	0.66	1.69	2.215	2.215	0.7	0.68	0.63	ENTRADA	6.27	CARTAS N°= 02,04,06
2740 mm (152x51 mm) -TMC-BORDE BISELADO DE 33.7°	14.36	14.36	0.88	2.41	---	2714.54	0.66	1.69	2.22	2.215	0.2	0.68	0.63	ENTRADA	6.27	CARTAS N°= 03,04,06
2740 mm (152x51 mm) -TMC-BORDE BISELADO DE 45°	14.36	14.36	0.86	2.36	---	2714.48	0.66	1.69	2.22	2.215	0.2	0.68	0.63	ENTRADA	6.27	CARTAS N°= 03,04,06
NOTAS																
1. Usar (Q/NB) para alcantarillas de cajón					4. E ₁ H=H _w +E ₁ (Invertir la sección de control de ingreso)					6. h ₀ =TW o (dc+D)/2 (Considerar el mayor)						
2. H _w /D=H _w /D Ó H _w /D para diseño con Nomogramas					5. T _w : Basado en control de aguas abajo o profundidad del flujo en el canal					7. H=(1+K _e +K _u *n ² *L/R*M.33) ^{1/2} *V ^{2/2g} , K _u =19.63						
3. FALL=H _w -(E ₁ H-E ₂ H); FALL es cero para alcantarillas grandes										8. E ₁ H ₀ =E ₁ o+H+h ₀						
										9. T _r = Período de Ret _r no						
COMENTARIO / DISCUSION			FOTOGRAFIA						BARRIL DE ALCANTARILLA SELECCIONADO							
COMO LA VELOCIDAD A LA SALIDA ES MAYOR QUE LA VELOCIDAD MAXIMA (V=2.7 M3/SEG) SE REQUERIRA DE DISIPADORES DE ENRGIA									TAMAÑO (m): <u>274</u> FORMA: <u>CIRCULAR</u> MATERIAL: <u>TUBERIA MATERIAL CORRUGADO</u> n (Rugosidad): <u>CORRUGADO 152 X 51 MM; n=0.033</u> TIPO DE INGRESO: <u>MURO DE CABECERA</u>							

FORMAS DE DISEÑO DE ALCANTARIILLAS ELIPSE HORIZONTAL UTILIZANDO CARTAS DE DISEÑO

PROYECTO: CARRIQUERA TRAMO I (Km 56+770 A 75+450)
TMC TIPO I
 OBRA: CARRIQUERA TRAMO I (Km 56+770 A 75+450)
DISEÑADO POR: BACH. J. CARLOS CABALLERO
RESIVADO POR: ING. JUAN CHARAPAJU ANCAKASH



DESCRIPCION - CALCULO - COMENTARIOS O SUGERENCIAS

TAMAO - MATERIAL - FORMA - ENTRADA	Q (m ³ /s)	Q ₁ (m ³ /s)	Q ₂ (m ³ /s)	C ₁	C ₂	CALCULO DE PROFUNDIDAD DE AGUA DE ENTRADA (TW)		TIPO DE CONTROL	VELOCIDAD SALIDA	UTILIZAR CARTAS DE DISEÑO N°				
						CONTROL DE INGRESO	CONTROL DE SALIDA							
Luz=5892.80 mm. Flecha=3886.20 mm-TMC-PROYECTADO	14.36	14.36	0.41	1.80	—	2713.73	0.68	1.25	2.57	3.40	3.70	SALIDA	4.67	CARTAS N°= 28,30,32
Luz=5892.80 mm. Flecha=3886.20 mm-TMC-MUJRC DE CAJECERA	14.36	14.36	0.51	1.52	—	2713.65	0.58	1.25	2.57	3.32	3.62	SALIDA	4.67	CARTAS N°= 28,30,32
Luz=5892.80 mm. Flecha=3886.20 mm-TMC-MITRADO PARA CONFORMAR TIERRAPLE	14.36	14.36	0.51	1.98	—	2714.11	0.66	1.25	2.57	3.78	4.08	SALIDA	4.67	CARTAS N°= 28,30,32
Luz=5892.80 mm. Flecha=3886.20 mm-TMC-BORDE BESELAJO DE 45°	14.36	14.36	0.40	1.55	—	2713.68	0.68	1.25	2.57	3.35	3.65	SALIDA	4.67	CARTAS N°= 28,30,32

- NOTAS**
1. Usar (QAB) para alcantarillas de cajan
 2. Hw/D = Hw/D^{0.5} para diseño con nomogramas
 3. FALL = Hw/(Elhd-Elst);
FALL es cero para alcantarillas juntas
 4. Elhd = Hw + El (Invertir la sección de control de ingreso)
 5. Tw: Basado en control de aguas abajo o profundidad del flujo en el canal
 6. ho = TW o (do+D)/2 (Considerar el mayor)
 7. H = (1+Ks + Ku * Tw² / L * R * M^{0.33}) * V * Z * g ; Ku = 19.63
 8. Tr = Periodo de Retorno

DEFINICION DE SUPERFICIE

TAMAO (m): Luz=5892.80 MM x Flecha=3886.20 mm

FORMA: ELIPSE HORIZONTAL

MATERIAL: TUBERIA MATERIAL CORRUGADO

n (p. datos): CORRUGADO 182 X 51 MM, n=0.033

TIPO DE INGRESO: MURO DE CABECERA

FOTOGRAFIA

COMO LA VELOCIDAD A LA SALIDA ES MAYOR QUE LA VELOCIDAD MAXIMA (V=2.7 M/SEG) SE REQUERIRA DE DISIPADORES DE ENERGIA

FORMAS DE DISEÑO DE ALCANTARILLAS ABOVEDADO UTILIZANDO CARTAS DE DISEÑO

PROYECTO: CARRETERA TRAMO I (KM58+770 A 75+450) T.M.C. TIPO I
 OBRA: CARRETERA TRAMO I (KM58+770 A 75+450) BACH. J. CARLOS CABALLERO
 PROGRESIVA: HOJA N° 1 DE 1 ING. JUAN CHARAPAJU AUCCASI
 RESERVADO POR:

DATOS HIDROLÓGICOS

METODO DE DISEÑO: 3.07

AREA DE DRENAJE (Km²): TRAPEZOIDAL

FORMA DE CANAL: 0.04

PENDIENTE DEL FLUJO: MA

ENVIO: MA

DISEÑO DE FLUJO/TOTAL WATER

Tr (M³/seg): 71

CAUDAL (m³/S): 14.36

TW (m): 0.56

LONGITUD DE ALC (m): 28.34

COA DE SOLERA: 2709.67

DESCRIPCION - CALCULO - COMENTARIOS Y/O SUGERENCIAS

TAMPAJO - MATERIAL - FORMA - ENTRADA	DESCRIPCION DE ALCANTARILLA		CALCULO DE PROFUNDIDAD DE AREA DE ENTRADA (TW)		TIPO DE CONTROL	VELOCIDAD SALIDA (m/s)	UTILIZAR CARTAS DE DISEÑO N°
	Qd (m ³ /g)	Q (m ³ /g)	CONTROL DE INGRESO	CONTROL DE SALIDA			
Luz=3730 mm, Flecha=2280 mm -T.M.C- PROYECTADO	14.36	14.36	FALL	FALL	SALIDA	5.14	CARTAS N°= 29,30,32
Luz=3730 mm, Flecha=2280 mm -T.M.C- AJURO DE CABECERA	14.36	14.36	---	---	SALIDA	5.14	CARTAS N°= 29,30,32
Luz=3730 mm, Flecha=2280 mm -T.M.C- MITRADO PARA CONFORMAR TERRAPLEN	14.36	14.36	---	---	SALIDA	5.14	CARTAS N°= 29,30,32

NOTAS

- Usar (Q/MB) para alcantarillas de cajon
- Hw/D=Hw/D ó Hw/D para diseño con Nomogramas
- FALL=Hw/(Ehd-Elsf); FALL es cero para alcantarillas grandes
- Eh1=Hw+Eli (levantar la sección de control de ingreso)
- T.w. Basado en control de aguas abajo o profundidad del flujo en el canal
- ho = TW o (dc+D)/2 (Considerar el mayor)
- H = (1+Kc) * Ku * m² / (R * M * 33) * V² / 2g, Ku = 19.63
- Eli = Ehb + H + ho
- T = Período de Retorno

DEFINICION DE SUBDIECTO

COMO LA VELOCIDAD A LA SALIDA ES MAYOR QUE LA VELOCIDAD MAXIMA (V=2.7 M/SEG) SE REQUIERAN DE DISIPADORES DE ENERGIA

FOTOGRAFIA

BARRIL DE ALCANTARILLA SELECCIONADO

TAMPAJO (m): Luz=3730 mm x Flecha=2280 mm

FORMA: ABOVEDADO

MATERIAL: TUBERIA MATERIAL CORRUGADO

ESPESES (mm): CORRUGADO 152 X 51 mm; p=0.033

TIPO DE INGRESO: MURO DE CABECERA

FORMAS DE DISEÑO DE ALCANTARILLAS ARCO UTILIZANDO CARTAS DE DISEÑO

PROYECTO: CARRETERA TRAMO I (KM 58+770 A 75+450)
 OBRA: CARRETERA TRAMO I (KM 58+770 A 75+450)

PROGRESIVA: Km. 70+497
 HOJA N°: 1 DE 1

TIPO DE ALC.: TMC TIPO I
 DISEÑADO POR: BACH. J. CARLOS CABALLERO
 REVISADO POR: ING. JUAN CHARAPAQUI ANCCASI

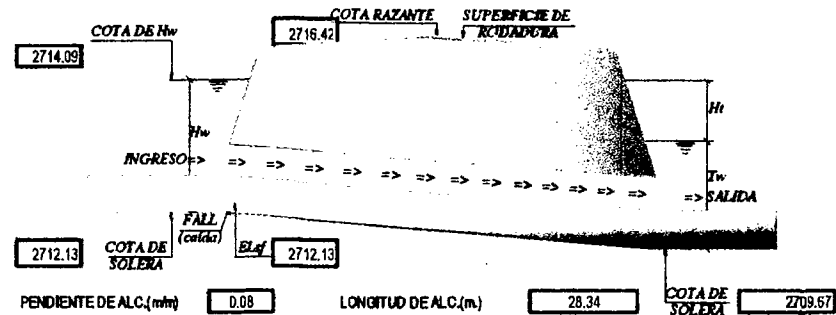
DATOS HIDROLÓGICOS

METODO DE DISEÑO: METODO RACIONAL
 AREA DE DRENAJE (Km²): 3.07
 FORMA DE CANAL: TRAPEZOIDAL
 PENDIENTE DEL FLUJO: 0.04
 EMBO: N/A

METODO RACIONAL
 3.07
 TRAPEZOIDAL
 0.04
 OTRO: _____

DISEÑO DE FLUJO TAIL WATER

Tr (Años): 71 CAUDAL (m³/S): 14.36 TW (m): 0.66 5.50



DESCRIPCIÓN - CÁLCULO - COMENTARIOS Y/O SUGERENCIAS

DESCRIPCIÓN DE ALCANTARILLA TAMARO - MATERIAL - FORMA - ENTRADA	Q ₁ (m ³ /s)	C ₁ (m ³ /s)	CÁLCULO DE PROFUNDIDAD DE AGUA DE ENTRADA (TW)												TIPO DE CONTROL	VELOCIDAD SALIDA (m/s)	UTILIZAR CARTAS DE DISEÑO N°
			CONTROL DE INGRESO						CONTROL DE SALIDA								
			Q ₁	Q ₂	AMF	K ₁	FALL	El _{h1}	Y ₁	d ₁	d ₁ +F/2	h ₁	V ₁	H ₁			
Luz=4270 mm, Flecha=2210 mm -TMC -PROYECTADO	14.36	14.36	0.84	1.85	---	2713.98	0.66	1.01	1.61	1.61	0.9	2.70	2.04	SALIDA	4.81	CARTAS N°= 29, 30, 32	
Luz=4270 mm, Flecha=2210 mm -TMC -MURO DE CABECERA	14.36	14.36	0.75	1.71	---	2713.84	0.66	1.01	1.61	1.61	0.5	2.30	1.64	ENTRADA	4.81	CARTAS N°= 29, 30, 32	
Luz=4270 mm, Flecha=2210 mm -TMC -MTRADO PARA CONFORMAR TERRAPLEN	14.36	14.36	0.89	1.96	---	2714.09	0.66	1.01	1.61	1.61	0.7	2.81	2.15	SALIDA	4.81	CARTAS N°= 29, 30, 32	

NOTAS

1. Usar (Q/NB) para alcantarillas de cajón
2. $H_w/D = H_w/D$ Ó H_w/D para diseño con Nomogramas
3. $FALL = H_w - (El_{hd} - El_{sf})$; $FALL$ es cero para alcantarillas grandes
4. $El_{h1} = H_w + El_i$ (Invertir la sección de control de ingreso)
5. T_w : Basado en control de aguas abajo o profundidad del flujo en el canal
6. $h_o = TW$ o $(d_c + D)/2$ (Considerar el mayor)
7. $H = (1 + K_e + K_u n^2 L / R^{1.33}) V^2 / 2g$, $K_u = 19.63$
8. $El_{h2} = El_o + H + h_o$
9. T_r : Período de Retorno

DEFINICIÓN DE SUBÍNDICE

COMO LA VELOCIDAD A LA SALIDA ES MAYOR QUE LA VELOCIDAD MÁXIMA ($V = 2.7$ M3/SEG) SE REQUERIRÁ DE DISIPADORES DE ENERGÍA

FOTOGRAFÍA



BARRIL DE ALCANTARILLA SELECCIONADO

TAMAÑO (m): LUZ=4270 MM x FLECHA=2210 MM
 FORMA: ARCO
 MATERIAL: TUBERIA MATERIAL CORRUGADO
 n (Rugosidad): CORRUGADO 152 X 51 MM; n=0.030
 TIPO DE INGRESO: MURO DE CABECERA

FORMAS DE DISEÑO DE ALCANTARILLAS ARCO PERFIL ALTO UTILIZANDO CARTAS DE DISEÑO

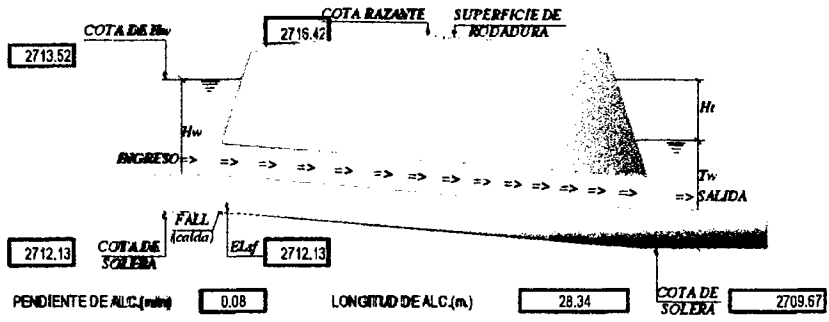
PROYECTO:	CARRETERA TRAMO I (KM:58+770 A 75+450)	PROGRESIVA:	Km:70+497	TIPO DE ALC.:	TMC TIPO I
OBRA:	CARRETERA TRAMO I (KM:58+770 A 75+450)	HOJA N°:	1 DE 1	DISEÑADO POR:	BACH. J.CARLOS CABALLERO
				RESIVADO POR:	ING. JUAN CHARAPAQUI ANCCASI

DATOS HIDROLOGICOS

→ METODO DE DISEÑO	METODO RACIONAL
→ AREA DE DRENAJE (Km ²)	3.07
→ FORMA DE CANAL	TRAPEZOIDAL
→ PENDIENTE DEL FLUJO	0.04
→ ENVIO	N/A
OTRO: _____	

DISEÑO DE FLUJO/TOTAL WATER

Tr (Años)	CAUDAL (m ³ /S)	TW (m)
71	14.36	0.66



DESCRIPCIÓN - CALCULO - COMENTARIOS Y/O SUGERENCIAS

DESCRIPCIÓN DE ALCANTARILLA	Q _d (m ³ /s)	Cbarril (m ³ /s)	CALCULO DE PROFUNDIDAD DE AGUA DE ENTRADA (TW)												TIPO DE CONTROL	VELOCIDAD SALIDA (m/s)	UTILIZAR CARTAS DE DISEÑO N°
			CONTROL DE INGRESO						CONTROL DE SALIDA								
			H ₁	H ₂	FALL	E ₁	E ₂	T _w	dc	ho	ho	ho	ho	ho			
LUZ=5740 mm, Flecha=3848 mm-TMC-PROYECTADO	14.36	14.36	0.36	1.40	---	2713.53	0.66	0.83	2.34	2.34	0.9	1.52	1.59	SALIDA	4.32	CARTAS N°= 40,41,42	
LUZ=5740 mm, Flecha=3848 mm-TMC-MURO DE CABECERA	14.36	14.36	0.31	1.20	---	2713.33	0.66	0.83	2.34	2.34	0.5	1.32	1.39	SALIDA	4.32	CARTAS N°= 40,41,42	
LUZ=5740 mm, Flecha=3848 mm-TMC-INTRADO PARA CONFORMAR TERRAPLEN	14.36	14.36	0.48	1.95	---	2713.78	0.66	0.83	2.34	2.34	0.7	1.77	1.84	SALIDA	4.32	CARTAS N°= 40,41,42	

NOTAS

- | | | |
|---|---|---|
| 1. Usar (Q/NB) para alcantarillas de cajon
2. $H_w/D = H_w/D$ O H_w/D para diseño con Nomogramas
3. $FALL = H_w - (E_{hd} - E_{hs})$;
FALL es cero para alcantarillas grandes | 4. $E_{hi} = H_w + E_{li}$ (Invertir la sección de control de ingreso)
5. T_w : Basado en control de aguas abajo o profundidad del flujo en el canal | 6. $h_o = TW$ o $(dc + D)/2$ (Considerar el mayor)
7. $H = (1 + K_e + K_u n^2 L/R^{1.33}) V^2 / 2g$, $K_u = 19.63$
8. $E_{ho} = E_{lo} + H + h_o$
9. T_r : Periodo de Retorno |
|---|---|---|

DEFINICIÓN DE SUBINDICE

COMO LA VELOCIDAD A LA SALIDA ES MAYOR QUE LA VELOCIDAD MAXIMA (V=2.7 M3/SEG) SE REQUERIRA DE DISIPADORES DE ENRGIA

FOTOGRAFIA



BARRIL DE ALCANTARILLA SELECCIONADO

TAMAÑO (m)	LUZ=5740 MM x FLECHA=3848 MM
FORMA	ARCO DE PERFIL ALTO
MATERIAL	TUBERIA MATERIAL CORRUGADO
n (Rugosidad)	CORRUGADO 152 X 51 MM; n=0.033
TIPO DE INGRESO	MURO DE CABECERA

4.1.2.3 Diseño hidráulico de alcantarillas con diferentes tipos de ingreso utilizando programa JHC-7 en Matlab



Fuente: Elaboración propia

A. Alcantarilla Circular TMC D = 2.74 m, denominado
SIDERPERU: 36 C

A.1 Ingreso: Ranurado extremo saliente

Figura N° 4.39: Datos de Ingreso – Alcantarilla forma circular

Diseño Alcantarilla Sección Circular

Propiedades Críticas de Carretera

Progresiva: 62+330

DATOS DE DESCARGA

Caudal Mínimo (Q_{min}): 0.50 m³/seg
 Caudal Diseño (Q_d): 14.36 m³/seg
 Caudal Máximo (Q_{max}): 20.00 m³/seg

DATOS DEL CANAL DE SALIDA

Tipo de Canal: Canal Trapezoidal
 Ancho-Base: 5.00 m
 Pendiente Lateral (H:V): 1:1
 Pendiente-Canal: 0.040 m/m
 Coeficiente Rugosidad: 0.035
 Cola Inicial Canal: 2709.670 m.s.n.m.

DATOS DE CARRETERA

Perfil-Forma-Calzada: Constante
 Longitud-Cresta: 0.00 m
 Elevación Cresta: 10.00 m.s.n.m.
 Superficie Calzada: Afirmado
 Ancho Calzada: 15.930 m

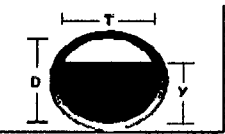
CONSTANTES DE CONTROL DE INGRESO

K: 0.034
 M: 1.500
 C: 0.055
 Y: 0.540
 Coef. Pérdida Ingreso: 0.900
 Coef. Pérdida Salida: 1.000

Propiedades Alcantarilla

Alcantarilla: Circular N°1

Borrar Alcantarilla
 Agregar Alcantarilla
 Limpiar Pantalla



DATOS DE ALCANTARILLA

Nombre: Circular N°1
 Forma: Circular
 Material: Acero Corrugado
 Coeficiente Rugosidad: 0.033
 Configuración Entrada: Ranurado Extremo Saliente
 Diámetro: 2.740 m

DATOS DE LUGAR

Estación Entrada: 0.000 m
 Elevación Entrada: 2712.30 m
 Estación Salida: 28.34 m
 Elevación de Salida: 2709.67 m
 Pendiente: 0.080 m/m

Calcular Resultados Perfil Hidráulico Rendimiento

Figura N° 4.40: Cuadro de resultados (Y_n=1.14, Y_c=1.69, H_{wi}=2.71)

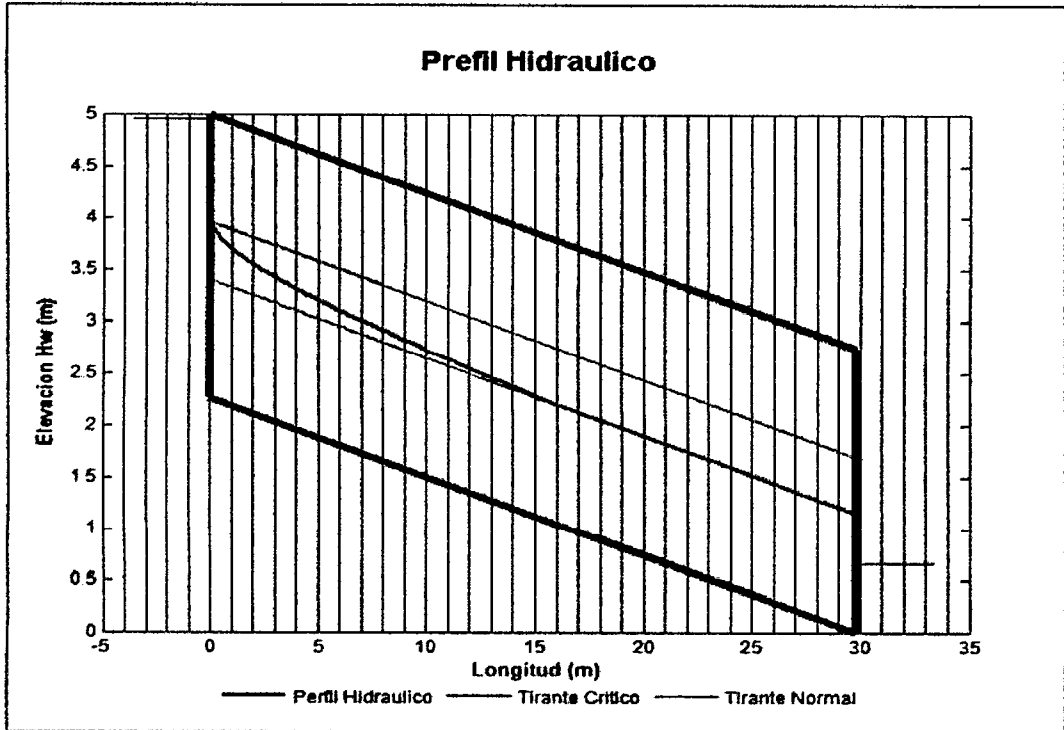
Tabla de Resumen Alcantarillas

TABLA DE RESUMEN DE ALCANTARILLAS

Caudal Descarga (m ³ /s)	Área Hidráulica (m ²)	Perímetro Hidráulico (m)	Tirante Normal (m)	Tirante Crítico (m)	Tailwater Canal (m)	Velocidad Tailwater (m/s)	Profundidad de Entrada (m)	Profundidad de Salida (m)	Elevación (m)	Velocidad de salida (m/s)
0.50000	0.21730	1.5622	0.21671	0.30096	0.088448	1.1110	0.28675	0	2712.6	2.3010
2.0400	0.58110	2.2168	0.42444	0.61512	0.20598	1.9024	0.74368	0	2713.0	3.5106
3.5800	0.86369	2.5681	0.55898	0.82121	0.28885	2.3434	1.0580	0	2713.4	4.1450
5.1200	1.1128	2.8302	0.66815	0.98821	0.35810	2.6684	1.3289	0	2713.6	4.6004
6.6600	1.3422	3.0472	0.76342	1.1330	0.41930	2.9309	1.5780	0	2713.9	4.9619
8.2000	1.5578	3.2367	0.84975	1.2630	0.47496	3.1534	1.8143	0	2714.1	5.2638
9.7400	1.7632	3.4077	0.92981	1.3820	0.52648	3.3475	2.0428	0	2714.3	5.5240
11.280	1.9607	3.5656	1.0052	1.4925	0.57474	3.5205	2.2665	0	2714.6	5.7530
12.820	2.1520	3.7137	1.0772	1.5956	0.62034	3.6770	2.4874	0	2714.8	5.9573
14.360	2.3361	3.8540	1.1468	1.6931	0.66371	3.8201	2.7069	0	2715.0	6.1371
15.900	2.5201	3.9901	1.2134	1.7849	0.70517	3.9521	2.8816	0	2715.0	6.3093
16.464	2.5858	4.0386	1.2375	1.8173	0.71993	3.9981	2.7763	0	2715.1	6.3671
17.028	2.6511	4.0866	1.2614	1.8490	0.73448	4.0429	2.8743	0	2715.2	6.4230
17.592	2.7160	4.1343	1.2852	1.8801	0.74882	4.0866	2.9756	0	2715.3	6.4772
18.156	2.7805	4.1815	1.3088	1.9105	0.76297	4.1292	3.0802	0	2715.4	6.5297
18.720	2.8447	4.2284	1.3322	1.9404	0.77693	4.1709	3.1881	0	2715.5	6.5807
19.284	2.9085	4.2750	1.3555	1.9696	0.79071	4.2116	3.2994	0	2715.6	6.6301
19.848	2.9721	4.3214	1.3787	1.9982	0.80433	4.2514	3.4139	0	2715.7	6.6781
20.412	3.0354	4.3676	1.4018	2.0261	0.81778	4.2903	3.5317	0	2715.8	6.7247
20.976	3.0984	4.4136	1.4248	2.0535	0.83107	4.3285	3.6528	0	2716.0	6.7700

Copiar Limpieza Menu Principal Imprimir Calculadora

Figuras N° 4.41 : Perfil de Superficie del Flujo



A.2 Ingreso: Mitrado para conformar la pendiente del terraplén

Figura N° 4.42 : Datos de Ingreso -Alcantarilla forma circular

Diseño Alcantarilla Seccion Circular

Propiedades Cruce de Carretera

Progresiva : 62+330

DATOS DE DESCARGA

Caudal Mínimo (Q _{min})	0.50	m ³ /seg
Caudal Diseño (Q _d)	14.38	m ³ /seg
Caudal Máximo (Q _{max})	20.00	m ³ /seg

DATOS DEL CANAL DE SALIDA

Tipo de Canal	Canal Trapezoidal
Ancho Base	5.00 m
Pendiente Lateral (H/V)	1.00
Pendiente Canal	0.040 m/m
Coefficiente Rugosidad	0.035
Cota Inicial Canal	2709.670 m.s.n.m

DATOS DE CARRETERA

Perfil-Forma-Calzada	Constante
Longitud-Cresta	0.00 m
Elevación Cresta	10.00 m.a.s.n.m
Superficie Calzada	Asfaltado
Ancho Calzada	15.930 m

CONSTANTES DE CONTROL DE INGRESO

K	0.021
M	1.330
C	0.046
Y	0.750
Coef Perda Ingreso	0.70
Coef Perda Salida	1.000

Propiedades Alcantarilla

Alcantarilla : Circular N°1

Borrar Alcantarilla

Agregar Alcantarilla

Limpiar Pantalla

DATOS DE ALCANTARILLA

Nombre	Circular N°1
Forma	Circular
Material	Acero Corrugado
Coefficiente Rugosidad	0.023
Configuracion Entrada	Mitrado Ajusta a la Pendiente
Diámetro	2.740 m

DATOS DE LUGAR

Estacion Entrada	0.000 m
Elevación Entrada	2712.30 m
Estacion Salida	20.34 m
Elevación de Salida	2709.67 m
Pendiente	0.080 m/m

Calcula

Resultados

Perfil Hidraulico

Rendimiento

Figura N°4.43: Cuadro de resultados (Yn=1.14, Yc=1.69, Hwi=2.51)

Tabla de Resumen Alcantarillas

TABLA DE RESUMEN DE ALCANTARILLAS

Caudal Descarga (m3/s)	Area Hidraulica (m2)	Perimetro Hidraulico (m)	Tirante Normal (m)	Tirante Critico (m)	Tailwater Canal (m)	Velocidad Tailwater (m/s)	Profundidad Entrada (m)	Profundidad Salida (m)	Headwater Elevacion (m)	Velocidad salida (m/s)
0.50000	0.21730	1.5622	0.21671	0.30086	0.088448	1.1110	0.29655	0	2712.6	2.3010
2.0400	0.58110	2.2168	0.42444	0.61512	0.20598	1.9024	0.73779	0	2713.0	3.5106
3.5800	0.86369	2.5681	0.55898	0.82121	0.28885	2.3434	1.0409	0	2713.3	4.1450
5.1200	1.1129	2.8302	0.66815	0.98921	0.35910	2.6684	1.2984	0	2713.6	4.6004
6.6600	1.2422	3.0472	0.76342	1.1330	0.41930	2.9309	1.5282	0	2713.0	4.9819
8.2000	1.5578	3.2367	0.84975	1.2630	0.47498	3.1534	1.7400	0	2714.0	5.2638
9.7400	1.7632	3.4077	0.92981	1.3920	0.52648	3.3475	1.9429	0	2714.2	5.6240
11.280	1.9607	3.5656	1.0052	1.4925	0.57474	3.5205	2.1381	0	2714.4	5.7530
12.820	2.1520	3.7137	1.0772	1.5858	0.62034	3.6770	2.3278	0	2714.6	5.8573
14.360	2.3301	3.8520	1.1441	1.6721	0.66271	3.8201	2.5121	0	2714.8	5.9371
15.900	2.5201	3.9901	1.2134	1.7649	0.70517	3.9521	2.6987	0	2715.0	6.3093
16.464	2.5858	4.0386	1.2375	1.8173	0.71993	3.9981	3.1218	0	2715.4	6.3671
17.028	2.6511	4.0868	1.2614	1.8490	0.73448	4.0429	3.2038	0	2715.5	6.4230
17.592	2.7160	4.1343	1.2852	1.8801	0.74882	4.0866	3.2893	0	2715.6	6.4772
18.156	2.7805	4.1815	1.3088	1.9105	0.76297	4.1292	3.3758	0	2715.7	6.5297
18.720	2.8447	4.2284	1.3322	1.9404	0.77693	4.1709	3.4660	0	2715.8	6.5807
19.284	2.9085	4.2750	1.3555	1.9696	0.79071	4.2116	3.5500	0	2715.9	6.6301
19.848	2.9721	4.3214	1.3787	1.9982	0.80433	4.2514	3.6348	0	2716.0	6.6781
20.412	3.0354	4.3676	1.4018	2.0261	0.81778	4.2903	3.7533	0	2716.1	6.7247
20.976	3.0984	4.4136	1.4248	2.0535	0.83107	4.3285	3.8546	0	2716.2	6.7700

A.3 Ingreso: Borde cuadrado con muro de cabecera

Figura N° 4.44: Datos de Ingreso – Alcantarilla de forma circular

Diseño Alcantarilla Seccion Circular

Propiedades Cruce de Carretera

Progresiva: 62+330

DATOS DE DESCARGA

Caudal Minimo (Qmin): 0.50 m3seg

Caudal Diseño (Qd): 14.26 m3seg

Caudal Maximo (Qmax): 20.00 m3seg

DATOS DEL CANAL DE SALIDA

Tipo de Canal: Canal Trapezoidal

Ancho-Base: 5.00 m

Pendiente Lateral (H+V): 1.00 1

Pendiente - Canal: 0.040 m/m

Coefficiente Rugosidad: 0.035

Cota Inicial Canal: 2709.670 m s.n.m

DATOS DE CARRETERA

Perfil-Forma-Calzada: Constante

Longitud-Cresta: 0.00 m

Elevacion Cresta: 10.00 m s.n.m

Superficie Calzada: Afirmado

Ancho Calzada: 15.930 m

CONSTANTES DE CONTROL DE INGRESO

K: 0.0078

M: 2.0000

C: 0.0379

Y: 0.6600

Coef. Perdida Ingreso: 0.500

Coef. Perdida Salida: 1.000

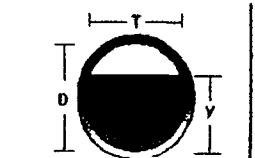
Propiedades Alcantarilla

Alcantarilla: Circular N°1

Borrar Alcantarilla

Agregar Alcantarilla

Limpiar Pantalla



DATOS DE ALCANTARILLA

Nombre: Circular N°1

Forma: Circular

Material: Acero Corrugado

Coefficiente Rugosidad: 0.033

Configuracion Entrada: Muro de Cabecera

Diámetro: 2.740 m

DATOS DE LUGAR

Estacion Entrada: 0.000 m

Elevacion Entrada: 2712.30 m

Estacion Salida: 28.34 m

Elevacion de Salida: 2709.67 m

Pendiente: 0.089 m/m

Figura N°4.45: Cuadro de resultados (Yn=1.14, Yc=1.69, Hwi=2.45)

Tabla de Resumen Alcantarillas

TABLA DE RESUMEN DE ALCANTARILLAS

Caudal Descarga (m3/s)	Area Hidraulica (m2)	Perimetro Hidraulico (m)	Tirante Normal (m)	Tirante Critico (m)	Tailwater Canal (m)	Velocidad Tailwater (m/s)	Profundidad Entrada (m)	Profundidad Salida (m)	Headwater Elevacion (m)	Velocidad salida (m/s)
0.50000	0.21730	1.5622	0.21671	0.30096	0.088448	1.1110	0.29430	0	2712.6	2.3010
2.0400	0.58110	2.2169	0.42444	0.61512	0.20598	1.9024	0.72504	0	2713.0	3.5106
3.5800	0.86369	2.5681	0.55898	0.82121	0.28885	2.3434	1.0169	0	2713.3	4.1450
5.1200	1.1129	2.8302	0.68815	0.98921	0.35810	2.6684	1.2619	0	2713.6	4.6004
6.6600	1.3422	3.0472	0.78342	1.1330	0.41930	2.9309	1.4826	0	2713.8	4.9619
8.2000	1.5578	3.2367	0.84975	1.2630	0.47498	3.1534	1.6889	0	2714.0	5.2638
9.7400	1.7632	3.4077	0.92981	1.3820	0.52848	3.3475	1.8863	0	2714.2	5.6240
11.280	1.9607	3.5656	1.0052	1.4925	0.57474	3.5205	2.0781	0	2714.4	5.7530
12.820	2.1520	3.7137	1.0772	1.5958	0.62034	3.6770	2.2666	0	2714.6	5.9573
14.360	2.3381	3.8546	1.1439	1.6931	0.66370	3.8201	2.4555	0	2714.8	6.1417
15.900	2.5201	3.9901	1.2134	1.7849	0.70517	3.9521	2.6402	0	2714.9	6.3093
16.464	2.5858	4.0386	1.2375	1.8173	0.71993	3.9981	2.7087	0	2715.0	6.3671
17.028	2.6511	4.0866	1.2614	1.8490	0.73448	4.0429	2.8176	0	2715.1	6.4230
17.592	2.7160	4.1343	1.2852	1.8801	0.74882	4.0866	2.8874	0	2715.2	6.4772
18.156	2.7805	4.1815	1.3088	1.9105	0.76297	4.1292	2.9595	0	2715.3	6.5297
18.720	2.8447	4.2284	1.3322	1.9404	0.77693	4.1709	3.0339	0	2715.3	6.5807
19.284	2.9088	4.2750	1.3555	1.9696	0.79071	4.2116	3.1105	0	2715.4	6.6301
19.848	2.9721	4.3214	1.3787	1.9982	0.80433	4.2514	3.1894	0	2715.5	6.6781
20.412	3.0354	4.3676	1.4018	2.0261	0.81778	4.2903	3.2706	0	2715.6	6.7247
20.976	3.0984	4.4136	1.4248	2.0535	0.83107	4.3285	3.3540	0	2715.7	6.7700

A.4 Ingreso: Borde biselado de 45°

Figura N° 4.46: Datos de Ingreso –Alcantarilla de forma circular

Diseño Alcantarilla Seccion Circular

Propiedades Cruce de Carretera

Progresiva: 62+330

DATOS DE DESCARGA

Caudal Minimo (Qmin): 0.50 m3seg

Caudal Diseño (Qd): 14.36 m3seg

Caudal Maximo (Qmax): 20.00 m3seg

DATOS DEL CANAL DE SALIDA

Tipo de Canal: Canal Trapezoidal

Ancho-Base: 5.00 m

Pendiente Lateral (H/V): 1.00 1

Pendiente - Canal: 0.040 m/m

Coefficiente Rugosidad: 0.035

Cota Inicial Canal: 2709.670 m s.n.m

DATOS DE CARRETERA

Perfil-Forma-Calzada: Constante

Longitud-Cresta: 0.00 m

Elevacion Cresta: 10.00 m s.n.m

Superficie Calzada: Asfaltado

Ancho Calzada: 15.930 m

CONSTANTES DE CONTROL DE INGRESO

K: 0.0018

M: 2.5000

C: 0.0300

Y: 0.7400

Coef. Perdida Ingreso: 0.2000

Coef. Perdida Salida: 1.000

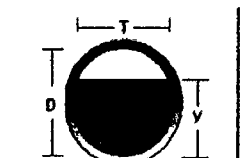
Propiedades Alcantarilla

Alcantarilla: Circular N°1

Borrar Alcantarilla

Agregar Alcantarilla

Limpiar Pantalla



DATOS DE ALCANTARILLA

Nombre: Circular N°1

Forma: Circular

Material: Acero Corrugado

Coefficiente Rugosidad: 0.033

Configuracion Entrada: Borde Biselado (1:1)

Diámetro: 2.740 m

DATOS DE LUGAR

Estacion Entrada: 0.000 m

Elevacion Entrada: 2712.30 m

Estacion Salida: 28.34 m

Elevacion de Salida: 2709.67 m

Pendiente: 0.090 m/m

Figura N°4.47: Cuadro de resultados (Yn=1.14, Yc=1.69, Hwi=2.35)

Tabla de Resumen Alcantarillas

TABLA DE RESUMEN DE ALCANTARILLAS

Caudal Descarga (m3/s)	Area Hidraulica (m2)	Perimetro Hidraulico (m)	Tirante Normal (m)	Tirante Critico (m)	Tailwater Canal (m)	Velocidad Tailwater (m/s)	Profundidad Entrada (m)	Profundidad Salida (m)	Headwater Elevacion (m)	Velocidad salida (m/s)
0.50000	0.21730	1.5622	0.21671	0.30096	0.088448	1.1110	0.29413	0	2712.6	2.3010
2.0400	0.58110	2.2168	0.42444	0.61512	0.20598	1.9024	0.72242	0	2713.0	3.5106
3.5800	0.86369	2.5681	0.55888	0.82121	0.28885	2.3434	1.0093	0	2713.3	4.1450
5.1200	1.1129	2.8302	0.66815	0.98821	0.35810	2.6684	1.2470	0	2713.5	4.6004
6.6600	1.3422	3.0472	0.76342	1.1330	0.41930	2.9399	1.4584	0	2713.8	4.9819
8.2000	1.5578	3.2367	0.84975	1.2630	0.47496	3.1534	1.6535	0	2714.0	5.2639
9.7400	1.7632	3.4077	0.92991	1.3920	0.52648	3.3476	1.8381	0	2714.1	5.5240
11.280	1.9607	3.5656	1.0052	1.4925	0.57474	3.5205	2.0157	0	2714.3	5.7530
12.820	2.1520	3.7137	1.0772	1.5958	0.62034	3.6770	2.1887	0	2714.5	5.9573
14.360	2.3201	3.8546	1.1465	1.7031	0.66371	3.8201	2.3589	0	2714.7	6.1417
15.900	2.5201	3.9901	1.2134	1.7849	0.70517	3.9521	2.5279	0	2714.8	6.3093
16.464	2.5858	4.0386	1.2375	1.8173	0.71993	3.9981	2.5897	0	2714.9	6.3671
17.028	2.6511	4.0866	1.2614	1.8490	0.73448	4.0429	2.6515	0	2715.0	6.4230
17.592	2.7160	4.1343	1.2852	1.8801	0.74892	4.0866	2.7134	0	2715.0	6.4772
18.156	2.7805	4.1815	1.3088	1.9105	0.76297	4.1292	2.8509	0	2715.2	6.5297
18.720	2.8447	4.2284	1.3322	1.9404	0.77693	4.1709	2.9097	0	2715.2	6.5807
19.284	2.9085	4.2750	1.3555	1.9598	0.79071	4.2116	2.9704	0	2715.3	6.6301
19.848	2.9721	4.3214	1.3787	1.9982	0.80433	4.2514	3.0328	0	2715.3	6.6781
20.412	3.0354	4.3676	1.4018	2.0261	0.81778	4.2903	3.0971	0	2715.4	6.7247
20.976	3.0984	4.4136	1.4248	2.0535	0.83107	4.3285	3.1631	0	2715.5	6.7700

A.5 Ingreso: Borde biselado de 33.7°

Figura N° 4.48: Datos de Ingreso – Alcantarilla de forma circular

Diseño Alcantarilla Seccion Circular

Propiedades Cruce de Carretera

Progresiva: 62+330

DATOS DE DESCARGA

Caudal Mínimo (Q_{min}): 0.50 m3seg
 Caudal Diseño (Q_d): 14.36 m3seg
 Caudal Máximo (Q_{max}): 20.00 m3seg

DATOS DEL CANAL DE SALIDA

Tipo de Canal: Canal Trapezoidal
 Ancho-Base: 5.00 m
 Pendiente Lateral (H/V): 1.00 : 1
 Pendiente - Canal: 0.040 m/m
 Coeficiente Rugosidad: 0.035
 Cota Inicial Canal: 2709.670 m s.n.m

DATOS DE CARRETERA

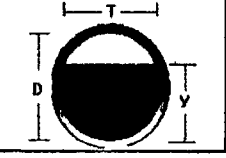
Perfil-Forma-Calzada: Constante
 Longitud-Cresta: 0.00 m
 Elevacion Cresta: 10.00 m s.n.m
 Superficie Calzada: Alfirmado
 Ancho Calzada: 15.930 m

CONSTANTES DE CONTROL DE INGRESO

K: 0.0018
 M: 2.5000
 C: 0.2430
 Y: 0.8300
 Coef. Perdida Ingreso: 0.2000
 Coef. Perdida Salida: 1.000

Propiedades Alcantarilla

Alcantarilla: Circular N°1



DATOS DE ALCANTARILLA

Nombre: Circular N°1
 Forma: Circular
 Material: Acero Corrugado
 Coeficiente Rugosidad: 0.033
 Configuración Entrada: Borde Biselado (1.5:1)
 Diámetro: 2.740 m

DATOS DE LUGAR

Estacion Entrada: 0.000 m
 Elevacion Entrada: 2712.30 m
 Estacion Salida: 28.34 m
 Elevacion de Salida: 2709.67 m
 Pendiente: 0.080 m/m

Figura N°4.49: Cuadro de resultados (Yn=1.14, Yc=1.69, Hwi=2.35)

Tabla de Resumen Alcantarillas

TABLA DE RESUMEN DE ALCANTARILLAS

Cudal Descarga (m3/s)	Area Hidraulica (m2)	Perimetro Hidraulico (m)	Tirante Normal (m)	Tirante Critico (m)	Tailwater Canal (m)	Velocidad Tailwater (m/s)	Profundidad Entrada (m)	Profundidad Salida (m)	Headwater Elevacion (m)	Velocidad salida (m/s)
0.50000	0.21730	1.5622	0.21671	0.30096	0.088448	1.1110	0.29413	0	2712.8	2.3010
2.0400	0.58110	2.2168	0.42444	0.61512	0.20598	1.9024	0.72242	0	2713.0	3.5106
3.5800	0.86369	2.5681	0.55898	0.82121	0.28885	2.3434	1.0093	0	2713.3	4.1450
5.1200	1.1129	2.8302	0.66815	0.98821	0.35810	2.6684	1.2470	0	2713.5	4.6004
6.6600	1.3422	3.0472	0.76342	1.1330	0.41930	2.9309	1.4584	0	2713.8	4.9819
8.2000	1.5578	3.2367	0.84975	1.2630	0.47496	3.1534	1.6535	0	2714.0	5.2638
9.7400	1.7632	3.4077	0.92981	1.3820	0.52648	3.3475	1.8381	0	2714.1	5.5240
11.280	1.9607	3.5656	1.0052	1.4925	0.57474	3.5205	2.0157	0	2714.3	5.7530
12.820	2.1520	3.7137	1.0772	1.5958	0.62034	3.6770	2.1887	0	2714.5	5.9573
14.360	2.3381	3.8540	1.1492	1.6933	0.66371	3.8231	2.3589	0	2714.7	6.1377
15.900	2.5201	3.9901	1.2134	1.7849	0.70517	3.9521	2.5279	0	2714.8	6.3093
16.484	2.5858	4.0388	1.2375	1.8173	0.71993	3.9981	2.5897	0	2714.9	6.3671
17.028	2.6511	4.0866	1.2614	1.8490	0.73448	4.0429	2.6515	0	2715.0	6.4230
17.592	2.7160	4.1343	1.2852	1.8801	0.74882	4.0866	2.7134	0	2715.0	6.4772
18.156	2.7805	4.1815	1.3088	1.9105	0.76297	4.1292	2.7708	0	2722.0	6.5297
18.720	2.8447	4.2284	1.3322	1.9404	0.77693	4.1709	2.8234	0	2722.5	6.5807
19.284	2.9085	4.2750	1.3555	1.9696	0.79071	4.2116	2.8711	0	2723.0	6.6301
19.848	2.9721	4.3214	1.3787	1.9982	0.80433	4.2514	2.9189	0	2723.5	6.6781
20.412	3.0354	4.3678	1.4018	2.0261	0.81778	4.2903	2.9667	0	2724.0	6.7247
20.976	3.0984	4.4136	1.4248	2.0535	0.83107	4.3285	3.0145	0	2724.5	6.7700

B. Forma elipse horizontal

Figura N° 4.50: Datos de Ingreso –Alcantarilla forma Elipse Horizontal

Calculo de Alcantarilla, Seccion Elipse Horizontal

Propiedades Cruce de Carretera

Progresiva: 62+330

DATOS DE DESCARGA

Caudal Minimo (Qmin): 0.500 m3seg

Caudal Diseño (Qd): 14.38 m3seg

Caudal Maximo (Qmax): 23.80 m3seg

DATOS DEL CANAL DE SALIDA

Tipo de Canal: Canal Trapezoidal

Ancho-Base: 5.000 m

Pendiente Lateral (H/V): 1.000 1

Pendiente - Canal: 0.040 m/m

Coefficiente Rugosidad: 0.035

Cota Inicial Canal: 2709.67 m s.n.m

DATOS DE CARRETERA

Perfil-Forma-Calzada: Constante

Longitud-Cresta: 18.00 m

Elevacion Cresta: 2716.42 m s.n.m

Superficie Calzada: Adfirmado

Ancho Calzada: 15.83 m

CONSTANTES DE CONTROL DE INGRESO

K: 0.0340

M: 1.5000

C: 0.0553

Y: 0.5400

Coef Perdida Ingreso: 0.9000

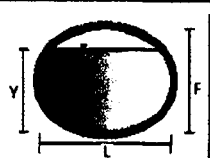
Coef Perdida Salida: 1.0000

Propiedades Alcantarilla

Alcantarilla: El arco

Borrar Alcantarilla

Agregar Alcantarilla



DATOS DE ALCANTARILLA

Nombre: El arco

Forma: Elipse Horizontal

Material: Acero Corrugado

Coefficiente Rugosidad: 0.034

Configuracion Entrada: Borda Delgado Proyectado

Luz de la Seccion: 5.715 m

Flacha de la Seccion: 3.988 m

Radio de la Base: 3.924 m

Radio Esquero: 1.884 m

Radio de la Tapa: 3.924 m

NRB: 18.00 m

NRB: 18.00 m

DATOS DE LUGAR

Estacion Entrada: 0.000 m

Elevacion Entrada: 2712.13 m

Estacion Salida: 28.34 m

Elevacion de Salida: 2709.67 m

Pendiente: 0.080 m/m

Calcular

Resultados

Perfil Hidraulico

Rondadero

Imprimir

Calculadora

Limpiar Pantalla

B.1 Ingreso: Borde delgado proyectado

Figura N°4.51: Cuadro de resultados ($Y_n=0.81$, $Y_c=1.24$, $H_{wi}=1.62$)

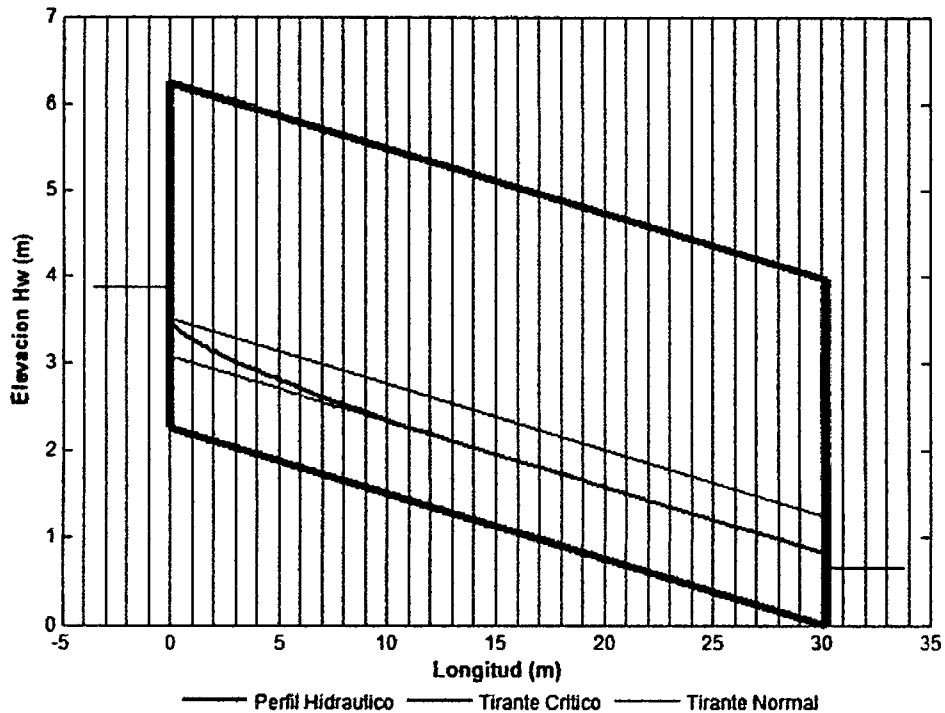
Tabla de Resumen Alcantarillas

TABLA DE RESUMEN DE ALCANTARILLAS

Caudal Descarga (m ³ /s)	Area Hidraulica (m ²)	Pennebro		Tirante		Tailwater		Velocidad: Profundidad		Profundidad Salida (m)	Headwater Elevacion (m)	Velocidad salida (m/s)
		Hidraulico (m)	(m)	Normal (m)	Critico (m)	Canal (m)	(m/s)	Entrada (m)	Salida (m)			
0.50000	0.25891	2.3149	0.16948	0.22846	0.088448	1.1110	0.14743	0	2712.3	1.9312		
2.0400	0.68709	3.2225	0.32618	0.46489	0.20598	1.9024	0.46674	0	2712.6	2.9690		
3.5800	1.0158	3.6838	0.42440	0.61897	0.28885	2.3434	0.67711	0	2712.8	3.5243		
5.1200	1.3030	4.0138	0.50206	0.73790	0.35810	2.6684	0.84937	0	2713.0	3.9295		
6.6600	1.5648	4.2763	0.56828	0.84189	0.41930	2.9309	1.0012	0	2713.1	4.2580		
8.2000	1.8093	4.4929	0.62675	0.93494	0.47496	3.1534	1.1398	0	2713.2	4.5348		
9.7400	2.0364	4.6713	0.67953	1.0201	0.52648	3.3475	1.2691	0	2713.4	4.7829		
11.280	2.2530	4.8253	0.72814	1.0993	0.57474	3.5205	1.3914	0	2713.5	5.0067		
12.820	2.4601	4.9619	0.77351	1.1736	0.62034	3.6770	1.5092	0	2713.6	5.2112		
14.360	2.6594	5.0862	0.81077	1.2440	0.66371	3.8203	1.6208	0	2713.6	5.3999		
15.900	2.8520	5.1983	0.85687	1.3111	0.70517	3.9521	1.7294	0	2713.6	5.5731		
16.464	2.9210	5.2375	0.87127	1.3349	0.71993	3.9981	1.7685	0	2713.9	5.6364		
17.028	2.9893	5.2757	0.88543	1.3584	0.73448	4.0429	1.8072	0	2713.9	5.6963		
17.592	3.0569	5.3129	0.89938	1.3815	0.74882	4.0866	1.8456	0	2714.0	5.7548		
18.156	3.1238	5.3492	0.91312	1.4043	0.76297	4.1292	1.8836	0	2714.0	5.8121		
18.720	3.1901	5.3847	0.92666	1.4267	0.77693	4.1709	1.9212	0	2714.1	5.8681		
19.284	3.2558	5.4193	0.94001	1.4489	0.79071	4.2116	1.9586	0	2714.1	5.9230		
19.848	3.3209	5.4532	0.95319	1.4708	0.80433	4.2514	1.9957	0	2714.1	5.9787		
20.412	3.3854	5.4865	0.96620	1.4924	0.81778	4.2903	2.0326	0	2714.2	6.0344		
20.976	3.4494	5.5190	0.97904	1.5138	0.83107	4.3285	2.0692	0	2714.2	6.0911		

Figuras N° 4.52: Perfil de Superficie del Flujo

Perfil Hidraulico



B.2 Ingreso: Mitrado para conformar la pendiente del terraplén

Figura N° 4.53: Datos de Ingreso –Alcantarilla de forma Elipse Horizontal

Calculo de Alcantarilla, Seccion Elipse Horizontal

Propiedades Cruce de Carretera

Progresiva : 62+320

DATOS DE DESCARGA

Caudal Máximo (Q_{max}): 0.500 m³/seg
 Caudal Diseño (Q_d): 14.26 m³/seg
 Caudal Máximo (Q_{max}): 20.00 m³/seg

DATOS DEL CANAL DE SALIDA

Tipo de Canal: Canal Trapezoidal
 Ancho-Base: 5.000 m
 Pendiente Lateral (H/V): 1.000 : 1
 Pendiente - Canal: 0.040 m/m
 Coeficiente Rugosidad: 0.035
 Cota Inicial Canal: 2709.07 m s.n.m.

DATOS DE CARRETERA

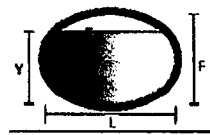
Perfil-Forma-Calzada: Constante
 Longitud-Cresta: 10.00 m
 Elevación Cresta: 2716.42 m s.n.m.
 Superficie Carretera: Almacado
 Ancho Calzada: 15.00 m

CONSTANTES DE CONTROL DE INGRESO

K: 0.0210
 M: 1.3300
 C: 0.0463
 Y: 0.7500
 Coef. Perdida Ingreso: 0.7000
 Coef. Perdida Salida: 1.0000

Propiedades Alcantarilla

Alcantarilla: El arco



Botones: Borrar Alcantarilla, Agregar Alcantarilla

DATOS DE ALCANTARILLA

Nombre: El arco
 Forma: Elipse Horizontal
 Material: Acero Corrugado
 Coeficiente Rugosidad: 0.034
 Configuración Entrada: Mitrado Ajusta a la Pendiente

Luz de la Sección: 5.715 m
 Flecha de la Sección: 3.988 m
 Radio de la Base: 2.824 m
 Radio Esquinero: 1.084 m
 Radio de la Tapa: 2.824 m
 NRI: 18.00 m
 NRI: 18.00 m

DATOS DE LUGAR

Elevación Entrada: 0.000 m
 Elevación Entrada: 2712.13 m
 Elevación Salida: 28.34 m
 Elevación de Balsa: 2709.07 m
 Pendiente: 0.080 m/m

Calcular

Resultados

Perfil Hidráulico

Rendimiento

Imprimir

Calculadora

Limpieza Paralela

Figura N°4.54: Cuadro de resultados (yn=0.81, yc=1.24, Hwi=1.62)

Tabla de Resumen Alcantarillas

TABLA DE RESUMEN DE ALCANTARILLAS

Caudal Descarga (m ³ /s)	Area Hidráulica (m ²)	Perimetro Hidráulico (m)	Tirante Normal (m)	Tirante Critico (m)	Tailwater Canal (m)	Velocidad Tailwater (m/s)	Profundidad Entrada (m)	Profundidad Salida (m)	Headwater Elevacion (m)	Velocidad salida (m/s)
0.50000	0.25891	2.3149	0.16948	0.22946	0.088448	1.1110	0.14743	0	2712.3	1.9312
2.0400	0.68709	3.2225	0.32618	0.46489	0.20598	1.9024	0.46674	0	2712.6	2.9690
3.5800	1.0158	3.6838	0.42440	0.61697	0.28885	2.3434	0.67711	0	2712.8	3.5243
5.1200	1.3030	4.0136	0.50206	0.73790	0.35810	2.6684	0.84937	0	2713.0	3.8295
6.6600	1.5648	4.2763	0.56926	0.84189	0.41930	2.9309	1.0012	0	2713.1	4.2560
8.2000	1.8093	4.4929	0.62675	0.93494	0.47496	3.1534	1.1398	0	2713.3	4.5348
9.7400	2.0364	4.6713	0.67953	1.0201	0.52648	3.3475	1.2691	0	2713.4	4.7829
11.280	2.2530	4.8253	0.72814	1.0993	0.57474	3.5205	1.3914	0	2713.5	5.0067
12.820	2.4601	4.9619	0.77351	1.1735	0.62034	3.6770	1.5082	0	2713.6	5.2112
14.260	2.6304	5.0822	0.81027	1.2440	0.66371	3.8201	1.6200	0	2713.7	5.3998
15.900	2.8520	5.1883	0.85687	1.3111	0.70517	3.9521	1.7294	0	2713.9	5.5751
16.464	2.9210	5.2375	0.87127	1.3349	0.71993	3.9981	1.7685	0	2713.9	5.6364
17.028	2.9893	5.2757	0.88543	1.3584	0.73448	4.0429	1.8072	0	2713.9	5.6963
17.592	3.0569	5.3129	0.89938	1.3815	0.74882	4.0866	1.8456	0	2714.0	5.7548
18.156	3.1238	5.3492	0.91312	1.4043	0.76297	4.1292	1.8836	0	2714.0	5.8121
18.720	3.1901	5.3847	0.92666	1.4267	0.77693	4.1709	1.9212	0	2714.1	5.8681
19.284	3.2558	5.4193	0.94001	1.4489	0.79071	4.2116	1.9586	0	2714.1	5.9230
19.848	3.3209	5.4532	0.95319	1.4708	0.80433	4.2514	1.9957	0	2714.1	5.9767
20.412	3.3854	5.4865	0.96620	1.4924	0.81778	4.2903	2.0326	0	2714.2	6.0294
20.976	3.4494	5.5190	0.97904	1.5138	0.83102	4.3285	2.0692	0	2714.2	6.0811

Copiar

Limpiar

Menu Principal

Imprimir

Calculadora

B.3. Ingreso: Borde cuadrado con muro de cabecera

Figura N° 4.55: Datos de Ingreso –Alcantarilla de forma Elipse Horizontal

Calculo de Alcantarilla Sección Elipse Horizontal

Propiedades Cruce de Carretera

Progresiva : 62+330

DATOS DE DESCARGA

Caudal Mínimo (Q_{min}): 0.500 m³/seg
 Caudal Diseño (Q_d): 14.33 m³/seg
 Caudal Máximo (Q_{max}): 20.60 m³/seg

DATOS DEL CANAL DE SALIDA

Tipo de Canal: Canal Trapezoidal
 Ancho Base: 5.000 m
 Pendiente Lateral (H/V): 1.000 1
 Pendiente Canal: 8.040 m/m
 Coeficiente Rugosidad: 8.035
 Cota Inicial Canal: 2705.67 m s n m

DATOS DE CARRETERA

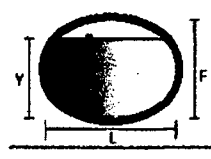
Perfil-Forma-Calzada: Constante
 Longitud-Creca: 10.00 m
 Elevación Creca: 2716.42 m s n m
 Superficie Calzada: Almacado
 Ancho Calzada: 15.83 m

CONSTANTES DE CONTROL DE BARRIO

K: 0.0078
 M: 2.0000
 C: 0.0379
 Y: 0.8900
 Coef. Perdida Ingreso: 0.5000
 Coef. Perdida Salida: 1.0000

Propiedades Alcantarilla

Alcantarilla: El arco



Borrar Alcantarilla
 Agregar Alcantarilla

DATOS DE ALCANTARILLA

Nombre: El arco
 Forma: Elipse Horizontal
 Material: Acero Corrugado
 Coeficiente Rugosidad: 0.034
 Configuración Entrada: Muro de Cabecera
 Luz de la Sección: 5.715 m
 Flecha de la Sección: 3.989 m
 Radio de la Base: 3.924 m
 Radio Esquinero: 1.684 m
 Radio de la Tapa: 3.924 m
 NRB: 18.00 m
 NRT: 18.00 m

DATOS DE LUGAR

Estación Entrada: 0.000 m
 Elevación Entrada: 2712.13 m
 Estación Salida: 28.34 m
 Elevación de Salida: 2709.67 m
 Pendiente: 0.020 m/m

Calcular

Resultados

Perfil Hidráulico

Prométrico

Imprimir


Calculadora


Limpiar Pantalla


Figura N°4.56: Cuadro de resultados (Y_n=0.81, Y_c=1.24, H_{wi}=1.55)


Tabla de Resumen Alcantarillas


TABLA DE RESUMEN DE ALCANTARILLAS											
Caudal Descarga	Area Hidraulica	Perimetro Hidraulico	Tirante Normal	Tirante Critico	Tailwater Canal	Velocidad Tailwater	Profundidad Entrada	Profundidad Salida	Headwater Elevacion	Velocidad salida	
(m ³ /s)	(m ²)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
0.50000	0.25891	2.3149	0.16948	0.22946	0.088448	1.1110	0.14690	0	2712.3	1.9312	
2.0400	0.68709	3.2225	0.32618	0.46489	0.20598	1.9024	0.46260	0	2712.6	2.9690	
3.5800	1.0158	3.6838	0.42440	0.61697	0.28885	2.3434	0.66772	0	2712.8	3.5243	
5.1200	1.3030	4.0136	0.50206	0.73790	0.35810	2.6684	0.83366	0	2713.0	3.9295	
6.6600	1.5648	4.2763	0.56826	0.84189	0.41930	2.9309	0.97829	0	2713.1	4.2560	
8.2000	1.8083	4.4929	0.62675	0.93494	0.47496	3.1534	1.1091	0	2713.2	4.5348	
9.7400	2.0364	4.6713	0.67953	1.0201	0.52648	3.3475	1.2299	0	2713.4	4.7829	
11.280	2.2530	4.8253	0.72814	1.0993	0.57474	3.5205	1.3433	0	2713.5	5.0067	
12.820	2.4601	4.9619	0.77351	1.1738	0.62034	3.6770	1.4507	0	2713.6	5.2112	
14.360	2.6584	5.0852	0.81127	1.2449	0.66370	3.8201	1.5521	0	2713.7	5.3981	
15.900	2.8520	5.1983	0.85087	1.3111	0.70517	3.9521	1.6521	0	2713.8	5.5751	
16.484	2.9210	5.2375	0.87127	1.3349	0.71993	3.9981	1.6874	0	2713.8	5.6384	
17.028	2.9893	5.2757	0.88543	1.3584	0.73448	4.0429	1.7223	0	2713.9	5.6963	
17.592	3.0569	5.3129	0.89938	1.3815	0.74882	4.0866	1.7567	0	2713.9	5.7548	
18.156	3.1238	5.3492	0.91312	1.4043	0.76297	4.1292	1.7909	0	2713.9	5.8121	
18.720	3.1901	5.3847	0.92666	1.4267	0.77693	4.1709	1.8246	0	2714.0	5.8681	
19.284	3.2558	5.4193	0.94001	1.4489	0.79071	4.2116	1.8580	0	2714.0	5.9230	
19.848	3.3209	5.4532	0.95319	1.4708	0.80433	4.2514	1.8911	0	2714.0	5.9767	
20.412	3.3854	5.4865	0.96620	1.4924	0.81778	4.2903	1.9239	0	2714.1	6.0294	
20.976	3.4494	5.5190	0.97904	1.5138	0.83107	4.3285	1.9565	0	2714.1	6.0811	


Copiar


Limpiar


Menu Principal


Imprimir


Calculadora

A.4 Ingreso: Borde biselado de 45°

Figura N° 4.57: Datos de Ingreso – Alcantarilla de forma Elipse Horizontal

Calculo de Alcantarilla Sección Elipse Horizontal

Propiedades Cruce de Carretera

Progresiva : 62+330

DATOS DE DESCARGA

Caudal Mínimo (Q_{min}): 0.500 m³/seg
 Caudal Diseño (Q_d): 14.36 m³/seg
 Caudal Máximo (Q_{max}): 20.00 m³/seg

DATOS DEL CANAL DE SALIDA

Tipo de Canal: Canal Trapezoidal
 Ancho Base: 5.000 m
 Pendiente Lateral (H/V): 1.000 : 1
 Pendiente Canal: 0.040 m/m
 Coeficiente Rugosidad: 0.035
 Cota Inicial Canal: 2709.67 m s.n.m

DATOS DE CARRETERA

Perfil-Forma-Calzada: Constante
 Longitud-Cresta: 10.00 m
 Elevación Cresta: 2710.42 m s.n.m
 Superficie Calzada: Afirmado
 Ancho Calzada: 15.63 m

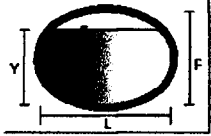
CONSTANTES DE CONTROL DE INGRESO

K: 0.0010
 M: 2.5000
 C: 0.0300
 Y: 0.7400
 Coef. Perdida Ingreso: 0.2000
 Coef. Perdida Salida: 1.0000

Propiedades Alcantarilla

Alcantarilla: El arco

Borrar Alcantarilla
 Agregar Alcantarilla



DATOS DE ALCANTARILLA

Nombre: El arco
 Forma: Elipse Horizontal
 Material: Acero Corrugado
 Coeficiente Rugosidad: 0.034
 Configuración Entrada: Borde Biselado (1:1)
 Luz de la Sección: 5.715 m
 Flecha de la Sección: 3.688 m
 Radio de la Base: 3.924 m
 Radio Esquinero: 1.664 m
 Radio de la Tapa: 3.824 m
 NRB: 18.00 m
 NRI: 18.00 m

DATOS DE LUGAR

Estación Entrada: 0.000 m
 Elevación Entrada: 2712.13 m
 Estación Salida: 28.34 m
 Elevación de Salida: 2709.67 m
 Pendiente: 0.080 m/m

Calcular

Resultados

Perfil Hidráulico

Rendimiento

Imprimir


Calculadora


Limpieza Portales


Figura N°4.58: Cuadro de resultados (Y_n=1.43, Y_c=1.92, H_{wi}=2.62)


Tabla de Resumen Alcantarillas


TABLA DE RESUMEN DE ALCANTARILLAS										
Caudal Descarga	Area Hidraulica	Perimetro Hidraulico	Tirante Normal	Tirante Critico	Tailwater Canal	Velocidad Tailwater	Profundidad Entrada	Profundidad Salida	Headwater Elevacion	Velocidad salida
(m ³ /s)	(m ²)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)
0.50000	0.25891	2.3149	0.16948	0.22946	0.088448	1.1110	0.14689	0	2712.3	1.9312
2.0400	0.69709	3.2225	0.32618	0.46489	0.20598	1.9024	0.46229	0	2712.6	2.9690
3.5800	1.0158	3.6838	0.42440	0.61697	0.28885	2.3434	0.66681	0	2712.8	3.5243
5.1200	1.3030	4.0136	0.50206	0.73790	0.35810	2.6684	0.83183	0	2713.0	3.9295
6.6600	1.5648	4.2763	0.66926	0.84189	0.41930	2.9209	0.97526	0	2713.1	4.2660
8.2000	1.8083	4.4929	0.62675	0.93494	0.47496	3.1534	1.1045	0	2713.2	4.5349
9.7400	2.0364	4.6713	0.67953	1.0201	0.52648	3.3475	1.2236	0	2713.4	4.7828
11.280	2.2530	4.8253	0.72814	1.0993	0.57474	3.5205	1.3350	0	2713.5	5.0067
12.820	2.4601	4.9619	0.77351	1.1736	0.62034	3.6770	1.4401	0	2713.6	5.2112
14.360	2.6904	5.0852	0.81037	1.2448	0.66371	3.8201	1.5408	0	2713.7	5.3990
15.900	2.8520	5.1983	0.85687	1.3111	0.70517	3.9521	1.6362	0	2713.8	5.5751
16.464	2.9210	5.2375	0.87127	1.3349	0.71993	3.9981	1.6705	0	2713.8	5.6364
17.028	2.9893	5.2757	0.88543	1.3584	0.73448	4.0429	1.7042	0	2713.8	5.6963
17.592	3.0569	5.3129	0.89938	1.3815	0.74882	4.0866	1.7376	0	2713.9	5.7548
18.156	3.1238	5.3492	0.91312	1.4043	0.76297	4.1292	1.7705	0	2713.9	5.8121
18.720	3.1901	5.3847	0.92666	1.4267	0.77693	4.1709	1.8031	0	2713.9	5.8681
19.284	3.2558	5.4193	0.94001	1.4489	0.79071	4.2116	1.8353	0	2714.0	5.9230
19.848	3.3209	5.4532	0.95319	1.4708	0.80433	4.2514	1.8672	0	2714.0	5.9767
20.412	3.3854	5.4865	0.96620	1.4924	0.81778	4.2903	1.8987	0	2714.0	6.0294
20.976	3.4494	5.5190	0.97904	1.5138	0.83107	4.3285	1.9299	0	2714.1	6.0811


Copiar


Limpiar


Menu Principal


Imprimir


Calculadora

C. Forma abovedado (km:62+330)

Figura N° 4.59: Datos de Ingreso –Alcantarilla forma Abovedado

Calculo de Alcantarilla Seccion Abovedado

Propiedades Cruce de Carretera

Progresiva: 62+330

DATOS DE DESCARGA

Caudal Minimo (Q_{min}): 0.500 m³/seg

Caudal Diseño (Q_d): 14.38 m³/seg

Caudal Maximo (Q_{max}): 20.00 m³/seg

DATOS DEL CANAL DE SALIDA

Tipo de Canal: Canal Trapezoidal

Ancho-Base: 5.00 m

Pendiente Lateral (H/V): 1.00 -1

Pendiente- Canal: 0.040 m/m

Coefficiente Rugosidad: 0.035

Cota Inicial Canal: 2709.67 m s.n.m

DATOS DE CARRETERA

Perfil-Forma-Calzada: Constante

Longitud-Cresta: 10.00 m

Elevacion Cresta: 2716.42 m s.n.m

Superficie Calzada: Alfirmado

Ancho Calzada: 15.93 m

CONSTANTES DE CONTROL DE INGRESO

K: 0.030

M: 1.500

C: 0.0496

Y: 0.570

Coef. Perdida Ingreso: 0.900

Coef. Perdida Salida: 1.000

Propiedades Alcantarilla

Alcantarilla: El arco

Borrar Alcantarilla

Agregar Alcantarilla

DATOS DE ALCANTARILLA

Nombre: El arco

Forma: Abovedado

Material: Acero Corrugado

Coefficiente Rugosidad: 0.034

Configuracion Entrada: Ranurado Extremo Sañena

Luz de la Seccion: 3.730 m

Fecha de la Seccion: 2.290 m

Altura: 0.900 m

Radio de la Base: 4.045 m

Radio Escuamero: 0.710 m

Radio de la Tapa: 2.055 m

NRb: 12 m

NRl: 18 m

DATOS DE LUGAR

Estacion Entrada: 0.000 m

Elevacion Entrada: 2712.13 m

Estacion Salida: 28.34 m

Elevacion de Salida: 2709.67 m

Pendiente: 0.080 m/m

Calcular

Resultados

Perfil Hidraulico

Rendimiento

Imprimir

Calculadora

Limpiar Pantalla

C.1. Ingreso: Borde delgado proyectado

Figura N°4.60: Cuadro de resultados (Y_n=0.85, Y_c=1.31, H_{wi}=2.11)

Tabla de Resumen Alcantarillas

TABLA DE RESUMEN DE ALCANTARILLAS										
Cudal Descarga	Area Hidraulica	Perimetro Hidraulico	Tirante Normal	Tirante Cntuco	Tailwater Canal	Velocidad Tailwater	Profundidad Entrada	Profundidad Salida	Headwater Elevacion	Velocidad salida
(m ³ /s)	(m ²)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)
0.50000	0.26010	2.3416	0.16825	0.22770	0.088448	1.1110	0.21431	0	2712.3	1.9224
2.0400	0.68192	3.1622	0.32202	0.45940	0.20598	1.9024	0.55093	0	2712.7	2.9016
3.5800	0.99013	3.4555	0.41885	0.61607	0.28885	2.3434	0.79568	0	2712.9	3.6157
5.1200	1.2555	3.6583	0.49805	0.74580	0.35810	2.6684	1.0096	0	2713.1	4.0779
6.6600	1.4959	3.8210	0.56763	0.85988	0.41930	2.9309	1.2078	0	2713.3	4.4520
8.2000	1.7194	3.9610	0.63099	0.96321	0.47496	3.1534	1.3966	0	2713.5	4.7692
9.7400	1.9303	4.0863	0.68996	1.0584	0.52648	3.3475	1.5796	0	2713.7	5.0458
11.280	2.1316	4.2017	0.74569	1.1470	0.57474	3.5205	1.7592	0	2713.9	5.2917
12.820	2.3253	4.3100	0.79894	1.2386	0.62034	3.6770	1.9368	0	2714.1	5.5132
Y_n = 0.85	2.5172	4.4152	0.8522	1.3154	0.66371	3.8201	2.1111	0	2714.2	5.7148
15.900	2.6952	4.5130	0.90010	1.3888	0.70517	3.9521	2.2869	0	2714.4	5.8995
16.464	2.7609	4.5489	0.91805	1.4149	0.71993	3.9981	2.3115	0	2714.4	5.9634
17.028	2.8260	4.5845	0.93585	1.4406	0.73448	4.0429	2.3822	0	2714.5	6.0254
17.592	2.8907	4.6200	0.95354	1.4659	0.74882	4.0866	2.4552	0	2714.6	6.0857
18.156	2.9549	4.6553	0.97111	1.4908	0.76297	4.1292	2.5306	0	2714.7	6.1443
18.720	3.0189	4.6904	0.98859	1.5153	0.77693	4.1709	2.6084	0	2714.7	6.2012
19.284	3.0822	4.7258	1.0060	1.5394	0.79071	4.2116	2.6885	0	2714.8	6.2566
19.848	3.1453	4.7606	1.0233	1.5631	0.80433	4.2514	2.7710	0	2714.9	6.3104
20.412	3.2080	4.7958	1.0406	1.5864	0.81778	4.2903	2.8559	0	2715.0	6.3628
20.976	3.2705	4.8310	1.0578	1.6094	0.83107	4.3285	2.9432	0	2715.1	6.4138

Copiar

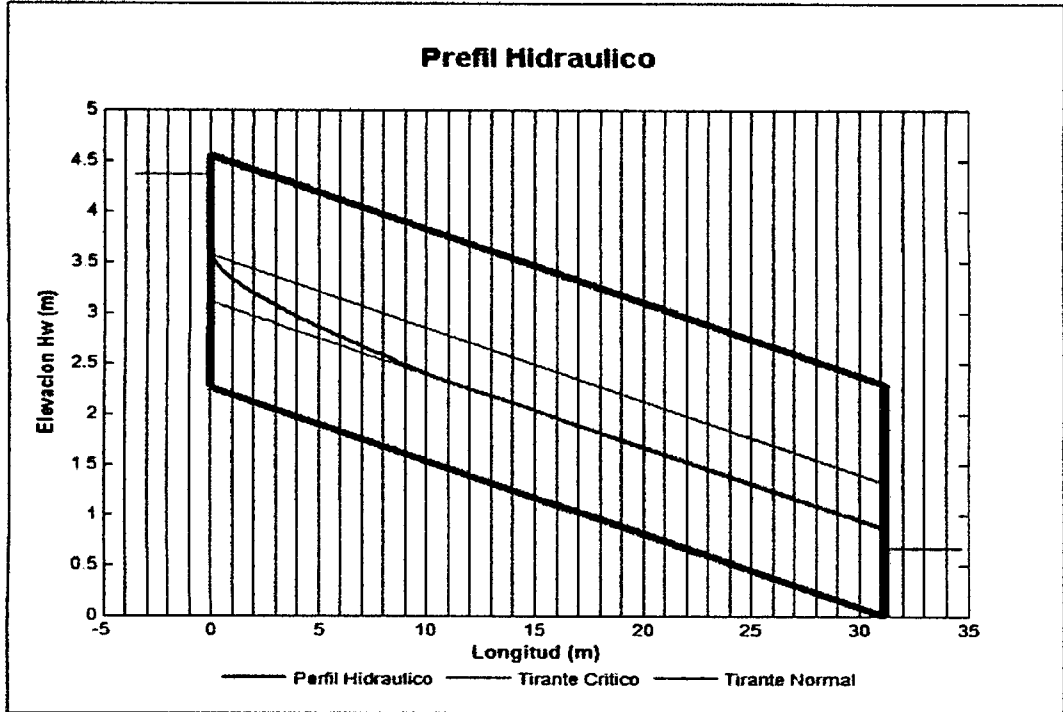
Limpiar

Menu Principal

Imprimir

Calculadora

Figuras N° 4.61: Perfil de Superficie del Flujo



C.2. Ingreso: Mitrado para conformar la pendiente del terraplén

Figura N° 4.62: Datos de Ingreso – Alcantarilla de forma Abovedado

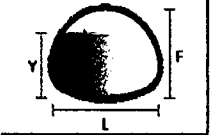
Propiedades Cruce de Carretera		Propiedades Alcantarilla	
Progresiva :	62+330	Alcantarilla :	El arco
DATOS DE DESCARGA		<input type="button" value="Borrar Alcantarilla"/> <input type="button" value="Agregar Alcantarilla"/> 	
Caudal Mínimo (Q _{min}):	0.500 m ³ /seg	DATOS DE ALCANTARILLA	
Caudal Diseño (Q _d):	14.36 m ³ /seg	Nombre	El arco
Caudal Máximo (Q _{max}):	20.00 m ³ /seg	Forma	Abovedado
DATOS DEL CANAL DE SALIDA		Materia	Acero Corrugado
Tipo de Canal	Canal Trapezoidal	Coefficiente Rugosidad	0.034
Ancho-Base	5.00 m	Configuración Entrada	Mitrado Ajusta a la Pendiente
Pendiente Lateral (H/V)	1.00	Luz de la Sección	3.730 m
Pendiente - Canal	0.043 m/m	Flacha de la Sección	2.290 m
Coefficiente Rugosidad	0.035	Altura	0.900 m
Cota Inicial Canal	2709.87 m.s.n.m	Radio de la Base	4.045 m
DATOS DE CABRETERA		Radio Esquero	0.710 m
Perfil-Forma-Calzada	Constante	Radio de la Tapa	2.055 m
Longitud-Cresta	10.00 m	NRb	12 m
Elevación Cresta	2716.42 m.s.n.m	NRl	18 m
Superficie Calzada	Admado	DATOS DE LUGAR	
Ancho Calzada	15.93 m	Estación Entrada	0.000 m
CONSTANTES DE CONTROL DE INGRESO		Elevación Entrada	2712.13 m
K	0.021	Estación Salida	28.34 m
M	1.330	Elevación de Salida	2709.67 m
C	0.0463	Pendiente	0.690 m/m
Y	0.750		
Coef. Pérdida Ingreso	0.70		
Coef. Pérdida Salida	1.000		

Figura N°4.63: Cuadro de resultados (Yn=0.85, Yc=1.31, Hwi=1.99)

Tabla de Resumen Alcantarillas

TABLA DE RESUMEN DE ALCANTARILLAS

Cuadral Descarga (m3/s)	Area Hidraulica (m2)	Perimetro Hidraulico (m)	Tirante Normal (m)	Tirante Critico (m)	Tailwater Canal (m)	Velocidad Tailwater (m/s)	Profundidad Entrada (m)	Profundidad Salida (m)	Headwater Elevacion (m)	velocidad salida (m/s)
0.50000	0.26010	2.3416	0.16825	0.22770	0.088448	1.1110	0.21441	0	2712.3	1.9224
2.0400	0.68192	3.1622	0.32202	0.45940	0.20598	1.9024	0.54829	0	2712.7	2.9916
3.5800	0.99013	3.4555	0.41885	0.61607	0.28885	2.3434	0.78679	0	2712.9	3.6157
5.1200	1.2555	3.6583	0.49805	0.74580	0.35810	2.6684	0.99173	0	2713.1	4.0779
6.6600	1.4959	3.8210	0.56763	0.85988	0.41930	2.9309	1.1784	0	2713.3	4.4520
8.2000	1.7194	3.9610	0.63099	0.96321	0.47496	3.1534	1.3535	0	2713.5	4.7692
9.7400	1.9303	4.0863	0.68996	1.0584	0.52648	3.3475	1.5208	0	2713.7	5.0458
11.280	2.1316	4.2017	0.74569	1.1470	0.57474	3.5205	1.6828	0	2713.8	5.2917
12.820	2.3253	4.3100	0.79894	1.2386	0.62034	3.6770	1.8409	0	2714.0	5.5132
14.300	2.5128	4.4127	0.85200	1.3152	0.66371	3.8231	1.9947	0	2714.1	5.7188
15.900	2.6952	4.5130	0.90010	1.3888	0.70517	3.9521	2.1471	0	2714.3	5.8995
16.464	2.7609	4.5489	0.91805	1.4149	0.71993	3.9981	2.2028	0	2714.3	5.9634
17.028	2.8260	4.5845	0.93585	1.4406	0.73448	4.0429	2.2581	0	2714.4	6.0254
17.592	2.8907	4.6200	0.95354	1.4659	0.74882	4.0866	2.2904	0	2714.9	6.0857
18.156	2.9549	4.6553	0.97111	1.4908	0.76297	4.1292	2.8608	0	2715.0	6.1443
18.720	3.0188	4.6904	0.98859	1.5153	0.77693	4.1709	2.9334	0	2715.1	6.2012
19.284	3.0822	4.7256	1.0060	1.5394	0.79071	4.2116	3.0082	0	2715.1	6.2566
19.848	3.1453	4.7606	1.0233	1.5631	0.80433	4.2514	3.0852	0	2715.2	6.3104
20.412	3.2080	4.7958	1.0406	1.5864	0.81778	4.2903	3.1645	0	2715.3	6.3628
20.976	3.2705	4.8310	1.0578	1.6094	0.83102	4.3285	3.2460	0	2715.4	6.4138

C.3. Ingreso: Borde cuadrado con muro de cabecera

Figura N° 4.64: Datos de Ingreso –Alcantarilla de forma Abovedado

Calculo de Alcantarilla, Seccion Abovedado

Propiedades Cruce de Carretera

Progresiva : 82+330

DATOS DE DESCARGA

Caudal Minimo (Qmin) : 0.500 m3seg

Caudal Diseño (Qd) : 14.36 m3seg

Caudal Maximo (Qmax) : 20.00 m3seg

DATOS DEL CANAL DE SALIDA

Tipo de Canal : Canal Trapezoidal

Ancho-Base : 5.00 m

Pendiente Lateral (H/V) : 1.00 1

Pendiente - Canal : 0.040 m/m

Coefficiente Rugosidad : 0.025

Cota Inicial Canal : 2709.67 m s.n.m

DATOS DE CARRETERA

Perfil-Forma-Calzada : Constante

Longitud-Cresta : 10.00 m

Elevacion Cresta : 2716.42 m s.n.m

Superficie Calzada : Afirmado

Ancho Calzada : 15.83 m

CONSTANTES DE CONTROL DE INGRESO

K : 0.0378

M : 2.000

C : 0.0378

Y : 0.690

Coef Perdida Ingreso : 0.50

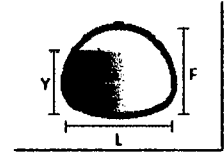
Coef Perdida Salida : 1.000

Propiedades Alcantarilla

Alcantarilla : El arco

Borrar Alcantarilla

Agregar Alcantarilla



DATOS DE ALCANTARILLA

Nombre : El arco

Forma : Abovedado

Material : Acero Corrugado

Coefficiente Rugosidad : 0.034

Configuracion Entrada : Muro de Cabecera

Luz de la Seccion : 2.730 m

Flecha de la Seccion : 2.280 m

Altura : 0.900 m

Radio de la Base : 4.045 m

Radio Esquero : 0.710 m

Radio de la Tapa : 2.055 m

NRIb : 12 m

NRI : 18 m

DATOS DE LOCAL

Estacion Entrada : 0.000 m

Elevacion Entrada : 2712.13 m

Estacion Salida : 28.34 m

Elevacion de Salida : 2709.67 m

Pendiente : 0.080 m/m

Figura N°4.65: Cuadro de resultados (Yn=0.85, Yc=1.31, Hwi=1.94)

Tabla de Resumen Alcantarillas

TABLA DE RESUMEN DE ALCANTARILLAS

Cuadral	Area	Perimetro	Tirante	Tirante	Tailwater	Velocidad	Profundidad	Profundidad	Headwater	Velocidad
Descarga	Hidraulica	Hidraulico	Normal	Critico	Canal	Tailwater	Entrada	Salida	Elevacion	salida
(m3/s)	(m2)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)
0.50000	0.26010	2.3416	0.16825	0.22770	0.088448	1.1110	0.21258	0	2712.3	1.9224
2.0400	0.68192	3.1822	0.32202	0.45940	0.20598	1.9024	0.53791	0	2712.7	2.9916
3.5800	0.99013	3.4555	0.41885	0.61607	0.28885	2.3434	0.76724	0	2712.9	3.6157
5.1200	1.2555	3.6583	0.49805	0.74580	0.35810	2.6684	0.96355	0	2713.1	4.0779
6.6600	1.4959	3.8210	0.56763	0.85988	0.41930	2.9309	1.1426	0	2713.3	4.4520
8.2000	1.7194	3.9810	0.63099	0.96321	0.47496	3.1534	1.3114	0	2713.4	4.7692
9.7400	1.9303	4.0863	0.68996	1.0584	0.52648	3.3475	1.4740	0	2713.6	5.0458
11.280	2.1316	4.2017	0.74569	1.1470	0.57474	3.5205	1.6329	0	2713.8	5.2917
12.820	2.3253	4.3100	0.78894	1.2386	0.62034	3.6770	1.7897	0	2713.9	5.5132
14.360	2.5126	4.4133	0.85626	1.3154	0.66371	3.8201	1.9441	0	2714.1	5.7148
15.900	2.6952	4.5130	0.90010	1.3888	0.70517	3.9521	2.0989	0	2714.2	5.8995
16.464	2.7609	4.5489	0.91805	1.4149	0.71993	3.9981	2.1559	0	2714.3	5.9634
17.028	2.8260	4.5845	0.93585	1.4406	0.73448	4.0429	2.2130	0	2714.3	6.0254
17.592	2.8907	4.6200	0.95354	1.4659	0.74882	4.0866	2.2704	0	2714.4	6.0857
18.156	2.9549	4.6553	0.97111	1.4908	0.76297	4.1292	2.3146	0	2714.6	6.1443
18.720	3.0188	4.6904	0.98859	1.5153	0.77693	4.1709	2.3741	0	2714.7	6.2012
19.284	3.0822	4.7256	1.0060	1.5394	0.79071	4.2116	2.4353	0	2714.8	6.2566
19.848	3.1453	4.7606	1.0233	1.5631	0.80433	4.2514	2.4984	0	2714.8	6.3104
20.412	3.2080	4.7958	1.0406	1.5864	0.81778	4.2903	2.5632	0	2714.9	6.3628
20.976	3.2705	4.8310	1.0578	1.6094	0.83107	4.3285	2.6289	0	2715.0	6.4138

D. Forma arco

D.1 Ingreso: Borde delgado proyectado

Figura N° 4.66: Datos de Ingreso -Alcantarilla de forma Arco

Arco

Propiedades Cruce de Carretera

Progresiva: 62+330

DATOS DE DESCARGA

Caudal Minimo (Qmin): 0.500 m3seg

Caudal Diseño (Qd): 14.36 m3seg

Caudal Maximo (Qmax): 20.00 m3seg

DATOS DEL CANAL DE SALIDA

Tipo de Canal: Canal Trapezoidal

Ancho Base: 5.000 m

Pendiente Lateral (H/V): 1000 1:1

Pendiente Canal: 0.040 m/m

Coefficiente Rugosidad: 0.035

Cota Inicial Canal: 2709.67 m.s.n.m

DATOS DE CARRETERA

Perfil Forma-Calzada: Constante

Longitud-Cresta: 10.00 m

Elevacion Cresta: 2716.42 m.s.n.m

Superficie Calzada: Afirmado

Ancho Calzada: 15.93 m

CONSTANTES DE CONTROL DE INGRESO

K: 0.0340

M: 1.5000

C: 0.0496


Y: 0.5700

Coef. Perdida Ingreso: 0.900

Coef. Perdida Salida: 1.000

Propiedades Alcantarilla

Alcantarilla: El arco



DATOS DE ALCANTARILLA

Nombre: El arco

Forma: Arco

Material: Acero Corrugado

Coefficiente Rugosidad: 0.025

Configuracion Entrada: Proyeccion Borde Delgado

Luz de Seccion: 4.270 m

Flecha de la Seccion: 2.210 m

Radio Tapa: 2.130 m

DATOS DE LUGAR

Elevacion Entrada: 0.000 m

Elevacion Calzada: 2712.30 m

Elevacion Salida: 29.340 m

Elevacion de Salida: 2709.47 m

Pendiente: 0.080 m/m

Figura N°4.67: Cuadro de resultados ($Y_n=0.66$, $Y_c=1.05$, $H_{w1}=1.79$)

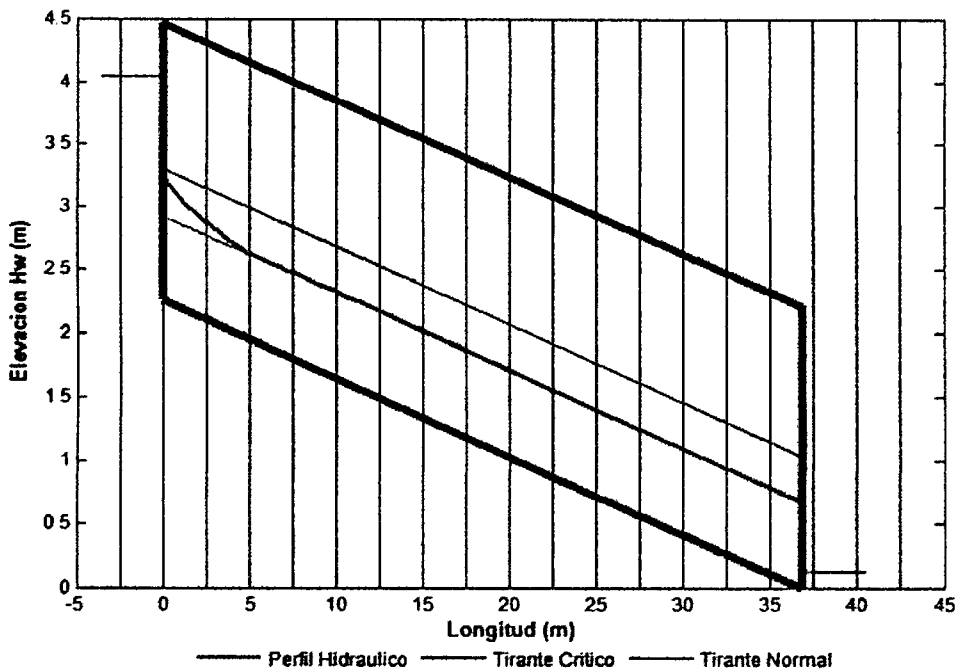
Tabla de Resumen Alcantarillas

TABLA DE RESUMEN DE ALCANTARILLAS

Cuadral Descarga (m ³ /s)	Area Hidraulica (m ²)	Permetro Hidraulico (m)	Tirante Normal (m)	Tirante Critico (m)	Tailwater Canal (m)	Velocidad Tailwater (m/s)	Profundidad Entrada (m)	Profundidad Salida (m)	Headwater Elevacion (m)	Velocidad salida (m/s)
0.50000	0.34155	4.4304	0.080195	0.11200	0.088448	1.1110	0.081344	0	2712.2	1.4639
2.0400	0.80983	4.6504	0.19012	0.28582	0.20598	1.9024	0.35526	0	2712.5	2.5197
3.5800	1.1501	4.8110	0.27025	0.41567	0.28885	2.3434	0.57056	0	2712.7	3.1128
5.1200	1.4418	4.9495	0.33911	0.52743	0.35810	2.6684	0.76443	0	2712.9	3.5511
6.6600	1.7053	5.0766	0.40154	0.62823	0.41930	2.9309	0.94682	0	2713.1	3.9056
8.2000	1.9498	5.1936	0.45974	0.72133	0.47496	3.1534	1.1223	0	2713.3	4.2056
9.7400	2.1805	5.3060	0.51492	0.80859	0.52848	3.3475	1.2932	0	2713.4	4.4669
11.280	2.4006	5.4145	0.56784	0.89111	0.57474	3.5205	1.4613	0	2713.6	4.6988
12.820	2.6123	5.5200	0.61904	0.96970	0.62034	3.6770	1.6276	0	2713.8	4.9076
14.360	2.8171	5.6224	0.66993	1.0440	0.66371	3.8201	1.7920	0	2713.9	5.0974
15.900	3.0163	5.7254	0.71773	1.1170	0.70517	3.9521	1.9576	0	2714.1	5.2714
16.464	3.0880	5.7624	0.73540	1.1428	0.71993	3.9981	2.0179	0	2714.1	5.3316
17.028	3.1591	5.7994	0.75297	1.1681	0.73448	4.0429	2.0783	0	2714.2	5.3901
17.592	3.2297	5.8363	0.77045	1.1931	0.74882	4.0866	2.1387	0	2714.3	5.4470
18.156	3.2997	5.8732	0.78785	1.2178	0.76297	4.1292	2.1992	0	2714.3	5.5023
18.720	3.3692	5.9100	0.80518	1.2422	0.77693	4.1709	2.2750	0	2714.4	5.5561
19.284	3.4389	5.9468	0.82246	1.2662	0.79071	4.2116	2.3375	0	2714.5	5.6086
19.848	3.5069	5.9836	0.83967	1.2899	0.80433	4.2514	2.4019	0	2714.5	5.6598
20.412	3.5752	6.0204	0.85684	1.3132	0.81778	4.2903	2.4682	0	2714.6	5.7094
20.976	3.6430	6.0573	0.87392	1.3363	0.83107	4.3285	2.5363	0	2714.7	5.7578

Figuras N° 4.68: Perfil de Superficie del Flujo

Perfil Hidraulico



D.2 Ingreso: Mitrado para conformar la pendiente del terraplén

Figura N° 4.69: Datos de Ingreso –Alcantarilla de forma Arco

Arco
Close

Propiedades Cruce de Carretera

Progresiva : 62+330

DATOS DE DESCARGA

Caudal Mínimo (Q_{min}) 0.500 m³/seg

Caudal Diseño (Q_d) 14.36 m³/seg

Caudal Máximo (Q_{max}) 20.00 m³/seg

DATOS DEL CANAL DE SALIDA

Tipo de Canal Canal Trapezoidal

Ancho-Base 5.000 m

Pendiente Lateral (H/V) 1.000 -1

Pendiente - Canal 0.040 m/m

Coefficiente Rugosidad 0.035

Cota Inicial Canal 2709.67 m s.n.m

DATOS DE CARRETERA

Perfil-Forma-Calzada Constante

Longitud-Cresta 10.00 m

Elevación Cresta 2716.42 m s.n.m

Superficie Calzada Afirmado

Ancho Calzada 15.93 m

CONSTANTES DE CONTROL DE INGRESO

K 0.030

M 1.000

C 0.0463

Y 0.7500

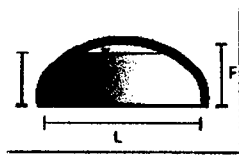
Coef. Pérdida Ingreso 0.700

Coef. Pérdida Salida 1.000

Propiedades Alcantarilla

Alcantarilla : El arco

Borrar Alcantarilla
 Agregar Alcantarilla
 Limpiar Pantalla



DATOS DE ALCANTARILLA

Nombre El arco

Forma Arco

Material Acero Corrugado

Coefficiente Rugosidad 0.035

Configuración Entrada Mitrado Ajusta a la Pendiente

Luz de Sección 4.270 m

Flacha de la Sección 2.210 m

Radio Tapa 2.130 m

DATOS DE LOGAR

Estación Entrada 0.000 m

Elevación Entrada 2712.13 m

Estación Salida 28.340 m

Elevación de Salida 2709.67 m

Pendiente 0.080 m/m

Calcular
Resultados
Perfil Hidráulico
Rendimiento

Figura N°4.70: Cuadro de resultados ($y_n=0.66$, $y_c=1.05$, $H_{wi}=1.67$)

Tabla de Resumen Alcantarillas

TABLA DE RESUMEN DE ALCANTARILLAS											
Caudal Descarga	Area Hidraulica	Perimetro Hidraulico	Tirante Normal	Tirante Critico	Tailwater Canal	Velocidad Tailwater	Profundidad Entrada	Profundidad Salida	Headwater Elevacion	Velocidad salida	
(m ³ /s)	(m ²)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
0.50000	0.34155	4.4304	0.080195	0.11200	0.088448	1.1110	0.085002	0	2712.2	1.4639	
2.0400	0.80963	4.6504	0.19012	0.28582	0.20598	1.9024	0.36290	0	2712.5	2.5197	
3.5800	1.1501	4.8110	0.27025	0.41567	0.28885	2.3434	0.57575	0	2712.7	3.1128	
5.1200	1.4418	4.9495	0.33911	0.52743	0.35810	2.6684	0.76245	0	2712.9	3.5511	
6.6600	1.7053	5.0756	0.40154	0.62823	0.41930	2.9309	0.93376	0	2713.1	3.8056	
8.2000	1.9498	5.1936	0.45974	0.72133	0.47496	3.1534	1.0947	0	2713.2	4.2050	
0.7400	2.1805	5.3060	0.51492	0.80858	0.52648	3.3475	1.2481	0	2713.4	4.4669	
11.280	2.4000	5.4145	0.56784	0.89111	0.57474	3.5205	1.3957	0	2713.5	4.6988	
12.820	2.6123	5.5200	0.61904	0.96970	0.62034	3.6770	1.5389	0	2713.7	4.9076	
14.360	2.8177	5.6224	0.66991	1.0346	0.66371	3.8201	1.6777	0	2713.9	5.0074	E
15.900	3.0163	5.7254	0.71773	1.1170	0.70517	3.9521	1.8157	0	2713.9	5.2714	
16.464	3.0880	5.7624	0.73540	1.1428	0.71993	3.9981	1.8652	0	2714.0	5.3316	
17.028	3.1591	5.7994	0.75297	1.1681	0.73448	4.0429	1.9146	0	2714.0	5.3901	
17.592	3.2297	5.8363	0.77045	1.1931	0.74882	4.0866	1.9637	0	2714.1	5.4470	
18.156	3.2997	5.8732	0.78785	1.2178	0.76297	4.1292	2.0125	0	2714.1	5.5023	
18.720	3.3692	5.9100	0.80518	1.2422	0.77693	4.1709	2.0612	0	2714.2	5.5561	
19.284	3.4383	5.9468	0.82246	1.2662	0.79071	4.2116	2.1097	0	2714.2	5.6086	
19.848	3.5069	5.9836	0.83967	1.2899	0.80433	4.2514	2.1580	0	2714.3	5.6596	
20.412	3.5752	6.0204	0.85684	1.3132	0.81776	4.2903	2.2062	0	2714.3	5.7094	
20.976	3.6430	6.0573	0.87397	1.3363	0.83107	4.3285	2.2547	0	2715.0	5.7579	

Copiar
Limpiar
Menu Principal
Imprimir
Calculadora

B.3. Ingreso: Borde cuadrado con muro de cabecera

Figura N° 4.71: Datos de Ingreso –Alcantarilla de forma Arco

Arco
...

Propiedades Cruce de Carretera

Progresiva : 62+330

DATOS DE DESCARGA

Caudal Mínimo (Q_{min}) 0.500 m³/seg
 Caudal Diseño (Q_d) 14.36 m³/seg
 Caudal Máximo (Q_{max}) 20.00 m³/seg

DATOS DEL CANAL DE SALIDA

Tipo de Canal Canal Trapezoidal
 Ancho-Base 5.000 m
 Pendiente Lateral (H/V) 1.000 1
 Pendiente - Canal 0.040 m/m
 Coeficiente Rugosidad 0.035
 Cota Inicial Canal 2709.67 m.s.n.m

DATOS DE CARRETERA

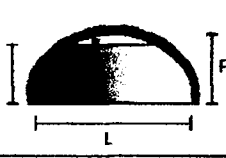
Perfil-Forma-Calzada Constante
 Longitud-Cresta 10.00 m
 Elevación Cresta 2716.42 m.s.n.m
 Superficie Calzada Afirmado
 Ancho Calzada 15.93 m

CONSTANTES DE CONTROL DE INGRESO

K 0.0083
 M 2.0000
 C 0.0379
 Y 0.6900
 Coef. Pérdida Ingreso 0.500
 Coef. Pérdida Salida 1.000

Propiedades Alcantarilla

Alcantarilla : El arco



Borrar Alcantarilla
 Agregar Alcantarilla
 Limpiar Pantalla

DATOS DE ALCANTARILLA

Nombre El arco
 Forma Arco
 Material Acero Corrugado
 Coeficiente Rugosidad 0.035
 Configuración Entrada Muro de Cabecera

Luz de Sección 4.270 m
 Flecha de la Sección 2.210 m
 Radio Tapa 2.130 m

DATOS DE LUGAR

Estación Entrada 0.000 m
 Elevación Entrada 2712.13 m
 Estación Salida 28.340 m
 Elevación de Salida 2709.67 m
 Pendiente 0.080 m/m

Calcular
Resultados
Perfil Hidráulico
Rendimiento

Figura N°4.72: Cuadro de resultados (Y_n=0.66, Y_c=1.05, H_{wi}=1.62)

Tabla de Resumen Alcantarillas

TABLA DE RESUMEN DE ALCANTARILLAS										
Caudal Descarga (m ³ /s)	Área Hidráulica (m ²)	Perímetro Hidráulico (m)	Tirante Normal (m)	Tirante Crítico (m)	Tailwater Canal (m)	Velocidad Tailwater (m/s)	Profundidad Entrada (m)	Profundidad Salida (m)	Elevación (m)	Velocidad salida (m/s)
0.50000	0.34155	4.4304	0.080195	0.11200	0.088448	1.1110	0.079718	0	2712.2	1.4639
2.0400	0.80963	4.6504	0.19012	0.28582	0.20598	1.9024	0.34286	0	2712.5	2.5197
3.5800	1.1501	4.8110	0.27025	0.41567	0.28885	2.3434	0.54328	0	2712.7	3.1128
5.1200	1.4418	4.9495	0.33911	0.52743	0.35810	2.6684	0.71887	0	2712.8	3.5511
6.6600	1.7053	5.0756	0.40154	0.62823	0.41930	2.9309	0.88338	0	2713.0	3.9056
8.2000	1.9498	5.1936	0.45974	0.72133	0.47496	3.1534	1.0388	0	2713.2	4.2056
9.7400	2.1805	5.3060	0.51492	0.80858	0.52648	3.3475	1.1890	0	2713.3	4.4669
11.280	2.4006	5.4145	0.56784	0.89111	0.57474	3.5205	1.3358	0	2713.5	4.6988
12.820	2.6123	5.5200	0.61904	0.96970	0.62034	3.6770	1.4805	0	2713.6	4.9076
14.360	2.8171	5.6204	0.68061	1.0440	0.66371	3.8231	1.6200	0	2713.7	5.0974
15.900	3.0163	5.7254	0.71773	1.1170	0.70517	3.9521	1.7671	0	2713.9	5.2714
16.464	3.0880	5.7624	0.73540	1.1428	0.71993	3.9981	1.8195	0	2713.9	5.3316
17.028	3.1591	5.7994	0.75297	1.1681	0.73448	4.0429	1.8719	0	2714.0	5.3901
17.592	3.2297	5.8363	0.77045	1.1931	0.74882	4.0866	1.9245	0	2714.1	5.4470
18.156	3.2997	5.8732	0.78785	1.2178	0.76287	4.1292	1.9771	0	2714.1	5.5023
18.720	3.3692	5.9100	0.80518	1.2422	0.77693	4.1709	2.0298	0	2714.2	5.5561
19.284	3.4383	5.9468	0.82246	1.2662	0.79071	4.2116	2.0827	0	2714.2	5.6086
19.848	3.5069	5.9836	0.83967	1.2899	0.80433	4.2514	2.1357	0	2714.3	5.6596
20.412	3.5752	6.0204	0.85684	1.3132	0.81778	4.2903	2.1889	0	2714.3	5.7094
20.976	3.6430	6.0573	0.87397	1.3363	0.83107	4.3285	2.2427	0	2714.4	5.7579

Captar
Limpiar
Menu Principal
Imprimir
Calculadora

E. Forma arco perfil alto

E.1 Ingreso: Borde delgado proyectado

Figura N° 4.73: Datos de Ingreso – Alcantarilla de forma Arco Perfil Alto

Calculo de Alcantarilla Seccion Arco Perfil Alto

Propiedades Cruce de Carretera

Progresiva : 62+220

DATOS DE DESCARGA

Caudal Minimo (Q_{min}): 0.500 m³/seg
 Caudal Deseño (Q_d): 14.36 m³/seg
 Caudal Maximo (Q_{max}): 20.00 m³/seg

DATOS DEL CANAL DE SALIDA

Tipo de Canal: Canal Trapezoidal
 Ancho-Base: 5.00 m
 Pendiente Lateral (H:V): 1.00 1
 Pendiente - Canal: 0.040 m/m
 Coeficiente Rugosidad: 0.025
 Cota Inicial Canal: 2709.26 m.s.n.m

DATOS DE CARRETERA

Perfil-Forma-Calzada: Constante
 Longitud-Cresta: 10.00 m
 Elevacion Cresta: 2716.42 m.s.n.m
 Superficie Calzada: Armado
 Ancho Calzada: 15.92 m


CONSTANTES DE CONTROL DE INGRESO

K: 0.0340
 M: 1.500
 C: 0.0553
 Y: 0.5400
 Coef. Perdida Ingreso: 9.9000
 Coef. Perdida Salida: 1.000

Propiedades Alcantarilla

Alcantarilla: El arco

Borrar Alcantarilla
 Agregar Alcantarilla



DATOS DE ALCANTARILLA

Nombre: Arco Perfil Alto
 Material: Acero Corrugado
 Coeficiente Rugosidad: 0.033
 Configuración Entrada: Borde Delgado Proyectado

Luz Base: 6.942 m
 Luz Maximo: 6.1214 m
 Flecha Total: 2.798 m
 Flecha Superior: 2.200 m
 Radio de Lado: 3.985 m
 Radio Esquens: 1.65 m
 Radio Tapa: 3.69 m
 NRs: 5 m
 NRI: 23 m

DATOS DE LUGAR

Estacion Entrada: 0.000 m
 Elevacion Entrada: 2712.13 m
 Estacion Salida: 28.34 m
 Elevacion de Salida: 2709.67 m
 Pendiente: 0.09 m/m

Calcular

Revelador

Perfil Hidraulico

Rendimiento

Ingenieria


Calculadora


Limpia Perfora


Figura N°4.74: Cuadro de resultados ($Y_n=0.49$, $Y_c=0.83$, $H_{wi}=1.25$)


Tabla de Resumen Alcantarillas


TABLA DE RESUMEN DE ALCANTARILLAS										
Caudal Descarga	Area Hidraulica	Perimetro Hidraulico	Tirante Normal	Tirante Critico	Tailwater Canal	Velocidad Tailwater	Profundidad Entrada	Profundidad Salida	Headwater Elevacion	Velocidad salida
(m ³ /s)	(m ²)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)
0.50000	0.37043	6.0686	0.062241	0.089624	0.088448	1.1110	0.024359	0	2712.2	1.3498
2.0400	0.87755	6.2387	0.14718	0.22859	0.20598	1.9024	0.23769	0	2712.4	2.3247
3.5800	1.2406	6.3616	0.20783	0.33230	0.28895	2.3434	0.40082	0	2712.5	2.8858
5.1200	1.5484	6.4646	0.25916	0.42151	0.35810	2.6684	0.54425	0	2712.7	3.3067
6.6600	1.8227	6.5562	0.30485	0.50196	0.41930	2.9309	0.67625	0	2712.8	3.6539
8.2000	2.0760	6.6406	0.34899	0.57629	0.47496	3.1534	0.80061	0	2712.9	3.9500
9.7400	2.3128	6.7195	0.38637	0.64599	0.52848	3.3475	0.91843	0	2713.0	4.2114
11.280	2.5370	6.7941	0.42383	0.71204	0.57474	3.5205	1.0341	0	2713.2	4.4462
12.820	2.7514	6.8653	0.45925	0.77506	0.62034	3.6770	1.1454	0	2713.3	4.6594
14.360	2.9500	6.9323	0.49371	0.83586	0.66571	3.8201	1.2541	0	2713.4	4.8500
15.860	3.1549	6.9993	0.52823	0.89386	0.70517	3.9521	1.3608	0	2713.5	5.0399
16.464	3.2260	7.0230	0.53805	0.91472	0.71993	3.9981	1.3991	0	2713.5	5.1035
17.028	3.2966	7.0464	0.54976	0.93634	0.73448	4.0429	1.4375	0	2713.6	5.1654
17.592	3.3659	7.0694	0.56126	0.95572	0.74892	4.0866	1.4756	0	2713.6	5.2266
18.156	3.4345	7.0922	0.57265	0.97588	0.76297	4.1282	1.5135	0	2713.6	5.2864
18.720	3.5025	7.1148	0.58394	0.99583	0.77693	4.1709	1.5512	0	2713.7	5.3448
19.284	3.5699	7.1371	0.59513	1.0156	0.79071	4.2116	1.5897	0	2713.7	5.4016
19.848	3.6368	7.1593	0.60623	1.0351	0.80433	4.2514	1.6281	0	2713.8	5.4576
20.412	3.7030	7.1813	0.61723	1.0545	0.81778	4.2903	1.6663	0	2713.8	5.5123
20.976	3.7687	7.2032	0.62814	1.0736	0.83107	4.3285	1.7044	0	2713.8	5.5658


Copiar


Limpiar


Menu Principal


Imprimir


Calculadora

E.2 Ingreso: Mitrado para conformar la pendiente del terraplén

Figura N° 4.75: Datos de Ingreso – Alcantarilla forma Arco Perfil Alto

Calculo de Alcantarilla, Seccion Arco Perfil Alto

Propiedades Cruce de Carretera

Progresiva: 62+330

DATOS DE DESCARGA

Caudal Mínimo (Q_{min}): 0.500 m³/seg

Caudal Diseño (Q_d): 14.38 m³/seg

Caudal Máximo (Q_{max}): 20.00 m³/seg

DATOS DEL CANAL DE SALIDA

Tipo de Canal: Canal Trapezoidal

Ancho Base: 5.00 m

Pendiente Lateral (H:V): 1.00 - 1

Pendiente - Canal: 0.040 m/m

Coefficiente Rugosidad: 0.035

Cota Inicial Canal: 2709.35 m s.n.m

DATOS DE CARRETERA

Perfil-Forma-Calzada: Constante

Longitud-Cresta: 10.00 m

Elevacion Cresta: 2716.42 m s.n.m

Superficie Calzada: Asfalto

Ancho Calzada: 15.93 m

CONSTANTES DE CONTROL DE INGRESO

K: 0.0216

M: 13300

C: 0.0463

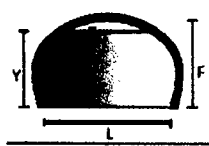
Y: 0.7500

Coef. Perdida Ingreso: 0.7000

Coef. Perdida Salida: 1.0000

Propiedades Alcantarilla

Alcantarilla: El arco



Borrar Alcantarilla

Agregar Alcantarilla

DATOS DE ALCANTARILLA

Nombre:

Forma: Arco Perfil Alto

Material: Acero Corrugado

Coefficiente Rugosidad: 0.033

Configuración Entrada: Mitrado Ajusta a la Pendiente

Luz Base: 5.943 m

Luz Máximo: 6.1214 m

Flèche Total: 2.709 m

Flèche Superior: 2.200 m

Radio de Lado: 3.985 m

Radio Esquinero: 1.65 m

Radio Tapa: 3.99 m

NRe: 5 m

NFr: 23 m

DATOS DE LUGAR

Estacion Entrada: 0.000 m

Elevacion Entrada: 2712.13 m

Estacion Salida: 28.34 m

Elevacion de Salida: 2709.67 m

Pendiente: 0.09 m/m

Calcular

Resultados

Calcular

Limpiar Pantalla

Figura N° 4.76: Cuadro de resultados (Y_n=0.49, Y_c=0.83, H_{wi}=1.21)

Tabla de Resumen Alcantarillas

TABLA DE RESUMEN DE ALCANTARILLAS

Caudal Descarga (m ³ /s)	Area Hidraulica (m ²)	Perimetro Hidraulico (m)	Tirante Normal (m)	Tirante Critico (m)	Tailwater Canal (m)	Velocidad Tailwater (m/s)	Profundidad Entrada (m)	Profundidad Salida (m)	Headwater Elevacion (m)	Velocidad salida (m/s)
0.50000	0.37043	6.0686	0.062241	0.089624	0.088448	1.1110	0.024411	0	2712.2	1.3498
2.0400	0.87755	6.2397	0.14718	0.22859	0.20598	1.9024	0.23675	0	2712.4	2.3247
3.5800	1.2406	6.3816	0.20783	0.33230	0.28885	2.3434	0.39759	0	2712.5	2.8858
5.1200	1.5484	6.4646	0.25916	0.42151	0.35810	2.6684	0.53764	0	2712.7	3.3067
6.6600	1.8227	6.5562	0.30485	0.50196	0.41930	2.9309	0.66539	0	2712.8	3.6539
8.2000	2.0760	6.6406	0.34899	0.57629	0.47496	3.1534	0.78453	0	2712.9	3.9500
9.7400	2.3128	6.7195	0.38637	0.64599	0.52648	3.3475	0.89743	0	2713.0	4.2114
11.280	2.5370	6.7941	0.42363	0.71204	0.57474	3.5205	1.0054	0	2713.1	4.4482
12.820	2.7514	6.8653	0.45925	0.77506	0.62034	3.6770	1.1094	0	2713.2	4.6594
14.360	2.9660	6.9336	0.49531	0.83556	0.66371	3.8201	1.2101	0	2713.3	4.8370
15.900	3.1549	6.9993	0.52623	0.89386	0.70517	3.9521	1.3080	0	2713.4	5.0399
16.464	3.2260	7.0230	0.53805	0.91472	0.71993	3.9981	1.3432	0	2713.5	5.1035
17.028	3.2966	7.0464	0.54976	0.93534	0.73448	4.0429	1.3781	0	2713.5	5.1654
17.592	3.3659	7.0694	0.56126	0.95572	0.74882	4.0866	1.4128	0	2713.5	5.2266
18.156	3.4345	7.0922	0.57265	0.97588	0.76297	4.1292	1.4471	0	2713.6	5.2864
18.720	3.5025	7.1148	0.58394	0.99583	0.77693	4.1709	1.4813	0	2713.6	5.3448
19.284	3.5699	7.1371	0.59513	1.0156	0.79071	4.2116	1.5151	0	2713.6	5.4018
19.848	3.6368	7.1593	0.60623	1.0351	0.80433	4.2514	1.5487	0	2713.7	5.4578
20.412	3.7030	7.1813	0.61723	1.0545	0.81778	4.2903	1.5821	0	2713.7	5.5123
20.976	3.7682	7.2032	0.62814	1.0736	0.83107	4.3285	1.6153	0	2713.7	5.5658

Calcular

Limpiar

Menu Principal

Imprimir

Calculadora

E.3 Ingreso: Borde cuadrado con muro de cabecera

Figura N° 4.77: Datos de Ingreso –Alcantarilla de forma Arco Perfil Alto

Calculo de Alcantarilla Seccion Arco Perfil Alto

Propiedades Cruce de Carretera

Progresiva: 62+330

DATOS DE DESCARGA

Caudal Mínimo (Q_{min}): 0.500 m³/seg
 Caudal Diseño (Q_d): 14.38 m³/seg
 Caudal Máximo (Q_{max}): 20.00 m³/seg

DATOS DEL CANAL DE SALIDA

Tipo de Canal: Canal Trapezoidal
 Ancho-Base: 5.00 m
 Pendiente Lateral (H:V): 1.00
 Pendiente - Canal: 0.040 m/m
 Coeficiente Rugosidad: 0.035
 Cota Inicial Canal: 2709.35 m s.n.m

DATOS DE CARRETERA

Perfil-Forma-Calzada: Constante
 Longitud-Cresta: 10.00 m
 Elevacion Cresta: 2716.42 m s.n.m
 Superficie Calzada: Abrasado
 Ancho Calzada: 15.93 m

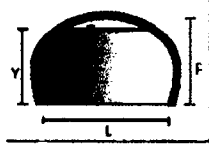
CONSTANTES DE CONTROL DE INGRESO

K: 0.0078
 M: 2.0009
 C: 0.0379
 Y: 0.8509
 Coef. Pérdida Ingreso: 0.5000
 Coef. Pérdida Salida: 1.0000

Propiedades Alcantarilla

Alcantarilla: El arco

Borrar Alcantarilla
 Agregar Alcantarilla



DATOS DE ALCANTARILLA

Nombre: Arco Perfil Alto
 Forma: Arco Perfil Alto
 Material: Acero Corrugado
 Coeficiente Rugosidad: 0.033
 Configuración Entrada: Muro de Cabecera
 Luz Base: 5.943 m
 Luz Máximo: 6.1214 m
 Flecha Total: 2.768 m
 Flecha Superior: 2.200 m
 Radio de Lado: 3.095 m
 Radio Esquero: 1.65 m
 Radio Tapa: 3.99 m
 NRs: 5 m
 NRl: 23 m

DATOS DE LUGAR

Estacion Entrada: 0.000 m
 Elevacion Entrada: 2712.13 m
 Estacion Salida: 28.34 m
 Elevacion de Banda: 2709.67 m
 Pendiente: 0.03 m/m

Calcular

Resultados

Perfil Hidráulico

Reordenar

Imprimir


Calculadora


Limpiar Pantalla


Figura N°4.78: Cuadro de resultados (Y_n=0.49, Y_c=0.83, H_{wi}=1.21)


Tabla de Resumen Alcantarillas


TABLA DE RESUMEN DE ALCANTARILLAS										
Caudal Descarga	Area Hidraulica	Perimetro Hidraulico	Tirante Normal	Tirante Critico	Tailwater Canal	Velocidad Tailwater	Profundidad Entrada	Profundidad Salida	Headwater Elevacion	Velocidad salida
(m ³ /s)	(m ²)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)
0.50000	0.37043	6.0686	0.062241	0.089624	0.088448	1.1110	0.024411	0	2712.2	1.3498
2.0400	0.87755	6.2397	0.14718	0.22859	0.20598	1.9024	0.23675	0	2712.4	2.3247
3.5800	1.2406	6.3616	0.20783	0.33230	0.28885	2.3434	0.39759	0	2712.5	2.8858
5.1200	1.5484	6.4648	0.25916	0.42151	0.35810	2.6684	0.53784	0	2712.7	3.3067
6.6600	1.9227	6.5562	0.30485	0.50196	0.41930	2.9309	0.66533	0	2712.8	3.6539
8.2000	2.0760	6.6408	0.34899	0.57629	0.47496	3.1534	0.78453	0	2712.9	3.9500
9.7400	2.3128	6.7195	0.38637	0.64599	0.52649	3.3475	0.89743	0	2713.0	4.2114
11.280	2.5370	6.7941	0.42363	0.71204	0.57474	3.5205	1.0054	0	2713.1	4.4462
12.820	2.7514	6.8653	0.45925	0.77506	0.62034	3.6770	1.1094	0	2713.2	4.6594
14.360	2.9596	6.9329	0.49371	0.83595	0.66371	3.8201	1.2101	0	2713.3	4.8570
15.900	3.1549	6.9993	0.52623	0.89386	0.70517	3.9521	1.3080	0	2713.4	5.0399
16.464	3.2260	7.0230	0.53905	0.91472	0.71993	3.9981	1.3432	0	2713.5	5.1035
17.028	3.2986	7.0464	0.54976	0.93534	0.73448	4.0429	1.3781	0	2713.5	5.1654
17.592	3.3659	7.0694	0.56126	0.95572	0.74892	4.0866	1.4128	0	2713.5	5.2266
18.156	3.4345	7.0922	0.57265	0.97589	0.76297	4.1262	1.4471	0	2713.6	5.2864
18.720	3.5025	7.1148	0.58394	0.99593	0.77693	4.1709	1.4813	0	2713.6	5.3448
19.284	3.5699	7.1371	0.59513	1.0156	0.79071	4.2116	1.5151	0	2713.6	5.4018
19.848	3.6368	7.1593	0.60623	1.0351	0.80433	4.2514	1.5487	0	2713.7	5.4576
20.412	3.7030	7.1813	0.61723	1.0545	0.81778	4.2903	1.5821	0	2713.7	5.5123
20.976	3.7687	7.2032	0.62814	1.0738	0.83107	4.3285	1.6153	0	2713.7	5.5658


Copiar


Limpiar


Menu Principal


Imprimir


Calculadora

E.3 Ingreso: Borde biselado de 45°

Figura N° 4.79: Datos de Ingreso –Alcantarilla de forma Arco Perfil Alto

Calculo de Alcantarilla, Seccion Arco Perfil Alto

Propiedades Cruce de Carretera

Progresiva : 62+330

DATOS DE DESCARGA

Caudal Mínimo (Q_{min}): 0.500 m³/seg
 Caudal Diseño (Q_d): 14.36 m³/seg
 Caudal Máximo (Q_{max}): 20.00 m³/seg

DATOS DEL CANAL DE SALIDA

Tipo de Canal: Canal Trapezoidal
 Ancho-Base: 5.00 m
 Pendiente Lateral (H:V): 1.00 : 1
 Pendiente - Canal: 0.040 m/m
 Coeficiente Rugosidad: 0.035
 Cota Inicial Canal: 2709.95 m s.n.m

DATOS DE CARRETERA


Perfil-Forma-Calzada: Constante
 Longitud-Cresta: 10.00 m
 Elevación Cresta: 2716.42 m s.n.m
 Superficie Calzada: Afirmado
 Ancho Calzada: 15.93 m

CONSTANTES DE CONTROL DE INGRESO

K: 0.0018
 M: 2.5000
 C: 0.0300
 Y: 0.7400
 Coef Perda Ingreso: 0.2000
 Coef Perdas Salida: 1.0000

Propiedades Alcantarilla

Alcantarilla : El arco



Borrar Alcantarilla
Agregar Alcantarilla

DATOS DE ALCANTARILLA

Nombre:
 Forma: Arco Perfil Alto
 Material: Acero Corrugado
 Coeficiente Rugosidad: 0.033
 Configuración Entrada: Borde Biselado (1:1)
 Luz Base: 5.943 m
 Luz Máximo: 6.1214 m
 Flecha Total: 2.769 m
 Flecha Superior: 2.200 m
 Radio de Lado: 3.985 m
 Radio Esquintero: 1.05 m
 Radio Tapa: 3.99 m
 NRe: 5 m
 NFr: 23 m

DATOS DE LUGAR

Estacion Entrada: 0.000 m
 Elevación Entrada: 2712.13 m
 Estacion Salida: 28.34 m
 Elevación de Salida: 2709.87 m
 Pendiente: 0.08 m/m

Calcular

Resultados

Perfil Hidráulico

Perforamiento

Imprimir

Calculadora


Limpiar Pantalla


Figura N°4.80: Cuadro de resultados (Y_n=0.49, Y_c=0.83, H_{wi}=1.14)


Tabla de Resumen Alcantarillas


TABLA DE RESUMEN DE ALCANTARILLAS


Caudal Descarga (m ³ /s)	Area Hidraulica (m ²)	Perimetro Hidraulico (m)	Tirante Normal (m)	Tirante Critico (m)	Tailwater Canal (m)	Velocidad Tailwater (m/s)	Profundidad Entrada (m)	Profundidad Salida (m)	Headwater Elevacion (m)	Velocidad salida (m/s)
0.50000	0.37043	6.0686	0.062241	0.089624	0.088448	1.1110	0.023635	0	2712.2	1.3498
2.0400	0.87755	6.2397	0.14718	0.22859	0.20598	1.9024	0.23176	0	2712.4	2.3247
3.5800	1.2406	6.3616	0.20783	0.33230	0.28885	2.3434	0.38713	0	2712.5	2.8858
5.1200	1.5484	6.4646	0.25916	0.42151	0.35810	2.6684	0.52099	0	2712.7	3.3067
6.6600	1.8227	6.5562	0.30485	0.50186	0.41930	2.9309	0.64196	0	2712.8	3.6539
8.2000	2.0760	6.6406	0.34699	0.57829	0.47496	3.1534	0.75407	0	2712.9	3.9500
9.7400	2.3128	6.7195	0.38637	0.64599	0.52648	3.3475	0.85958	0	2713.0	4.2114
11.280	2.5370	6.7941	0.42363	0.71204	0.57474	3.5205	0.95898	0	2713.1	4.4462
12.820	2.7514	6.8653	0.45925	0.77506	0.62034	3.6770	1.0562	0	2713.2	4.6594
15.000	2.9596	6.9335	0.49351	0.82946	0.66374	3.8201	1.1511	0	2713.3	4.8500
15.900	3.1549	6.9893	0.52623	0.89386	0.70517	3.9521	1.2391	0	2713.4	5.0399
16.464	3.2260	7.0230	0.53805	0.91472	0.71993	3.9981	1.2714	0	2713.4	5.1035
17.028	3.2966	7.0464	0.54976	0.93534	0.73448	4.0429	1.3034	0	2713.4	5.1654
17.592	3.3659	7.0694	0.56126	0.95572	0.74882	4.0866	1.3352	0	2713.5	5.2266
18.156	3.4345	7.0922	0.57265	0.97588	0.76297	4.1292	1.3667	0	2713.5	5.2864
18.720	3.5025	7.1148	0.58394	0.99583	0.77693	4.1709	1.3979	0	2713.5	5.3448
19.284	3.5699	7.1371	0.59513	1.0156	0.79071	4.2116	1.4289	0	2713.6	5.4018
19.848	3.6368	7.1593	0.60623	1.0351	0.80433	4.2514	1.4596	0	2713.6	5.4576
20.412	3.7030	7.1813	0.61723	1.0545	0.81778	4.2903	1.4901	0	2713.6	5.5123
20.976	3.7687	7.2032	0.62814	1.0736	0.83107	4.3285	1.5204	0	2713.7	5.5658


Copiar


Limpiar


Menu Principal


Imprimir


Calculadora

4.1.2.4 Comparación de resultados de modelamiento de alcantarillas principales

En la tabla N°4.17 se muestran los resultados obtenidos del modelamiento del programas HY-8 Y JHC-7 ING. AGRÍCOLA en la progresiva (62+330).

Tabla N°4.17: Comparación de tirante normal (Yn) y crítico (Yc) con el programa HY-8 y JHC-7

COMPARACION DE PROGRAMAS	HY-8		JHC-7	
	Tirante Normal	Tirante Critico	Tirante Normal	Tirante Critico
ALCANTARILLA CIRCULAR TMC (D=2740 MM) DENOMINADO SIDERPERU:36 C	1.02	1.69	1.14	1.69
ALCANTARILLA ELIPSE HORIZONTAL TMC LUZ=5715 MM ,FLECHA=3988 MM DENOMINADO SIDERPERU:22 SE 10	0.73	1.25	0.81	1.24
ALCANTARILLA ABOVEDADO TMC LUZ=3730 MM ,FLECHA=2290 MM DENOMINADO SIDERPERU:25PA3-32	0.74	1.29	0.85	1.31
ALCANTARILLA ARCO TMC LUZ= 4270 MM ,FLECHA= 2210 MM DENOMINADO SIDERPERU:15A2-5	0.57	1.01	0.66	1.05
ALCANTARILLA ARCO PERFIL ALTO TMC LUZ= 5943 MM ,FLECHA= 2768 MM DENOMINADO SIDERPERU:25SA5-3	0.44	0.83	0.48	0.83

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N°4.18 se muestran los resultados obtenidos del modelamiento del programa HY-8, JHC-7 y de las cartas de diseño de las alcantarillas de cauce definido en la progresiva (62+330) para diferentes secciones. Lo cual muestran resultados similares en el cálculo de la altura de carga de agua en el ingreso de las alcantarillas principales.

Tabla N°4.18: Comparación de Hwi con HY-8 – Carta de diseño – JHC-7

TIPO DE INGRESO		PROYECTADO	MITRADO	MURO DE CABECERA	BISELADO 45°	BISELADO 33.7°
ALCANTARILLA CIRCULAR TMC (D=2740 MM) DENOMINADO SIDERPERU:36 C	HY-8	2.72	2.81	2.45	2.39	2.36
	CARTA	2.83	2.41	2.44	2.41	2.35
	JHC-7	2.71	2.15	2.45	2.35	2.35
ALCANTARILLA ELIPSE HORIZONTAL TMC LUZ=5715 MM ,FLECHA=3988 MM DENOMINADO SIDERPERU:22 SE 10	HY-8	1.64	1.94	1.52	1.55	S/D
	CARTA	1.60	1.98	1.52	1.55	S/D
	JHC-7	1.62	1.62	1.55	2.62	S/D
ALCANTARILLA ABOVEDADO TMC LUZ=3730 MM ,FLECHA=2280 MM DENOMINADO SIDERPERU:25PA3-32	HY-8	2.17	2.28	2.03	S/D	S/D
	CARTA	2.10	2.00	2.35	S/D	S/D
	JHC-7	2.11	1.89	1.94	S/D	S/D
ALCANTARILLA ARCO TMC LUZ= 4270 MM ,FLECHA= 2210 MM DENOMINADO SIDERPERU:15A2-5	HY-8	1.92	2.01	1.67	1.55	S/D
	CARTA	1.85	1.96	1.71	S/D	S/D
	JHC-7	1.79	1.67	1.62	S/D	S/D
ALCANTARILLA ARCO PERFIL ALTO TMC LUZ= 5943 MM ,FLECHA= 2768 MM DENOMINADO SIDERPERU:25SA5-3	HY-8	1.32	1.61	1.24	S/D	S/D
	CARTA	1.40	1.65	1.20	S/D	S/D
	JHC-7	1.25	1.21	1.21	1.14	S/D

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2.5 Diseño hidráulico de las alcantarillas principales.

En la tabla N°4.19 se muestran el resumen de las alcantarillas principales de cauce definido ubicados en las progresivas 62+330 Y 69+146 del TRAMO-I de la carretera de SAN MARCOS.

Tabla N° 4.19: Ubicación de las Alcantarillas Principales Proyectados

PROGRESIVA	DESCRIPCIÓN
KM:	
62+330	ALCANTARILLA ARCO PERFIL ALTO (5943 M MX 2768M M)
69+146	ALCANTARILLA RECTANGULAR (4.0 M X 3.0 M)

Fuente: Elaboración Propia

Progresiva 62+330: Alcantarilla Arco Perfil Alto TMC Luz = 5.943 m, Flecha = 2.768 m. Denominación SIDERPERU: 25 SA5-3.

Progresiva 69+146: Alcantarilla Rectangular Concreto Base = 4.00 m, Altura = 3.00 m.

4.1.2.6 Diseño hidráulico de las alcantarilla secundarias

En la tabla N°4.20 se muestran el resultado obtenido mediante el programa "HYDROCVLV"

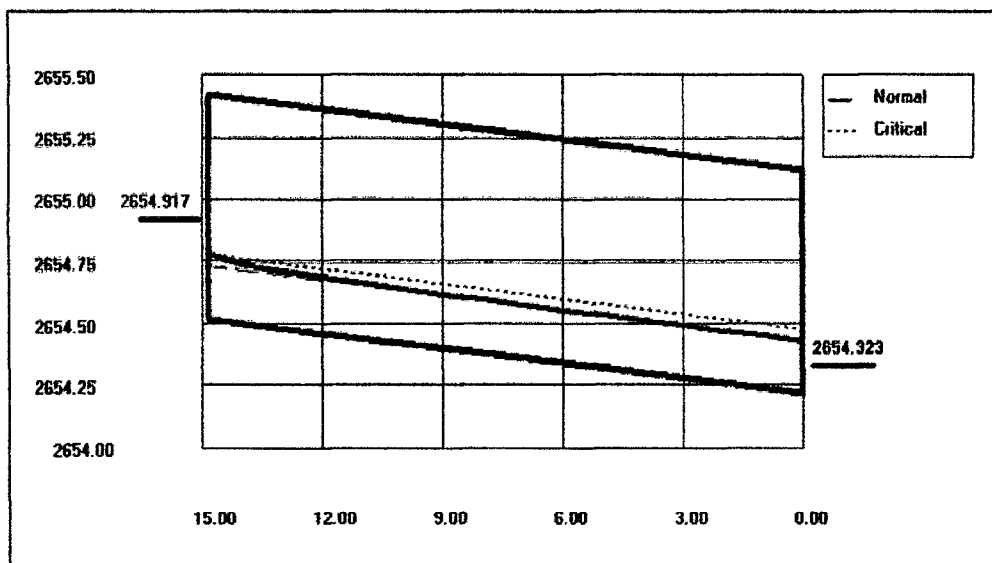
Tabla N° 4.20: Diseño Alcantarilla TMC CON "HYDROCVLV"

ALCANTARILLA TMC TIPO I ϕ 36 " (PROGRESIVA: 58+892.00)											
DESCRIPCION			Q = 0.10	Q = 0.203	Q = 0.30	Q = 0.40	Q = 0.50				
ELEVACION Hw (m)			2654.79	2654.917	2655.009	2655.09	2655.17				
ELEVACION TW (m)			2654.28	2654.323	2654.354	2654.38	2654.41				
BORDO LIBRE (m)			0.627	0.503	0.411	0.327	0.251				
PERDIDA DE CARGA (m)			0.51	0.594	0.655	0.71	0.761				
VELOCIDAD DE SALIDA (m/s)			1.109	1.347	1.507	1.643	1.762				
VELOCIDAD DE INGRESO (m/s)			1.446	1.781	1.992	2.161	2.299				
PROFUNDIDAD NORMAL (m)			0.149	0.212	0.258	0.299	0.337				
PROFUNDIDAD CRITICA (m)			0.179	0.258	0.316	0.367	0.412				
Q (cms)	0.1		0.203		0.3		0.4		0.5		
X (m)	Y (m)	V (m/s)	Y (m)	V (m/s)	Y (m)	V (m/s)	Y (m)	V (m/s)	Y (m)	V (m/s)	
0	0.149	1.446	0.212	1.781	0.258	1.992	0.299	2.161	0.337	2.299	
1	0.149	1.445	0.212	1.778	0.258	1.988	0.3	2.155	0.338	2.291	
2	0.149	1.443	0.212	1.775	0.259	1.984	0.301	2.15	0.339	2.283	

3	0.15	1.441	0.212	1.772	0.259	1.98	0.301	2.144	0.34	2.276
4	0.15	1.439	0.213	1.769	0.259	1.976	0.302	2.139	0.34	2.268
5	0.15	1.437	0.213	1.766	0.26	1.972	0.302	2.133	0.342	2.258
6	0.15	1.435	0.213	1.763	0.26	1.968	0.303	2.123	0.343	2.248
7	0.15	1.433	0.213	1.76	0.261	1.961	0.304	2.113	0.344	2.239
8	0.15	1.431	0.214	1.757	0.262	1.949	0.305	2.102	0.345	2.225
9	0.15	1.429	0.214	1.749	0.263	1.938	0.307	2.086	0.347	2.208
10	0.151	1.428	0.215	1.735	0.265	1.92	0.309	2.067	0.35	2.186
11	0.151	1.425	0.217	1.717	0.267	1.897	0.312	2.039	0.353	2.157
12	0.152	1.408	0.22	1.689	0.271	1.863	0.316	2.003	0.358	2.119
13	0.154	1.378	0.224	1.645	0.276	1.813	0.323	1.949	0.365	2.064
14	0.159	1.314	0.232	1.565	0.286	1.728	0.334	1.862	0.377	1.977
14.8	0.179	1.109	0.258	1.347	0.316	1.507	0.367	1.643	0.412	1.762

Fuente: Resultados obtenidos en base al programa HydroCulv

Figura N°4.82: Diseño de Descarga Alcantarilla KM: 58+892.00



Se observa para el caudal $Q_d=0.203$ m³/seg la altura H_w es de 0.397 es decir $H_w/D=0.45$, valor menor a 1.20 y por lo tanto está dentro de las recomendaciones de diseño. Donde los resultados muestran también que el flujo es supercrítico con control a la entrada, lo que representa un funcionamiento hidráulico adecuado. Lo que aparentemente podría significar el arrastre de sólidos y el mantenimiento de la estructura. La velocidad en la salida de la alcantarilla es de 1.347 m/seg, apropiado para mampostería de piedra y concreto.

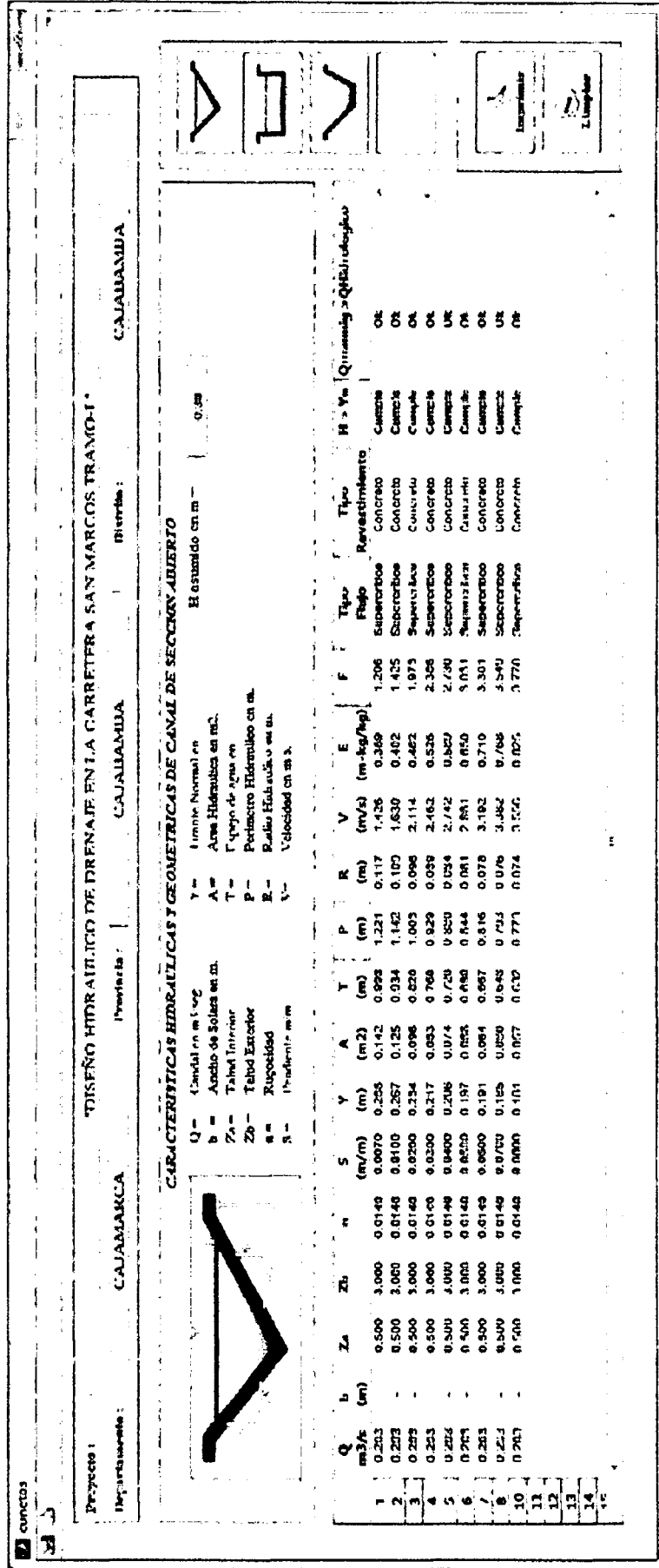
Tabla N° 4.21: Resumen de Diseño de Alcantarilla Secundarias

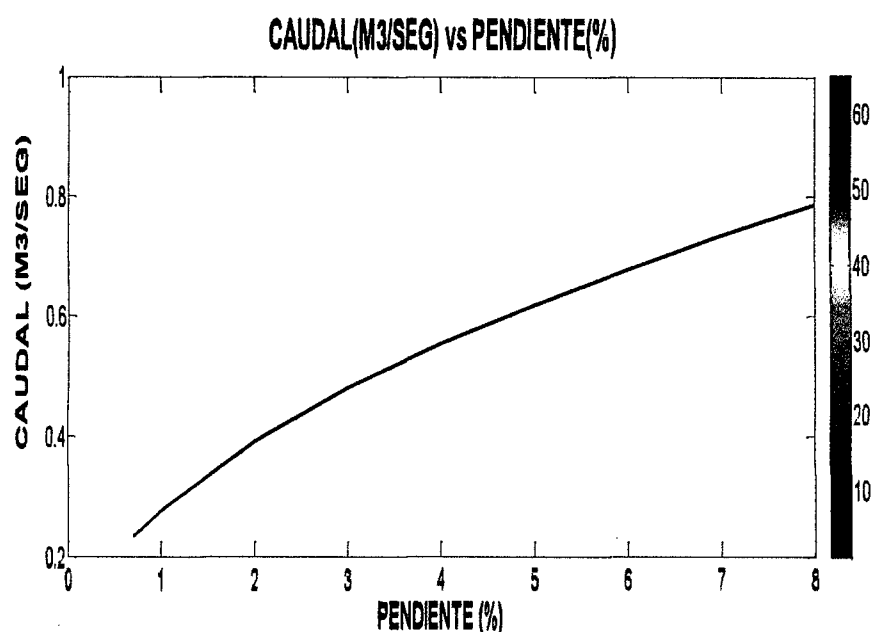
PROGRESIVA	DESCRIPCIÓN DE ALCANTARILLA TAMAÑO - MATERIAL - FORMA - ENTRADA	Q _T (m ³ /s)	Q _{barra} (m ³ /s)	CÁLCULO DE PROFUNDIDAD DE AGUA DE ENTRADA (TW)										ELEVACIÓN CONTROL I. (m.s.n.m)	VELOCIDAD SALIDA (m/s)	COMENTARIOS SUGERENCIAS
				CONTROL DE INGRESO					CONTROL DE SALIDA							
				Q	Q/N	H _{wD}	H _{wI}	EL _{hi}	T _w	d _c	(d _c +D)/2	h _o	Ke			
KM:58+892.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.203	0.203	0.44	0.40	2655.06	0.10	0.26	0.58	0.58	0.50	0.92	2655.74	2655.06	1.347	Utilizar TMC de 36"
KM:59+071.70	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.203	0.203	0.44	0.39	2664.82	0.10	0.26	0.58	0.58	0.50	0.51	2665.30	2664.82	1.26	Utilizar TMC de 36"
KM:59+211.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.203	0.203	0.44	0.40	2671.96	0.10	0.26	0.58	0.58	0.50	0.57	2672.44	2671.96	1.34	Utilizar TMC de 36"
KM:59+456.80	(0.80 x 0.80)-ALACNATRILLAMARCO CONCRETO	0.607	0.607	0.85	0.68	2685.83	0.40	0.26	0.53	0.53	0.50	0.56	2685.96	2685.83	1.95	Utilizar MC de 0.80 X 0.80 "
KM:59+689.10	48"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.406	0.406	0.40	0.36	2681.68	0.10	0.26	0.58	0.58	0.50	0.80	2682.16	2681.68	1.28	Utilizar TMC de 48"
KM:59+860.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.203	0.203	0.44	0.40	2687.83	0.13	0.26	0.58	0.58	0.50	0.71	2688.28	2687.83	1.34	Utilizar TMC de 36"
KM:60+062.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.203	0.203	0.44	0.40	2696.87	0.11	0.26	0.58	0.58	0.50	0.67	2697.34	2696.87	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:60+340.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.203	0.203	0.43	0.39	2702.77	0.23	0.26	0.58	0.58	0.50	0.68	2703.12	2702.77	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:60+519.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.203	0.203	0.44	0.39	2710.09	0.10	0.26	0.58	0.58	0.50	0.51	2710.56	2710.09	1.32	Utilizar TMC de 36"
KM:60+860.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.203	0.203	0.44	0.40	2714.61	0.10	0.26	0.58	0.58	0.50	0.58	2715.09	2714.61	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:61+907.10	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.203	0.203	0.44	0.40	2718.21	0.10	0.26	0.58	0.58	0.50	0.56	2718.89	2718.21	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:61+062.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.203	0.203	0.44	0.40	2723.76	0.10	0.26	0.58	0.58	0.50	0.88	2724.24	2723.76	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:61+418.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.203	0.203	0.44	0.40	2733.96	0.11	0.26	0.58	0.58	0.50	1.52	2734.43	2733.96	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:61+541.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.203	0.203	0.43	0.39	2737.25	0.11	0.26	0.58	0.58	0.50	0.51	2737.72	2737.25	1.24	Utilizar TMC de 36"
KM:61+864.00	48"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.406	0.406	0.58	0.52	2731.72	0.16	0.34	0.62	0.62	0.50	0.89	2732.18	2731.72	1.54	Utilizar TMC de 48"
KM:62+118.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.203	0.203	0.44	0.40	2717.78	0.11	0.26	0.58	0.58	0.50	0.69	2718.25	2717.78	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:62+460.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.203	0.203	0.44	0.40	2718.30	0.11	0.26	0.58	0.58	0.50	1.62	2718.77	2718.30	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:63+090.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.20	0.20	0.44	0.40	2754.97	0.11	0.26	0.58	0.58	0.50	0.56	2755.43	2754.97	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:63+260.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.203	0.203	0.30	0.27	2766.07	0.11	0.26	0.58	0.58	0.50	0.62	2766.54	2766.07	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:63+527.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.203	0.203	0.44	0.40	2782.17	0.11	0.26	0.58	0.58	0.50	0.77	2782.64	2782.17	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:63+760.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.203	0.203	0.44	0.40	2795.69	0.10	0.26	0.58	0.58	0.50	0.49	2796.16	2795.69	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:63+868.00	48"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.20	0.20	0.44	0.40	2801.94	0.11	0.26	0.58	0.58	0.50	0.56	2802.40	2801.94	1.35	Utilizar TMC de 48"
KM:64+139.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.203	0.203	0.43	0.39	2817.49	0.30	0.26	0.58	0.58	0.50	0.27	2817.77	2817.49	1.23	Utilizar TMC de 36"
KM:64+317.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.203	0.203	0.44	0.40	2828.55	0.14	0.26	0.58	0.58	0.50	1.62	2828.98	2828.55	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:64+428.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.203	0.203	0.44	0.39	2834.52	0.14	0.26	0.58	0.58	0.50	0.41	2834.96	2834.52	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:64+664.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.20	0.20	0.44	0.40	2840.01	0.17	0.26	0.58	0.58	0.50	0.46	2840.42	2840.01	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:64+643.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.20	0.20	0.44	0.40	2841.80	0.11	0.26	0.58	0.58	0.50	0.98	2842.26	2841.80	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:64+915.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.20	0.20	0.44	0.40	2850.39	0.18	0.26	0.58	0.58	0.50	0.51	2850.79	2850.39	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:65+127.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.20	0.20	0.44	0.40	2858.07	0.11	0.26	0.58	0.58	0.50	0.55	2858.53	2858.07	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:65+193.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.20	0.20	0.44	0.40	2858.07	0.11	0.26	0.58	0.58	0.50	0.55	2859.07	2858.61	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:65+520.00	48"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.41	0.41	0.43	0.52	2281.80	0.38	0.34	0.77	0.77	0.50	0.37	2282.19	2282.07	1.55	Utilizar TMC de 48"
KM:65+596.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.20	0.20	0.44	0.40	2858.07	0.11	0.26	0.58	0.58	0.50	0.55	2858.53	2858.07	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:65+760.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.20	0.20	0.44	0.40	2858.07	0.11	0.26	0.58	0.58	0.50	0.55	2858.53	2858.07	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:65+950.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.20	0.20	0.44	0.40	2858.07	0.11	0.26	0.58	0.58	0.50	0.55	2858.53	2858.07	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:66+030.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.20	0.20	0.44	0.40	2858.07	0.11	0.26	0.58	0.58	0.50	0.55	2858.53	2858.07	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:66+248.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.20	0.20	0.44	0.40	2858.07	0.11	0.26	0.58	0.58	0.50	0.55	2858.53	2858.07	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:66+633.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.20	0.20	0.44	0.40	2858.07	0.11	0.26	0.58	0.58	0.50	0.55	2858.53	2858.07	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:66+840.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.20	0.20	0.44	0.40	2858.07	0.11	0.26	0.58	0.58	0.50	0.55	2858.53	2858.07	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:67+060.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.20	0.20	0.44	0.40	2858.07	0.11	0.26	0.58	0.58	0.50	0.55	2858.53	2858.07	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:67+240.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.20	0.20	0.44	0.40	2858.07	0.11	0.26	0.58	0.58	0.50	0.55	2858.53	2858.07	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:67+450.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.20	0.20	0.44	0.40	2858.07	0.11	0.26	0.58	0.58	0.50	0.55	2858.53	2858.07	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:67+740.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.20	0.20	0.44	0.40	2858.07	0.11	0.26	0.58	0.58	0.50	0.55	2858.53	2858.07	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:67+960.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.20	0.20	0.44	0.40	2858.07	0.11	0.26	0.58	0.58	0.50	0.55	2858.53	2858.07	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:68+210.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.20	0.20	0.44	0.40	2858.07	0.11	0.26	0.58	0.58	0.50	0.55	2858.53	2858.07	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:68+380.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.20	0.20	0.44	0.40	2858.07	0.11	0.26	0.58	0.58	0.50	0.55	2858.53	3001.52	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:68+815.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.20	0.20	0.44	0.40	2858.07	0.11	0.26	0.58	0.58	0.50	0.55	2858.53	3005.92	1.35	Utilizar TMC de 36"
KM:69+040.00	36"-TMC-CIRCULAR-MURO DE CABECERA	0.20	0.20	0.44	0.40	2858.07	0.11	0.26	0.58	0.58	0.50	0.55	2858.53	2899.99	1.35	Utilizar TMC de 36"

4.1.2.7 Diseño hidráulico de las cunetas

Los resultados se observa en la figura N°4.83 que el Q manning $> Q$ Hidrológico, por lo tanto las consideraciones adoptadas serán las características hidráulicas y geométricas.

Figura N°4.83: Cálculo de la Capacidad de Cuneta Triangular





En la Tabla N°4.22 se muestra la relación de cunetas proyectadas en el tramo I de la Carretera San Marcos .así mismo se detalla la progresiva donde se encuentran ubicadas.

Tabla N°4.22. Relación de Cunetas Proyectadas

PROGRESIVA		LONGITUD (m.)	LADO	PUNTO DESCARGA	OBSERVACION
INICIO	FINAL				
58+770	58+892	122	IZQUIERDA	58+770	ALC:KM 58+770
58+892	59+072	180	IZQUIERDA	58+892	ALC:KM 58+892
59+072	59+211	139	IZQUIERDA	59+072	ALC:KM 59+072
59+211	59+457	246	IZQUIERDA	59+211	ALC:KM 59+211
59+500	59+570	70	IZQUIERDA	59+570	ALC:KM 59+570
59+570	59+689	119	IZQUIERDA	59+689	ALC:KM 59+689
59+689	59+860	171			
59+860	60+062	202	IZQUIERDA	59+860	ALC:KM 59+860
60+080	60+150	70	IZQUIERDA	60+150	PUENTE LULICHUCO Km:60+161
60+170	60+340	170	IZQUIERDA	60+170	PUENTE LULICHUCO Km:60+162
60+340	60+519	179	IZQUIERDA	60+340	ALC:KM 60+340
60+519	60+674	155	IZQUIERDA	60+519	ALC:KM 60+519
60+674	60+786	112	IZQUIERDA	60+674	ALC:KM 60+674
60+786	60+820	34	DERECHA	60+786	ALC:KM 60+674
60+786	60+907	121	IZQUIERDA	60+786	ALC:KM 60+786
60+907	61+062	155	IZQUIERDA	60+907	ALC:KM 60+907

61+062	61+198	137	IZQUIERDA	61+062	ALC:KM 61+062
61+198	61+418	220	IZQUIERDA	61+198	BADEN KM:61+198
61+240	61+260	20	DERECHA	61+240	BAJADA
61+418	61+541	123	IZQUIERDA	61+418	ALC:KM 61+418
61+541	61+680	139	IZQUIERDA	61+541	ALC:KM 61+541
61+541	61+680	139	DERECHA	61+541	BAJADA
61+680	61+740	60	IZQUIERDA	61+740	ALC:KM 61+740
61+740	61+980	240	IZQUIERDA	61+980	ALC:KM 61+980
61+770	61+800	30	DERECHA	61+800	BAJADA
61+980	62+118	138	IZQUIERDA	62+118	ALC:KM 62+118
62+118	62+320	202	IZQUIERDA	62+320	ALC:KM:62+320
62+320	62+460	140	IZQUIERDA	62+320	ALC:KM:62+320
62+360	62+458	98	DERECHA	62+458	ALC:KM:62+320
62+458	62+671	213	IZQUIERDA	62+460	ALC:KM 62+458
62+671	62+855	184	IZQUIERDA	62+671	PONTON KM:62+671
62+680	62+740	60	DERECHA	62+680	BAJADA
62+855	62+920	65	DERECHA	62+855	ALC:KM 62+855
62+855	62+960	105	IZQUIERDA	62+855	ALC:KM 62+855
62+980	63+040	60	DERECHA	62+980	BAJADA
63+090	63+260	170	IZQUIERDA	63+040	ALC:KM 63+090
63+070	63+080	10	DERECHA	63+070	BAJADA
63+180	63+200	20	DERECHA	63+180	BAJADA
63+240	63+260	20	DERECHA	63+240	BAJADA
63+260	63+300	40	DERECHA	63+260	ALC:KM 63+260
63+260	63+434	174	IZQUIERDA	63+260	ALC:KM 63+260
63+330	63+410	80	DERECHA	63+330	BAJADA
63+434	63+527	93	IZQUIERDA	63+434	ALC:KM 63+434
63+527	63+762	235	IZQUIERDA	63+527	ALC:KM 63+527
63+762	63+869	107	IZQUIERDA	63+762	ALC:KM 63+762
63+762	63+869	107	DERECHA	63+762	ALC:KM 63+762
63+869	64+139	270	DERECHA	63+869	ALC:KM 63+869
64+139	64+317	178	DERECHA	64+139	ALC:KM 63+139
64+317	64+428	111	DERECHA	64+317	ALC:KM 64+317
64+428	64+564	138	DERECHA	64+428	ALC:KM 64+428
64+564	64+643	79	DERECHA	64+564	ALC:KM 64+564
64+643	64+915	272	DERECHA	64+643	ALC:KM 64+643
64+915	65+127	212	DERECHA	64+915	ALC:KM 64+915
65+127	65+193	66	DERECHA	65+127	ALC:KM 65+127
65+193	65+410	217	IZQUIERDA	65+193	ALC:KM 65+193
65+410	65+520	110	IZQUIERDA	65+520	ALC KM: 65+520
65+520	65+596	76			

65+596	65+760	164	IZQUIERDA	65+596	ALC:KM 65+596
65+760	65+850	90	IZQUIERDA	65+760	ALC:KM:65+760
65+850	65+950	100	DERECHA	65+850	BAJADA
65+950	66+030	80	DERECHA	65+950	ALC:KM 65+950
66+030	66+248	218	DERECHA	66+030	ALC:KM:66+030
66+248	66+428	180	DERECHA	66+248	ALC:KM:66+248
66+428	66+633	205	DERECHA	66+428	ALC:KM:66+428
66+633	66+840	207	IZQUIERDA	66+633	ALC:KM 66+633
66+840	67+060	220	IZQUIERDA	66+840	ALC:KM 66+840
67+060	67+240	180	IZQUIERDA	67+060	ALC:KM 67+060
67+240	67+450	210	IZQUIERDA	67+240	ALC:KM 67+240
67+450	67+740	290	IZQUIERDA	67+450	ALC:KM:67+450
67+480	67+730	250	DERECHA	67+480	BAJADA
67+740	67+960	220	IZQUIERDA	67+740	ALC:(KM:67+740)
67+730	67+820	90	DERECHA	67+730	BAJADA
67+840	67+860	20	DERECHA	67+840	BAJADA
67+960	68+210	250	IZQUIERDA	67+960	ALC: (KM:67+960)
68+210	68+380	170	IZQUIERDA	68+210	ALC: (KM:68+210)
68+300	68+310	10	DERECHA	68+300	BAJADA (KM:68+300)
68+380	68+589	209	IZQUIERDA	68+380	ALC: (KM:68+380)
68+420	68+440	20	DERECHA	68+420	BAJADA (KM:68+420)
68+520	68+560	40	DERECHA	68+520	BAJADA (KM:68+520)
68+580	68+589	9	DERECHA	68+580	BAJADA (KM:68+580)
68+589	68+815	226	IZQUIERDA	68+815	ALC: (KM:68+815)
68+815	69+040	225	IZQUIERDA	69+040	ALC:(KM:69+040)
68+830	68+860	30	DERECHA	68+860	BAJADA (KM:68+860)
68+880	68+890	10	DERECHA	68+890	BAJADA (KM:68+890)
68+940	69+020	80	DERECHA	69+020	BAJADA(KM:69+020)
69+040	69+146	106	IZQUIERDA	69+146	ALC:(KM:69+146)
69+100	69+120	20	DERECHA	69+120	BAJADA (KM:69+120)
69+146	69+301	155	IZQUIERDA	69+301	ALC (KM:69+301)

Elaboración Propia

4.1.2.8 Diseño hidráulico de badenes

En la tabla N°4.23 se muestra los resultados del caudal máximo Qm en TRAMO I de la carretera SAN MARCOS.

Tabla N°4.23. Caudales Máximo Para Badén Existente

N°	PROGRESIVA	CUENCA	ESTRUCTURA EXISTENTE	CAUDAL HIDROLÓGICO
				Q (m3/seg)
1	61+220	BADÉN	BADÉN CONCRETO	3.03

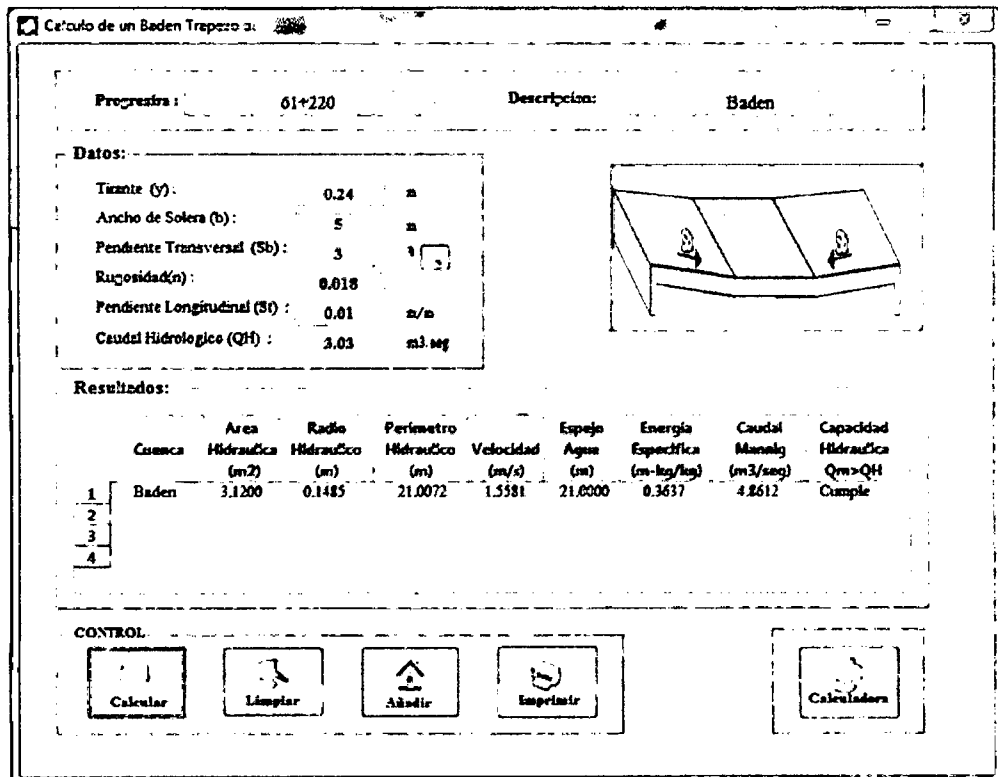
Elaboración: Propia

4.1.2.8.1 Capacidad de descarga de badén existente.

En resultados mostrados en la Figura N°4.84 del badén existente en el TRAMO-I de la carretera SAN MARCOS se demostró que el Caudal Hidrológico es menor que el Caudal Manning por lo tanto cumple con las condiciones hidráulicas.

Se determinó que el tirante máximo no supera los 0.30 mt facilitando de esta manera el tráfico de vehículos.

Figura N°4.84



Elaboración: Propia

4.1.2.9 Diseño hidráulico de puentes y pontones.

En la tabla N°4.24 se muestra el resumen de los resultados del caudal máximo Qm calculados en la primera parte del estudio hidrológico en el TRAMO I de la carretera SAN MARCOS.

Tabla N°4.24: Caudales Máximo para Puentes y Pontones Existentes

N°	PROGRESIVA	CUENCA	ESTRUCTURA EXISTENTE	CAUDAL HIDROLOGICO
				Q (m3/seg)
1	60+161	LULICHUCO	PONTO DE MADERA 8.20 X 6.30 MT	108.4
2	62+671	QDA CAJIKUES	PONTON DE MADERA 4.50 X 3.60 MT	8.31
3	74+205	LAS GAMARAS	PONTON DE MADERA 6.90 X 4.40 MT	38.2
4	75+062	SAN MIGUEL	ALC. MADERA 3.20 X 3.80 MT	5.7

Elaboración: Propia

4.1.2.9.1. Capacidad de descarga de puentes y pontones existentes

En la tabla N°4.25 se muestra que la capacidad hidráulica de los puentes y pontones existentes en el TRAMO-I de la carretera SAN MARCOS no cumple. Por lo tanto Q (mannig) < Q (hidrológico) lo cual se remplazar por una estructuras hidráulica de mayor dimensiones.

Tabla N°4.25. Capacidad de Puentes y Pontones Existentes

N°	PROGRESIVA	CUENCA	MENSIONES GEOMETRICA			MANNING					
			L	H	TIRANTE=0.0H	PENDIENTE	RUGOSIDAD	RADIO HIDRAULICO	AREA HIDRAULICA	CAUDAL	CAPACIDAD
						S	n	R	A	Q	HIDRAULICA
1	60+161	LULICHUCO	8.20	6.30	5.04	0.06	0.035	2.26	41.33	61.02	NO CUMPLE
2	62+671	QDA. CAJIKUES	4.50	3.60	2.88	0.02	0.035	1.26	12.96	4.33	NO CUMPLE
3	74+205	LAS GAMARAS	6.90	4.4	3.52	0.02	0.035	1.74	24.29	10.05	NO CUMPLE
4	75+062	SAN MIGUEL	3.20	3.8	3.04	0.02	0.035	1.05	9.73	2.87	NO CUMPLE

Elaboración: Propia

4.1.2.9.2. Dimensionamiento de puentes y pontones a remplazar

En la tabla N°4.26 se muestra el dimensionamiento de los puentes y pontones en el TRAMO-I de la carretera SAN MARCOS.

Tabla N°4.26. Dimensiones de Estructura en Régimen Crítico

Tipo	Luz (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Caudal crítico (m ³ /s)	Velocidad crítica (m/s)	Pendiente crítica (%)
Puente	12.0	4.0	32.0	163.2	5.1	0.26
Pontón	7.0	4.0	18.7	95.2	5.1	0.34
Pontón	6.0	4.0	16.0	81.6	5.1	0.37

Elaboración: Propia

Tabla N°4.27. Capacidad de Descarga de Puente y Pontones a Reemplazar

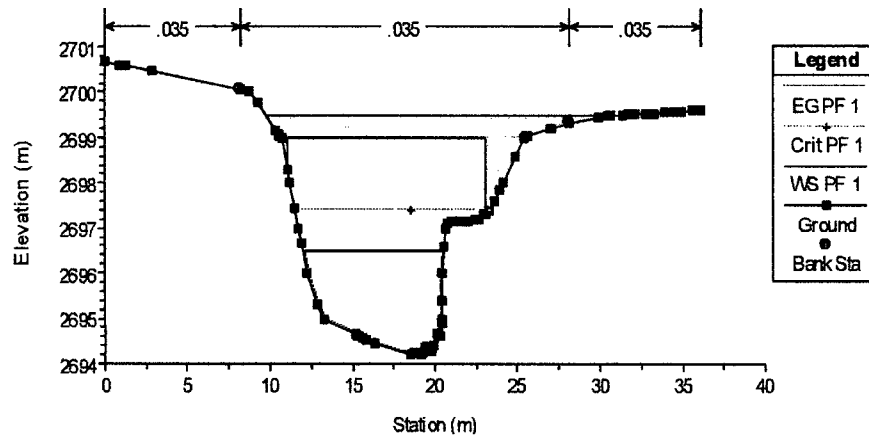
N°	Cuenca	Km.	Estructura existente BxH	Estructura propuesta Dimensiones mínimas	Caudal Hidrológico Qm. (m ³ /s)	Caudal de diseño Qd (m ³ /s)	Verificación Qd>Qm
1	Lulichuco	60+161	Pontón de madera 8.20x6.30 m	Puente L=12.0 m	108.4	163.2	Cumple
2	Cajiques	62+671	Alc.Madera 4.50x3.60 m	Pontón L=6.0 m	8.3	81.6	Cumple
3	Las Gamarras	74+205	Pontón de madera 6.90x4.40 m	Puente L=12.0m	38.2	95.2	Cumple
4	San Miguel	75+062	Alc. Madera 3.20x3.80 m	Pontón L=6.0m	4.9	81.6	Cumple

Elaboración: Propia

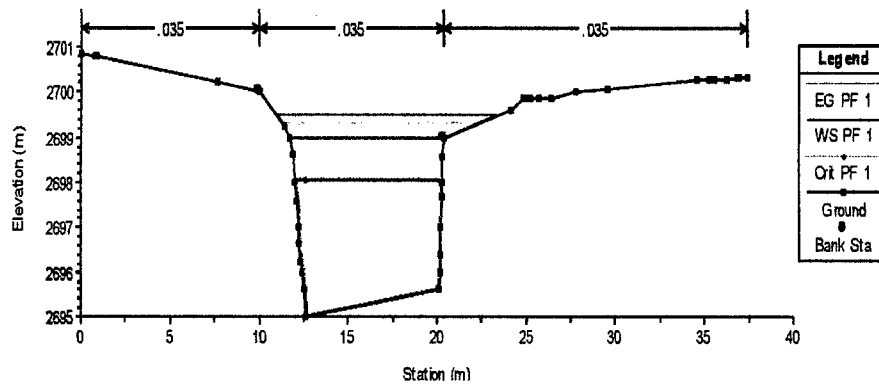
4.1.2.9.3. Modelamiento de puentes y pontones

A. Modelamiento Puente Projectado LULICHUCO L=12 mt (Km.60+161)

AGUAS ARRIBA



AGUAS ABAJO



VISTA ISOMETRICA

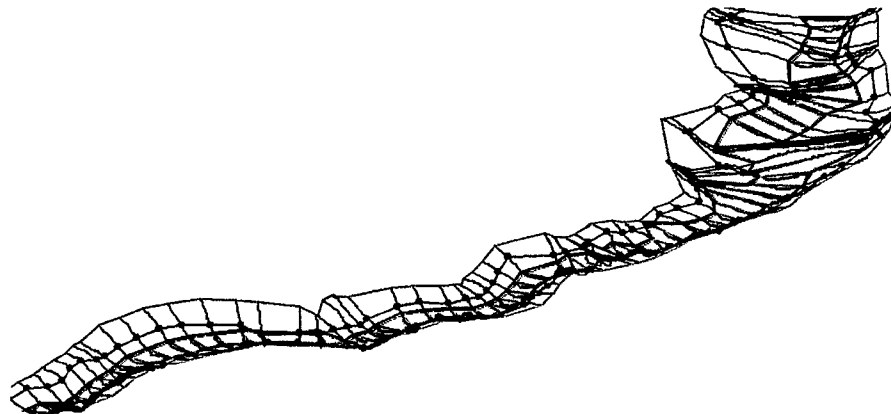


Tabla N°4.28: Modelamiento Hidráulico Puente Lulichuco KM: 60+161 (L=12mt)

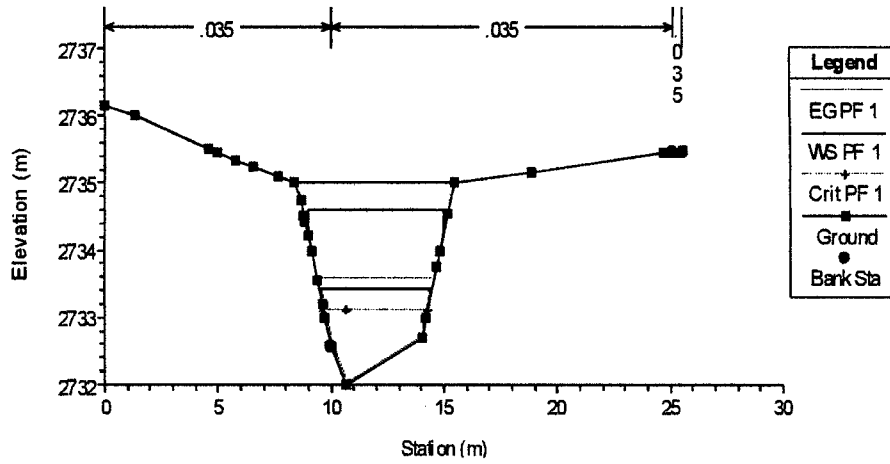
Perfil Hidráulico para Periodo de Retorno de 143 AÑOS

Estación del Rio	Q Total (m3/s)	Cota (msnm)		Tirante, en el eje cauce (m)	E.G. Elev (msnm)	Pendiente (m/m)	Velocidad (m/s)	Area (m2)	Ancho (m)	N°Froude
		Cauce	NAME							
645.84	108.40	2719.00	2720.42	1.42	2723.62	0.09	7.92	13.69	14.88	2.64
633.72	108.40	2717.48	2719.11	1.63	2722.51	0.09	8.16	13.28	13.86	2.66
621.72	108.40	2717.00	2718.73	1.73	2721.39	0.06	7.23	15.00	14.35	2.26
612.85	108.40	2715.29	2716.71	1.42	2720.59	0.09	8.80	12.61	13.11	2.74
597.72	108.40	2714.06	2716.11	2.05	2719.18	0.07	7.76	13.96	11.95	2.29
588.62	108.40	2714.75	2716.47	1.72	2718.43	0.03	6.23	17.82	15.16	1.72
572.15	108.40	2711.17	2712.50	1.33	2717.15	0.13	9.87	11.64	13.53	3.17
561.72	108.40	2709.80	2711.21	1.41	2715.74	0.14	9.44	11.58	13.92	3.21
549.72	108.40	2707.55	2708.87	1.32	2713.99	0.15	10.02	10.82	11.90	3.35
541.09	108.40	2706.31	2707.80	1.49	2712.60	0.15	9.71	11.17	13.07	3.35
524.90	108.40	2705.00	2706.62	1.62	2710.29	0.10	8.49	12.76	13.56	2.79
513.72	108.40	2704.00	2706.24	2.24	2709.22	0.06	7.65	14.18	11.76	2.22
501.04	108.40	2703.00	2704.92	1.92	2708.30	0.08	8.14	13.31	12.15	2.48
489.72	108.40	2702.00	2703.95	1.95	2707.41	0.08	8.25	13.14	11.68	2.48
477.07	108.40	2701.00	2702.69	1.69	2706.36	0.09	8.49	12.77	12.04	2.63
465.72	108.40	2699.16	2701.04	1.88	2705.27	0.09	9.11	11.89	10.54	2.74
453.72	108.40	2698.00	2699.70	1.70	2704.08	0.10	9.27	11.70	10.64	2.82
441.62	108.40	2697.00	2698.77	1.77	2702.79	0.09	8.88	12.21	11.20	2.71
431.22	108.40	2697.00	2698.13	1.13	2701.63	0.10	8.29	13.08	14.20	2.76
415.81	108.40	2696.00	2698.14	2.14	2700.34	0.04	6.57	16.49	11.96	1.79
408.80	108.40	2695.00	2699.18	4.18	2699.47	0.00	2.37	45.79	17.90	0.47
397.81	108.40	2695.00	2698.16	3.16	2699.33	0.01	4.79	22.65	8.28	0.92
394.00	Bridge									
380.43	108.40	2694.19	2697.40	3.21	2698.44	0.01	4.51	24.04	11.78	1.01
369.72	108.40	2692.00	2694.11	2.11	2697.83	0.08	8.54	12.69	11.23	2.56
357.72	108.40	2691.00	2693.56	2.56	2696.78	0.07	7.95	13.64	11.20	2.30
347.02	108.40	2691.00	2692.35	1.35	2695.88	0.10	8.32	13.05	15.95	2.75
333.60	108.40	2690.00	2691.49	1.49	2694.50	0.09	7.69	14.09	15.49	2.58
321.59	108.40	2689.00	2690.49	1.49	2693.51	0.08	7.70	14.08	14.89	2.53
311.67	108.40	2688.00	2689.61	1.61	2692.69	0.08	7.78	13.94	14.49	2.53
299.13	108.40	2687.00	2687.78	0.78	2691.22	0.17	8.22	13.18	22.62	3.44
287.49	108.40	2686.00	2687.01	1.01	2689.15	0.12	6.48	16.74	32.07	2.86
275.55	108.40	2685.11	2686.30	1.19	2687.73	0.08	5.28	20.52	39.98	2.35
261.39	108.40	2683.27	2684.85	1.58	2686.65	0.06	5.95	18.22	24.27	2.19
250.12	108.40	2683.00	2684.22	1.22	2685.94	0.06	5.82	18.63	23.28	2.08
238.18	108.40	2682.00	2682.91	0.91	2684.93	0.13	6.29	17.23	36.48	2.92
228.97	108.40	2681.00	2681.79	0.79	2683.46	0.17	5.73	18.93	54.68	3.11
209.40	108.40	2680.57	2681.36	0.79	2681.92	0.03	3.33	32.57	61.55	1.46
204.95	108.40	2680.11	2680.87	0.76	2681.72	0.05	4.07	26.61	52.69	1.83
176.69	108.40	2678.57	2679.86	1.29	2680.71	0.03	4.07	26.62	32.39	1.43
164.62	108.40	2678.00	2679.00	1.00	2680.25	0.05	4.94	21.94	31.27	1.88
154.70	108.40	2677.33	2678.35	1.02	2679.73	0.05	5.19	20.88	29.85	1.98
139.32	108.40	2676.16	2677.01	0.85	2678.68	0.08	5.72	18.94	32.75	2.40

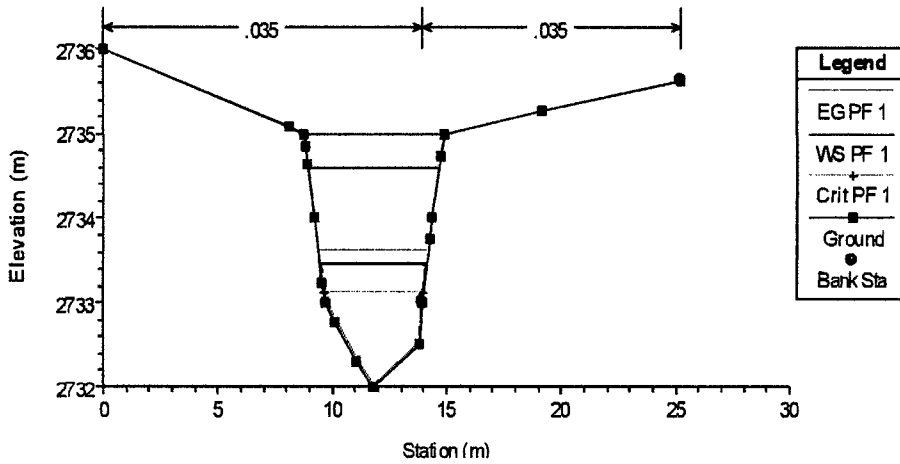
Cota subrasante	2700.00	msnm
Cota fondo de cauce	2694.65	msnm
NAME	2698.16	msnm
NAMIN	2695.70	msnm

B. Modelamiento pontón proyectado CAJIKUES (Km.62+671)

AGUAS ARRIBA



AGUAS ABAJO



VISTA ISOMÉTRICA

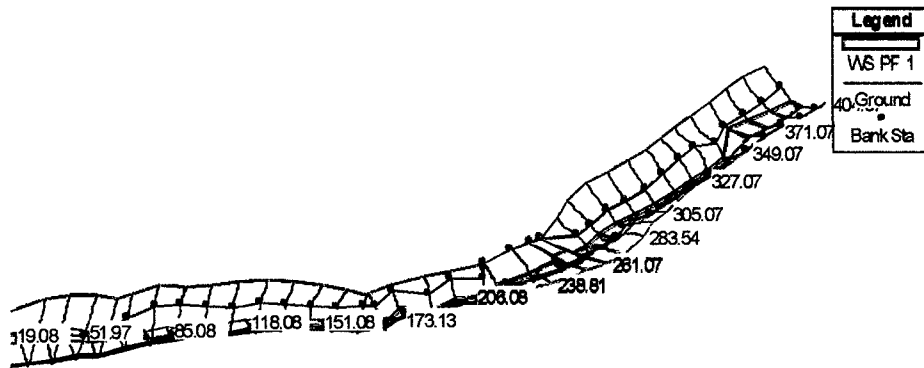


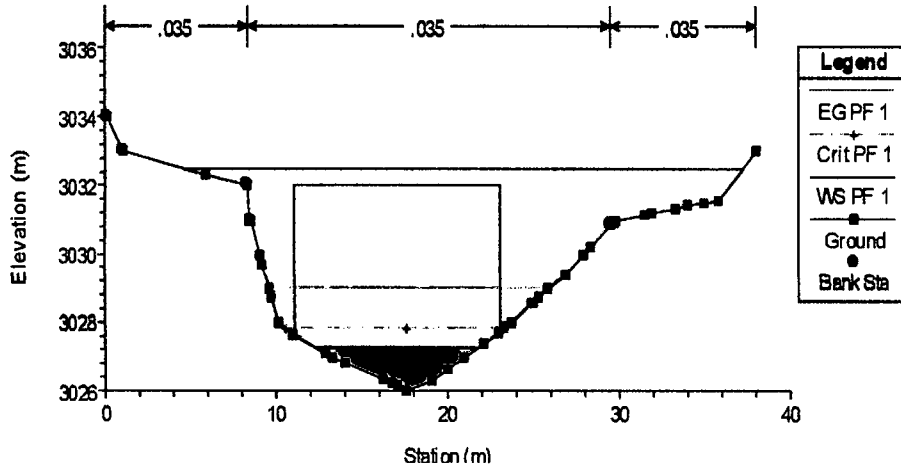
Tabla N°4.30: Modelamiento Hidráulico Pontón de Cajiques KM: 62+671
(L=6.0mt) Perfil Hidráulico para Periodo de Retorno de 143 años

Estación del Rio	Q Total (m3/s)	Cota (msnm)		Tirante, en el eje cauce (m)	E.G. Elev (msnm)	Pendiente (m/m)	Velocidad (m/s)	Area (m2)	Ancho (m)	N°Froude
		Cauce	NAME							
404.07	8.30	2740.00	2740.96	0.96	2741.39	0.029303	2.89	2.87	6.02	1.33
393.07	8.30	2740.00	2740.69	0.69	2741.02	0.032516	2.54	3.26	9.28	1.37
382.07	8.30	2740.00	2740.79	0.79	2740.86	0.003245	1.16	7.14	11.57	0.47
371.07	8.30	2740.00	2740.59	0.59	2740.78	0.017698	1.92	4.32	11.93	1.02
359.31	8.30	2736.00	2736.56	0.56	2739.90	0.360303	8.11	1.02	2.81	4.28
349.07	8.30	2735.74	2736.25	0.51	2737.32	0.112939	4.58	1.81	5.20	2.48
338.07	8.30	2735.00	2736.11	1.11	2736.62	0.026656	3.15	2.64	4.10	1.25
327.07	8.30	2734.00	2735.21	1.21	2736.15	0.059613	4.31	1.93	3.15	1.76
316.07	8.30	2733.74	2734.37	0.63	2735.39	0.079568	4.47	1.86	4.17	2.14
305.07	8.30	2733.00	2733.94	0.94	2734.65	0.045326	3.73	2.23	4.19	1.63
295.36	8.30	2733.00	2733.80	0.80	2734.24	0.027180	2.94	2.82	5.34	1.29
283.54	8.30	2732.00	2733.65	1.65	2733.71	0.001924	1.12	7.44	8.14	0.37
272.07	8.30	2732.00	2733.55	1.55	2733.68	0.003976	1.59	5.23	5.19	0.50
261.07	8.30	2733.00	2733.47	0.47	2733.63	0.004693	0.39	4.72	4.68	0.26
250.00	Bridge			0.00						
238.81	8.30	2732.00	2733.10	1.10	2733.46	0.015486	2.66	3.18	4.63	1.00
228.08	8.30	2729.00	2729.73	0.73	2732.76	0.261435	7.72	1.08	2.18	3.50
217.08	8.30	2728.00	2729.11	1.11	2730.59	0.102327	5.39	1.54	2.53	2.20
206.08	8.30	2727.00	2727.82	0.82	2729.37	0.118089	5.52	1.50	3.10	2.53
195.08	8.30	2726.47	2727.35	0.88	2728.28	0.060943	4.26	1.95	3.64	1.86
184.08	8.30	2726.00	2726.81	0.81	2727.58	0.057126	3.89	2.13	4.56	1.82
173.13	8.30	2725.00	2725.97	0.97	2726.89	0.066498	4.26	1.95	3.93	1.93
162.16	8.30	2724.00	2725.12	1.12	2726.15	0.066829	4.50	1.85	3.12	1.87
151.08	8.30	2723.00	2723.75	0.75	2725.18	0.110639	5.29	1.57	3.34	2.46
140.08	8.30	2722.00	2722.67	0.67	2724.00	0.098756	5.11	1.62	3.28	2.32
129.08	8.30	2720.55	2721.33	0.78	2722.82	0.113430	5.41	1.53	3.15	2.48
118.08	8.30	2719.00	2719.93	0.93	2721.50	0.125914	5.55	1.50	3.16	2.57
107.08	8.30	2717.00	2717.86	0.86	2719.85	0.170476	6.25	1.33	2.94	2.97
96.08	8.30	2716.00	2716.68	0.68	2718.16	0.116968	5.39	1.54	3.30	2.52
85.08	8.30	2713.52	2714.15	0.63	2716.43	0.198807	6.69	1.24	2.84	3.23
74.08	8.30	2711.00	2711.70	0.70	2714.11	0.223375	6.87	1.21	2.90	3.40
63.08	8.30	2708.71	2709.38	0.67	2711.48	0.238166	6.41	1.29	3.92	3.56
51.97	8.30	2705.78	2706.26	0.48	2708.71	0.270684	6.94	1.20	3.51	3.80
41.08	8.30	2703.00	2703.57	0.57	2705.97	0.232445	6.86	1.21	2.94	3.42
30.08	8.30	2699.58	2700.20	0.62	2703.18	0.265725	7.65	1.09	2.39	3.63
19.08	8.30	2696.99	2697.57	0.58	2700.30	0.244398	7.33	1.13	2.46	3.45
8.08	8.30	2695.00	2696.15	1.15	2698.04	0.141983	6.09	1.36	1.98	2.34

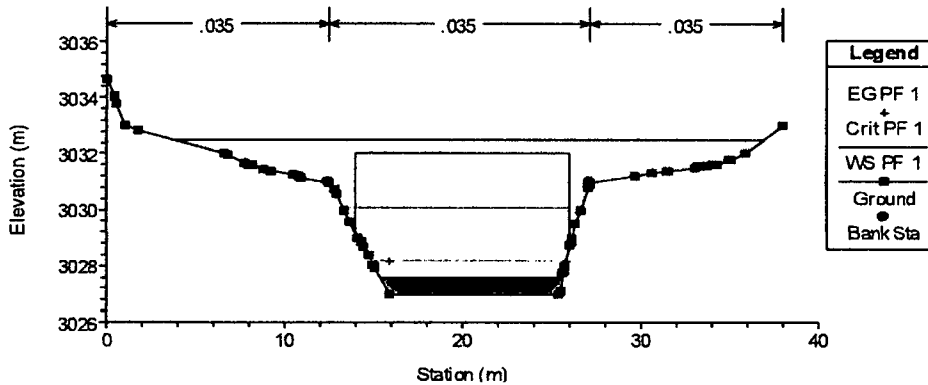
Cota subrasante 2734.60 msnm
Cota fondo de cauce 2732.20 msnm
NAME 2733.47 msnm
NAMIN 2732.50 msnm

C. Modelamiento puente proyectado las gamarras L=12 mt
(Km.74+214)

AGUAS ABAJO



AGUAS ARRIBA



VISTA ISOMÉTRICA

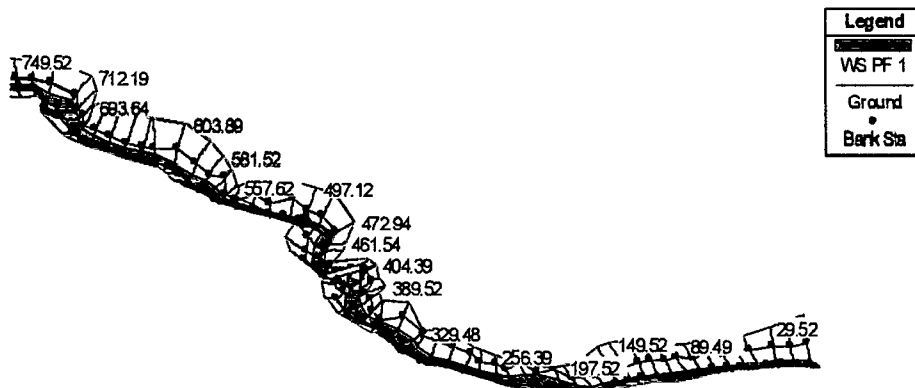


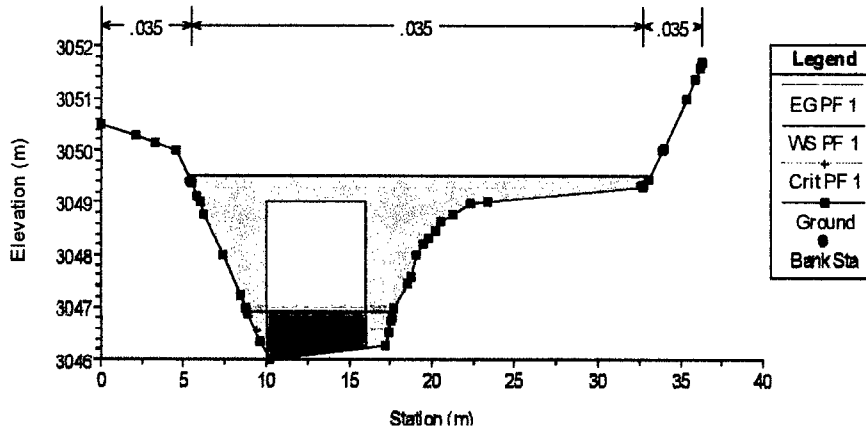
Tabla N°4.30: Modelamiento Hidráulico Puente Las Gamarras KM: 74+205
(L=12mt) Perfil Hidráulico para Periodo de Retorno de 143 AÑOS

Estación del Río	Q Total (m3/s)	Cota (msnm)		Tirante, en el eje cauce (m)	E.G. Elev (msnm)	Pendiente (m/m)	Velocidad (m/s)	Area (m2)	Ancho (m)	N°Froude
		Cauce	NAME							
628.31	38.20	3050.00	3051.23	1.23	3052.76	0.054483	5.47	6.98	8.96	1.98
616.77	38.20	3048.00	3049.27	1.27	3051.80	0.108487	7.04	5.42	7.93	2.72
603.89	38.20	3045.00	3046.63	1.63	3050.14	0.135290	8.31	4.60	5.26	2.84
591.65	38.20	3042.00	3043.28	1.28	3047.97	0.212656	9.60	3.98	5.74	3.68
581.52	38.20	3042.00	3042.77	0.77	3045.50	0.164640	7.32	5.22	10.17	3.26
569.69	38.20	3041.00	3042.26	1.26	3043.95	0.072007	5.77	6.62	9.72	2.23
557.62	38.20	3040.00	3041.31	1.31	3043.14	0.061065	5.99	6.38	7.52	2.08
545.27	38.20	3038.00	3039.88	1.88	3042.25	0.074832	6.83	5.59	5.67	2.20
533.52	38.20	3037.00	3038.21	1.21	3041.12	0.115224	7.56	5.06	6.78	2.79
521.52	38.20	3035.50	3036.62	1.12	3039.73	0.113445	7.81	4.89	6.04	2.77
508.37	38.20	3034.00	3034.96	0.96	3038.09	0.137541	7.84	4.87	7.20	3.04
497.12	38.20	3033.00	3034.49	1.49	3036.78	0.068805	6.70	5.70	5.70	2.14
488.17	38.20	3032.10	3033.98	1.88	3036.15	0.064181	6.52	5.86	5.52	2.02
472.94	38.20	3032.70	3034.70	2.00	3035.31	0.013510	3.47	11.02	9.33	1.02
461.54	38.20	3031.00	3032.31	1.31	3034.80	0.094889	6.99	5.47	7.15	2.55
449.52	38.20	3030.00	3031.54	1.54	3033.73	0.071605	6.55	5.83	6.56	2.22
439.25	38.20	3029.00	3030.05	1.05	3032.72	0.127550	7.24	5.29	8.66	2.93
424.24	38.20	3027.74	3028.90	1.16	3031.15	0.075042	6.65	5.74	6.31	2.23
413.70	38.20	3027.00	3027.56	0.56	3030.05	0.148546	6.98	5.47	10.15	3.04
409.00	Bridge			0.00						
404.39	38.20	3026.00	3027.34	1.34	3028.88	0.062212	5.51	6.93	9.82	2.09
395.93	38.20	3025.00	3027.02	2.02	3028.44	0.038163	5.27	7.25	6.70	1.62
389.52	38.20	3025.00	3026.10	1.10	3028.05	0.075998	6.18	6.18	8.30	2.29
377.50	38.20	3024.00	3024.90	0.90	3026.93	0.114131	6.32	6.05	11.18	2.74
365.07	38.20	3022.32	3023.29	0.97	3025.49	0.115319	6.57	5.82	10.14	2.77
353.36	38.20	3020.37	3021.38	1.01	3024.07	0.117524	7.27	5.26	7.85	2.83
341.74	38.20	3018.97	3019.65	0.68	3022.49	0.156681	7.47	5.12	9.27	3.21
329.48	38.20	3017.56	3018.25	0.69	3020.43	0.147262	6.54	5.84	12.55	3.06
319.04	38.20	3016.00	3016.86	0.86	3019.00	0.125587	6.48	5.89	11.35	2.87
305.52	38.20	3013.92	3014.68	0.76	3017.13	0.147829	6.94	5.50	10.80	3.10
293.52	38.20	3012.00	3013.50	1.50	3015.75	0.085086	6.65	5.75	7.47	2.42
281.52	38.20	3011.00	3012.27	1.27	3014.62	0.103265	6.79	5.63	8.30	2.63
269.52	38.20	3010.00	3011.42	1.42	3013.45	0.078003	6.31	6.05	8.02	2.32
256.39	38.20	3008.04	3009.26	1.22	3012.04	0.140761	7.38	5.18	8.70	3.05
247.29	38.20	3006.50	3007.27	0.77	3010.46	0.204431	7.92	4.82	9.88	3.62
233.52	38.20	3003.92	3004.39	0.47	3007.19	0.257680	7.41	5.15	14.02	3.90
222.31	38.20	3001.89	3002.34	0.45	3004.40	0.204798	6.35	6.01	17.40	3.45
209.52	38.20	2999.61	3000.35	0.74	3002.27	0.133681	6.13	6.23	13.74	2.91
197.52	38.20	2997.10	2998.03	0.93	3000.62	0.128863	7.14	5.35	8.95	2.95
185.52	38.20	2994.38	2995.06	0.68	2998.54	0.223766	8.26	4.62	9.51	3.78
173.52	38.20	2992.00	2993.23	1.23	2996.38	0.135248	7.87	4.86	7.04	3.02
160.95	38.20	2990.00	2991.91	1.91	2994.94	0.094429	7.72	4.95	4.54	2.36
149.52	38.20	2989.00	2990.49	1.49	2993.75	0.109627	8.00	4.77	5.11	2.64
135.95	38.20	2987.00	2988.20	1.20	2991.98	0.148311	8.62	4.43	5.74	3.13

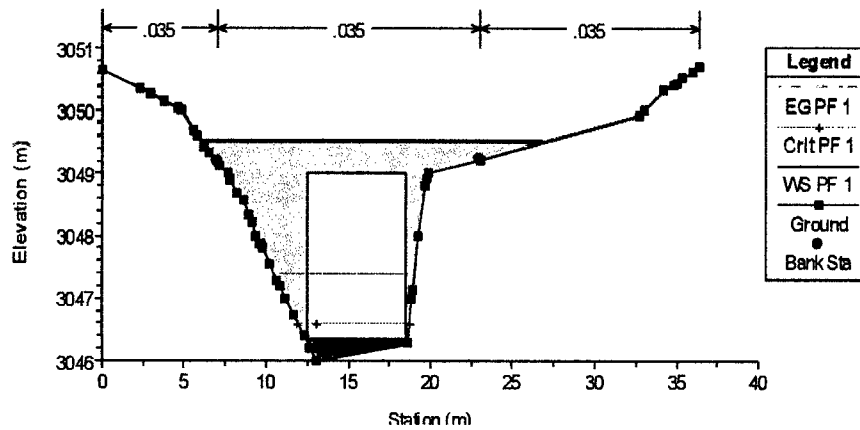
Cota subrasante 3032.02 msnm
Cota fondo de cauce 3026.12 msnm
NAME 3027.56 msnm
NAMIN 3026.75 msnm

D. Modelamiento del pontón San Miguel (Km.75+060)

AGUAS ABAJO



AGUAS ARRIBA



VISTA ISOMÉTRICA

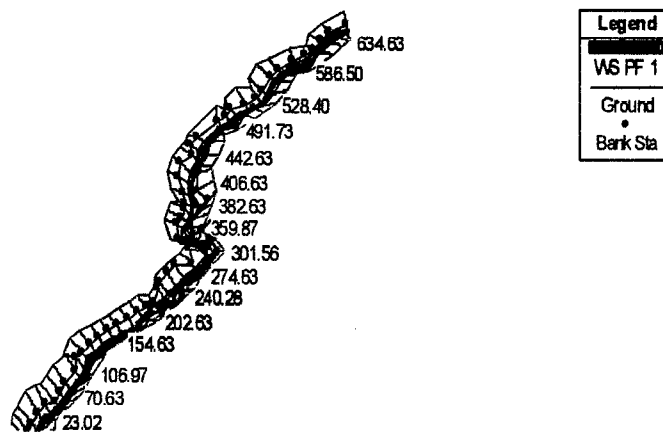


Tabla N°4.31: Modelamiento Hidráulico Pontón San Miguel KM: 75+062
(L=6 m) Perfil Hidráulico para Periodo de Retorno de 143 años

Estación del Río	Q Total (m3/s)	Cota (msnm)		Tirante, en el eje cauce (m)	E.G. Elev (msnm)	Pendiente (m/m)	Velocidad (m/s)	Area (m2)	Ancho (m)	N°Froude
		Cauce	NAME							
575.30	5.70	3085.00	3085.24	0.24	3085.91	0.371259	3.80	1.59	16.89	3.79
561.96	5.70	3081.97	3082.39	0.42	3083.37	0.147934	4.39	1.30	5.04	2.76
552.42	5.70	3079.93	3080.29	0.36	3081.60	0.229578	5.07	1.12	4.90	3.38
538.63	5.70	3076.08	3076.58	0.50	3078.34	0.253285	5.88	0.97	3.56	3.59
528.40	5.70	3074.00	3074.59	0.59	3076.04	0.185387	5.34	1.07	3.45	3.07
514.63	5.70	3073.00	3073.72	0.72	3074.42	0.063951	3.70	1.54	3.94	1.89
502.63	5.70	3072.00	3072.28	0.28	3073.14	0.200094	4.11	1.39	7.51	3.06
491.73	5.70	3070.44	3070.88	0.44	3071.58	0.102445	3.71	1.54	5.87	2.31
481.62	5.70	3069.00	3069.44	0.44	3070.34	0.143177	4.20	1.36	5.53	2.70
464.34	5.70	3064.81	3065.12	0.31	3066.56	0.320634	5.31	1.07	5.67	3.89
454.63	5.70	3062.19	3062.60	0.41	3063.96	0.222818	5.18	1.10	4.53	3.35
442.63	5.70	3060.00	3060.63	0.63	3061.80	0.141476	4.80	1.19	3.76	2.73
429.74	5.70	3058.00	3058.48	0.48	3059.70	0.189891	4.88	1.17	4.65	3.11
418.63	5.70	3055.47	3055.91	0.44	3057.33	0.219937	5.28	1.08	4.26	3.35
406.63	5.70	3053.00	3053.38	0.38	3054.72	0.210517	5.12	1.11	4.43	3.26
394.28	5.70	3050.46	3050.70	0.24	3051.73	0.262146	4.49	1.27	7.43	3.47
382.63	5.70	3049.00	3049.54	0.54	3050.18	0.071339	3.54	1.61	4.93	1.97
370.63	5.70	3048.00	3048.96	0.96	3049.53	0.039998	3.35	1.70	3.24	1.48
359.87	5.70	3048.00	3048.71	0.71	3049.12	0.029335	2.82	2.02	4.24	1.31
342.85	5.70	3047.00	3047.80	0.80	3047.82	0.000556	0.53	10.75	14.93	0.20
333.90	5.70	3047.00	3047.63	0.63	3047.79	0.018861	1.78	3.20	10.25	1.02
327.72	5.70	3046.00	3046.35	0.35	3047.41	0.225735	4.58	1.25	6.22	3.27
311.00	Bridge			0.00						
301.56	5.70	3046.00	3046.53	0.53	3046.72	0.018024	1.93	2.95	7.95	1.01
286.63	5.70	3044.00	3044.45	0.45	3045.31	0.140605	4.12	1.38	5.74	2.68
274.63	5.70	3043.00	3043.55	0.55	3044.09	0.066798	3.26	1.75	5.85	1.90
262.63	5.70	3041.92	3042.26	0.34	3043.02	0.117586	3.87	1.47	5.85	2.46
250.63	5.70	3040.00	3040.46	0.46	3041.42	0.147818	4.35	1.31	5.13	2.75
240.28	5.70	3039.00	3041.04	2.04	3041.05	0.000280	0.48	11.90	11.05	0.15
225.02	5.70	3038.00	3041.04	3.04	3041.05	0.000124	0.35	16.16	11.94	0.10
214.63	5.70	3040.00	3040.81	0.81	3041.03	0.017588	2.04	2.80	6.88	1.02
202.63	5.70	3039.37	3040.02	0.65	3040.62	0.063367	3.45	1.65	4.74	1.86
190.63	5.70	3036.46	3036.89	0.43	3039.01	0.326048	6.44	0.89	3.42	4.04
177.86	5.70	3035.90	3036.46	0.56	3036.97	0.063246	3.13	1.82	6.17	1.84
166.63	5.70	3035.00	3035.41	0.41	3036.13	0.083490	3.76	1.52	4.76	2.12
154.63	5.70	3035.00	3035.60	0.60	3035.81	0.017481	2.01	2.84	7.18	1.02
142.63	5.70	3034.00	3034.61	0.61	3035.35	0.089956	3.80	1.50	4.88	2.19
132.49	5.70	3033.00	3033.39	0.39	3034.27	0.125601	4.15	1.37	5.10	2.55
118.93	5.70	3031.00	3031.64	0.64	3032.63	0.114067	4.41	1.29	3.97	2.47
106.97	5.70	3029.00	3029.61	0.61	3031.02	0.152668	5.26	1.08	3.08	2.63
94.29	5.70	3026.16	3026.75	0.59	3028.66	0.220484	6.12	0.93	2.75	3.36
82.63	5.70	3024.55	3025.03	0.48	3026.34	0.154923	5.07	1.12	3.51	2.86
70.63	5.70	3023.00	3023.57	0.57	3024.55	0.127783	4.39	1.30	4.36	2.57

Cota subrasante 3049.00 msnm
Cota fondo de cauce 3045.33 msnm
NAME 3046.53 msnm
NAMIN 3046.00 msnm

4.1.3 Hidráulica fluvial

4.1.3.1 Socavación de alcantarillas

Los resultados de socavación para cada una de las alcantarillas se obtiene de forma similar, lo cual se muestra la Figura N° 4.85 (alcantarilla Km: 58+892.00) un modelo de cálculo para obtener la socavación en alcantarillas y en la tabla N° 4.32 se muestra el resumen general.

Figura N°4.85

Diseño de Socavación de Alcantarillas en Suelos No Cohesivos

Tramo : **KM: 58+892.00** Diseñado **Bach. Juan Carlos Cabañero Corderi**

Datos de Ingreso		Resultados :	
Caudal Diseño	0.203 m ³ /s	G específica de material :	2.5
Velocidad de Salida	1.347 m/s	Tirante Normal (Yn) :	0.258 m
Diametro (D) :	0.60 m	Angulo de Talud Ribera	2 g°
Tiempo de Socavacion	30 min	Angulo de Reposo Material	38 g°
Radio Hidráulico	0.225 m		

Material del Lecho de Rio		Desviación Estándar	
d ₁₆ :	1 mm	$n = \frac{(d_{64})^2}{(d_{16})^2}$	7.35
d ₈₄ :	54 mm	Descarga Modificada	
Coef. Correccion de Pendiente <input type="checkbox"/>		$DI = \frac{Q}{\sqrt{19.6 H_s D_s^2}}$	2.70
Coef. Correccion de Altura <input type="checkbox"/>		Resumen de Diseño	
H s :	1.00	Longitud Enrocado (Ls) :	3.00 m
W s :	1.28	Ancho del Enrocado (W s) :	3.40 m
L s :	1.17	Diametro Efectivo de Piedra (D50) :	0.07 m
V s :	1.30	Espesor del Enrocado (e) :	0.15 m
H s :	1.00		
W s :	1.00		
L s :	1.00		
V s :	1.00		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°4.32 : Resumen general socavación de las alcantarillas

PROGRESIVA (KM:)	LONGITUD DEL ENROCADO (M)	ANCHO DEL ENROCADO (M)	DIAMETRO EFECTIVO DE PIEDRA (M)	ESPESOR DEL ENROCADO (M)
58+892.00	3.0	3.4	0.075	0.15
58+071.70	3.0	3.4	0.075	0.15
59+211.00	3.0	3.4	0.075	0.15
59+456.90	3.0	3.4	0.075	0.15
59+689.00	4.6	4.2	0.1	0.2

59+860.00	3.0	3.4	0.075	0.15
60+340.00	4.6	4.2	0.1	0.2
60+519.00	3.0	3.4	0.075	0.15
60+860.00	3.0	3.4	0.075	0.15
60+907.10	3.0	3.4	0.075	0.15
61+062.00	3.0	3.4	0.075	0.15
61+418.00	3.0	3.4	0.075	0.15
61+541.00	3.0	3.4	0.075	0.15
61+864.00	4.6	4.2	0.1	0.2
62+118.00	3.0	3.4	0.075	0.15
62+460.00	3.0	3.4	0.075	0.15
63+260.00	3.0	3.4	0.075	0.15
63+527.00	3.0	3.4	0.075	0.15
63+090.00	3.0	3.4	0.075	0.15
63+760.00	3.0	3.4	0.075	0.15
63+869.00	3.0	3.4	0.075	0.15
64+139.00	3.0	3.4	0.075	0.15
64+317.00	3.0	3.4	0.075	0.15
64.428.00	3.0	3.4	0.075	0.15
64+564.00	3.0	3.4	0.075	0.15
64+643.00	3.0	3.4	0.075	0.15
64+915.00	3.0	3.4	0.075	0.15
65+127.00	3.0	3.4	0.075	0.15
65+193.00	3.0	3.4	0.075	0.15
65+520.00	4.6	4.2	0.1	0.2
65+596.00	3.0	3.4	0.075	0.15
65+950.00	3.0	3.4	0.075	0.15
66+030.00	3.0	3.4	0.075	0.15
66+248.00	3.0	3.4	0.075	0.15
66+633.00	3.0	3.4	0.075	0.15
66+840.00	3.0	3.4	0.075	0.15
67+060.00	3.0	3.4	0.075	0.15
67+240.00	3.0	3.4	0.075	0.15
67+450.00	3.0	3.4	0.075	0.15
67+740.00	3.0	3.4	0.075	0.15
67+960.00	3.0	3.4	0.075	0.15
68+210.00	3.0	3.4	0.075	0.15
68+380.00	3.0	3.4	0.075	0.15

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.3.2 Socavación en puentes y pontones

4.1.3.2.1 Socavación general

En la tabla N°4.33 se muestra la socavación general del pontón San Miguel ubicado en la Progresiva 75+062 m.

Tabla N°4.33 : Socavación del pontón San Miguel KM:75+062

Estación del Río	Q max (m3/s)	C.Fondo (manm)	Elev Agua (manm)	do (m)	V (m/s)	Area (m2)	Be (m)	dm (m)	a	ds (m)	S=ds-do (m)
575.30	7.20	3085.00	3085.26	0.26	3.94	1.91	16.95	0.11	19.01	1.44	1.18
561.96	7.20	3081.97	3082.43	0.46	4.66	1.54	5.41	0.28	12.71	2.20	1.74
552.42	7.20	3079.93	3080.33	0.40	5.38	1.34	5.21	0.26	15.63	2.16	1.76
538.63	7.20	3076.08	3076.63	0.55	6.15	1.17	3.89	0.30	16.13	3.33	2.78
528.40	7.20	3074.00	3074.64	0.64	5.70	1.26	3.73	0.34	13.86	3.60	2.96
514.63	7.20	3073.00	3073.78	0.78	4.01	1.80	4.23	0.43	8.32	3.13	2.35
502.63	7.20	3072.00	3072.31	0.31	4.42	1.63	7.69	0.21	14.62	1.47	1.16
491.73	7.20	3070.44	3070.92	0.48	4.01	1.80	6.23	0.29	10.77	2.04	1.56
481.62	7.20	3069.00	3069.49	0.49	4.45	1.62	5.91	0.27	12.39	2.34	1.85
464.34	7.20	3064.81	3065.15	0.34	5.79	1.24	5.97	0.21	19.48	2.07	1.73
454.63	7.20	3062.19	3062.64	0.45	5.54	1.30	4.79	0.27	15.54	2.50	2.05
442.63	7.20	3060.00	3060.68	0.68	5.12	1.41	4.09	0.34	12.22	3.53	2.85
429.74	7.20	3058.00	3058.53	0.53	5.21	1.38	4.92	0.28	14.32	2.90	2.37
418.63	7.20	3055.47	3055.95	0.48	5.70	1.26	4.53	0.28	15.78	2.75	2.27
406.63	7.20	3053.00	3053.42	0.42	5.49	1.31	4.68	0.28	15.11	2.24	1.82
394.28	7.20	3050.46	3050.73	0.27	4.87	1.48	7.82	0.19	17.36	1.41	1.14
382.63	7.20	3049.00	3049.60	0.60	3.79	1.90	5.31	0.36	8.85	2.34	1.74
370.63	7.20	3048.00	3049.07	1.07	3.47	2.08	3.57	0.58	5.84	3.58	2.51
359.87	7.20	3048.00	3048.77	0.77	3.13	2.30	4.49	0.51	5.75	2.31	1.54
333.90	7.20	3047.00	3047.69	0.69	1.84	3.91	11.32	0.35	4.40	1.63	0.94
327.72	7.20	3046.00	3046.39	0.39	4.69	1.54	6.33	0.24	14.11	1.93	1.54
311.00	Bridge										
301.56	7.20	3046.00	3046.60	0.60	2.07	3.48	8.09	0.43	4.27	1.33	0.73
286.63	7.20	3044.00	3044.49	0.49	4.35	1.65	6.17	0.27	12.37	2.34	1.85
274.63	7.20	3043.00	3043.60	0.60	3.52	2.05	6.25	0.33	8.69	2.31	1.71
262.63	7.20	3041.92	3042.31	0.39	4.10	1.76	6.15	0.29	11.08	1.60	1.21
250.63	7.20	3040.00	3040.50	0.50	4.68	1.54	5.32	0.29	12.57	2.43	1.93
240.28	7.20	3039.00	3041.14	2.14	0.55	13.04	11.56	1.13	0.60	1.50	-0.64
225.02	7.20	3038.00	3041.15	3.15	0.41	17.40	12.58	1.38	0.39	1.77	-1.38
214.63	7.20	3040.00	3040.90	0.90	2.11	3.40	7.51	0.45	4.23	2.23	1.33
202.63	7.20	3039.37	3040.09	0.72	3.56	2.02	5.49	0.37	8.17	2.79	2.07
190.63	7.20	3036.46	3036.95	0.49	6.61	1.09	3.71	0.29	17.58	3.07	2.58
177.86	7.20	3035.90	3036.51	0.61	3.47	2.08	6.34	0.33	8.56	2.33	1.72
166.63	7.20	3035.00	3035.47	0.47	3.97	1.81	5.03	0.36	9.25	1.77	1.30
154.63	7.20	3035.00	3035.68	0.68	2.11	3.41	7.65	0.45	4.26	1.56	0.88
142.63	7.20	3034.00	3034.68	0.68	3.95	1.82	5.38	0.34	9.59	2.93	2.25
132.49	7.20	3033.00	3033.44	0.44	4.42	1.63	5.32	0.31	11.43	1.91	1.47
118.93	7.20	3031.00	3031.70	0.70	4.72	1.52	4.17	0.36	10.92	3.36	2.66
106.97	7.20	3029.00	3029.68	0.68	5.55	1.30	3.34	0.39	12.22	3.53	2.85
94.29	7.20	3026.16	3026.81	0.65	6.45	1.12	2.99	0.37	14.55	3.82	3.17
82.63	7.20	3024.55	3025.08	0.53	5.50	1.31	3.65	0.36	12.80	2.66	2.13
70.63	7.20	3023.00	3023.62	0.62	4.79	1.50	4.51	0.33	11.76	3.05	2.43

Elaboración Propia.

4.1.3.2.2. Socavación local

En la tabla N°4.34 se muestra la socavación Local en los estribos del pontón San Miguel ubicado en la Progresiva 75+062 m.

Tabla N°4.34 : Socavación local de los estribos pontón San Miguel KM:75+062

Pq	Ho (m.)	St (m.)	Socavación local (m)
2	3.15	6.3	3.15

Tabla N°4.35 : Resumen General de Socavación de Puentes y Pontones en el Tramo I de la Carretera San Marcos

N°	Nombre	Progresiva	Luz (mínima) m.	NAMIN msnm	NAME msnm	Socavación (m)	
						General (en el centro del cauce)	Local (en los estribos)
1	Puente Lulichuco	60+161	12	2695.70	2698.16	No amerita, es roca	No amerita, es roca
3	Pontón Cajiques	62+671	6	2732.50	2733.47	No amerita, es roca	No amerita, es roca
4	Puente Rio Negro	70+497	12	2923.00	2924.86	No amerita, es roca	No amerita, es roca
5	Puente Las Gamarras	74+205	12	3026.75	3027.56	No amerita, es roca	No amerita, es roca
6	Pontón San Miguel	75+062	6	3046.00	3046.53	3.15	3.15

NAMIN: nivel de aguas mínimas

NAME: nivel de aguas máximas extraordinarias

4.2 Discusiones

De los resultados obtenidos del “Diseño Hidráulico de Drenaje en la Carretera San Marcos Tramo-I (KM: 58+770 A 75+450), Cajabamba, Cajamarca, 2015”.

1. El estudio hidrológico se debe realizar con hidrogramas unitarios por la necesidad de muchos parámetros importantes para el cálculo del caudal máximo para un determinado periodo de retorno.
2. El software desarrollado tiene ciertas limitaciones que los usuarios deben tener presente al momento de diseñar un canal de diferentes secciones (rectangular, trapezoidal, triangular, triangular de talud variable, trapezoidal de talud variable, circular, parabólico, rectangular con esquineros redondeados y triangulares con fondo redondeado) como el cálculo de la curva de remanso por diferentes métodos (Tramos Fijos, Integración Directa, Directo por Tramos) entre otros. Cuya aplicación del software para el diseño de canales muestra avisos, restricciones y mensajes. Debe prestar atención a cada uno de estos, de lo contrario esta propenso a realizar un diseño deficiente.
3. La realización de un pseudocódigo en el lenguaje de programación **MATLAB** aplicando métodos numéricos para el diseño hidráulico de drenaje (Longitudinal y Transversal) en la carretera tiene ciertas limitaciones que el usuario deben tener presente al momento de diseñar las diferentes secciones de las alcantarillas (Circular, Elipse Horizontal, Elipse Vertical, Abovedado, Arco, Arco Perfil Alto, Arco Perfil Bajo).Cuya aplicación del pseudocódigo para el diseño de obras de arte de carretera muestra

restricciones y mensajes. Debe prestar atención a cada uno de estos, de lo contrario esta propenso a realizar un diseño deficiente.

4. Para realizar el modelamiento hidráulico con el programa HEC-RAS se deben realizar el levantamiento topográfico de las secciones transversales del cauce del río para el pre dimensionamiento de la luz máximo y tirante máximo del puente y pontones proyectados.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se realizó un adecuado dimensionamiento de las diferentes estructuras hidráulicas de drenaje en el "TRAMO I de la carretera SAN MARCOS, CAJABAMBA, CAJAMARCA, 2015"

1. El estudio hidrológico realizado incorporando técnicas de hidrograma unitario (SCS), método racional para ($A < 13 \text{ km}^2$) según las normas Ministerio Transporte y Comunicaciones (MTC) y hasta la elaboración del programa "HIDRÁULICA-UNSCH" que está programado en el lenguaje de programación de **MATLAB** el cual está orientado para el diseño de canales, lo cual permitió determinar el sustento hidrológico de las capacidades hidráulicas de estructuras existentes en las progresivas (KM: 59+457, 62+855, 63+434, 66+377 y 66+428) del tramo I de la carretera San Marcos.

2. El programa "**HIDRAULICA-UNSCH**" elaborado en el lenguaje de programación de **MATLAB** con la aplicación de métodos de elementos finitos, permite diseñar canales de diferentes secciones (rectangular, trapezoidal, triangular, triangular de talud variable, trapezoidal de talud variable, circular, parabólico, rectangular con esquineros redondeados y triangulares con fondo redondeado) cuyos resultados se comparó con el programa **H-CANALES** que es programado en el lenguaje de **VISUAL BASIC** con la aplicación de métodos numéricos de **NEWTON RAPSHON**.
3. El diseño hidráulico de las obras de drenaje (Longitudinal y Transversal) en carreteras se realiza como aspecto importantes la determinación de tirante normal, Tirante Critico, Perfil Hidráulico y pérdida de carga hidráulica, hasta la elaboración de un **SEUDOCODIGO** en **MATLAB** para diferentes secciones de alcantarillas (Circular, Elipse Horizontal, Elipse Vertical, Abovedado, Arco, Arco Perfil Alto y Arco perfil Bajo) y secciones de Cunetas (Rectangular, Triangular con talud de Corte, Trapezoidal y Circular) y el modelamiento hidráulico en las diferentes estructuras hidráulicas de drenaje en cauces definidos mayores e iguales a 6m de longitud transversal de la carretera mediante el programa **HEC-RAS 4.1.0**.
4. El diseño hidráulico de las obras de drenaje transversal en el tramo de la carretera se realiza como aspectos importantes la determinación de la socavación general y local de las alcantarillas como medida de protección.

5.2. Recomendaciones

1. Las entradas y salidas de las alcantarillas deberán ser protegidas y encauzadas, para evitar el proceso de socavación.
2. Se recomienda la atención prioritaria de drenaje, por su importancia, no debiendo prescindirse de su construcción, garantizando de este modo una buena conservación y sostenibilidad de la carretera y por cuanto la inversión a realizarse.
3. El adecuado análisis en la elección de los métodos empleados para el análisis hidrológico, es muy importante ya que una mala elección de los parámetros o de los métodos conlleva a la obtención de valores incongruentes con los fenómenos reales que se producen en la vía y en los cursos de agua.
4. Se recomienda recorrer todo el tramo de la carretera a fin de proponer una estructura adecuada de drenaje, así mismo obtener parámetros hidrológicos y geológicos (In Situ)
5. Se recomienda emplear SIG para la obtención de características geomorfológicas de las subcuencas en una forma más exacta.
6. Para un correcto dimensionamiento de alcantarillas se recomienda leer ampliamente el manual de HDS No 5, en el cual se discute teorías acerca de tipos de ingreso, tipos de control, etc.
7. En el diseño de alcantarillas es recomendable diseñar para un perfil S2 (supercrítico) a fin de evitar la sedimentación.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

1. CHOW, VEN T., MAIDMENT, D. R., MAYS L. W. (1994). Hidrología Aplicada. Mc Graw Hill Interamericana S. A. Santafé de Bogota, Colombia.
2. HEC HMS,(2006). "HEC-HMS v 3.1 User Manual". Hydrologic Modeling System.Us Army Corpos of Engineers-Hydrologic Engineering Center E.E.U.U.
3. HEC RAS,(2005). "HEC RAS v 3.1.3 User Manual".River Analysis System.Us Army Corpos of Engineers-Hydrologic Engineering Center EEUU.
4. HOLLY MOORE Salt Lake Community College Salt Lake City, Utah. MATLAB Para Ingenieros.
5. CHOW, VEN T. (1994). Hidráulica de Canales Abiertos. Mc Graw Hill Interamericana S. A. Santafé de Bogota, Colombia.
6. McCUEN RICAHRD. (2004), Hydrologic Analysis and Design, 3ra Ed., Pearson Prentice Hall, New Jersey, EEUU.
7. BEJAR VILLON MÁXIMO (2008), Centro de Ingeniería Hidrológica – Sistema de modelo Hidrológico (Hec-Hms).
8. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2008), Manual Para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de bajo Volumen de Tránsito en el Perú.
9. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2008), Manual Para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de bajo Volumen de Tránsito en el Perú.

10. ADMINISTRACIÓN BOLIVIANA DE CARRETERAS (2007). Manual de Hidrología y Drenaje Para el Diseño de Carreteras.
11. KELLER GORDON, SHERAR JAMES (2004). Ingeniería de Caminos Rurales Mexico.
12. JEFFREY E. MILLER (1984), Basic Concepts of Kinematic – Wave Models. Geological Survey Professional Paper 1302. EEUU.
13. CORRUGATED STEEL PIPE INSTITUTE (1984). Handbook of Steel Drainage. Cambridge – Ontario – Canada.
14. (HYDRAULIC DESIGN OF HIGHWAY CULVERTS, Third Edition).
15. HYDRAULIC ENGINEERING CIRCULAR14 – “Energy Dissipators”Listing of Updates and Corrections (errata & corrigenda)

:

ANEXO

ANEXO N°01

**Coeficiente de Perdida al Ingreso de
Alcantarilla**

Tipo de Estructura y Diseño a la Entrada	Coefficiente Ke
Tubería de Concreto proyectándose desde el terraplén (sin muro de cabecera)	
Tubería con extremo en copa	0.2
Tubería con extremo de corte cuadrado	0.5
Tubería de Concreto con muro de cabecera y/o muros laterales	
Tubería con extremo en copa (extremo acanalado)	0.2
Tubería con extremo de corte cuadrado	0.5
Entrada redondeada, con radio promedio = 1/12 del diámetro	0.2
Tubería de Concreto	
Mitrado para formar con la pendiente del terraplén	0.7
Sección final conformado para la pendiente del terraplén	0.5
Bordes biselados, de 33.7° o 45°	0.2
Ingresos estrechos con pendientes	0.2
Tubería de metal corrugado o tubería en arco	
Proyectándose desde el terraplén (sin muro de cabecera)	0.9
Muro de cabecera y/o con muros laterales	0.5
Mitrado para formar con el talud del terraplén	0.7
Sección conformado con el talud del terraplén	0.5
Bordes biselados, de 33.7° o 45°	0.2
Ingresos estrechos con pendientes	0.2
Alcantarilla Rectangular Reforzada de Concreto con Muros de cabecera paralelo al terraplén (Sin Muros Laterales)	
Borde cuadrado con tres bordes	0.5
Tres bordes redondeados para radios de 1/12 de la dimensión del conducto	0.2
Alcantarilla Rectangular Reforzada Concreto con Muros laterales de 30° a 75° del Conducto	
Borde cuadrado en la corona	0.4
Extremo superior redondeado de radio de 1/12 de la dimensión del conducto	0.2
Muros laterales de 10° a 25° del Conducto	
Borde cuadrado en la corona	0.5
Muros laterales paralelos (extensión de lados)	
Borde cuadrado en la corona	0.7
Lados con pendiente con ingreso perfilado	0.2

ANEXO N°02

**Constante de Ecuaciones de Diseño con
Control de Ingreso**

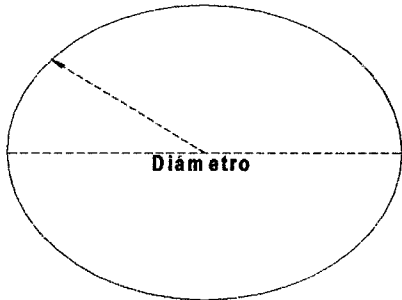
N°	Forma y Material	Escala del Nomograma	Descripción del borde de Ingreso	Forma de la Ecuación	Ingreso No Sumergido		Ingreso Sumergido	
					K	M	c	Y
1	Concreto Circular	1	Borde cuadrado con muro de cabecera	1	.0098	2.0	.0398	.67
		2	Ranurado y con muro de cabecera		.0018	2.0	.0292	.74
		3	Ranurado y proyectado desde el relleno		.0045	2.0	.0317	.69
2	Circular CMP (Metal Corrugado)	1	Muro de cabecera	1	.0078	2.0	.0379	.69
		2	Mitrado para formar la pendiente		.0210	1.33	.0463	.75
		3	Proyectado		.0340	1.50	.0553	.54
3	Circular	A	Anillo biselado de 45°	1	.0018	2.50	.0300	.74
		B	Anillo biselado de 33.7°		.0018	2.50	.2430	.83
8	Rectangular	1	Muros acampanados de 30° a 75°	1	.0280	1.00	.3470	.81
		2	Muros acampanados de 90° a 15°		.0610	.75	.0400	.80
		3	Muros acampanados de 0°		.0610	.75	.0423	.82
9	Rectangular	1	Muros acampanados de 45° d=0.043D	2	.5100	.667	.0309	.80
		2	Muros acampanados de 18° a 33.7° d=0.083D		.4860	.667	.0249	.83
10	Rectangular	1	Muro de cabecera de 90° con chaflán de 3/4"	2	.5150	.667	.0375	.79
		2	Muro de cabecera de 90° con biselados de 45°		.4950	.667	.3140	.82
		3	Muro de cabecera de 90° con biselados de 33.7°		.4860	.667	.0252	.865
11	Rectangular	1	Chaflanes de 3/4", con 45° de inclinación del muro de cabecera	2	.5450	.667	.0451	.73
		2	Chaflanes de 3/4", con 30° de inclinación del muro de cabecera		.5330	.667	.0425	.705
		3	Chaflanes de 3/4", con 15° de inclinación del muro de cabecera		.5220	.667	.0402	.68
		4	Biseles de 45°, con 10° a 45° de inclinación del muro de cabecera		.4980	.667	.0227	.75
12	Rectangular con Chaflán de 3/4"	1	Muros alados acampanados de 45° (1:1), ingreso no inclinado	2	.4970	.667	.0339	.803
		2	Muros alados acampanados de 18.4° (3:1), ingreso no inclinado		.4930	.667	.0361	.806
		3	Muros alados acampanados de 18.4° (3:1), ingreso inclinado de 30°		.4950	.667	.0386	.7100
13	Rectangular Biselado en la Parte Superior	1	Muros alados acampanados de 45° (1:1), borde de ingreso superior biselado=0.042D	2	.4970	.667	.0302	.835
		2	Muros alados acampanados de 33.7° (1.5:1), borde de ingreso superior biselado=0.083D		.4950	.667	.0252	.881
		3	Muros alados acampanados de 18.4° (3:1), borde de ingreso superior biselado=0.083D		.4930	.667	.0227	.887
16-19	Rectangular CM (Metal Corrugado)	1	Muro de cabecera de 90°	1	.0083	2.00	.0379	.69
		2	Pared gruesa proyectada		.0145	1.75	.0419	.84
		3	Pared delgada proyectada		.0340	1.50	.0496	.57
28	Elipse Horizontal de Concreto	1	Borde cuadrado con muro de cabecera	1	.0100	2.00	.0398	.67
		2	Ranurado y con muro de cabecera		.0018	2.50	.0292	.74
		3	Ranurado y proyectado desde el relleno		.0045	2.00	.3170	.69
30	Elipse Vertical de Concreto	1	Borde cuadrado con muro de cabecera	1	.0100	2.00	.0398	.67
		2	Ranurado y con muro de cabecera		.0018	2.50	.0292	.74
		3	Ranurado y proyectado desde el relleno		.0095	2.00	.0317	.69
34	Abovedado con Radio de Esquinera de 18" (CM)	1	Muro de cabecera de 90°	1	.0083	2.00	.3790	.69
		2	Mitrado para la pendiente		.0300	1.00	.0463	.75
		3	Proyectado		.0340	1.50	.0496	.57
35	Abovedado con Radio de Esquinera de 18" (CM)	1	Proyectado	1	.0300	1.50	.0496	.57
		2	No biselado		.0088	2.00	.0368	.68
		3	Biselado con 33.7°		.0030	2.00	.0269	.77
36	Abovedado con Radio de Esquinera de 31" (CM)	1	Proyectado	1	.0300	1.50	.0496	.57
		2	No biselado		.0088	2.00	.0368	.68
		3	Biselado con 33.7°		.0030	2.00	.0269	.77
41-43	Arco CM (Metal Corrugado)	1	Muro de cabecera de 90°	1	.0083	2.00	.0379	.69
		2	Mitrado para la pendiente		.0300	1.00	.0463	.75
		3	Muro delgado proyectado		.0340	1.50	.0496	.57
55	Circular	1	Garganta de ingreso estrechado liso	2	.5340	.555	.0196	.90
		2	Garganta de ingreso estrechado rugoso		.5190	.640	.0210	.90
56	Cara de Ingreso Elíptico	1	Ingreso estrechado, bordes biselados	2	.5360	.622	.0368	.83
		2	Ingreso estrechado, bordes cuadrados		.5038	.719	.0478	.80
		3	Ingreso estrechado, borde delgado proyectado		.5470	.80	.0588	.75
57	Rectangular	1	Garganta de ingreso estrechado	2	.4750	.667	.0179	.97
58	Rectangular de Concreto	1	Pendientes menos estrechadas, bordes favorables	2	.5600	.667	.0448	.85
		2	Pendientes más estrechadas, bordes favorables		.5600	.667	.0378	.87
59	Rectangular de Concreto	1	Pendientes menos estrechadas, bordes favorables	2	.5000	.667	.0448	.86
		2	Pendientes más estrechadas, bordes favorables		.5000	.667	.0378	.71

ANEXO N°03

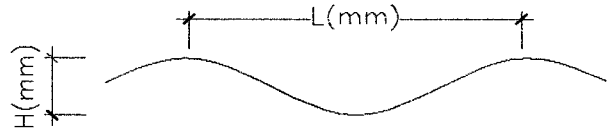
Características de Alcantarillas Comerciales

CARACTERISTICAS DE ALCANTARILLA COMERCIAL FORMA "CIRCULAR"

PERFIL CORRUGACION 152 X 51 mm



ALCANTARILLA TMC



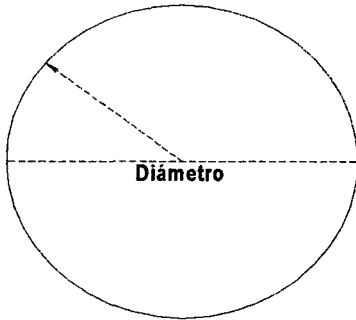
PERFIL DE CORRUGACIÓN 152X51mm.

Diámetro Interior	Perímetro	Área Final	Peso unitario de estructura incluido cerrojos(Kg/m)				
			Espesor de la pared (mm)				
mm	N	m2	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0
1500	20N	1.77	180	234	288	342	396
1660	22N	2.16	195	254	313	373	432
1810	24N	2.58	211	275	339	403	467
1970	26N	3.04	232	302	373	443	513
2120	28N	3.54	248	323	398	473	548
2280	30N	4.07	257	335	415	494	572
2430	32N	4.65	272	356	440	524	608
2590	34N	5.26	294	384	474	564	654
2740	36N	5.91	303	396	490	584	678
3050	40N	7.32	346	452	559	665	771
3360	44N	8.89	377	493	609	725	841
3670	48N	10.61	408	534	660	786	911
3990	52N	12.47	445	582	719	856	993
4300	56N	14.49	476	623	770	916	1063
4610	60N	16.66	507	663	820	977	1134
4920	64N	18.99	544	711	880	1047	1215
5230	68N	21.46	575	752	930	1108	1285
5540	72N	24.08	605	793	981	1168	1356
5850	76N	28.86	649	849	1049	1249	1449
6160	80N	29.79	680	889	1100	1309	1519
6470	84N	32.87	711	930	1150	1370	1589
6780	88N	36.1	748	978	1210	1440	1671
7090	92N	39.48	779	1019	1260	1501	1741
7400	96N	43.01	809	1060	1311	1561	1812
7710	100N	46.7	846	1108	1370	1631	1893
8020	104N	50.53	877	1149	1421	1692	1963

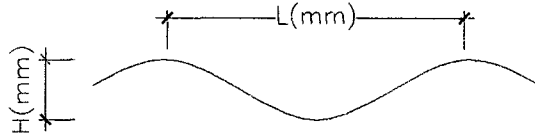
FUENTE: HANDBOOK OF STEEL DRAINAGE & HIGHWAY CONSTRUCTION

CARACTERISTICAS DE ALCANTARILLA COMERCIAL FORMA "CIRCULAR"

PERFIL CORRUGACION 381 X 140 mm



ALCANTARILLA TMC

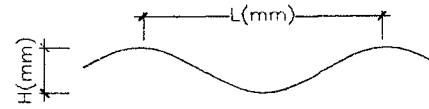
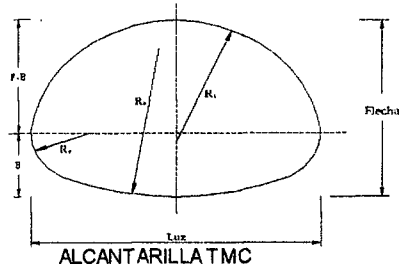


PERFIL DE CORRUGACIÓN 381X140mm.

Diámetro	Área Final	Perímetro
mm	m ²	N
8450	57.2	66
8790	60.7	68
9040	64.2	70
9320	68.3	72
9580	72	74
9830	75.9	76
10080	79.9	78
10340	84	80
10620	88.5	82
10870	92.8	84
11130	97.2	86
11380	101.7	88
11630	106.3	90
12170	116.3	94
12680	126.3	98
13180	136.5	102
13720	147.8	106
14220	158.9	110
14760	171.1	114
15270	183	118
15770	195.4	122

FUENTE: HANDBOOK OF STEEL DRAINAGE & HIGHWAY CONSTRUCTION

CARACTERÍSTICAS DE ALCANTARILLAS COMERCIALES FORMA "ABOVEDADO"

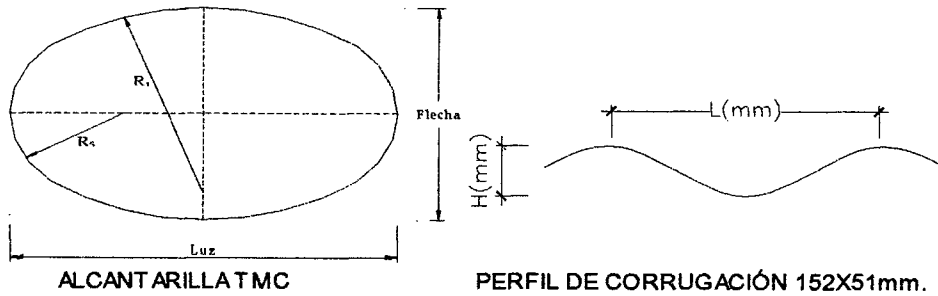


PERFIL DE CORRUGACIÓN 152X51mm.

Luz	Flecha	Área Final m ²	DIMENSIONES				Requerido N				Peso unitario de estructura incluido cerrojos(Kg/m)				
			B mm	Rt mm	Rc mm	Rb mm	Tapa	Cada Lado	Base	Total	Espesor de la pared (mm)				
											3.0	4.0	5.0	6.0	7.0
2060	1520	2.49	700	1130	660	1875	9	5	5	24	210	274	339	403	467
2240	1630	2.9	680	1205	660	3370	11	5	5	26	232	302	373	443	513
2440	1750	3.36	730	1305	685	2995	12	5	6	28	248	323	398	473	548
2590	1880	3.87	735	1355	710	4420	14	5	6	30	263	343	423	503	583
2690	2080	4.49	815	1380	785	4050	16	5	6	32	285	371	458	544	630
3100	1980	4.83	790	1695	685	3850	15	5	9	34	294	384	474	564	654
3400	2010	5.28	840	2000	660	3510	15	5	11	36	316	412	508	604	700
3730	2290	6.61	900	2055	710	4045	18	5	12	40	346	452	559	665	771
3890	2690	8.29	915	1975	815	6015	23	5	11	44	384	501	618	735	852
4370	2870	9.76	1035	2265	815	4895	24	5	14	48	414	541	669	795	922
4720	3070	11.38	1015	2425	815	6430	27	5	15	52	445	582	719	856	993
5050	3330	13.24	1040	2570	840	7430	30	5	16	56	489	638	787	936	1085
5490	3530	15.1	1095	2790	840	7575	32	5	18	60	513	671	829	987	1145
5890	3710	17.07	1150	3020	840	7755	34	5	20	64	557	727	897	1067	1237
6250	3910	19.18	1120	3175	840	9630	37	5	21	68	588	767	948	1128	1308
7040	4060	22.48	1660	4090	1370	9650	31	11	21	74	653	851	1050	1248	1447
7620	4240	25.27	1750	4570	1370	9650	33	11	24	79	679	887	1096	1304	1513

FUENTE: HANDBOOK OF STEEL DRAINAGE & HIGHWAY CONSTRUCTION

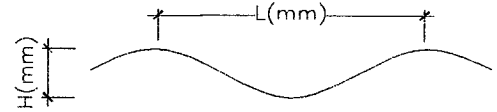
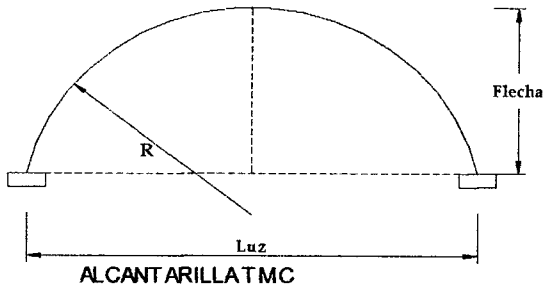
CARACTERISTICAS DE ALCANTARILLA COMERCIAL FORMA "ELIPSE HORIZONTAL"
PERFIL CORRUGACION 381 X 140 mm



Luz mm	Flecha N	Área Final m ²	Requerido N			Rt Tapa mm	Rs Lado mm
			Tapa ó Base	Cada Lado	Total		
1630	1350	1.74	5	5	20	970	610
2130	1420	2.41	6	6	24	1710	610
2540	1630	3.24	9	5	28	1770	610
2790	1630	3.57	9	6	30	2340	640
2900	1930	4.36	11	5	32	1850	690
3200	2260	5.64	12	6	36	1990	840
3760	2260	6.62	14	6	40	2630	760
3680	2440	6.85	15	5	40	2260	760
4420	2790	9.78	15	9	48	3200	1070
4826	3429	12.86	18	9	54	2972	1283
5156	3683	14.87	18	11	58	3289	1448
5283	3531	14.59	18	11	58	3607	1359
5715	3988	18.08	18	14	64	3924	1664
6120	3960	18.77	23	10	66	3985	1370
6230	3840	18.4	24	9	66	4165	1220
6460	3910	19.42	25	9	68	4345	1220
6680	3990	20.49	26	9	70	4520	1245
7010	4290	23.15	27	10	74	4700	1370
7470	4470	25.49	29	10	78	5030	1370
7950	5540	34.25	29	15	88	5030	2085
8280	5820	37.59	30	16	92	5025	2210
8560	5210	34.28	33	12	90	5740	1650
8970	6070	42.23	33	16	98	5740	2210
9220	5460	38.55	36	12	96	6275	1650
10110	6120	47.57	39	14	106	6780	1930
10640	6500	53.29	41	15	112	7135	2085
10970	6810	57.51	42	16	116	7315	2210
11250	7800	68.25	41	21	124	7135	2920
11580	8100	72.93	42	22	128	7315	3050
11790	8510	78.31	42	24	132	7315	3325

FUENTE: HANDBOOK OF STEEL DRAINAGE & HIGHWAY CONSTRUCTION

**CARACTERISTICAS DE ALCANTARILLA COMERCIAL FORMA "ARCO" PERFIL
CORRUGACION 152 X 51 mm**

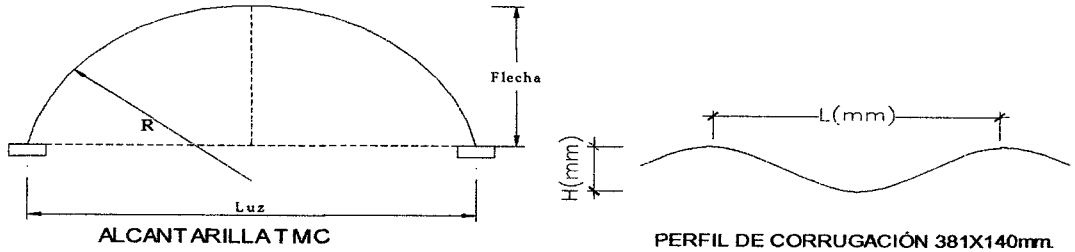


PERFIL DE CORRUGACIÓN 152X51mm.

Luz mm	Flecha mm	Perimetro N	Área Final m ²	Radio mm	Peso unitario de estructura incluido cerrojos(Kg/m)				
					Espesor de la pared (mm)				
					3.0	4.0	5.0	6.0	7.0
1520	810	10N	0.98	760	87	114	141	168	195
1830	840	11N	1.16	930	95	124	154	183	213
	970	12N	1.39	910	102	134	166	198	230
2130	860	12N	1.39	1090	102	134	166	198	230
	1120	14N	1.86	1070	118	155	192	229	266
2440	1020	14N	1.86	1230	118	155	192	229	266
	1270	16N	2.42	1220	139	183	226	269	312
2740	1180	16N	2.46	1400	139	183	226	269	312
	1440	18N	3.07	1370	148	195	242	289	336
3050	1350	18N	3.16	1540	148	195	242	289	336
	1600	20N	3.81	1520	170	223	276	329	382
3350	1360	19N	3.44	1710	163	213	264	314	365
	1750	22N	4.65	1680	192	251	310	370	429
3660	1520	21N	4.18	1850	178	233	289	344	400
	1910	24N	5.48	1830	201	264	327	390	453
3960	1680	23N	5.02	2010	203	264	326	388	449
	2060	26N	6.5	1980	223	292	361	430	499
4270	1840	25N	5.95	2160	215	282	348	415	481
	2210	28N	7.43	2130	238	312	386	460	534
4570	1870	26N	6.41	2340	223	292	361	430	499
	2360	30N	8.55	2290	254	332	412	491	569
4880	2030	28N	7.43	2480	238	312	386	460	534
	2520	32N	9.75	2440	269	353	437	521	605
5180	2180	30N	8.55	2620	254	332	412	491	569
	2690	34N	11.06	2590	291	381	471	561	654
5490	2210	31N	9.01	2820	268	350	433	516	598
	2720	35N	11.71	2740	299	391	484	576	669
5790	2360	33N	10.22	2950	277	363	450	536	622
	2880	37N	13.01	2900	314	411	509	606	704
6100	2530	35N	11.52	3100	299	391	484	576	669
	3050	39N	14.59	3050	329	432	534	637	739

FUENTE: HANDBOOK OF STEEL DRAINAGE & HIGHWAY CONSTRUCTION

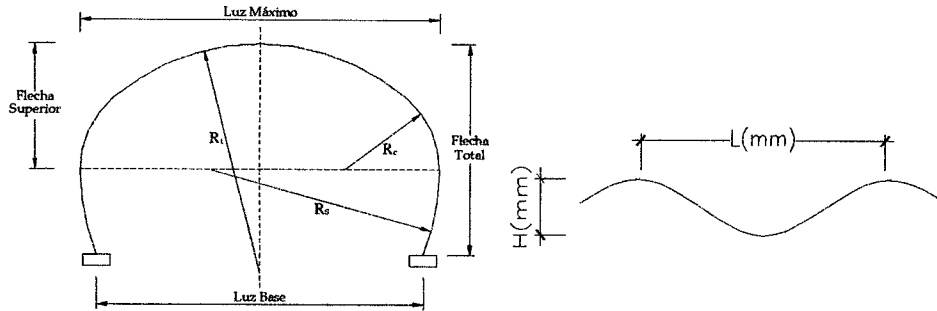
**CARACTERISTICAS DE ALCANTARILLA COMERCIAL FORMA "ARCO" PERFIL
CORRUGACION 381 X 140 mm**



Luz	Flecha	Perímetro	Área Final	Radio
mm	mm	N	m2	mm
6990	3495	27	19.19	3495
7250	3625	28	20.64	3625
7510	3755	29	22.14	3755
7640	3820	30	23.7	3885
8030	4015	31	25.29	4015
8290	4140	32	26.95	4145
8550	4270	33	28.66	4275
8800	4400	34	30.42	4400
9060	4530	35	32.24	4530
9320	4660	36	34.1	4660
9580	4790	37	36.02	4790
9840	4920	38	38	4920
10100	5045	39	40.02	5050
10360	5175	40	42.1	5180
10620	5305	41	44.23	5310
10870	5435	42	46.41	5435
11130	5565	43	48.65	5565
11390	5695	44	50.94	5695
11650	5825	45	53.28	5825
11910	5955	46	55.67	5955
12170	6080	47	58.12	6085
12430	6210	48	60.61	6215
12690	6340	49	63.17	6345
12940	6470	50	65.76	6470
13200	6600	51	68.42	6600
13460	6730	52	71.13	6730
13720	6860	53	73.89	6860
13980	6985	54	76.71	6990
14240	7115	55	79.57	7120
14500	7245	56	82.49	7250
14760	7375	57	85.46	7380
15010	7505	58	88.49	7505
15270	7635	59	91.56	7635
15530	7765	60	94.69	7765
15790	7895	61	97.88	7895
16050	8025	62	101.1	8025
16310	8150	63	104.39	8155
16570	8280	64	107.74	8285
16830	8410	65	111.11	8415
17220	8610	66	114.56	8540
17290	8670	67	118.06	8670
17600	8800	68	121.62	8800
17860	8930	69	125.22	8930

FUENTE: HANDBOOK OF STEEL DRAINAGE & HIGHWAY CONSTRUCTION

CARACTERISTICAS DE ALCANTARILLA COMERCIAL FORMA "ARCO PERFIL ALTO" PERFIL CORRUGACION 152 X 51 mm



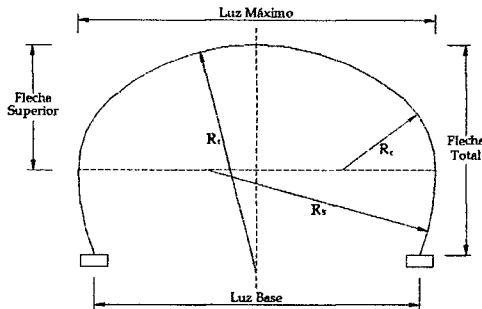
ALCANTARILLA TMC

PERFIL DE CORRUGACIÓN 152X51mm.

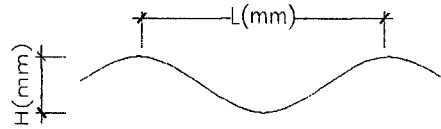
Luz Máximo mm	Luz Base mm	Flecha Total N	Área Final m ²	Requerido N				Rt Tapa mm	Rc Lado Sup. mm	Rs Lado Inf. mm	Flecha Superior mm
				Tapa	Cada Lado Superior	Cada Lado Inferior	Total				
6300	5740	3680	19.85	23	6	6	47	3990	1650	3985	2200
6550	6050	3560	19.93	25	5	6	47	4345	1370	4345	2070
6780	6270	3610	20.85	26	5	6	48	4520	1370	4520	2110
7010	6530	3660	21.78	27	5	6	49	4700	1370	4700	2150
7240	6760	3680	22.71	28	5	6	50	4875	1370	4875	2190
7670	7230	3740	24.61	30	5	6	52	5205	1370	5205	2270
7870	6920	4655	31.56	30	6	9	60	5205	1650	5205	2490
8100	7190	4650	32.78	31	6	9	61	5385	1650	5385	2520
8560	7500	5020	36.92	33	6	10	65	5740	1650	5740	2610
8590	7750	4630	34.09	34	5	9	62	5920	1370	5920	2440
9220	8420	4920	39	36	6	9	66	6275	1650	6275	2730
9450	8670	4970	40.25	37	6	9	67	6425	1650	6425	2770
9680	8740	5260	43.55	38	6	10	70	6605	1650	6605	2810
9910	8990	5280	44.91	39	6	10	71	6780	1650	6780	2850
10360	9500	5380	47.67	41	6	10	73	7135	1650	7135	2930
10360	9140	5830	51.86	41	6	12	77	7135	1650	7135	2930
10570	9730	5440	49.07	42	6	10	74	7315	1650	7315	2980
10590	9390	5870	53.39	42	6	12	78	7315	1650	7315	2980
11350	10130	6910	67.08	41	11	12	87	7135	3050	7135	4000
11580	10390	6930	68.86	42	11	12	88	7315	3050	7315	4000

FUENTE: HANDBOOK OF STEEL DRAINAGE & HIGHWAY CONSTRUCTION

CARACTERISTICAS DE ALCANTARILLA COMERCIAL FORMA "ARCO PERFIL ALTO" PERFIL CORRUGACION 381 X 140 mm



ALCANTARILLA TMC



PERFIL DE CORRUGACIÓN 381X140mm.

Luz Máximo	Luz Base	Flecha Total	Flecha Superior	rea Final	Requerido N			Rt	Rs	ngulo ϕ
					Tapa	Cada Lado	Total			
mm	mm	N	mm	m ²				mm	mm	($^{\circ}$)
9190	9170	4585	4275	34.11	7	14.5	36	5730	4230	4.09
9165	8865	5380	4257	41.1	5	17.5	40	6530	4230	15.1
9420	9385	4690	4294	35.94	8	14.5	37	6030	4230	5.31
9340	9160	5290	4282	41.35	7	16.5	40	6330	4230	13.6
9720	9690	4795	4408	37.85	9	14.5	38	6130	4330	5.12
9760	9475	5595	4479	45.48	7	17.5	42	6530	4430	14.35
10085	10015	5070	4513	41.84	9	15.5	40	6730	4430	7.06
10060	9540	5790	4325	49.28	9	17.5	44	7630	4230	19.89
10400	10385	4655	4349	39.66	10	14.5	39	8230	4230	4.07
10485	10335	5275	4467	45.92	11	15.5	42	7430	4330	10.59
10400	10005	5990	4659	51.99	12	16.5	45	6330	4530	16.77
10690	10675	4770	4470	41.72	11	14.5	40	8130	4330	3.84
10700	10485	5355	4401	47.94	12	15.5	43	7930	4230	12.92
10680	10215	6075	4646	54.2	15	15.5	46	6430	4430	18.52
11000	10920	5030	4431	45.86	13	14.5	42	8330	4230	8.06
10985	10745	5440	4431	50.01	13	15.5	44	8230	4230	13.69
11000	10650	6385	4833	58.86	15	16.5	48	6630	4630	19.2
11225	11130	5140	4497	48.04	12	15.5	43	9330	4330	8.37
11300	10990	5680	4430	54.41	13	16.5	46	9430	4230	16.8
11240	10620	6495	4835	61.12	18	15.5	49	6630	4530	21.16
11580	11500	5230	4622	50.28	13	15.5	44	9330	4430	7.76
11600	11200	5760	4461	56.69	14	16.5	47	9630	4230	17.67
11535	10945	6548	4903	63.75	13	18.5	50	7930	4730	20.02
11900	11685	5450	4493	54.58	15	15.5	46	9930	4230	12.92
11900	11510	5885	4590	59.22	15	16.5	48	9430	4330	17.19
11865	11510	6760	5387	67.06	8	21.5	51	8530	5330	14.75

FUENTE: HANDBOOK OF STEEL DRAINAGE & HIGHWAY CONSTRUCTION

ANEXO N°04

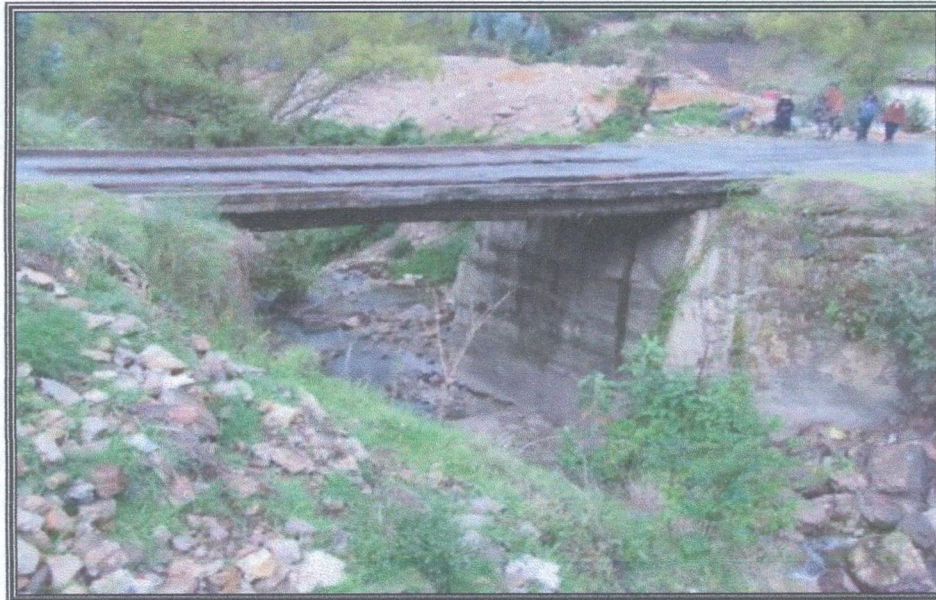
Panel Fotográfico

FOTOGRAFÍA N° 01



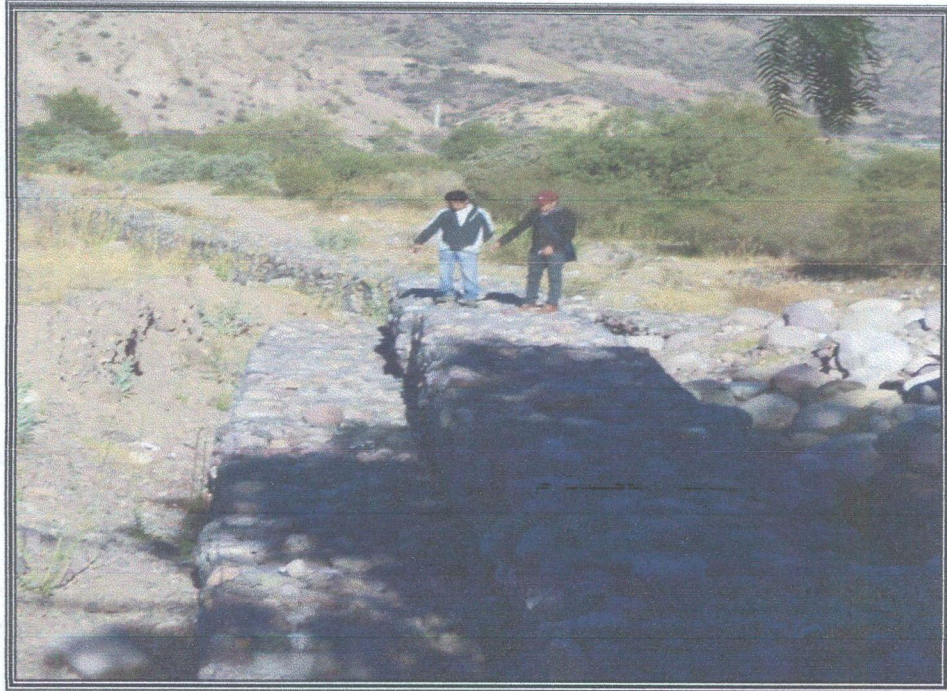
CRUCE DE CANAL DE RIEGO KM: 59+457 EN EL TRAMO DE CARRETERA SAN MARCOS

FOTOGRAFÍA N° 02



PUENTE LULICHUCO PROYECTA L=12 ML (PROGRESIVA KM: 60+161.00)

FOTOGRAFÍA N° 03



DEFENSA RIBEREÑA EN BUEN ESTADO AGUAS ARRIBA DEL PUENTE LAS GAMARRAS


FOTOGRAFÍA N° 04



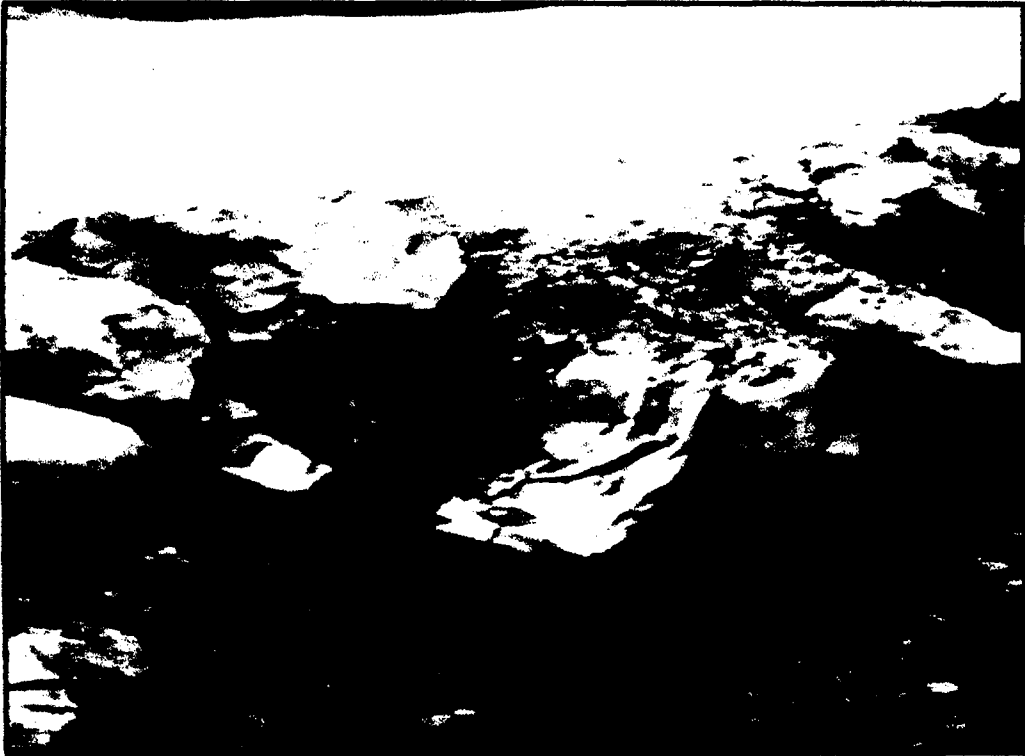
ALCANTARILLA ARCO PERFIL ALTO PROYECTADO (PROGRESIVA KM: 62+330)

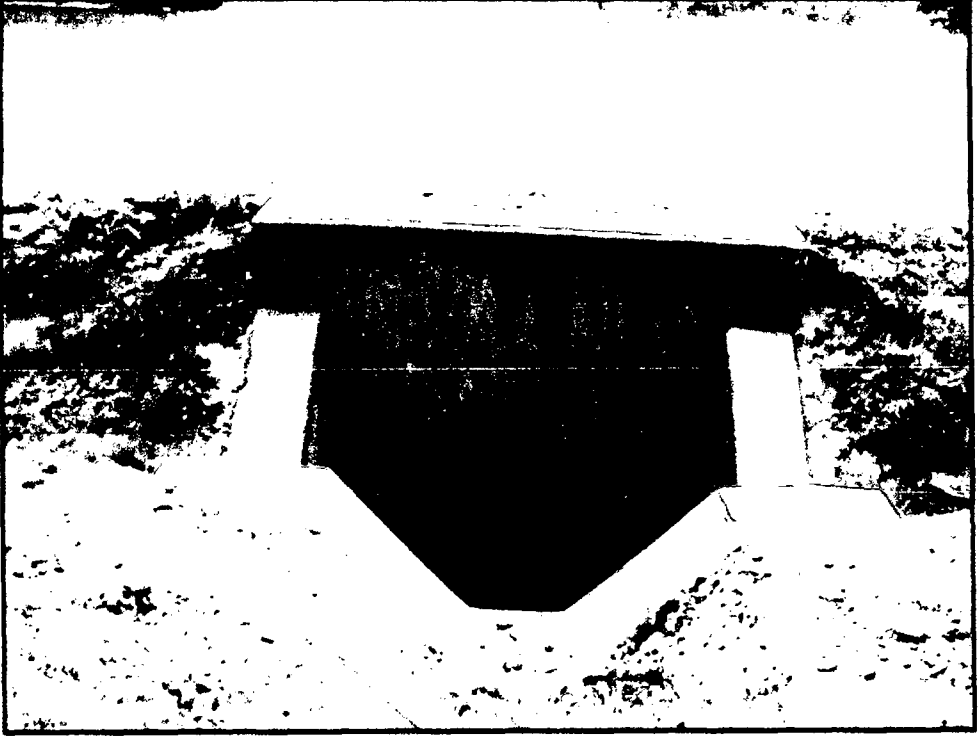
ANEXO N°5


Ficha de Campo de Obras de Arte

DISEÑO HIDRAULICO DE DRENAJE EN LA CARRETERA SAN MARCOS TRAMO-I, CAJABAMBA, CAJAMARCA, 2015	HOJA DE CAMPO N°01
UBICACIÓN: Km.58+892	
DESCRIPCION: Alcantarilla de madera sobre piedra	
	
Foto N°01	
OBSERVACION Alcantarilla de madera sobre piedra. 0.70x1.00m	
RECOMENDACION Remplazar por alcantarilla TMC 36".	

<p>DISEÑO HIDRAULICO DE DRENAJE EN LA CARRETERA SAN MARCOS TRAMO-I, CAJABAMBA, CAJAMARCA, 2015</p>	<p>HOJA DE CAMPO N°02</p>
<p>UBICACIÓN: Km.59+457</p>	
<p>DESCRIPCION: Alcantarilla de concreto</p>	
<div data-bbox="308 648 1282 1392" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="737 1415 855 1446" style="text-align: center;">Foto N°02</p>	
<p>OBSERVACION</p>	
<p>Alcantarilla de concreto para riego 0.70x0.60m.</p>	
<p>RECOMENDACION</p>	
<p>Reemplazar por una AMC de 0.80x0.80 m.</p>	

<p>DISEÑO HIDRAULICO DE DRENAJE EN LA CARRETERA SAN MARCOS TRAMO-I,CAJABAMBA,CAJAMARCA,2015</p>	<p>HOJA DE CAMPO N°03</p>
<p>UBICACIÓN: Km.59+570</p>	
<p>DESCRIPCION: Tajea de piedra</p>	
	
<p>Foto N°03</p>	
<p>OBSERVACION</p>	
<p>Tajea de piedra de 0.30x0.30 m.</p>	
<p>RECOMENDACION</p>	
<p>Reemplazar por alcantarilla TMC 36".</p>	

<p>DISEÑO HIDRAULICO DE DRENAJE EN LA CARRETERA SAN MARCOS TRAMO-I, CAJABAMBA, CAJAMARCA, 2015</p>	<p>HOJA DE CAMPO N°04</p>
<p>UBICACIÓN: Km. 59+689</p>	
<p>DESCRIPCION: Alcantarilla TMC</p>	
	
<p>Foto N°04</p>	
<p>OBSERVACION Alcantarilla TMC 48" de concreto, en buen estado</p>	
<p>RECOMENDACION Remplazar la alcantarilla por una TMC 48" y adecuarla al diseño geométrico de la vía.</p>	

<p>DISEÑO HIDRAULICO DE DRENAJE EN LA CARRETERA SAN MARCOS TRAMO-I, CAJABAMBA, CAJAMARCA, 2015</p>	<p>I HOJA DE CAMPO N°05</p>
<p>UBICACIÓN: Km.60+062</p>	
<p>DESCRIPCION: Alcantarilla de piedra</p>	
	
<p>Foto N°05</p>	
<p>OBSERVACION Alcantarilla de piedra de 0.80x0.60 m.</p>	
<p>RECOMENDACION Remplazar por alcantarilla TMC 36".</p>	

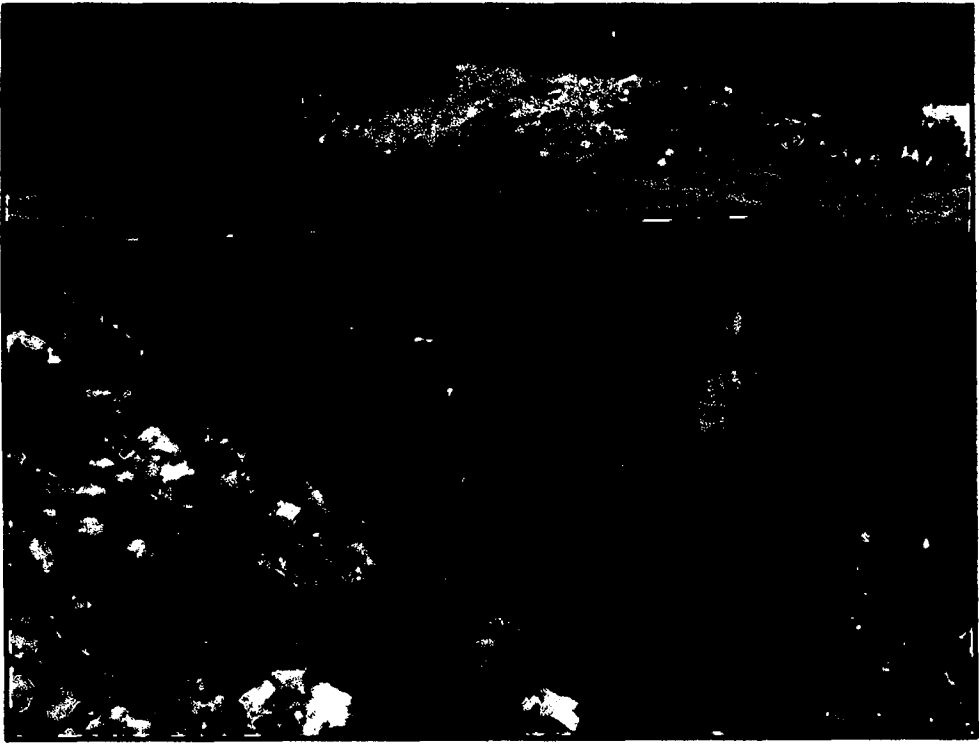
<p>DISEÑO HIDRAULICO DE DRENAJE EN LA CARRETERA SAN MARCOS TRAMO-I, CAJABAMBA, CAJAMARCA, 2015</p>	<p>HOJA DE CAMPO N°06</p>
<p>UBICACIÓN: Km.60+161</p>	
<p>DESCRIPCION: Puente Lulichuco</p>	
	
<p>OBSERVACION</p>	
<p>Puente de madera sobre muros de piedra, 8.2x6.3 m.</p>	
<p>RECOMENDACION</p>	
<p>Se recomienda un puente de 12.0 m de luz.</p>	

Foto N°06

DISEÑO HIDRAULICO DE DRENAJE EN LA CARRETERA SAN MARCOS TRAMO-
I, CAJABAMBA, CAJAMARCA, 2015

HOJA DE
CAMPO
N°07

UBICACIÓN: Km.60+674

DESCRIPCION: Pase de agua de piedra.



Foto N°07

OBSERVACION

Pase de agua de piedra de 0.30x0.30 m.

RECOMENDACION

Reemplazar por alcantarilla TMC 36".

ANEXO N°6

Manual del Programa HIDRAULICA-UNSCH

MANUAL DEL PROGRAMA ING.AGRICOLA-UNSCH

El manejo del programa ING.AGRICOLA-UNSCH es sencillo. En la figura N° 8.1 se muestra la presentación del programa realizado por el autor dirigido por el Asesor de la presente Investigación, en la cual la figura se muestra las barras de menú en la cual contiene opciones para calcular (Tirante-Normal, Tirante-Critico, Resalto-Hidráulico, Caudal, Curva de Remanso, Medición, Miscelánea entre otros) para ver las gráficas.

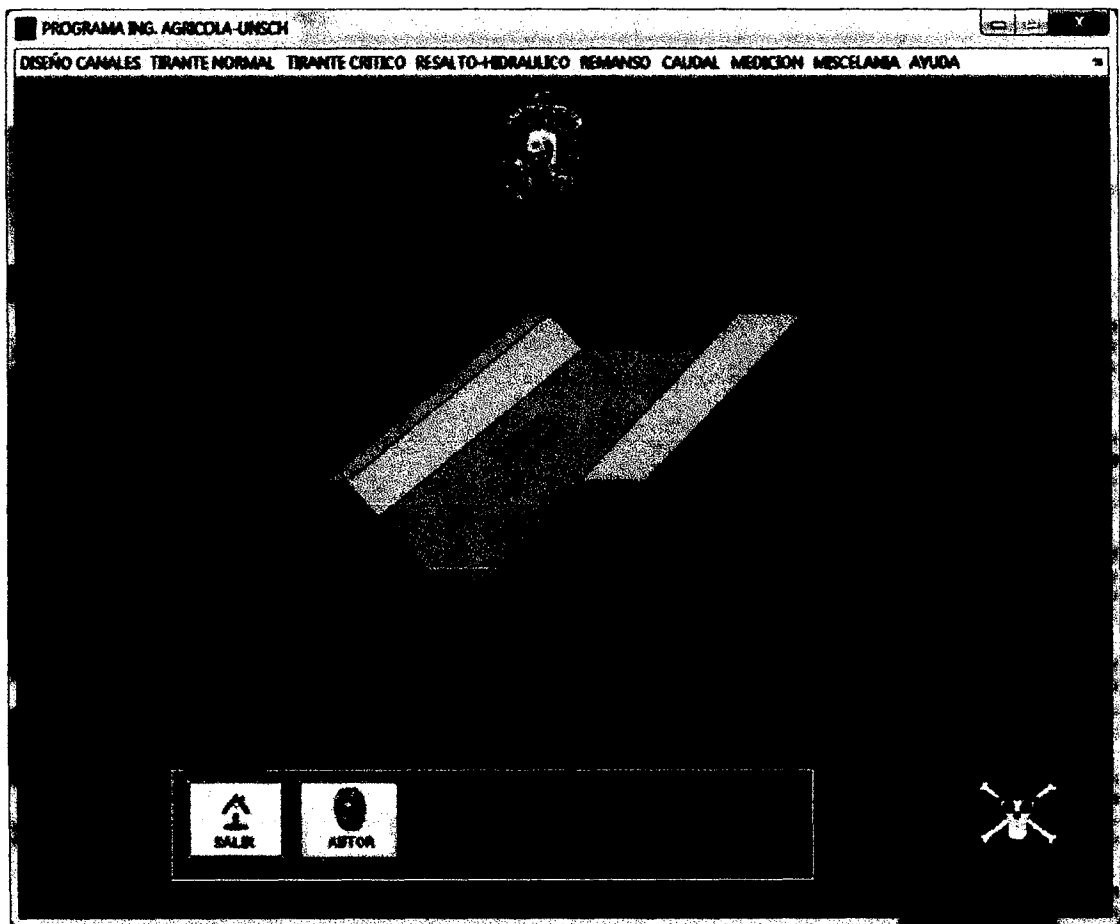


Figura N° 8.1 Presentación del Programa y Menú de herramientas.

MENU TIRANTE NORMAL



En la Figura N° 8.2 se muestra el Cálculo del Tirante Normal Secciones Triangular para lo cual se debe ingresar cuidadosamente todos los datos:

EJEMPLO-1: En el Campo del Instituto Tecnológico, se desea construir un canal revestido de concreto de sección trapezoidal con talud $Z=1$, para evacuar las aguas pluviales. El caudal de diseño es de $0.5 \text{ m}^3/\text{seg}$, el ancho de solera de 0.5 m y la pendiente de 0.001 . Se pide calcular el tirante del canal. (Ejemplo del Libro de Maximo Billon Bejar-Pagina-81)

En la Figura N° 8.2 y 8.3 se muestra los Cálculo Hidráulico de la Sección Trapezoidal y Curva de Descarga respectivamente.

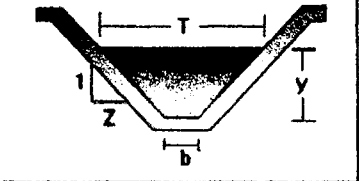
Figura N° 8.2

Calculo de tirante normal.Seccion trapezoidal

Lugar: Proyecto
Tramo: Revestimiento

Datos:

Caudal(Q):	0.5	m ³ /seg
Ancho de solera(b):	0.5	m
Talud(Z):	1	
Rugosidad(n):	0.014	
Pendiente(S):	0.001	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.5203	m	Perimetro (P):	1.9717	m
Area Hidraulica (A):	0.5309	m ²	Radio Hidraulico (R):	0.2693	m
Espejo de Agua (T):	1.5406	m	Velocidad (v):	0.9418	m/seg
Numero de Froude (F):	0.5123		Energia especifica (E):	0.5655	m-Kg/Kg
Tipo de Flujo:	Subcritico				

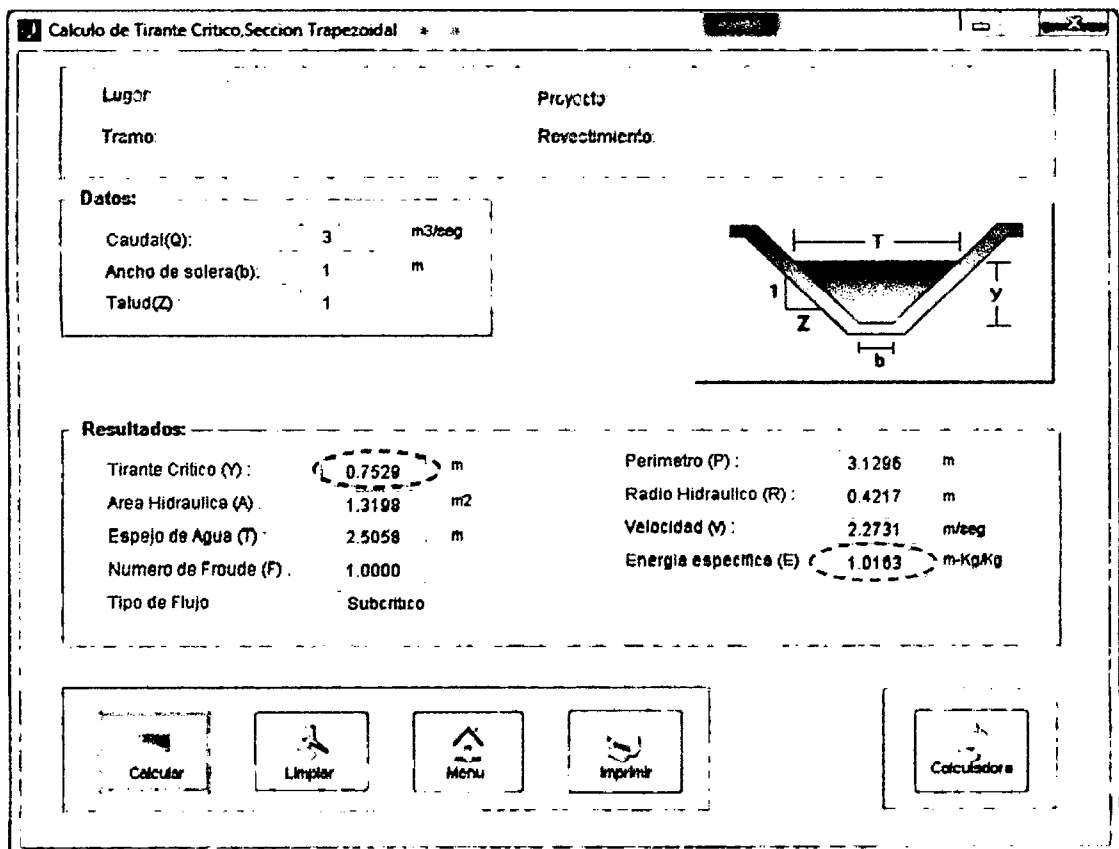
Curva Descarga

Calcular Limpiar Menu Imprimir continuar

EJEMPLO N°03: Un canal trapezoidal tiene un ancho de solera $b=1$, talud $Z=1$ y debe conducir un caudal de $3 \text{ m}^3/\text{seg}$. Calcular el tirante Crítico y energía específica mínima y pendiente si el coeficiente de rugosidad de $n=0.015$ (Ejemplo del Libro de Maximo Billon Bejar-Pagina-167)

En la Figura N° 8.4 se muestra los Cálculo Hidráulico de la Sección Trapezoidal

Figura N° 8.4



De la figura 7.4 se Obtiene el Tirante Crítico $Y_c=0.7529$ y la Entrega Energía mínima $E_{min}=1.0163$ m-kg/kg.

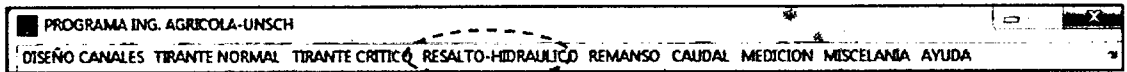
De la ecuación de Manning:

$$V = \frac{1}{n} S^{1/2} R^{2/3}$$

Calculo de Pendiente Crítica Normal:

$$S_c = 0.0037 \text{ m/m}$$

MENÚ RESALTO HIDRAULICO



En la barra de menú presione Resalto Hidráulico y seleccione la sección que desea calcular:

- Sección Rectangular
- Sección Parabólica
- Sección Trapezoidal
- Sección Circular

EJEMPLO N°04: Un canal rectangular de 2 m de Ancho de solera Transporta un Caudal de 3 m³/seg. El tirante aguas abajo del resalto es 1 mt. Hallar el Tirante Aguas Arriba del resalto, la pérdida de energía e indicar el tipo de Resalto. (Ejemplo del Libro de Maximo Billon Bejar-Pagina-229).

Figura N° 8.5

Calculo del Resalto Hidraulico, Seccion Rectangular

Lugar: _____ Proyecto: _____
 Tramo: _____

Datos:

Caudal (Q):	3	m ³ /s
Ancho de Solera (b):	2	m
Tirante (y):	1	m
Tirante Subcritico (y>yc)		

Y₂= 1.00
 Y₁= 0.34

Resultados:

Tirante Conjugado (y):	0.3419	m
Altura del Resalto:	0.6581	m
Pérdida de energía en el resalto:	0.2085	m
Numero de Froude Conjugado (F):	2.3961	
Longitud del Resalto (L):	3.2907	m

$$y_2 = -\frac{y_1}{2} + \sqrt{\frac{2q^2}{gy_1} + \frac{y_1^2}{4}}$$

Donde:
 y₂ = Tirante Conjugado a calcular ,
 y₁ = Tirante Conjugado conocido ,
 g = aceleracion de la gravedad, m/s²
 q = Q/b Caudal unitario, m³/s/m

Botones: Calcular, Limpiar, MENU, Imprimir, Calculadora

En el Problema del Ejemplo N°04 se pide hallar el Tirante Aguas Arriba del resalto, la pérdida de energía e indicar el tipo de Resalto.

Con el Programa ING.AGRICOLA-UNSCH se puede ver los resultados en la figura N°8.5 los cálculos del resalto hidráulico de la sección rectangular.

Tirante Agua Arriba: 0.3419 m

Perdida de Energía: 0.2085 m

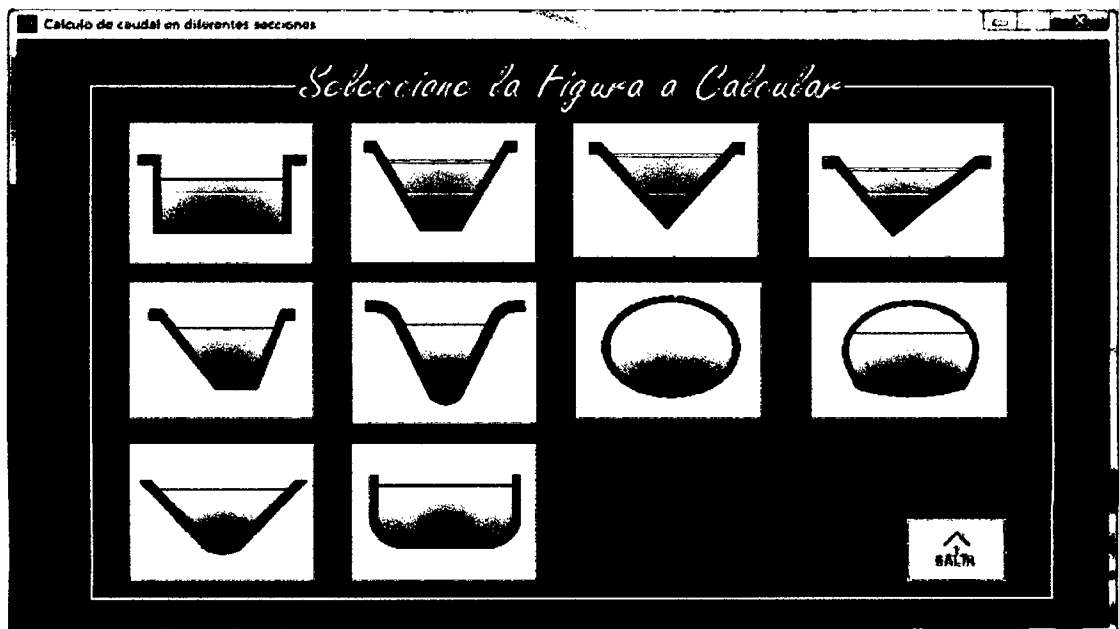
Tipo de flujo : Subcrítico ($Y > Y_c$)

MENU CAUDAL



En la barra de menú presione Caudal y se mostrara la Figura N° 8.6 y seleccione la sección que desea Calcular.

Figura N° 8.6

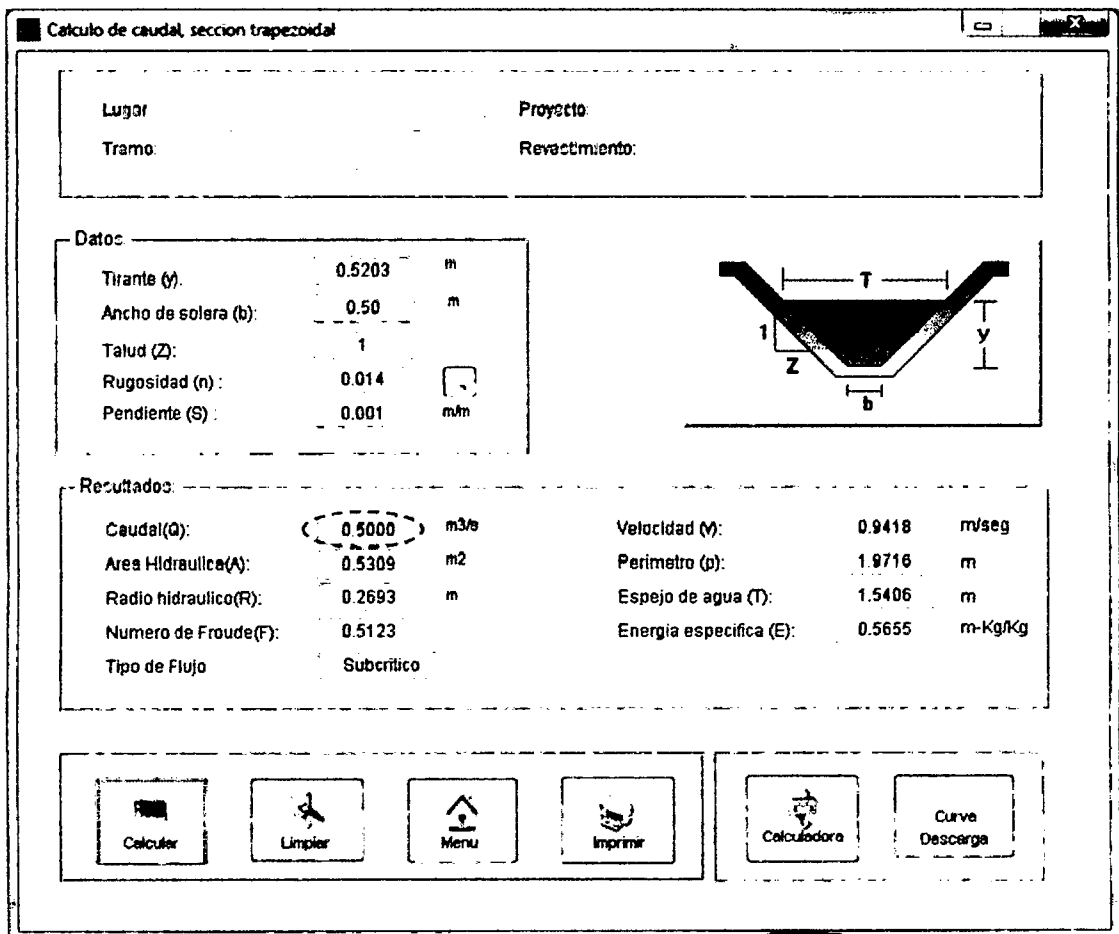


EJEMPLO-05: En el Campo del Instituto Tecnológico, se desea construir un canal revestido de concreto de sección trapezoidal con talud $Z=1$, para evacuar las aguas pluviales. El Tirante Normal es 0.5203 m, el ancho de solera de 0.5 m y la pendiente de 0.001. Se pide calcular el caudal. (Ejemplo del Libro de Maximo Billon Bejar-Pagina-81)

Datos de Ingreso:

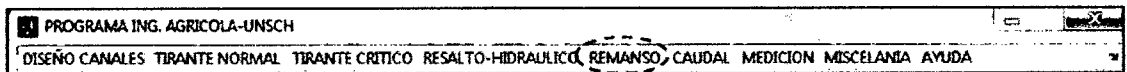
Tirante Normal	: 0.5203 m	Talud	: 1
Ancho de solera	: 0.5000 m	Rugosidad	: 0.014
Pendiente	: 0.001 m/m		

Figura N° 8.7



El resultado del caudal se muestra en la figura N°8.7 es de : $Q=0.500 \text{ m}^3/\text{seg}$.

MENU REMANSO



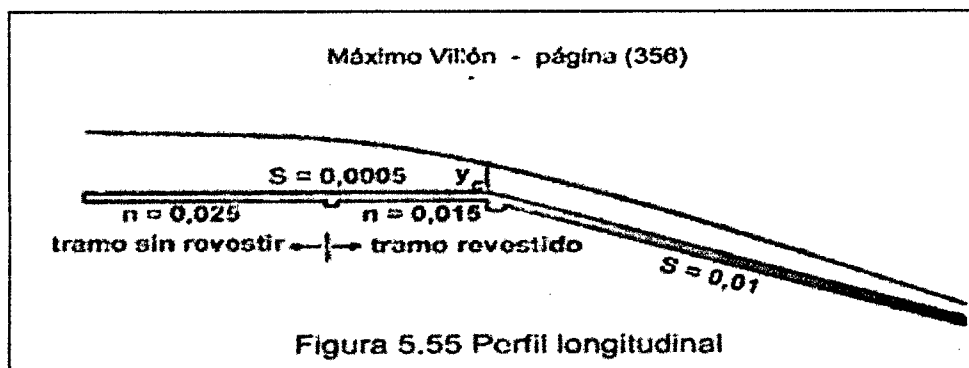
En la barra de menú presione Remanso

EJEMPLO N°06: Un canal trapezoidal tiene un ancho, como de solera $b=0.80$ mt, talud $z=1$, pendiente $s=0.0005$, coeficiente de rugosidad $n=0.025$ y conduce un caudal de 1 m³/seg. A partir de cierta sección en adelante, como se muestra en la Figura 5.55 es necesario aumentar del canal a $S_0=0.01$ y el canal se reviste con concreto con $n=0.015$.

Calcular el perfil del flujo en el tramo de mayor pendiente considerando que la variación del perfil termina cuando el tirante es de 1% superior al tirante normal. (Ejemplo del Libro de Maximo Billon Bejar-Pagina-355)

Datos de Ingreso

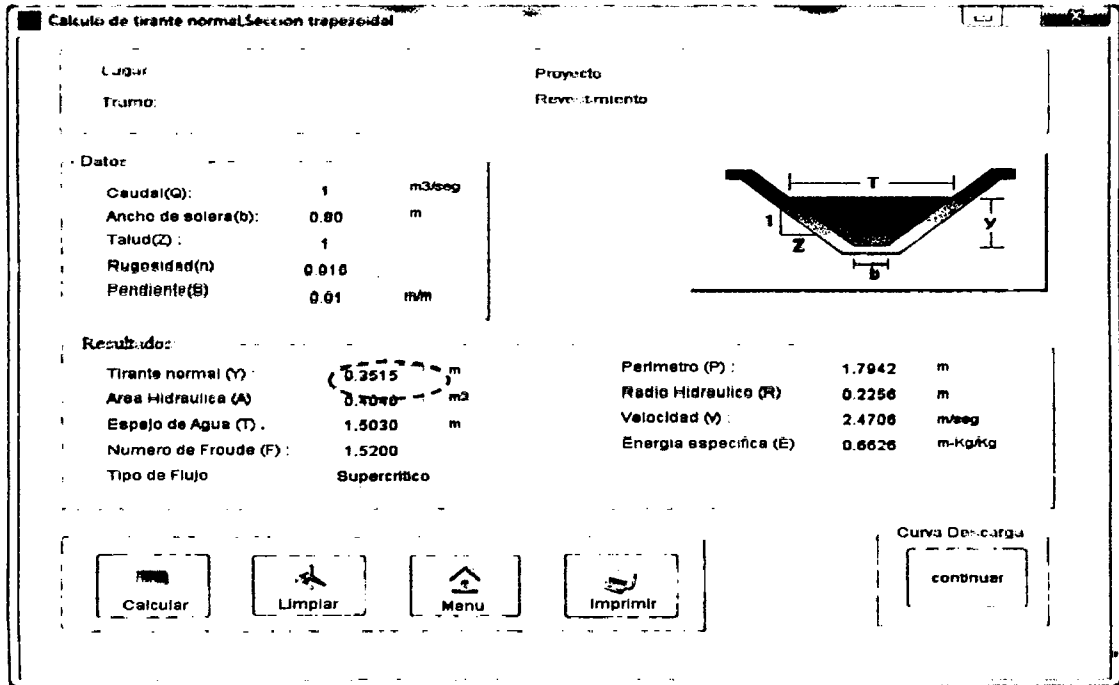
Caudal	: 1.0 m ³ /seg	Talud	: 1
S	: 0.0005 m/m	Rugosidad	: 0.025 (Tramo sin Revestir)
So	: 0.01 m/m	Rugosidad	: 0.015 (Tramo Revestir)



Los cálculos, como lo indica el problema, se realiza solo en el tramo de mayor pendiente

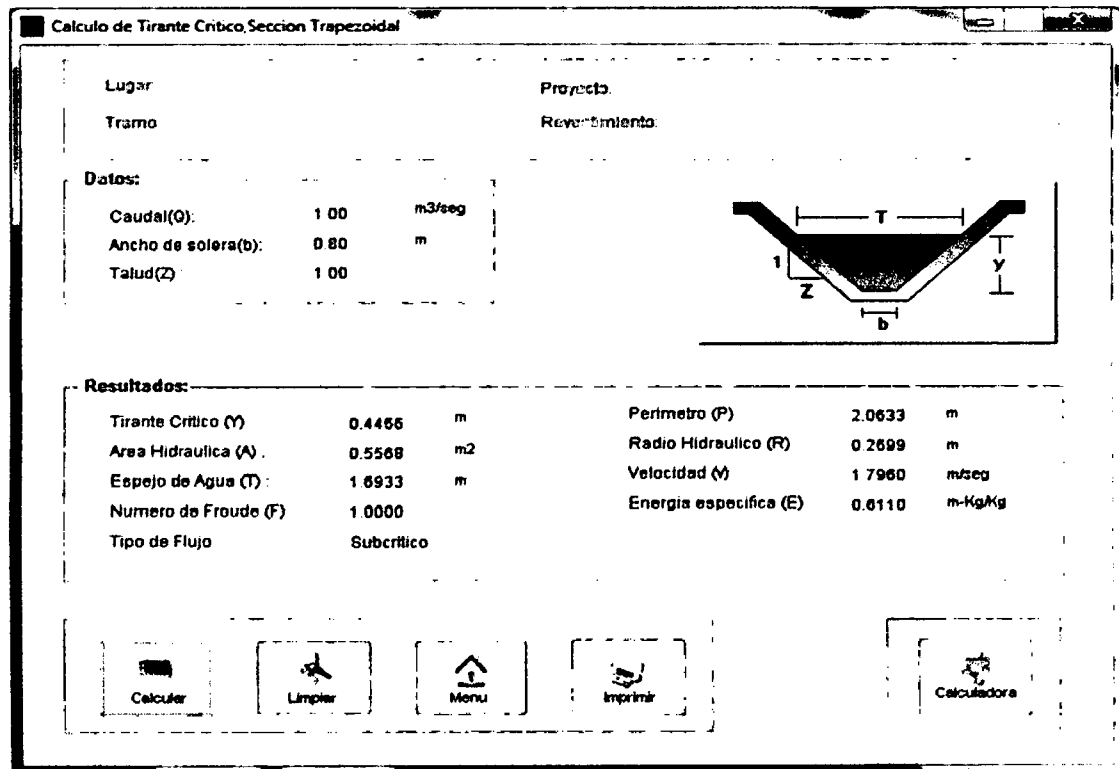
A. CALCULO DEL TIRANTE NORMAL

Para: $Q=1$ m³/seg, $b=0.80$ m, $Z=1$, $S_0=0.01$, $n=0.015$ aplicando en Programa JHC-7 se obtiene $Y_n=0.3515$ m (Ver Gráfico Adjunto).



B. CALCULO DEL TIRANTE CRÍTICO

Para: $Q=1$ m³/seg, $b=0.80$ m, $Z=1$, aplicando en Programa JHC-7 se obtiene $Y_c=0.4466$ mt



C. IDENTIFICACION DEL PERFIL DE LA CURVA DE REMANSO

Como $Y_n=0.3515 < Y_c=0.4466$ se genera una curva S

En todo momento $Y_c=0.4466 > Y_n=0.3515$ por lo que la curva se encuentra en la zona 2. Luego el perfil es una S2.

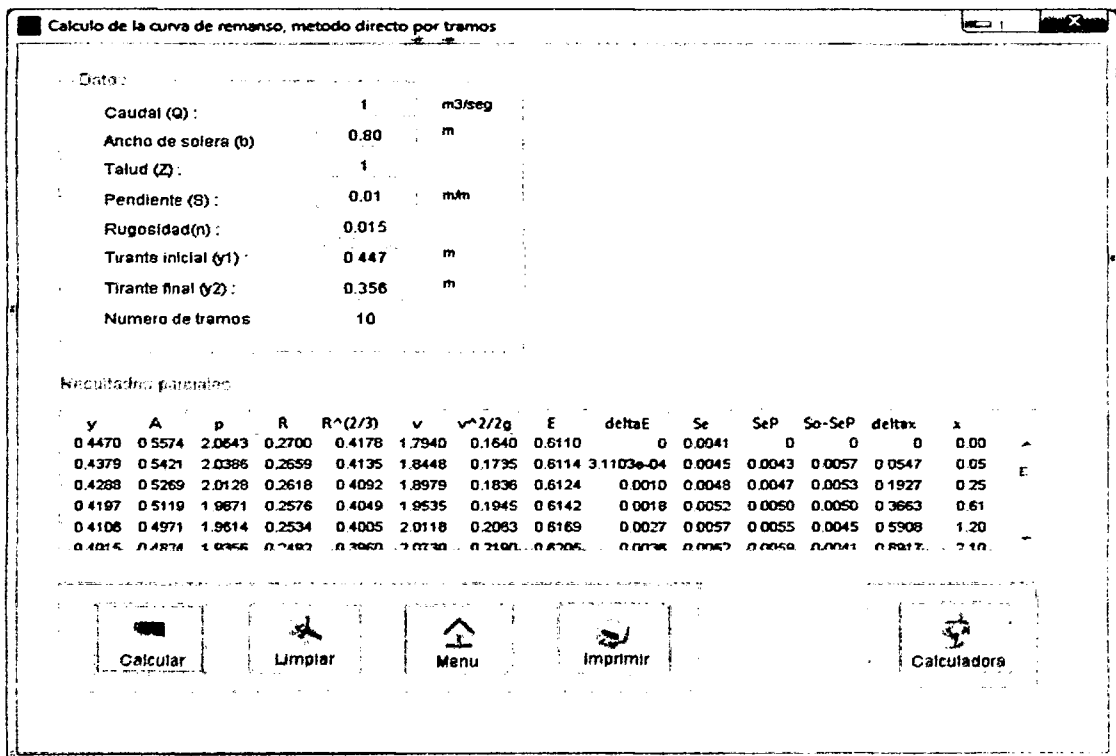
D. CALCULO DEL PERFIL

Los cálculos se realizan desde la sección de control que se localiza en el punto de cambio de pendiente, con un Tirante $Y_i=Y_c=0.447$ hacia aguas abajo, hasta $Y_f=1.01*Y_n$ es decir $Y_f=1.01*0.3515$ o $Y_f=0.356$ m

Utilizando el Programa ING.AGRICOLA-UNSCH

Los datos del Problema para 10 Tramos.

Figura N° 8.8



ANEXO N°7

Manual del Programa JHC-AGRICOLA

MANUAL DEL PROGRAMA

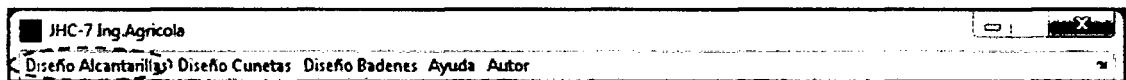
El manejo del programa JHC-7-Ing.Agricola es sencillo. En la figura N° 8.10 se muestra la presentación del programa realizado por el autor dirigido por el Asesor de la presente investigación, en la cual la figura se muestra las barras de menú en la cual contiene opciones para calcular (Alcantarillas, Cunetas y Badenes) para ver las gráficas.

Figura N° 8.10: Presentación del Programa y Menú de herramientas.



Fuente: Elaboración Propia

MENU DISEÑO DE ALCANTARILLA

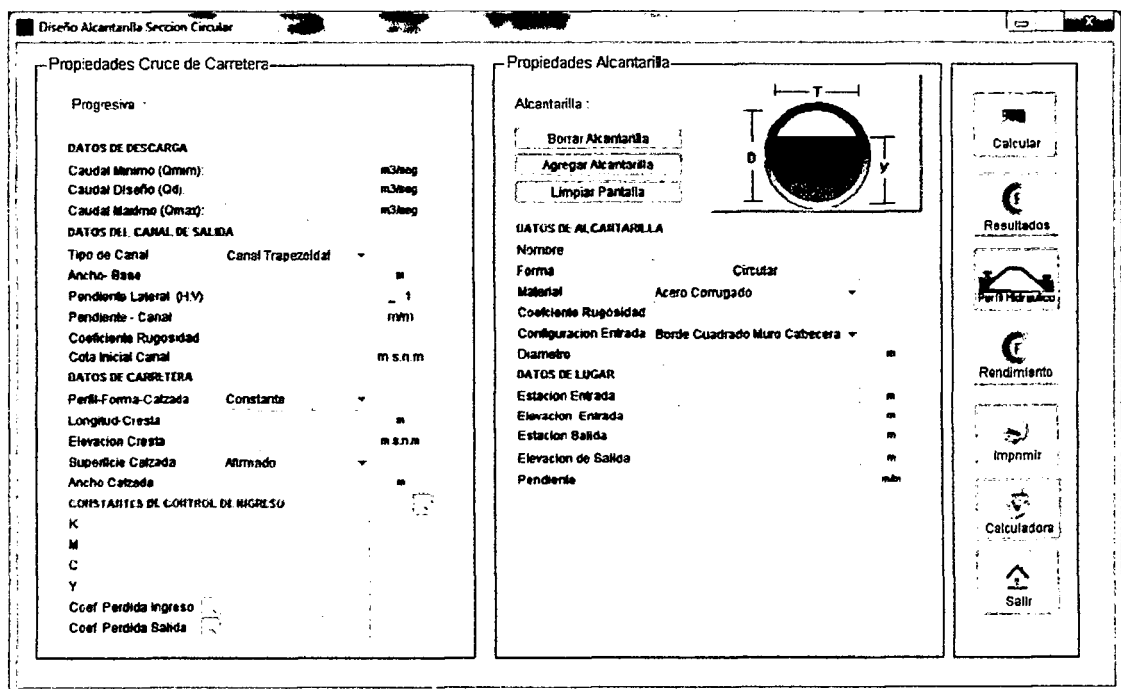


En la barra de menú presione Diseño de Alcantarilla y seleccione la sección que se desea calcular:

- Sección Circular
- Sección Elipse Horizontal
- Sección Abovedado
- Sección Arco
- Sección Arco Perfil Alto.

A. SECCION CIRCULAR

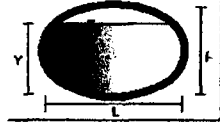
Figura N° 8.11



B. SECCION ELIPSE HORIZONTAL

Figura N° 8.12

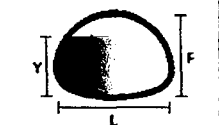
Calculo de Alcantarilla, Seccion Elipse Horizontal

Propiedades Cruce de Carretera		Propiedades Alcantarilla	
Progresiva :		Alcantarilla :	
DATOS DE DESCARGA Caudal Mínimo (Q _{min}) m ³ /seg Caudal Diseño (Q _d) m ³ /seg Caudal Máximo (Q _{max}) m ³ /seg		Borrar Alcantarilla Agregar Alcantarilla Limpiar Pantalla	
DATOS DEL CANAL DE SALIDA Tipo de Canal Canal Trapezoidal Ancho Base m Pendiente Lateral (H/V) 1 Pendiente Canal m/m Coeficiente Rugosidad Cota Inicial Canal m s n m		 DATOS DE ALCAANTARILLA Nombre Forma Elipse Horizontal Material Acero Corrugado Coeficiente Rugosidad Configuración Entrada Muro de Cabecera Luz de la Sección m Fecha de la Sección m Radio de la Base m Radio Esquinero m Radio de la Tapa m NRb m NRI m	
DATOS DE LA CARRETERA Perfil-Forma-Calzada Constante Longitud-Cresta m Elevación Cresta m s n m Superficie Calzada Afirmado Ancho Calzada m		DATOS DE LUGAR Estación Entrada m Elevación Entrada m Estación Salida m Elevación de Salida m Pendiente m/m	
CONSTANTES DE CONTROL DE INGRESO K M C Y Coef. Pérdida Ingreso Coef. Pérdida Salida		Calcular Resultados Perfil Hidráulico Rendimiento Imprimir Calculadora Salir	

C. SECCION ABOVEDADO

Figura N° 8.13

Calculo de Alcantarilla, Seccion Abovedado

Propiedades Cruce de Carretera		Propiedades Alcantarilla	
Progresiva :		Alcantarilla :	
DATOS DE DESCARGA Caudal Mínimo (Q _{min}) m ³ /seg Caudal Diseño (Q _d) m ³ /seg Caudal Máximo (Q _{max}) m ³ /seg		Borrar Alcantarilla Agregar Alcantarilla Limpiar Pantalla	
DATOS DEL CANAL DE SALIDA Tipo de Canal Canal Trapezoidal Ancho Base m Pendiente Lateral (H/V) 1 Pendiente Canal m/m Coeficiente Rugosidad Cota Inicial Canal m s n m		 DATOS DE ALCAANTARILLA Nombre Forma Abovedado Material Acero Corrugado Coeficiente Rugosidad Configuración Entrada Muro de Cabecera Luz de la Sección m Fecha de la Sección m Altura m Radio de la Base m Radio Esquinero m Radio de la Tapa m NRb m NRI m	
DATOS DE LA CARRETERA Perfil-Forma-Calzada Constante Longitud-Cresta m Elevación Cresta m s n m Superficie Calzada Afirmado Ancho Calzada m		DATOS DE LUGAR Estación Entrada m Elevación Entrada m Estación Salida m Elevación de Salida m Pendiente m/m	
CONSTANTES DE CONTROL DE INGRESO K M C Y Coef. Pérdida Ingreso Coef. Pérdida Salida		Calcular Resultados Perfil Hidráulico Rendimiento Imprimir Calculadora Salir	

D. SECCION ARCO

Figura N° 8.14

Propiedades Cruce de Carretera

Progresiva

DATOS DE DESCARGA

Caudal Mínimo (Q_{min}) m³/seg

Caudal Diseño (Q_d) m³/seg

Caudal Máximo (Q_{max}) m³/seg

DATOS DEL CANAL DE SALIDA

Tipo de Canal Canal Trapezoidal

Ancho Base m

Pendiente Lateral (H/V) 1

Pendiente - Canal mm

Coefficiente Rugosidad

Cota Inicial Canal m s n m

DATOS DE CARRETERA

Perfil-Forma-Calzada Constante

Longitud-Cresta m

Elevación Cresta m s n m

Superficie Calzada Afirmado

Ancho Calzada m

CONSTANTES DE CONTROL DE INGRESO

K

M

C

Y

Coef. Pérdida Ingreso

Coef. Pérdida Salida

Propiedades Alcantarilla

Alcantarilla

Borrar Alcantarilla

Agregar Alcantarilla

Limpiar Pantalla

DATOS DE ALCAANTARILLA

Nombre Arco

Material Acero Corrugado

Coefficiente Rugosidad

Configuración Entrada Muro de Cabecera

Luz de Sección m

Fiacha de la Sección m

Radio Tapa m

DATOS DE LUGAR

Estación Entrada m

Elevación Entrada m

Estación Salida m

Elevación de Salida m

Pendiente mm

Calculador

Resultados

Perfil Trapezoidal

Rendimiento

Imprimir

Calculadora

Salir

E. SECCION ARCO PERFIL ALTO

Figura N° 8.15

Propiedades Cruce de Carretera

Progresiva

DATOS DE DESCARGA

Caudal Mínimo (Q_{min}) m³/seg

Caudal Diseño (Q_d) m³/seg

Caudal Máximo (Q_{max}) m³/seg

DATOS DEL CANAL DE SALIDA

Tipo de Canal Canal Trapezoidal

Ancho Base m

Pendiente Lateral (H/V) 1

Pendiente - Canal mm

Coefficiente Rugosidad

Cota Inicial Canal m s n m

DATOS DE CARRETERA

Perfil-Forma-Calzada Constante

Longitud-Cresta m

Elevación Cresta m s n m

Superficie Calzada Afirmado

Ancho Calzada m

CONSTANTES DE CONTROL DE INGRESO

K

M

C

Y

Coef. Pérdida Ingreso

Coef. Pérdida Salida

Propiedades Alcantarilla

Alcantarilla

Borrar Alcantarilla

Agregar Alcantarilla

Limpiar Pantalla

DATOS DE ALCAANTARILLA

Nombre Arco Perfil Alto

Material Acero Corrugado

Coefficiente Rugosidad

Configuración Entrada Muro de Cabecera

Luz Base m

Luz Máximo m

Fiacha Total m

Fiacha Superior m

Radio de Lado m

Radio Esquinero m

Radio Tapa m

NRa m

NRB m

DATOS DE LUGAR

Estación Entrada m

Elevación Entrada m

Estación Salida m

Elevación de Salida m

Pendiente mm

Calculador

Resultados

Perfil Trapezoidal

Rendimiento

Imprimir

Calculadora

Salir

MENU DISEÑO CUNETAS

JHC-7 Ing.Agrícola

Diseño Alcantarilla

Diseño Cunetas

Diseño Bardenes

Ayuda

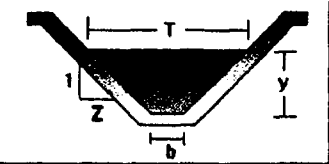
Autor

Figura N° 8.16

Diseño de Cunetas Sección Triangular-Trapezoidal-Rectangular-Circular

Proyecto _____
 Departamento _____ Promotora _____ Distrito _____

CARACTERISTICAS HIDRAULICAS Y GEOMETRICAS DE CANAL DE SECCION ABIERTO




$Q =$ Caudal en m³/seg
 $b =$ Ancho de Solera en
 $Za =$ Talud Interior
 $Zb =$ Talud Exterior
 $n =$ Rugosidad
 $S =$ Pendiente m/m.

$Y =$ Tirante Normal en m
 $A =$ Area Hidraulica en m²
 $T =$ Espejo de agua en m.
 $P =$ Perimetro Hidraulico en m.
 $R =$ Radio Hidraulico en m.
 $V =$ Velocidad en m/s.

PROGRESIVA (m)	Q (m ³ /s)	b (m)	Za	Zb	n	S (m/m)	Y (m)	A (m ²)	T (m)	P (m)	R (m)	V (m/s)	E (m·kg/kg)	Numero Froude	Tipo Flujo	Re
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																

Sec Cunetas

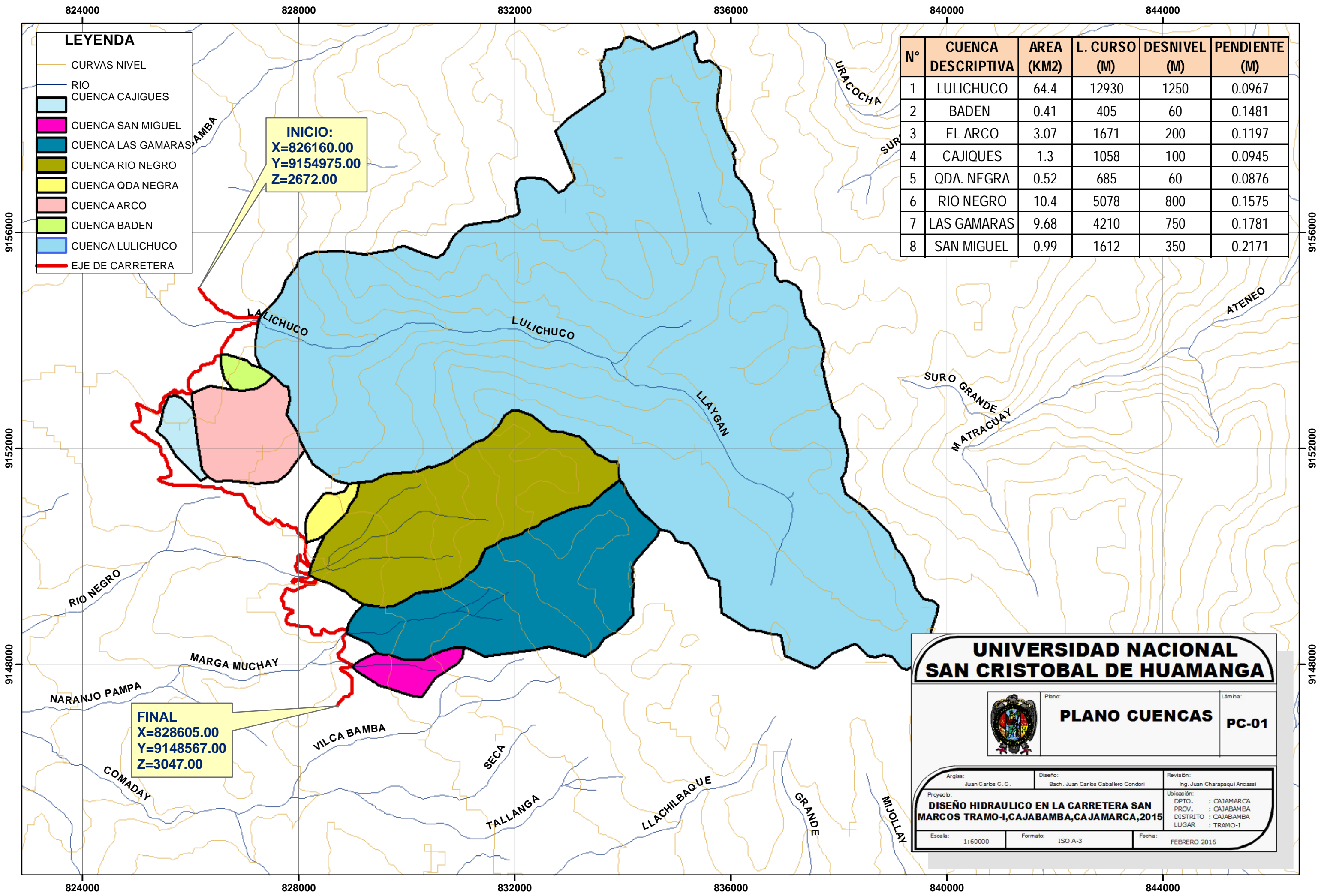


Imprimir

Limpiar

ANEXO N°8

Juego de Planos



LEYENDA

- CURVAS NIVEL
- RIO
- CUENCA CAJIGUES
- CUENCA SAN MIGUEL
- CUENCA LAS GAMARAS
- CUENCA RIO NEGRO
- CUENCA QDA NEGRA
- CUENCA ARCO
- CUENCA BADEN
- CUENCA LULICHUCO
- EJE DE CARRETERA

N°	CUENCA DESCRIPTIVA	AREA (KM2)	L. CURSO (M)	DESNIVEL (M)	PENDIENTE (M)
1	LULICHUCO	64.4	12930	1250	0.0967
2	BADEN	0.41	405	60	0.1481
3	EL ARCO	3.07	1671	200	0.1197
4	CAJIGUES	1.3	1058	100	0.0945
5	QDA. NEGRA	0.52	685	60	0.0876
6	RIO NEGRO	10.4	5078	800	0.1575
7	LAS GAMARAS	9.68	4210	750	0.1781
8	SAN MIGUEL	0.99	1612	350	0.2171

INICIO:
 X=826160.00
 Y=9154975.00
 Z=2672.00

FINAL
 X=828605.00
 Y=9148567.00
 Z=3047.00

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA



Plano: **PLANO CUENCAS**

Lámina: **PC-01**

Argis: Juan Carlos C. C.

Proyec: **DISEÑO HIDRAULICO EN LA CARRETERA SAN MARCOS TRAMO-I, CAJABAMBA, CAJAMARCA, 2015**

Escala: 1:60000

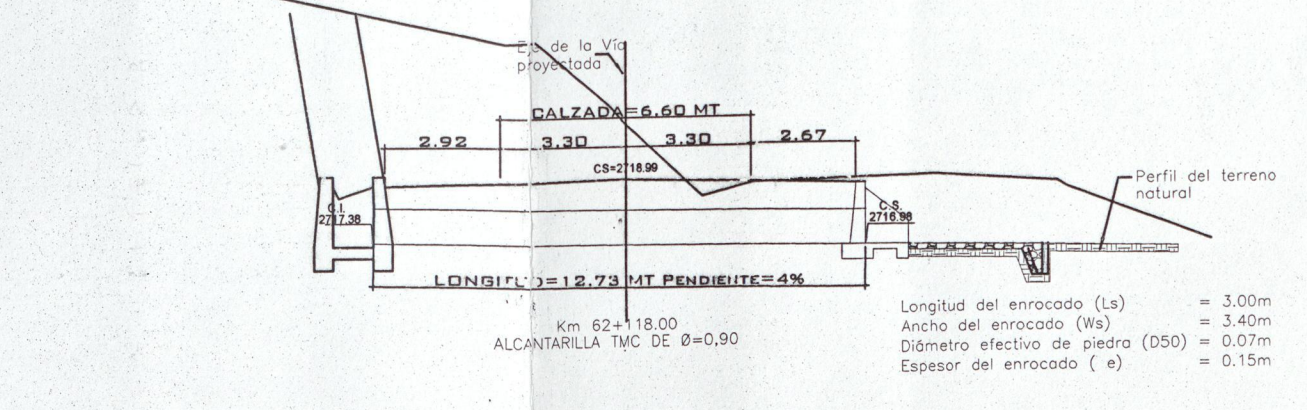
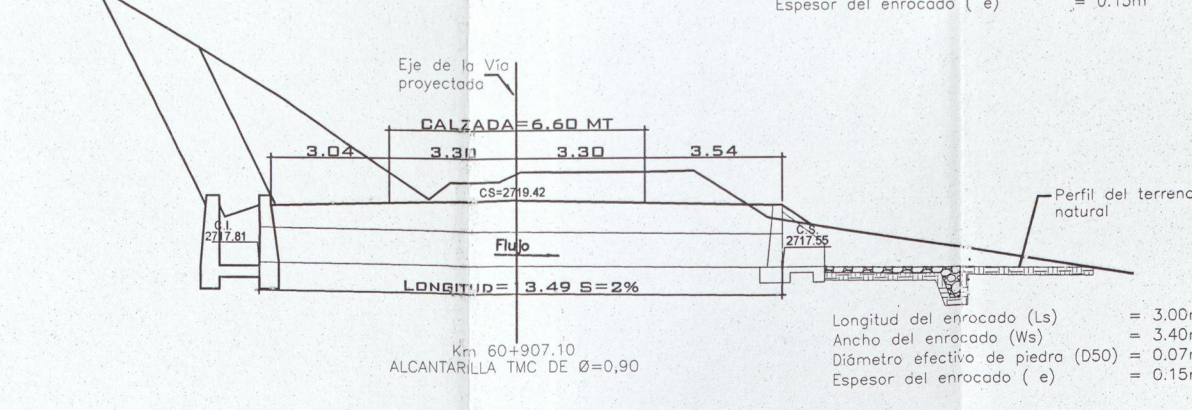
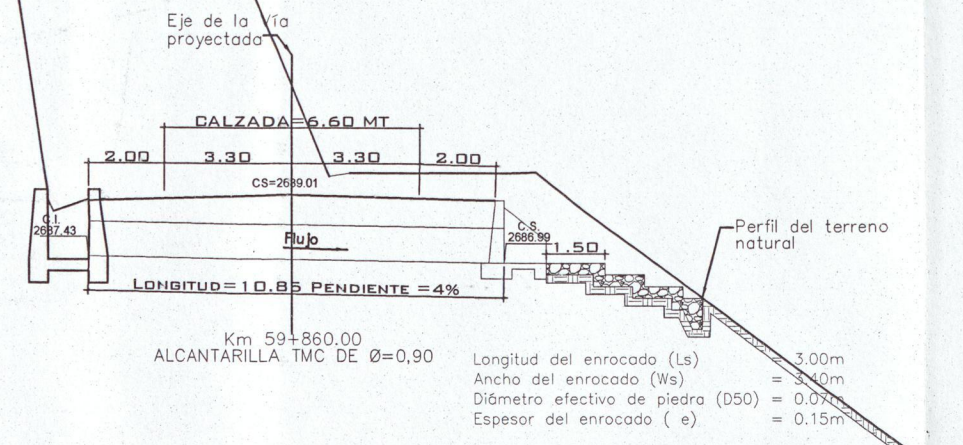
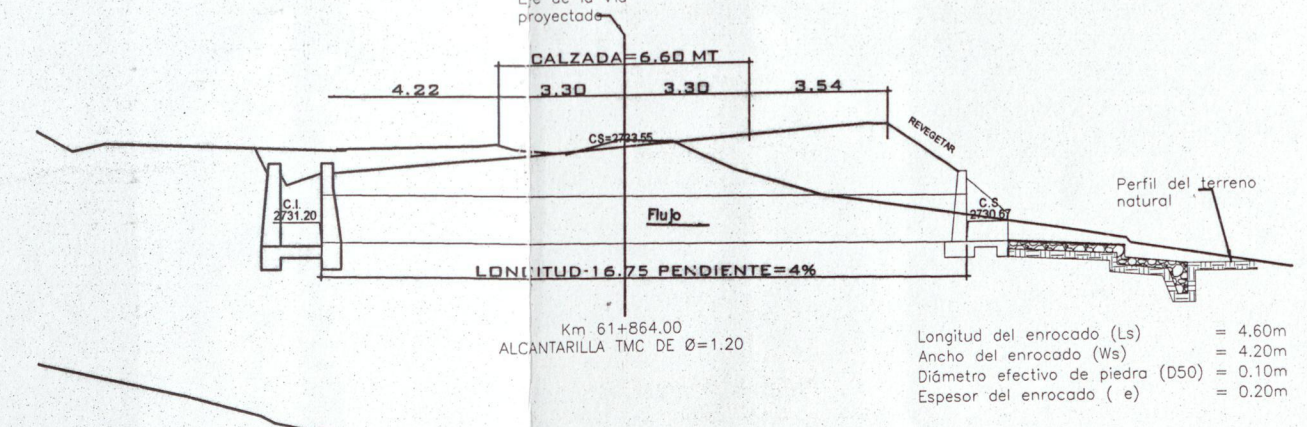
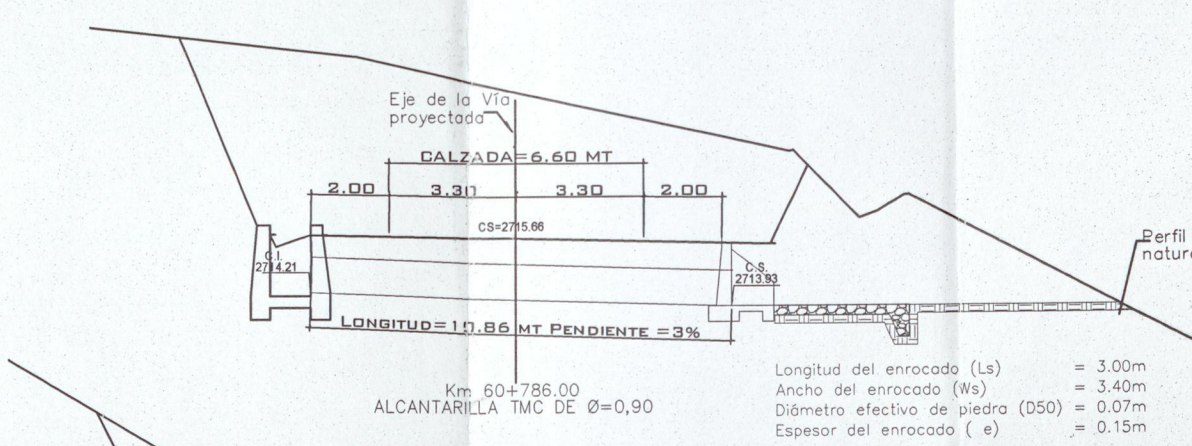
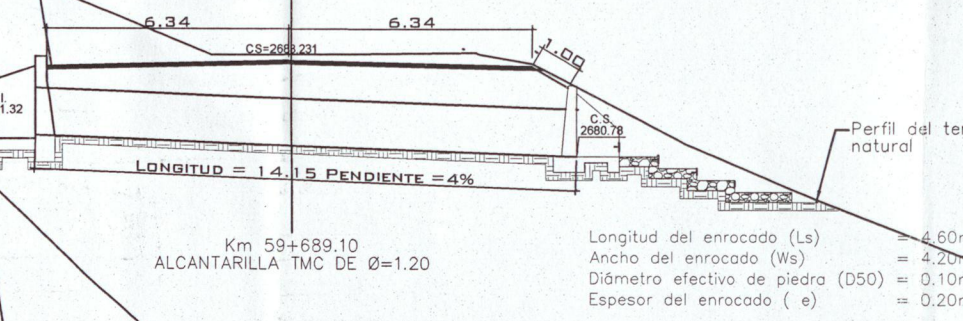
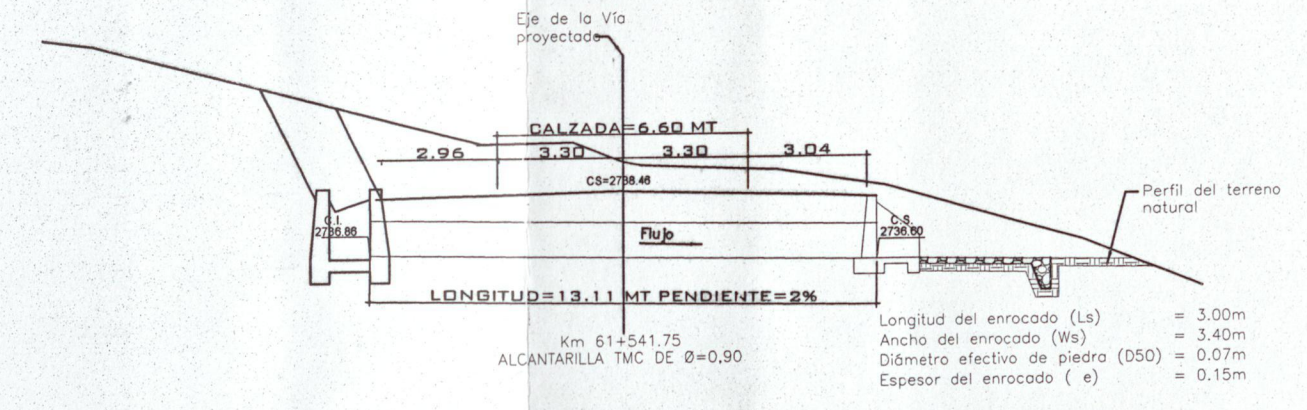
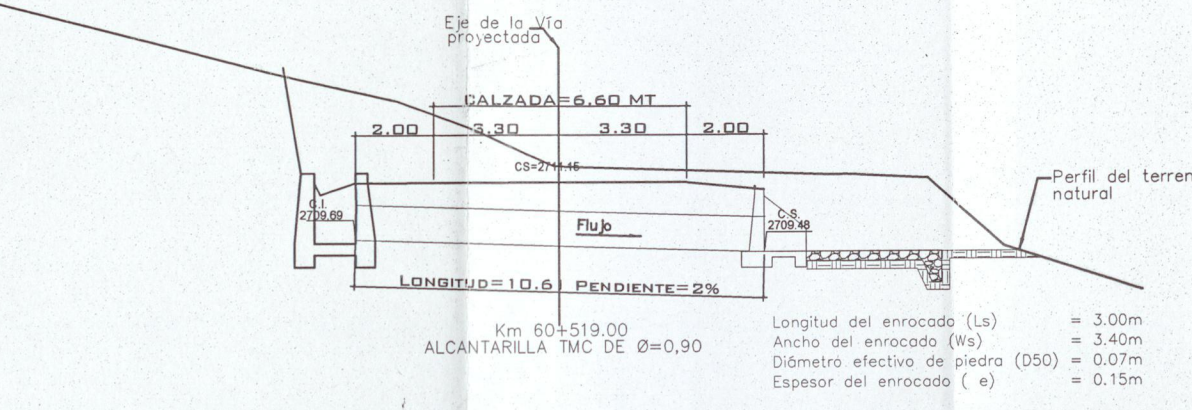
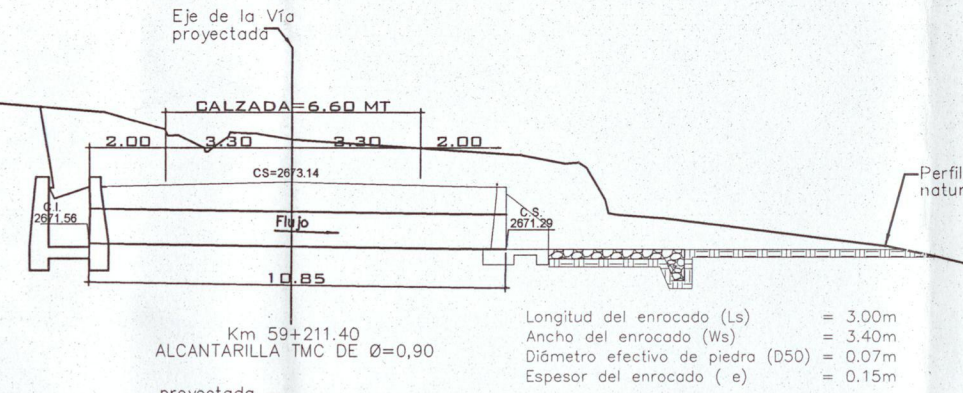
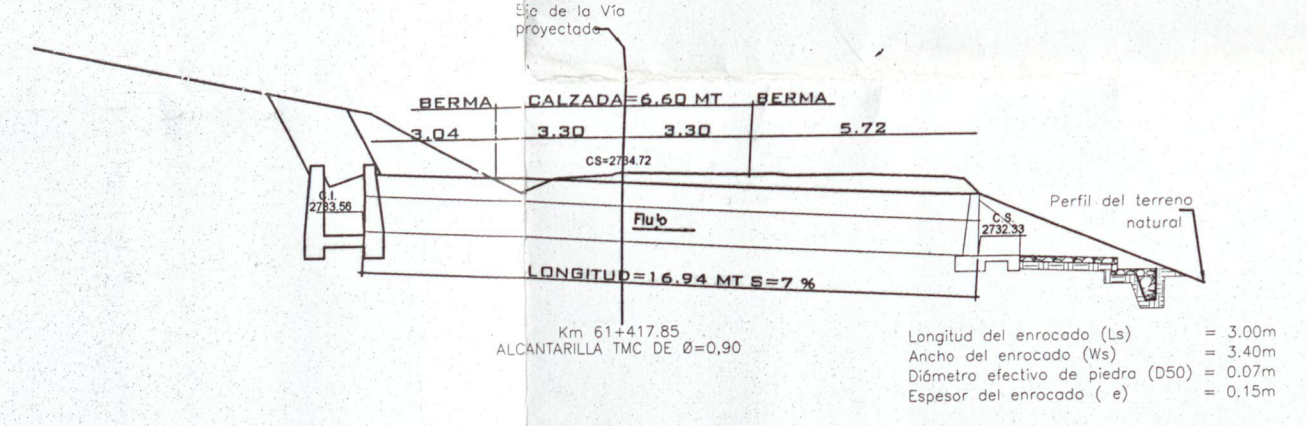
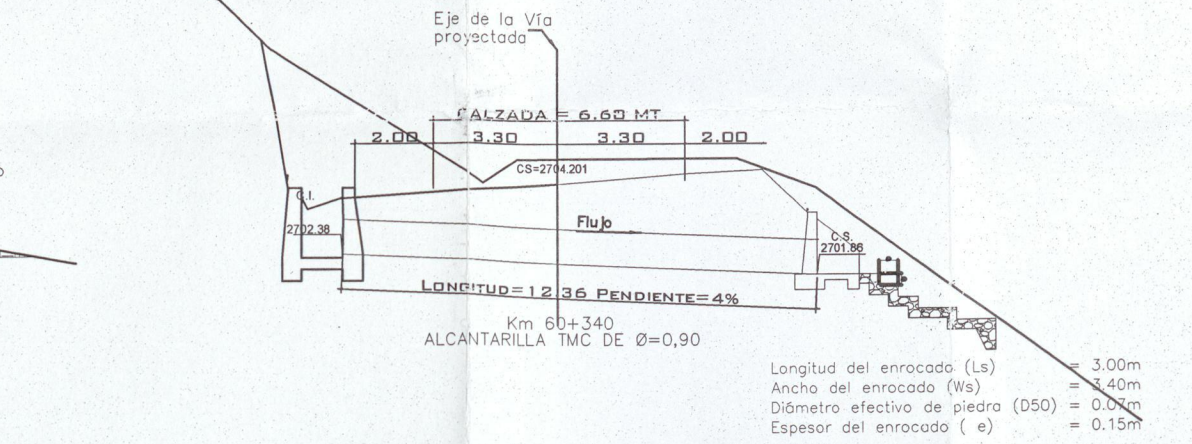
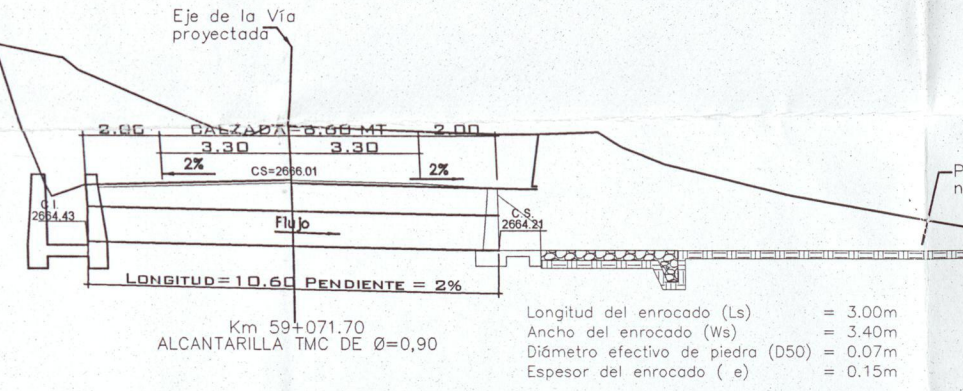
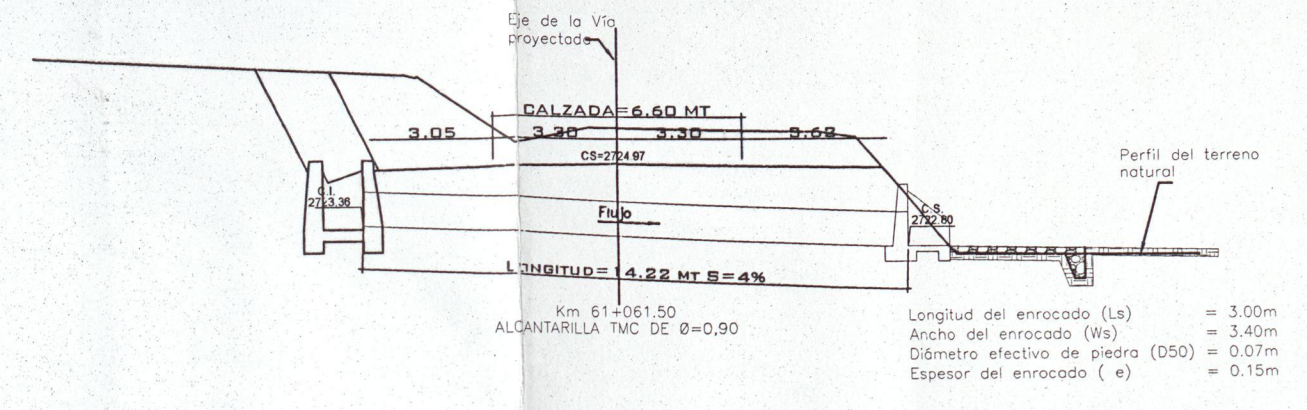
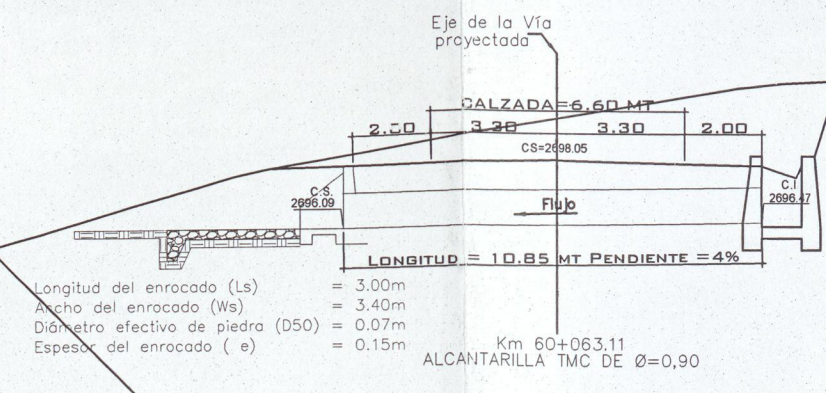
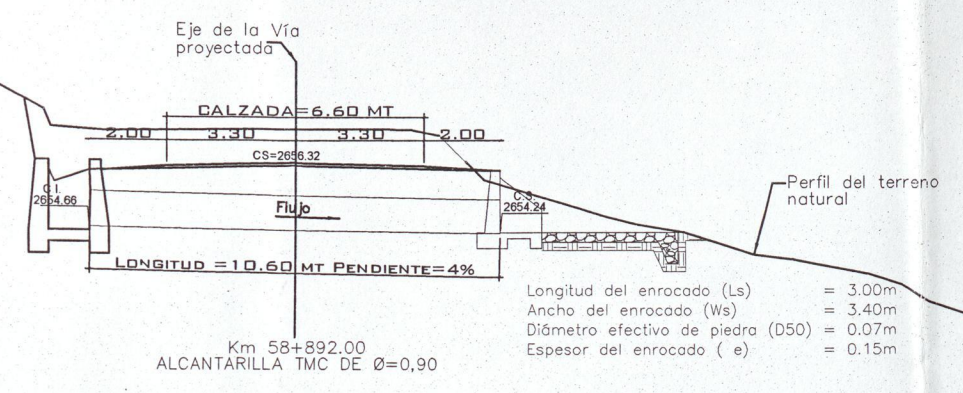
Diseño: Bach. Juan Carlos Caballero Condori

Formato: ISO A-3

Revisión: Ing. Juan Charapaqui Ancassi

Ubicación: DPTO. : CAJAMARCA
 PROV. : CAJABAMBA
 DISTRITO : CAJABAMBA
 LUGAR : TRAMO-I

Fecha: FEBRERO 2016



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
 ESCUELA FORMACION PROFESIONAL : INGENIERIA AGRICOLA

Coordinador:
 Especialista: Ing. JUAN C. CABALLERO C.
 Revisión: Ing.
 Dibujo: Ing. J.C.C.C

Aprobación:

REVISIONES	
N°	FECHA DESCRIPCIÓN

DISEÑO HIDRAULICO DE DRENAJE EN LA CARRETERA
 SAN MARCOS TRAMO I (KM:58+770 A 75+450)
 CAJABAMBA-CAJAMARCA-2015

ALCANTARILLA TMC
 KM: 58+892 A 62+118

ESCALA: INDICADA
 FECHA: JUNIO
 PLANO: AS-01