

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS FÍSICAS Y NATURALES



INFORME TÉCNICO FINAL
PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA
INGENIERÍA CIVIL

**“Proyecto y Diseño de Obras
Hidráulicas RP5 – Tramo: Federal
empalme RP2 – Provincia de Entre
Ríos”**

Nicolás Paschini
Autor

Dra. Ing. Teresa Reyna
Tutor Docente

Dr. Ing. Tomás A. Prato
Tutor Interno

AÑO 2014

Resumen

Este informe engloba las actividades realizadas durante la Práctica Profesional Supervisada de la carrera de Ingeniería Civil desarrollada en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba.

La misma fue realizada en la empresa consultora INDIGO S.A. (Ingeniería, Desarrollo, Investigación y Gestión de Obras S.A.), ubicada en la calle pública E N°621 B° Tejas Dos en la capital de Córdoba. El supervisor dentro de esta empresa, Ing. Tomás Prato, orientó y coordinó las tareas ejecutadas.

La Dra. Ing. Teresa Reyna, docente de la facultad, fue la responsable de la dirección, asesoramiento y seguimiento del informe realizado.

La práctica consistió en el desarrollo de 200 horas de trabajo en el proyecto de Obra básica, Pavimentación, Accesos y Obras Complementarias de Ruta Provincial N°5 – Entre Ríos – Tramo: Intersección Ruta Provincial N°1 – Federal – Intersección Ruta Provincial N°2. Específicamente en las tareas de verificación y diseño de obras de drenaje e hidráulicas del tramo Federal - Intersección Ruta Provincial N°2.

En el marco del Proyecto de referencia, junto a un grupo de trabajo formado por distintos profesionales; Ing. Lucía Bordese, Ing. Roxana Reyes, entre otros; se han desarrollado las siguientes tareas:

1. Determinación de la lluvia de diseño.
2. Determinación de cuencas y caudales.
3. Verificación de los desagües existentes.
4. Diseño y verificación de los desagües propuestos en el proyecto.

Para lo cual, se han desarrollado las siguientes actividades:

- Análisis del Pliego de Especificaciones Técnicas Generales y Particulares del Proyecto.
- Análisis y discusión de bases de diseño a respetar en el proyecto.
- Determinación de una lluvia de diseño.
- Análisis y estudios de Imágenes satelitales y cartas del IGM para el proyecto.
- Análisis y estudio de la topografía realizado para el proyecto por el agrimensor.
- Análisis del sistema de desagües existente.
- Determinación de las cuencas de aporte.
- Determinación de los caudales de diseño para tiempo de recurrencia 25 años.
- Verificación del funcionamiento de las alcantarillas existentes y planteo de una solución en caso de necesidad.
- Interpretación y discusión de los resultados obtenidos en el marco de un grupo de trabajo.

A continuación se detallarán las diferentes metodologías aplicadas para el desarrollo de las actividades mencionadas junto con los resultados obtenidos. Finalmente, se adjuntan los planos de los cuales se hará mención.

INDICE

1-	INTRODUCCIÓN.....	4
1.1	OBJETIVOS DEL PROYECTO	5
1.2	DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO	5
1.2.1	<i>Estudio de Variantes de Trazado.....</i>	<i>5</i>
1.2.2	<i>Capa de Rodamiento.....</i>	<i>6</i>
1.2.3	<i>Parámetros de Diseño.....</i>	<i>6</i>
1.2.4	<i>Intersecciones</i>	<i>8</i>
1.2.5	<i>Intersección con Ruta Provincial N°1</i>	<i>10</i>
1.2.6	<i>Intersección con Ruta Provincial N°28.....</i>	<i>10</i>
1.2.7	<i>Intersección con Ruta Provincial N°2.....</i>	<i>10</i>
1.2.8	<i>Accesos a Propiedades y calles</i>	<i>10</i>
2-	ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS.....	10
2.1	INTRODUCCIÓN.....	10
2.2	ANTECEDENTES.....	10
2.3	CARACTERIZACIÓN DE LA REGIÓN.....	11
2.3.1	<i>Red Hídrica</i>	<i>11</i>
2.3.2	<i>Clima.....</i>	<i>14</i>
2.3.3	<i>Flora y Fauna.....</i>	<i>16</i>
2.3.4	<i>Suelos</i>	<i>17</i>
2.4	ESTUDIOS HIDROLÓGICOS	18
2.4.1	<i>Tormenta de Diseño.....</i>	<i>19</i>
2.4.2	<i>Aplicación al Proyecto.....</i>	<i>25</i>
2.4.3	<i>Delimitación de Sub Cuencas.....</i>	<i>33</i>
2.4.4	<i>Determinación de Caudales de Diseño.....</i>	<i>36</i>
2.5	ESTUDIOS HIDRÁULICOS.....	65
2.5.1	<i>Situación Hidráulica Existente</i>	<i>65</i>
2.5.2	<i>Situación Hidráulica de Proyecto.....</i>	<i>69</i>
2.5.3	<i>Drenaje en Zona Rural.....</i>	<i>69</i>
3-	CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES.....	83

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1.	Ubicación del área en estudio	4
Fig. 2.	Perfil transversal. Paquete estructural.....	6
Fig. 3.	Perfil de obra básica.....	7
Fig. 4.	Red hídrica.....	13
Fig. 5.	Isotermas e Isohietas de la Provincia de Entre Ríos.....	15
Fig. 6.	Isohietas precipitaciones máximas medios - Duración: 4 días	20
Fig. 7.	Zonas de homogeneidad meteorológica.....	22
Fig. 8.	Isohietas de Precipitación máxima diaria (d=1día; Tr=25 años).....	24
Fig. 9.	Precipitación máxima diaria [mm] Tormenta 01	26
Fig. 10.	Relación I-D-T Tormenta 01 (< 2 horas).....	27
Fig. 11.	Relación I-D-T Tormenta 01 (> 2 horas).....	27
Fig. 12.	Precipitación máxima diaria [mm] Tormenta 02	28
Fig. 13.	Relación I-D-T Tormenta 02 (< 2 horas).....	29
Fig. 14.	Relación I-D-T Tormenta 02 (> 2 horas).....	30
Fig. 15.	Precipitación máxima diaria [mm] Tormenta 03	31
Fig. 16.	Relación I-D-T Tormenta 03 (< 2horas).....	32
Fig. 17.	Relación I-D-T Tormenta 03 (> 2 horas).....	33
Fig. 18.	Decaimiento areal en función de la superficie de las cuencas	33
Fig. 19.	Valores del coeficiente C.....	41
Fig. 20.	C para: Loam Arcilloso. Monte medianamente tupido.....	42
Fig. 21.	C para: Suelo Desnudo. Pavimento.....	42
Fig. 22.	Rugosidad Relativa, K.....	46
Fig. 23.	Esquema determinación de la función de transferencia.....	59
Fig. 24.	Hietograma unitario triangular	60
Fig. 25.	Programa HEC-HMS	62
Fig. 26.	Perfil transversal tipo	69
Fig. 27.	Condiciones a la entrada de la alcantarilla	73
Fig. 28.	Datos del sitio de emplazamiento	73
Fig. 29.	Longitud de la cresta	74
Fig. 30.	Datos de entrada para la verificación de alcantarillas en HY-8	74
Fig. 31.	Ventana de resultados obtenidos con el programa HY-8.....	75
Fig. 32.	Ventana de resultados gráficos obtenidos con el programa HY-8.....	75

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Anchos de elementos del paquete estructural	6
Tabla 2.	Índices de Crecientes.	20
Tabla 3.	Precipitación máxima diaria [mm] Tormenta 01	25
Tabla 4.	Relación I-D-T Tormenta 01	26
Tabla 5.	Precipitación máxima diaria [mm] Tormenta 02	28
Tabla 6.	Relación I-D-T Tormenta 02	29
Tabla 7.	Precipitación máxima diaria [mm] Tormenta 03	31
Tabla 8.	Relación I-D-T Tormenta 03	32
Tabla 9.	Características de las Cuencas	34
Tabla 10.	Cuencas drenadas por puentes	36
Tabla 11.	Valores X, Y, Z en función de C (Característica de la Cuenca).....	37
Tabla 12.	Coeficientes de Escorrentía para distintos tipos de uso de suelo.....	39
Tabla 13.	Coeficientes C de Característica de la Cuenca.....	43
Tabla 14.	Tiempos de Concentración Cuencas	48
Tabla 15.	Parámetros y resultados del MRG de las Cuencas en estudio.	52
Tabla 16.	Números de curva de escorrentía parámetro.....	56
Tabla 17.	Números de curva de escorrentía del proyecto.....	57
Tabla 18.	Parámetros para el cálculo y resultados del programa HEC-HMS	63
Tabla 19.	Alcantarillas existentes.	66
Tabla 20.	Alcantarillas propuestas.....	70
Tabla 21.	Comportamiento alcantarillas para tormenta de diseño de 25 años.....	76
Tabla 22.	Comportamiento cunetas para tormenta de diseño 25 años.....	79

INDICE DE ANEXOS

Anexo I.	Planialtimetría general.	86
Anexo II.	Perfil tipo de obra básica	130
Anexo III.	Plano de cuencas hidrográficas.....	132
Anexo IV.	Plano tipo alcantarilla Z2915.....	136
Anexo V.	Plano tipo alcantarilla O41211	138
AnexoVI.	Resultados del programa HY-8.....	139

1- INTRODUCCIÓN

El Proyecto motivo de este estudio se desarrolla en la Ruta Provincial N°5 en la provincia de Entre Ríos. Consiste en la pavimentación de la vía manteniendo el eje actual excepto en casos puntuales donde se rediseñaron los radios de curvas por resultar los existentes inadecuados para la velocidad de diseño.

La Ruta a la que se hace referencia se ubica al norte de la provincia de Entre Ríos, con una orientación Oeste-Este y una longitud aproximada de 160 km, atravesando en su desarrollo los departamentos de La Paz, Federal, Concordia y Federación. La práctica profesional concretamente esta acotada al tramo, Federal - Intersección Ruta Provincial N°2 con longitud de 71 Km aproximadamente. Por lo que en lo que sigue se dará detalle únicamente de este tramo.



Fig. 1. Ubicación del área en estudio
(inta.gov.ar)

La ruta inicia en la intersección con Ruta Provincial N°1 a aproximadamente 10 kilómetros de la ciudad de La Paz, y 168 kilómetros de Paraná, ciudad capital entrerriana. El final del tramo se encuentra donde la ruta interseca a la ruta provincial N°2, a unos 10 kilómetros de la localidad de Chajarí. A mitad de tramo, nos encontramos con una travesía urbana, cuando la ruta en estudio cruza la localidad de Federal.

El tramo se desarrolla sobre una topografía de suaves ondulaciones, perteneciente a la región de la llanura pampeana. Las antiguas estructuras geológicas que conforman la región fueron alteradas por movimientos tectónicos que formaron el plegamiento andino y que originaron extensas líneas de falla surcadas por los ríos Gualeguay y Gualeguaychú y por el arroyo Nogoyá. De esta forma, la zona se fracturó en bloques que se desplazaron según distintos rumbos y que constituyen las ondulaciones conocidas como cuchillas. Estas cuchillas recorren el territorio entrerriano desde el sur correntino abriéndose en dos: la Cuchilla Grande rumbo al sudeste y la Cuchilla de Montiel rumbo al sudoeste.

En términos económicos, se podría definir a la provincia de Entre Ríos como una vasta granja, por tratarse de una zona cuya principal actividad económica es la agricultura (con importantes cultivos de oleaginosas, cereales y cítricos) y la ganadería (ganados bovino, ovino y equino).

Las obras propuestas en el tramo en estudio implican alteo de rasante, pavimentación y variantes de trazado que buscan evitar anegamiento de la vía y mejorar los radios de curvas permitiendo mayores velocidades directrices.

1.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO

El Proyecto de Ingeniería prevé la pavimentación de calzada con el objeto de favorecer la integración del territorio de la Provincia en el eje O-E, disminuir los costos de viajes y fomentar el desarrollo económico, a través de mejoras en la productividad, atracción de inversiones y el incremento del valor de las tierras.

La mejora constituye la respuesta a una demanda regional que requiere la mejora de la conectividad y accesibilidad de las zonas productivas.

De este modo, el proyecto representa un incentivo para el desarrollo de la región y una satisfacción de las necesidades básicas de la población. Tanto para la zona de influencia de la ruta como para toda la provincia, la concreción de mejoras en la infraestructura vial representa un impulso amplio a distintas actividades, dentro de las cuales se encuentran los pilares económicos de la provincia.

1.2 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO

1.2.1 Estudio de Variantes de Trazado.

Respecto a la traza actual de la ruta, se plantearon una serie de modificaciones principalmente debido a la readecuación de los parámetros de diseño, rectificando algunos radios de curvas muy cerrados que no permitían el desarrollo de una velocidad directriz razonable. También se estudiaron variantes de trazado en sectores de intersecciones, puentes y zonas con edificaciones próximas a la traza.

1.2.2 Capa de Rodamiento

El paquete estructural conforma un pavimento de tipo flexible, compuesto por una carpeta de concreto asfáltico de 5 cm de espesor y 7,30 m de ancho, sobre una base negra asfáltica de 5 cm de espesor en 7,40 m de ancho. Estas apoyan sobre una base y una sub-base de suelo calcáreo de 20 cm de espesor cada una, de 7,70 m y 8,00 m de ancho respectivamente.

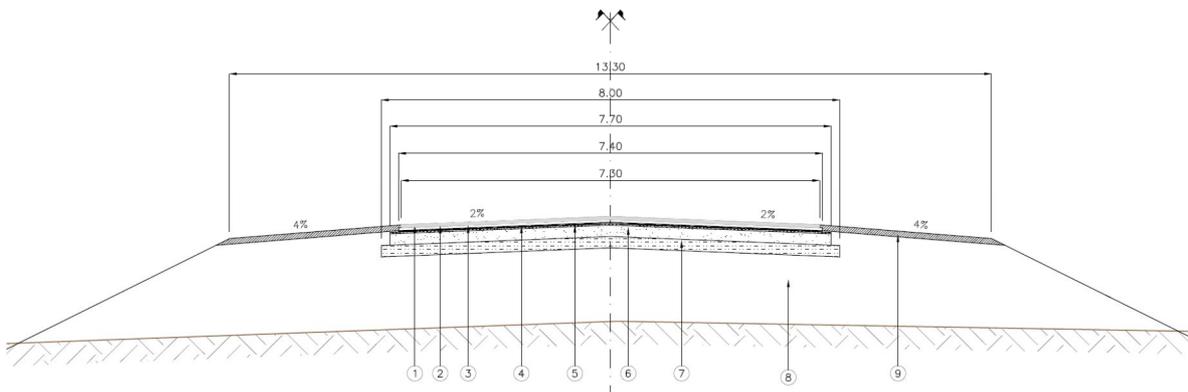


Fig. 2. Perfil transversal. Paquete estructural.

El paquete apoya sobre un terraplén con compactación especial. Las banquetas, como los taludes de terraplenes llevan un recubrimiento de 0.10m de espesor de suelo de primer horizonte.

Tabla 1. Anchos de elementos del paquete estructural

REFERENCIAS:	ANCHOS (m.l.) PERFIL RURAL
1.- CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO EN 0.05m DE ESPESOR	7.30 m.
2.- RIEGO DE LIGA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA	7.30 m.
3.- BASE NEGRA ASFÁLTICA EN 0.05m DE ESPESOR	7.40 m.
4.- RIEGO DE LIGA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA	7.40 m.
5.- RIEGO DE IMPRIMACION CON EMULSIÓN ASFÁLTICA	7.70 m.
6.- BASE CALCÁREA DE 0.20m DE ESPESOR (CBR \geq 80%)	7.70 m.
7.- SUBBASE DE SUELO CALCÁREO DE 0.20m DE ESPESOR (CBR \geq 60%)	8.00 m.
8- NUCLEO DEL TERRAPLEN CON COMPACTACION ESPECIAL	ANCHO DE TERRAPLÉN
9.- BANQUINA DE SUELO DE PRIMER HORIZONTE EN 0,10m DE ESPESOR	3.00 m

1.2.3 Parámetros de Diseño

El diseño geométrico de la obra en estudio se basa en las normas de diseño geométrico de carreteras de la DNV, considerando los avances de la actualización del año 2010 (aún en proceso de aprobación).

Para el diseño geométrico del camino se adoptaron los siguientes parámetros:

- Velocidad de Diseño: 110 km/h
- Calzada 7,30 m de ancho (incorporando sobreeanchos en curvas)
- Banquinas de 3,00 m de ancho
- Ancho total coronamiento: 13,30 m exceptuando zonas de curvas y sectores con barandas de defensa
- Radio mínimo deseable: 800 m. (Radio mínimo absoluto: 500m)
- Peralte máximo 8%
- Pendiente longitudinal máxima 5%
- Taludes Terraplén
 - 1:3 para $h < 3$ m, sin defensas metálicas
 - 1:2 para $h \geq 3$ m, con defensas metálicas
- Contrataludes en desmontes de 1:2.

En el caso de defensas se colocaran barandas flexibles como elementos de seguridad donde las alturas de terraplén sean mayores a los 3,00 m y otros lugares que se definan necesarios por criterios de seguridad. En estos casos se prevén sobreeanchos de 0,50 m.

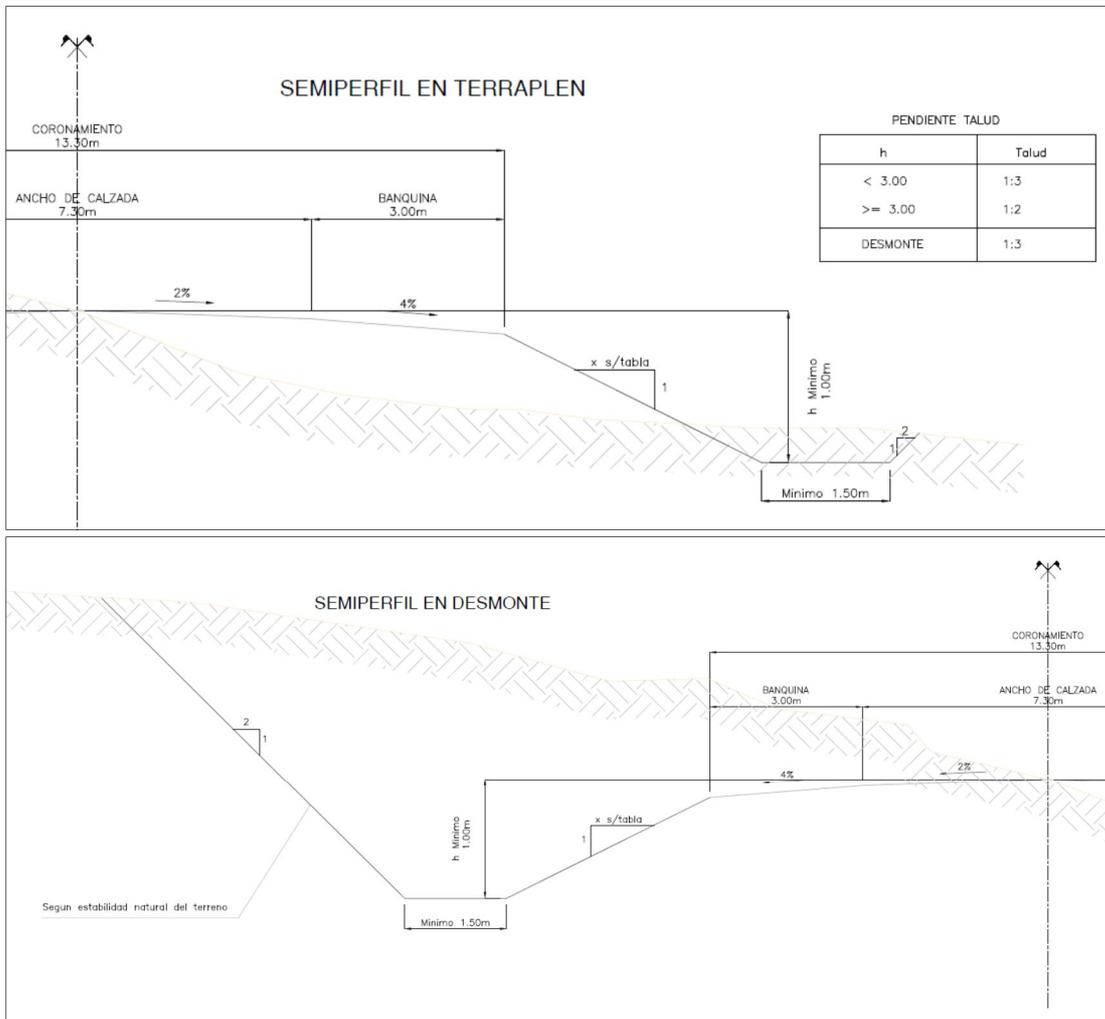


Fig. 3. Perfil de obra básica.

Cabe aclarar que no se han podido plantear los radios mínimos deseables a lo largo de toda la traza debido a la necesidad de expropiar grandes superficies de terreno y a la existencia de construcciones aledañas a la traza actual. En dichos sectores se han desarrollado curvas con radios mínimos absolutos, que para un peralte del 8% es de 500m.

Para la definición de la rasante, partiendo de los relevamientos topográficos, se han considerado los puntos de cruces de alcantarillas transversales, puentes y alteos necesarios que condicionan la cota de rasante, procurando en general que sobre las losas superiores de las alcantarillas proyectadas se desarrolle el paquete estructural completo.

Luego, la envolvente de estos puntos, con las revanchas y alturas de despeje que corresponden en cada caso, define la rasante, que posteriormente se ajusta en base a los parámetros de diseño vial (pendientes longitudinales, curvas verticales).

Como se mencionara anteriormente, por cuestiones de diseño, se colocarán barandas en el caso de terraplenes con alturas mayores a los tres (3) metros previéndose en esos casos llevar el talud a 1:2 e incorporar sobreancho de 0,50 m en el coronamiento, en donde se prevé en algunos sectores la colocación de cordón cuneta para la protección del borde del terraplén.

1.2.4 Intersecciones

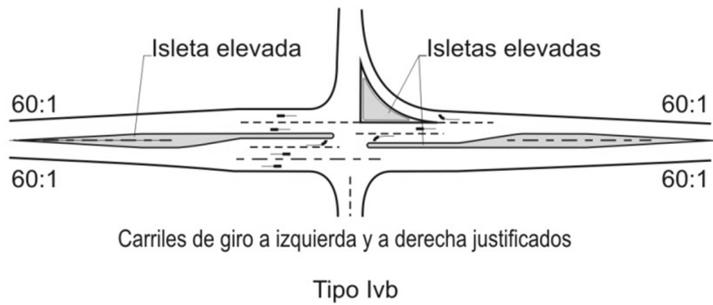
El proyecto prevé la readecuación de intersecciones y accesos.

Las intersecciones más importantes son 3 y se corresponden con:

- Intersección con Ruta Provincial N°1 - Inicio del tramo
- Intersección con Ruta Provincial N°28 - 26.5 km al este de Federal
- Intersección con Ruta Provincial N°2 - Final del tramo

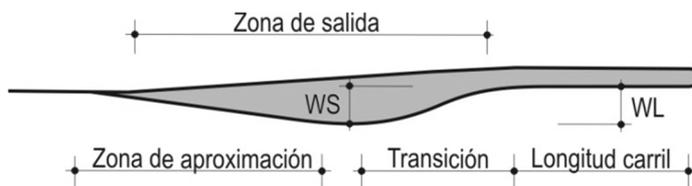
Todas estas son intersecciones a nivel. Las dos primeras en Y (en ángulos oblicuos), mientras que el final del tramo es una intersección en T (en ángulo recto).

En cuanto al diseño geométrico de las intersecciones se ha definido la tipología denominada como Tipo IV en las Normas de Diseño Geométrico de la DNV 2010, recomendada para caminos bidireccionales con velocidad directriz mayor a 90Km/h. Se trata de intersecciones a nivel canalizadas, con isletas y carriles auxiliares para giros.



Las isletas serán elevadas, delimitadas por cordones montables y de tamaño suficiente para ser percibidas con facilidad por los conductores.

Se colocarán isletas para giros a la derecha e isletas centrales para espera y giro a la izquierda. Éstas se encuentran formadas por una zona de aproximación, una zona de transición y un carril de espera y giro.



A continuación se detallan las dimensiones adoptadas según la velocidad de diseño.

La zona de aproximación adoptada responde a la denominada tipo A, con sombra completa, recomendada para altas velocidades de proyecto, donde el corrimiento lateral de la isleta respecto al borde interno del carril de giro supera el ancho del carril de giro.

Para una velocidad directriz de 110 km/h se adopta una longitud de zona de aproximación de 220m, transición de 90m y carril de espera para giro a la izquierda de 90m.

En cuanto a los carriles de giro, usualmente tienen el mismo ancho que los carriles de paso, en este caso, de 3,35m.

Con respecto a los ramales de giro, se definen los radios de giro mínimos en función de la velocidad de diseño, con radios mínimos de 40m, para una velocidad de 40 Km/h, y adoptando valores mayores cuando fuera posible (según los ángulos con que ambas rutas se intersecan).

El ancho del carril de dichos ramales es función de las condiciones de operación y tránsito previstas: un sentido sin provisión para adelantamiento de vehículo detenido y suficientes vehículos semirremolques WB-12 o WB-15 como para gobernar el diseño. El valor adoptado es de 5.50m

1.2.5 Intersección con Ruta Provincial N°1

La Ruta Provincial N°1 es una ruta pavimentada. La intersección entre ambas rutas se produce con un ángulo de aproximadamente 35°. Este tipo de intersecciones resultan peligrosas por dificultar la visual. Por este motivo se prevé aumentar el ángulo mediante la incorporación de una curva horizontal, llevándolo a 70°.

1.2.6 Intersección con Ruta Provincial N°28

La Ruta Provincial N°28 es una ruta de tierra. La intersección entre ambas rutas se produce con un ángulo de aproximadamente 60°. A fin de incrementar este ángulo y por no presentarse espacio suficiente para rectificar la traza según los parámetros mínimos de diseño por existencia de construcciones aledañas, se propone una variante en la traza en este sector.

1.2.7 Intersección con Ruta Provincial N°2

La Ruta Provincial N°2 es una ruta pavimentada. La intersección entre ambas rutas se produce con un ángulo de 90°.

1.2.8 Accesos a Propiedades y calles

Se prevé un diseño tipo con radio de 9,0 m y anchos de accesos de 5,0 m. para el caso de propiedades y de 7,0 m. para calles.

2- ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS

2.1 INTRODUCCIÓN

La provincia de Entre Ríos está enmarcada por los ríos Paraná y Uruguay, al este y al oeste respectivamente. Estos dos grandes cursos de agua llegan desde zonas lejanas de la cuenca del Plata. Por este motivo su comportamiento no está determinado por condiciones locales y por ello se definen como de régimen aloctono. Por otro lado esta provincia contiene una profusa red de cursos de agua con más de 7.000 trazados hídricos de régimen autóctono. Por lo tanto esta provincia está conformada por un complejo sistema donde confluye agua de diferentes orígenes y comportamientos.

2.2 ANTECEDENTES

Para llevar a cabo los estudios hidrológicos se extrajeron los datos necesarios de diversas cartas, imágenes y estudios previos realizados en la zona, entre las cuales se cuenta:

- Cartas del IGM en escala 1:100.000.
- Imágenes satelitales de alta definición (base de datos del servidor Google Earth).
- Modelo de terreno SRTM (datos de misión topográfica de radar) obtenidos del servidor de la CGIAR (Consortium for Spatial Information).

- Información hidrológica de estaciones de la Red Hidrológica Nacional, Subsecretaría de Recursos Hídricos. www.hidricosargentina.gov.ar y de la Dirección de hidráulica de Entre Ríos.
- Estudios hidrológicos realizados por el Grupo de Investigación en Hidrología e Hidráulica Aplicada (GIHHA) de la Universidad Tecnológica Nacional regional Concordia titulados como “Procedimientos para la Estimación de Tormentas de Diseño para la Provincia de Entre Ríos”.
- Información geotécnica de la base de datos de la Secretaría de de minería de la nación www.segemar.gov.ar
- Mapas del Instituto nacional de tecnología agropecuario (INTA).

La base de datos del servidor asociado al programa Google Earth posee imágenes de alta resolución que abarcan la totalidad del tramo de estudio. Asociadas a éstas imágenes se encuentran vinculados Modelos Digitales de Elevaciones que permiten su visualización en tres dimensiones.

Mediante el análisis de las imágenes y los modelos de elevaciones antes mencionados, se procedió a la delimitación de las cuencas de aporte en donde se ubicarán las alcantarillas proyectadas para el drenaje transversal de la obra.

2.3 CARACTERIZACIÓN DE LA REGIÓN

2.3.1 Red Hídrica

La red hídrica interior de la provincia de Entre Ríos se caracteriza por ser una exuberante trama conformada por ríos, riachos y arroyos cuyos cauces siguen los accidentes geológicos orientando las aguas hacia las zonas más bajas.

El relieve de la provincia tiene una ligera pendiente hacia al sur, este efecto se aprecia también en el sentido en el cual recorren los grandes ríos perimetrales. Continuando con la influencia del relieve, se destacan las grandes lomadas entrerrianas conocidas como “Cuchillas” por ser divisorias de aguas. Entre ellas, cabe mencionar la cuchilla de Montiel, la cual determina dos planos de escurrimiento, uno hacia el Paraná por el lado Oeste y otro por el Este con dirección a la cuenca del Gualeguay o eje primario. Y la cuchilla Grande, la que desagua hacia el Oeste generando los afluentes del Gualeguay y hacia el Este volcando con destino hacia el Uruguay o hacia el Gualeguaychu. También existen pequeñas lomadas que son desprendimientos de las anteriores en los departamentos Federación, Concordia, Villaguay, La Paz, Paraná y Nogoya que también hacen las veces de divisorias de aguas.

El eje interior de este eje hidrográfico es el río Gualeguay que drena la larga depresión ubicada entre las dos principales lomadas y desde allí sigue hasta desembocar en el delta del Paraná.

En la zona norte se encuentran los cursos del Guayquiraró y del Mocoreta que constituyen el límite con la provincia de Corrientes desaguando en el Paraná y el Uruguay respectivamente. Otros cursos importantes son: el arroyo Feliciano, que vuelca sus aguas en el Paraná, al igual que el arroyo Las Conchas y el Nogoya pero

este último lo hace a través del delta de este río. El río Gualeguaychu, en cambio tiene su desembocadura en el río Uruguay. Todos estos cursos forman cuencas del tipo dendrítico donde avanan gran cantidad de arroyos menores.

2.3.1.1 Pendiente del Oeste o del Paraná

Los ríos de esta pendiente se encuentran entre los ríos Gualeguay y Paraná y desembocan en el Paraná. El río Paraná es el único de esta pendiente que nace fuera de la Provincia: en la meseta Brasileña con los nombres de Paraná-iba y Grande, y tras un recorrido de más de 3.800 km, desemboca en forma de Delta, en confluencia con el río Uruguay, formando el Río de la Plata. La costa entrerriana del río Paraná es alta y barrancosa hasta la ciudad de Diamante y a partir de aquí, la altura de la costa se invierte, dando lugar a la formación del Delta.

Los principales ríos de esta pendiente son: el Guayquiraró de 140 km. que sirve de límite con la provincia de Corrientes; el río Feliciano de 198 km, que nace en la lomada del Mocoretá y desemboca en las inmediaciones de Piedras Blancas; el Hernandarias que limita los departamentos de La Paz y Paraná; el arroyo de Las Conchas, que desemboca en Villa Urquiza; el arroyo Salto que lo hace en las cercanías de La Juanita y el arroyo Ensenada, que desemboca al norte de la ciudad de Diamante.

2.3.1.2 Pendiente del Este o del Uruguay

El principal río de esta pendiente es el Uruguay que nace en Brasil, en la sierra Do Mar, de la unión de los ríos Pelotas y Peixe y desemboca formando con el Paraná, el Río de la Plata, después de recorrer 1600 km.

Los principales ríos y arroyos de esta pendiente son: el Mocoretá que limita Entre Ríos con la provincia de Corrientes; el Mandisoví Chico; el Mandisoví Grande; el Gauleguaycito; el Ayuí Grande, el Yuquerí Grande; el Yuquerí Chico; el Yeruá; el Chico de Pedernal; el Palmar; el Pos Pos; el Perucho; el Urquiza; el Curro; De la China; Tala; Osuna; el Gualeguaychú de 182 km; el Ceibal; Ñancay y el Naranja.

2.3.1.3 Pendiente Central o del Gualeguay

El río Gualeguay que nace en Federación y en su recorrido de 375 km. drena las aguas de una importante región, desemboca en el Paraná-Pavón y Paraná-Ibicuy. Su régimen es pluvial.

Sus afluentes de la margen derecha son; Taraguay, Sauce, Federal, Diego López, Ortiz Mojones, El Tigre, el Tigrecito, Raíces, Altamirano, Tala, Jacinta; por su margen izquierda Chañar, Lucas, Cañada Grande, Sandoval, Vizcacheras, Villaguay, Bergara, Calá, San Antonio y Ceballos.

2.3.1.4 **Pendiente del Sur**

Esta pendiente está ubicada en la parte meridional de la Provincia y drena una extensa región de territorio bajo, inundable y de islas, a partir de Punta Gorda.

Entre otros, pueden mencionarse: el riacho Victoria, los arroyos de Las Cuevas, Paranacito, Correntoso, Barrancoso, Doll, Los Ceibos, Manantiales y el arroyo Nogoyá, de 132 km de largo. Ya en el Delta, al sur del río Gualeguay, se localizan el Paraná-Pavón y el Paraná-Ibicuy y en el Delta propiamente dicho: el río Paranacito, el Sagastume, el Braza Largo, el Brazo Chico, el Gutiérrez, el Paraná Bravo, el Sauce, el Paraná-Guazú.

2.3.1.5 **Lagunas**

No obstante su riqueza hídrica, Entre Ríos no posee lagos. En las partes deprimidas de sus lomadas, las aguas forman bañados o esteros, como: el de Yacaré, la Laguna del Pescado, del Sauzal, del Rabón, de los Toldos, de las Cañas; esteros de Morán; la laguna Carabajal; la laguna de los Gauchos; la laguna Larga; la laguna de Las Tejas, de Montiel y otras.



Fig. 4. Red hídrica.
(mapoteca.educ.ar/mapa/entre-rios/)

2.3.2 **Clima**

La provincia de Entre Ríos presenta un clima templado y húmedo de llanura. Su posición geográfica intermedia entre el ecuador y el polo (su latitud) hace que las temperaturas promedio se ubiquen en el rango de templadas, entre 17° y 20° C; con un régimen regular de precipitaciones durante todo el año. La cantidad de milímetros precipitados es suficiente y oscila entre los 1000 y 1300 mm anuales (en año normales, sin las influencias de los fenómenos de La Niña o El Niño).

Además de la regularidad de las precipitaciones, la gran cantidad de ríos y arroyos que atraviesan la provincia, brindan su cuota de humedad al suelo y al aire.

A continuación se describen con mayor detalle las principales características climáticas de la región. (www.mineria.gob.ar/estudios/irn/entrierios/ind-clim.asp)

2.3.2.1 **Precipitaciones**

Como se mencionara anteriormente, la provincia de Entre Ríos presenta un clima húmedo de llanura, con un régimen regular de precipitaciones durante todo el año. De acuerdo a la clasificación de Köppen el clima de Entre Ríos es “Caf” templado, húmedo sin estación seca y meso termal, con veranos calurosos o muy calurosos. Temperaturas del mes más frío entre 0° y 18°C, y del mes más cálido promedios superiores a los 22° C. Según la clasificación de Blair es húmedo por presentar promedios de lluvias entre 1000 y 2000 mm. En cualquier estación del año o mes puede presentarse sequía o exceso de precipitaciones, por lo tanto le corresponde también la clasificación de clima Isohigro.

En la imagen siguiente se puede observar cómo las precipitaciones se incrementan desde el suroeste hacia el noreste desde los 1100mm hasta los 1400mm anuales aproximados.

2.3.2.2 **Temperaturas**

En esta provincia se desarrollan las cuatro estaciones del año. La temperatura media anual de Paraná es de 18°, de Gualeguaychú 17,6°, en Concordia de 19,0, en La Paz de 19,6° y en Mazaruca al sur de la provincia de 17,3°. Las invasiones de aire polar, normales en invierno, provocan heladas, en algunos casos fuertes, especialmente en la campiña, en donde las temperaturas llegan a descender varios grados debajo 0°. En verano las temperaturas más altas llegan a ubicarse entre 34° y 38°. En la siguiente figura pueden apreciarse las isotermas aproximadas de la provincia. En estas se observa cómo las temperaturas descienden de norte a sur.

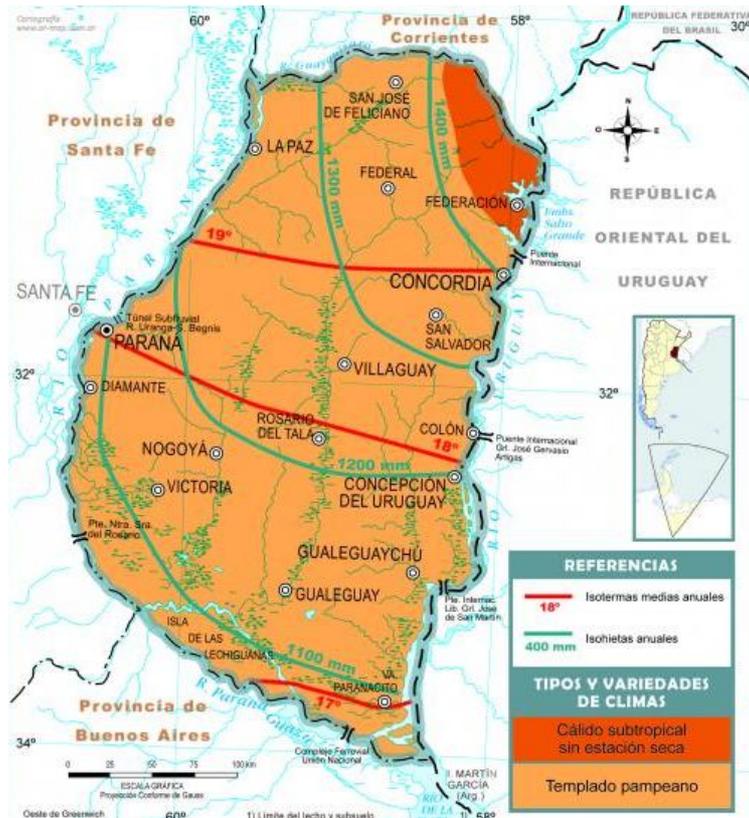


Fig. 5. Isotermas e Isohietas de la Provincia de Entre Ríos.
(mapoteca.educ.ar/mapa/entre-rios/)

2.3.2.3 Presión y Vientos

Con respecto a los vientos, la componente oscila entre el sudeste y el nordeste a una velocidad promedio entre 7 y 8 nudos. En Gualeguaychú la componente anual de viento es del Este-noreste a 4 nudos, en Paraná es del sudeste a 7 nudos y en Concordia es del sudeste y del noreste a 6 nudos. Algunas veces al año esta provincia es afectada por Sudestadas (temporales de lluvias y vientos regulares o fuertes del sudeste) y por vientos del sudoeste o Pampero (más frío, seco y de alta presión de origen continental). Tanto las Sudestadas como los Pamperos son más habituales en la estación de Invierno. Con respecto a la presión, los promedios anuales de presión atmosférica a nivel del mar, otorgan una media de unos 1014 hpa en todas las estaciones de medición. Así el promedio anual en Paraná es de 1014,5 hpa, en Concordia de 1014,8, en Gualeguaychú de 1014,2 y en Mazaruca de 1014,4 hpa. Los meses cuyos promedios son mayores resultan ser los de invierno.

2.3.2.4 Humedad

Los valores de humedad de las áreas de estudio en esta provincia son elevados. El promedio anual en la ciudad de Paraná es de 73%. Los meses con mayor promedio son abril, junio y julio con 79% mientras que enero y diciembre presentan el menor promedio con 65%. En Concordia el promedio anual es también del 73% con un máximo promedio en junio con 81% y un mínimo promedio en enero con 62%. En Gualeguaychú el promedio anual es de 75% con un máximo promedio en junio con 83% y un mínimo del 64% promedio en enero. Los meses de invierno son los más húmedos con frecuentes periodos de nieblas y neblinas matinales.

2.3.2.5 **Nubosidad**

La nubosidad promedio anual de Paraná es del 43% (8/8 = 100%), junio presenta el mayor promedio con un 50% y los meses de marzo y diciembre el mínimo promedio con un 39% de nubosidad. En Concordia el promedio anual de nubosidad es del 46%, con un máximo promedio en junio con 54% y un mínimo promedio en marzo y diciembre con 40%. En Gualeguaychú el promedio anual de nubosidad es del 43% con un máximo promedio en junio con 49% y un mínimo en marzo con 36% y en enero y diciembre con 39%. Como se puede deducir los meses de mayor nubosidad resultan ser los de invierno y los de menor entre el verano y el otoño. (www.mineria.gov.ar/estudios/irn/entrierios/ind-clim.asp)

2.3.3 **Flora y Fauna**

La vegetación se adapta a un régimen de lluvias irregular, lo cual determina un déficit hídrico en cierta época del año. Esto da como resultado una vegetación con características semixerofilas: se observan hojas de tamaño reducido y crecimiento irregular, con presencia de espinas y ramificaciones tortuosas. En la región norte donde las lluvias se hacen más frecuentes, los bosques son más densos y los árboles presentan mayor aporte.

Los bosques de la ecorregion del espinal están compuestos por un solo estrato arbóreo que no supera los diez metros de altura, uno arbustivo y el otro herbáceo.

El estrato arbóreo está típicamente representado por el algarrobo negro y el ñandubay, también conviven especies como el espinillo, el chañar, el incienso, el tala, quebracho blanco, el molle y el caranday entre otras. Las abundantes ramas secas y espinosas características de estos bosques permiten que muchas especies de aves como el cacholote castaño y cotorras construyan sus nidos allí. Otros pájaros de la ecorregion son los cardenales, benteveos, pirinchitos, cabecitas negras y brasitas de fuego.

La acción humana ha dejado al espinal casi sin yagaretés, pumas y ciervos de las pampas. No obstante ello, entre los mamíferos que aun habitan estos bosques, se encuentran las corzuelas, el zorro de monte, el gato del pajonal y la comadreja overa. Otros mamíferos típicos son los murciélagos vampiros.

En el sotobosque (vegetación formada por matas y arbustos que crecen bajo los árboles) se encuentran zorrinos, mulitas, peludos, ratones de campo, lagartos overos, yararás y otros anfibios.

Los palmares, más o menos extensos alternan como mosaicos con los bosques y están típicamente representados por la especie de palmera yatay, que puede alcanzar unos 20 metros de altura. Estas son visitadas por aves como el carancho, el carpintero real y el carpintero blanco.

Especialmente en las barrancas del Paraná crecen cactáceas, como *Cereus peruvianus* y *Cereus aethiops*. Estas plantas tienen la particularidad de almacenar agua en sus tallos lo cual favorece su adaptación a la región.

El bosque en galería se distribuye a lo largo de los ríos Paraná y Uruguay, en sus islas y sobre los ríos y arroyos menores. Estos están constituidos por una formación vegetal

de 8 a 10 metros de altura con estratos arbóreos y arbustos ricos en epifitas. Se localizan en el marco de un clima templado cálido húmedo y cuenta con suelos sedimentarios aluvionales, arcillosos y arenosos. La fauna está representada por carpinchos, pollas de agua, lobitos de río, tortugas y martines pescadores.

En los bañados, se encuentran plantas flotantes libres como lentejas de agua, helechitos de agua, repollitos de agua, camalotes y redonditas de agua. Entre la fauna encontramos crustáceos, arácnidos, yacarés, y gran cantidad de especies de peces de río.

2.3.4 Suelos

En la provincia de Entre Ríos es posible agrupar los suelos en seis asociaciones principales: (www.mineria.gob.ar/estudios/irn/entrierios/ind-geo.asp)

2.3.4.1 *Vertisoles*

En Entre Ríos aparecen en el Centro Sur, Sureste, Centro Este, Noreste y Noroeste, en los departamentos Gualeguaychú, Uruguay, Colón, Villaguay, Tala, y en menor medida en Concordia, Federación, la Paz, Paraná y Gualeguay.

Se ubican en paisajes ondulados; son suelos negros o muy oscuros, con alto contenido de arcilla, expansible según su contenido de humedad. Bien provistos de nutrientes, alto contenido de materia orgánica. Son suelos difíciles de labrar, dado que se secan muy rápidamente (se los conoce como "suelos de día domingo"). En verano o luego de una sequía, presenta grietas de hasta 1 m de profundidad. Poseen drenaje deficiente, permeabilidad lenta, y la erosión es un problema importante en estos suelos.

2.3.4.2 *Brunizems*

Son suelos pardos oscuros fáciles de trabajar. Se encuentran en los departamentos Nogoyá, Paraná, tala, Sur de La Paz, Gualeguay, Diamante, Victoria, Federal y Feliciano.

Se consideran los suelos más productivos de la provincia. Son más sensibles a la erosión que los vertisoles, por lo cual es importante atender a las medidas de conservación conocidas. Son aptos para la agricultura en general, y para pasturas anuales y perennes con destino ganadero. Pertenecen al orden molisoles.

2.3.4.3 *Planosoles y suelos planosólicos*

Son uno de los tipos de suelo más problemáticos de la provincia. Poseen drenaje imperfecto y encharcamiento luego de las lluvias. Se hallan en las zonas menos desarrolladas socioeconómicamente de la provincia, en áreas del centro norte de Entre Ríos.

Son suelos intergrados con los vertisoles y los brunizems. Su vegetación natural es la palma caranday (*Trithrinax campestris*), el chañar (*Geoffroea decorticans*) y el quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco*). También son comunes los hormigueros de la hormiga grande roja (*Atta vollenweideri*) y de la hormiga negra común (*Acromyrmex lundi*). Son suelos imperfectamente drenados, casi planos; su

aptitud ganadera es media, y la agrícola es menor. Los Planosoles típicos se clasifican dentro del orden de los ALFISOLES, mientras que los suelos Planosólicos se clasifican dentro de los vertisoles y molisoles.

2.3.4.4 Suelos gley su húmicos de los bañados de altura

Son típicos del Noreste de la provincia, sobre la divisoria de aguas que drenan hacia los ríos Paraná y Uruguay. Áreas planas extensas, pobremente drenados, en verano muy secos, con grietas anchas. Aptitud agrícola muy restringida, excepto para arroz y pasturas naturales. Sin peligro de erosión. Estos suelos pertenecen a los molisoles y los alfisoles.

2.3.4.5 Suelos de las terrazas del río Uruguay

Son suelos arenosos, paralelos a la costa del río, en una franja de 2 a 30 km de ancho. Conforman terrazas medias y altas. Los suelos arenosos rojizos son profundos y de aptitud citrícola y forestal. La mayoría de estos suelos pertenecen a los Órdenes entisoles e inceptisoles. Los suelos arenosos pardos o "mestizos" son aptos para la forestación con pino y eucaliptus, y para citricultura, excepto los que tienen alto contenido de "greda" (sedimentos arcillosos) en cuyo caso serían aptos para agricultura.

2.3.4.6 Suelos de los valles aluviales, de las llanuras aluviales antiguas y del delta del río Paraná

Agrupan a distintos suelos aluviales de los valles de los principales arroyos y ríos, los suelos de las llanuras aluviales antiguas y los suelos del delta del Río Paraná. Se usan en ganadería extensiva. En algunos es común el pajonal de la paja brava (*Panicum prionitis*). Los suelos del Delta corresponden a material depositado por el río, generalmente material de textura fina y mediana. Son suelos aptos para ganadería y silvicultura, principalmente de salicáceas (saúce y álamo).

2.4 ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

En el apartado anterior se realizó una breve caracterización de la zona. En este apartado se indican los lineamientos básicos desarrollados con el objeto de verificar, desde el punto de vista hidrológico-hidráulico, los desagües transversales y longitudinales existentes y propuestos en el proyecto en estudio.

Para la realización de este estudio se contó con información antecedente desarrollada por un grupo de investigación de la Universidad Tecnológica Nacional regional Concordia, datos de precipitaciones y delimitación de cuecas de la Dirección de Hidráulica de Entre Ríos, información cartográfica y relevamientos topográficos recientemente desarrollados en el tramo bajo estudio.

Se desarrollarán a continuación consideraciones generales, cálculos básicos y resultados hidrológicos-hidráulicos obtenidos, describiendo el comportamiento hidráulico de cada alcantarilla propuesta, identificando ubicación, caudal, carga máxima, etc.

Estos estudios parten de la base de un relevamiento de las obras de arte existentes y el trazado de las cuencas hidrográficas que aportan a la vía en estudio. Una vez trazadas estas, se propusieron alcantarillas y se procedió a la verificación de las mismas en función de los caudales de diseño obtenidos previa determinación de la tormenta de diseño

2.4.1 Tormenta de Diseño

Para la determinación de la tormenta de diseño se partió de la publicación de ZAMANILLO E. y LARENZE G., 2009, "Procedimientos para la estimación de tormentas de diseño para la provincia de Entre Ríos", Buenos Aires: Universidad Tecnológica Nacional. Dicha publicación muestra los resultados producidos por el Proyecto denominado "Regionalización de Precipitaciones Máximas para la Provincia de Entre Ríos" desarrollado en la Facultad por el Grupo de Investigación en Hidrología e Hidráulica Aplicada (GIHHA).

Estos resultados permiten calcular tormentas de diseño para recurrencias de 2, 5, 10, 20, 25 y 50 años en cualquier punto de la Provincia incluyendo la estimación de una relación intensidad-duración-recurrencia (I-D-T) y la distribución temporal de la tormenta.

En los siguientes párrafos se explicará la metodología aplicada por el GIHHA, y adoptada en el siguiente estudio, la cual puede ser consultada con mayor detalle en la citada publicación.

La metodología desarrollada comprende un conjunto de técnicas de inferencia estadística y de modelos probabilísticos, que utilizan el conjunto de datos observados, espacialmente distribuidos en puntos de una región considerada homogénea, para estimar los cuantiles asociados a diferentes probabilidades de excedencia en un punto cualquiera dentro de esa región.

A fin de obtener las precipitaciones en una región dada, se desarrolló la metodología de regionalización por el Método del Índice de Crecientes.

El estudio inicia con la elección de las estaciones pluviométricas y el análisis de frecuencia de las precipitaciones máximas diarias. De este análisis surge que la distribución de probabilidad que mejor ajusta a las series de datos observados, es la distribución General de Valores Extremos (GEV).

En cuanto a la regionalización, se parte de los datos de una región considerada homogénea, condición verificada utilizando el Test de Homogeneidad Hidrológica, y luego se aplica el método del Índice de Crecientes. El procedimiento supone que los máximos anuales de precipitación en un conjunto de estaciones o región homogénea poseen distribuciones idénticas excepto por un factor de escala propio de cada estación.

De esta forma, el máximo anual X_j en una estación j de la región puede expresarse como: $X_j = \mu_j \cdot n$ donde el factor de escala μ_j es una constante particular de cada estación y el índice de crecientes n es la curva regional de cuantiles adimensionales, común a todas las estaciones.

Los cocientes o índices de crecientes locales de cada estación se calcularon para duraciones iguales a 1, 2, 3 y 4 días según: $\mu_j = PTR_j/PM_j$

donde PM_j = Media de los máximos diarios de cada estación

PTR_j = Precipitación Máxima para el periodo de retorno Tr en la estación j .

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla adjunta a continuación:

Tabla 2. Índices de Crecientes.

Duración (días)	Período de retorno (años)					
	2	5	10	20	25	50
1	0.93	1.23	1.44	1.67	1.74	1.99
2	0.93	1.24	1.46	1.68	1.76	1.99
3	0.92	1.24	1.46	1.68	1.76	2.00
4	0.93	1.24	1.46	1.68	1.76	2.00

Luego, a partir de dichos índices y conocidas las precipitaciones máximas medias, es posible determinar la Precipitación máxima diaria (mm). A continuación se muestra un mapa de isohietas con las precipitaciones máximas medias para una precipitación de 4 días de duración.

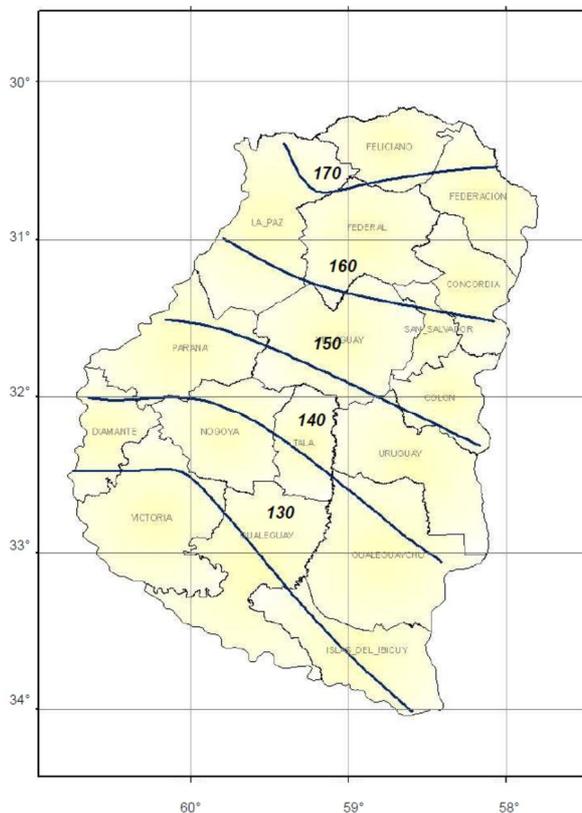


Fig. 6. Isohietas precipitaciones máximas medias - Duración: 4 días

Para el diseño de las obras hidráulicas del proyecto vial en estudio, se requieren conocer tres parámetros: intensidad, duración y período de retorno.

De esta forma, se busca obtener la intensidad media de la lluvia para una duración igual al tiempo en que la totalidad de la cuenca de aporte se encuentra solicitando a la obra y un periodo de recurrencia, que en este caso, para el dimensionado de las alcantarillas y para un volumen de tránsito elevado, se tomará de 25 años.

Para construir las curvas antes mencionadas deben seleccionarse las mayores precipitaciones de cada año según su duración. En la Provincia de Entre Ríos sólo las localidades de Concordia, Concepción del Uruguay y Paraná cuentan con registros pluviográficos de longitud suficiente para caracterizar la variación de las curvas intensidad - duración - recurrencia. De esta forma, el GIHHA partió de los registros provenientes de las Estaciones Experimentales INTA Concordia, Paraná y Concepción del Uruguay, y del Servicio Meteorológico Nacional (S.M.N.) de los Aeropuertos Concordia y Paraná.

Del estudio estadístico de las variables se adoptó la Ley Gumbel para estimar las intensidades máximas para distintas probabilidades de excedencia. Luego se obtuvieron las relaciones I-D-T para las localidades de Concordia, Concepción del Uruguay y Paraná a partir del ajuste de dichas intensidades a una expresión Sherman de cuatro parámetros, definida por:

$$i = \frac{K \cdot Tr^m}{(d + c)^n} \quad (01)$$

Donde:

i: Intensidad de precipitación en mm/h.

Tr: Período de retorno en años.

d: duración de la precipitación en minutos.

k, m, n y c: parámetros que se determinan para cada localidad en base a un análisis de regresión lineal múltiple.

Para predecir el caudal de proyecto es necesario definir tanto la distribución espacial como la temporal.

En cuanto a la distribución espacial, se considera que las láminas locales son válidas en un radio de pocos kilómetros en torno al pluviógrafo (2,5 a 25 Km²), en función de las características climáticas y topográficas de la región. La lluvia media en superficies mayores difiere del máximo local y debe ser inferida a partir de este valor utilizando algoritmos de reducción. Los mismos permiten determinar el coeficiente de decaimiento areal, que refleja el porcentaje de lluvia local a adoptar como precipitación media en la cuenca. Dicho coeficiente se determina como:

$$CA(Ac, d) = 1 - (0.3549 d^{-0.1272}) \cdot (1 - e^{(-0.005792 \cdot Ac)}) \quad (02)$$

Siendo:

Ac: área de la cuenca (Km²)

d: duración de la tormenta (horas)

En cuanto a la distribución temporal, el GIHHA propone y aplica en su estudio dos métodos: el Método de Pilgrim, Cordery y French y el Método de los Bloques Alternos.

Finalmente, para estimar las intensidades de diseño en los sitios que carecen de información pluviográfica se generó un procedimiento basado en la desagregación temporal de la precipitación máxima diaria regionalizada. De esta forma, y de acuerdo a la disponibilidad de registros pluviográficos, la Provincia de Entre Ríos se dividió en 3 zonas de homogeneidad meteorológica:



Fig. 7. Zonas de homogeneidad meteorológica

De esta forma, a cada zona de homogeneidad meteorológica se le atribuye el mismo patrón de distribución temporal de la lámina total precipitada. Con lo cual, para precipitaciones de duraciones menores a 24 horas se pueden obtener las láminas h_d correspondientes afectando a la precipitación máxima diaria ($P_{máx\ diaria}$) por una serie de cocientes, extrapolados desde la estación pluviográfica:

$$h_d (mm) = (r_{d/24}) \cdot P_{24} = (r_{d/24}) \cdot (RT \cdot P_{máx\ diaria}) \quad (03)$$

Luego, a partir de los valores obtenidos h_d para diferentes duraciones, es posible ajustar la ecuación de Sherman en base a un análisis de regresión lineal múltiple.

Este método de desagregación temporal se fundamenta en que:

- a.- Existe una tendencia de las curvas de probabilidad de diferentes duraciones a mantenerse paralelas entre sí.
- b.- Para diferentes lugares del mundo existen relaciones similares entre precipitaciones medias máximas de diferentes duraciones

En cuanto a los coeficientes que utiliza el método, cabe destacar que:

- La relación $RT = P_{24\text{horas}}/P_{máx\ diaria}$ incorpora al análisis la diferencia que existe entre el día pluviométrico y el intervalo móvil de 24 horas que abarca las máximas intensidades de tormenta.

A partir del contraste entre los registros pluviográficos y pluviométricos se determinaron las siguientes relaciones:

Localidad	RT
Concordia	1.16
Concepción del Uruguay	1.14
Paraná	1.15

- Las relaciones $(r_{d/24})$ entre láminas de duración d y la precipitación de 24 horas permiten efectuar la desagregación temporal de la lámina total precipitada, cuando sólo se cuenta con registros pluviométricos.

Los valores correspondientes a cada estación pluviográfica se determinaron como el cociente entre las láminas estimadas a partir de las ecuaciones intensidad-duración-recurrencia

Localidad	Duración (minutos)									
	5	10	30	60	90	120	180	360	720	1440
Concordia	0.12	0.18	0.29	0.38	0.43	0.47	0.54	0.66	0.82	1
C.del Uruguay	0.13	0.20	0.35	0.45	0.51	0.55	0.61	0.73	0.85	1
Paraná	0.10	0.16	0.27	0.35	0.41	0.45	0.51	0.65	0.80	1

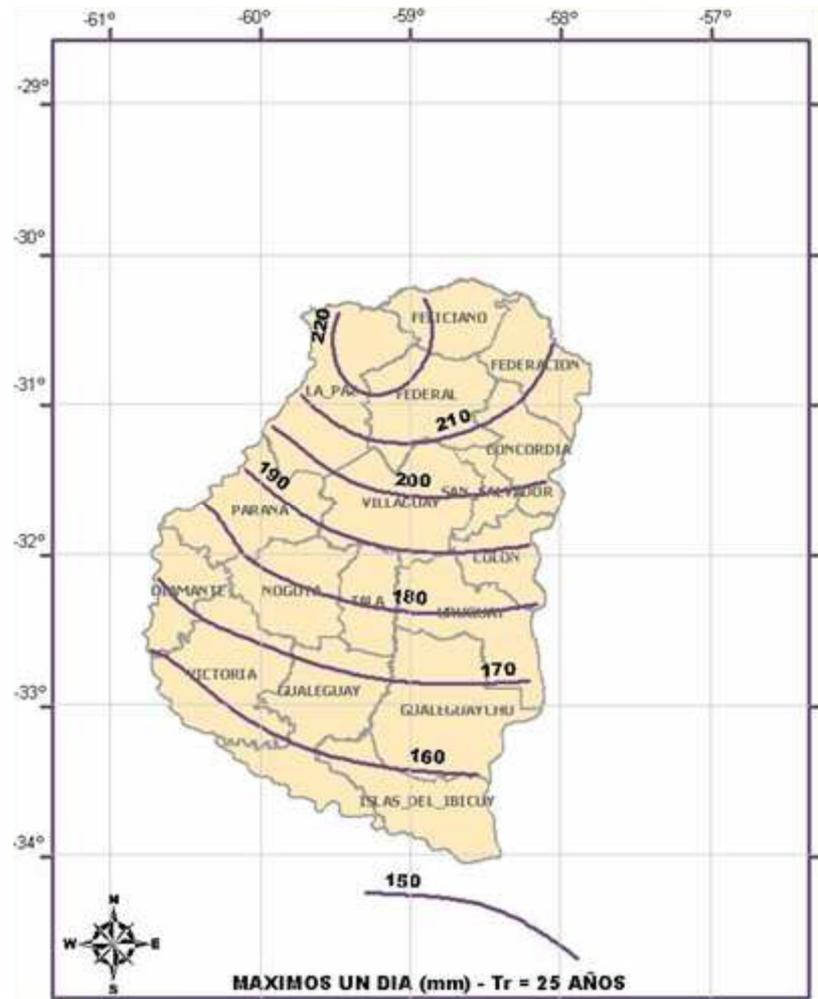


Fig. 8. Isohietas de Precipitación máxima diaria (d=1día; Tr=25 años)

2.4.2 Aplicación al Proyecto

Para el caso en estudio se obtuvieron los valores para la localidad de Federal debido a que esta se encuentra en el sector medio del tramo. A continuación se muestran los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología desarrollada por el GIHHA y que fuera descripta en la sección anterior.

Dada la longitud de la traza del proyecto se decidió, para una mayor precisión, utilizar 3 tormentas de diseño.

2.4.2.1 Tormenta de Diseño 01

Pluviógrafo de referencia: Concordia

Latitud: -30.58

Longitud : -58.42

Tabla 3. Precipitación máxima diaria [mm] Tormenta 01

Duración (días)	PERÍODO DE RETORNO (años)					
	2	5	10	20	25	50
1	116	153	179	206	215	243
2	136	182	214	246	257	291
3	146	198	233	268	281	319
4	158	211	248	286	299	340

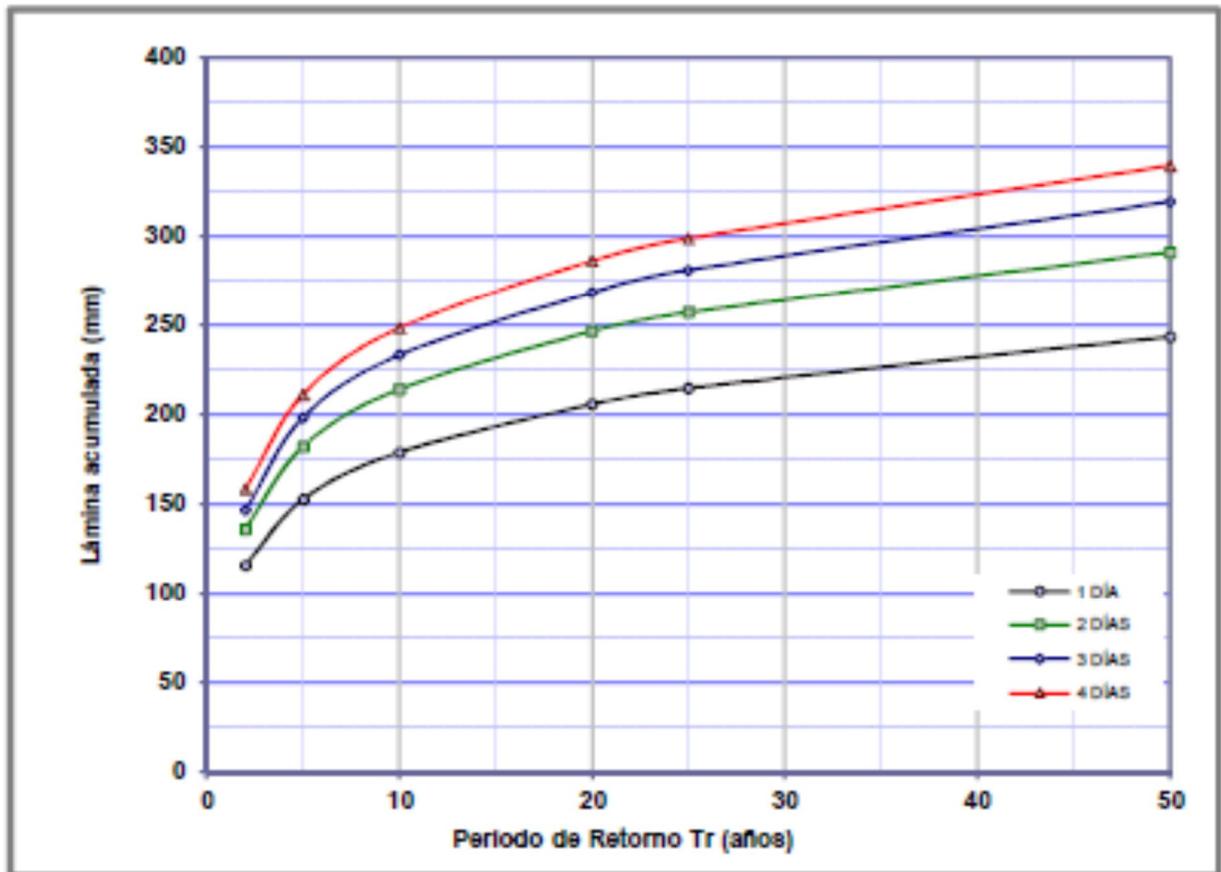


Fig. 9. Precipitación máxima diaria [mm] Tormenta 01

Tabla 4. Relación I-D-T Tormenta 01

$$i = \frac{k \cdot (Tr)^m}{(d+c)^n} = \frac{865.7 (Tr)^{0.23}}{(d+5)^{0.71}}$$

TR (años)	INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN (mm/h) ESTIMADAS PARA DISTINTAS DURACIONES (min)									
	5	10	30	60	90	120	180	360	720	1440
50	413	310	170	109	84	69	52	32	20	12
25	352	264	145	93	71	59	44	27	17	10
20	335	251	138	89	68	56	42	26	16	10
10	286	214	117	76	58	48	36	22	14	8
5	244	183	100	65	49	41	31	19	12	7
2	198	148	81	52	40	33	25	15	9	6

K= 865,70
 c= 5,00
 n= 0,71
 m= 0,23

I-D-T DURACIÓN < 2 HORAS

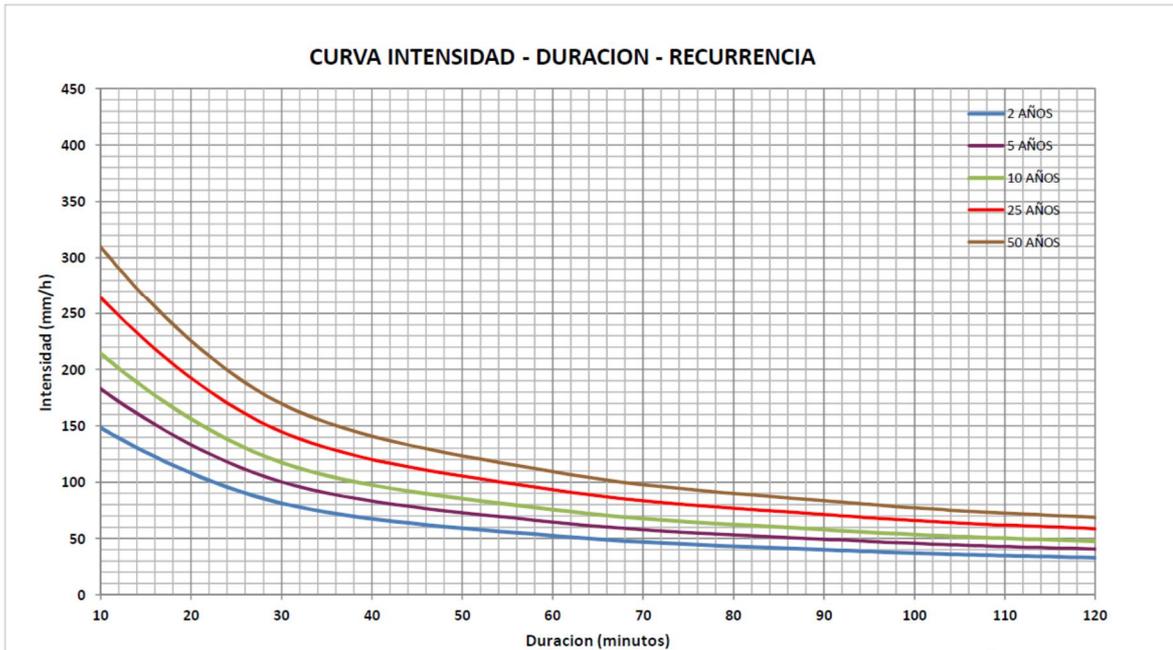


Fig. 10. Relación I-D-T Tormenta 01 (< 2 horas)

I-D-T DURACIÓN > 2 HORAS

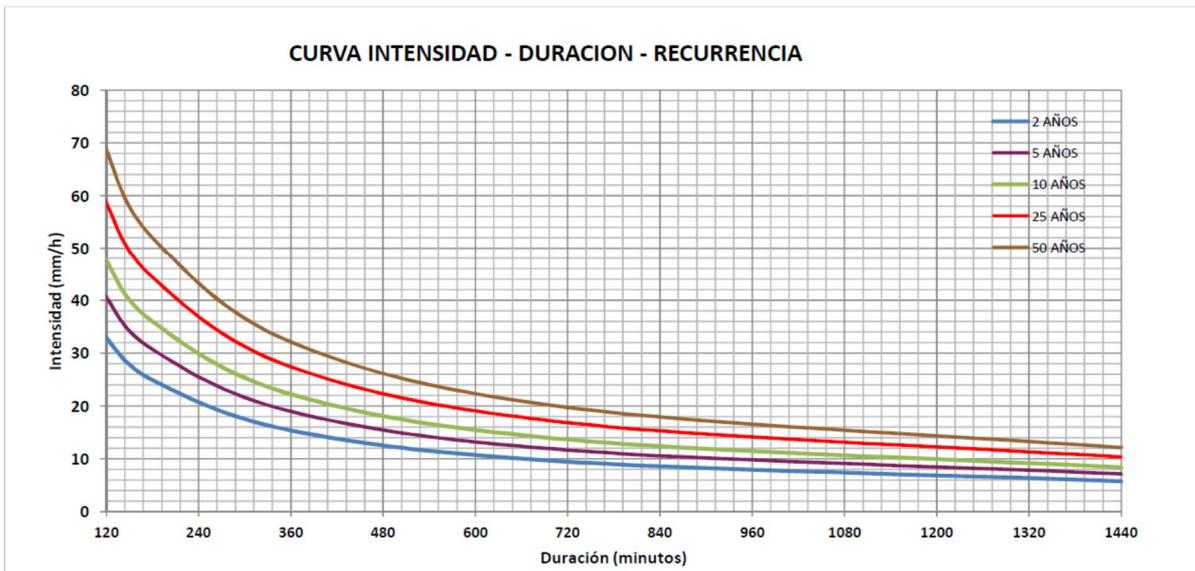


Fig. 11. Relación I-D-T Tormenta 01 (> 2 horas)

2.4.2.2 **Tormenta de Diseño 02**

Pluviógrafo de referencia: Concordia

Latitud: -30.48

Longitud : -58.26

Tabla 5. Precipitación máxima diaria [mm] Tormenta 02

Duración (días)	PERÍODO DE RETORNO (años)					
	2	5	10	20	25	50
1	115	151	177	204	213	242
2	136	181	213	246	256	290
3	146	198	232	267	280	318
4	159	212	249	287	300	341

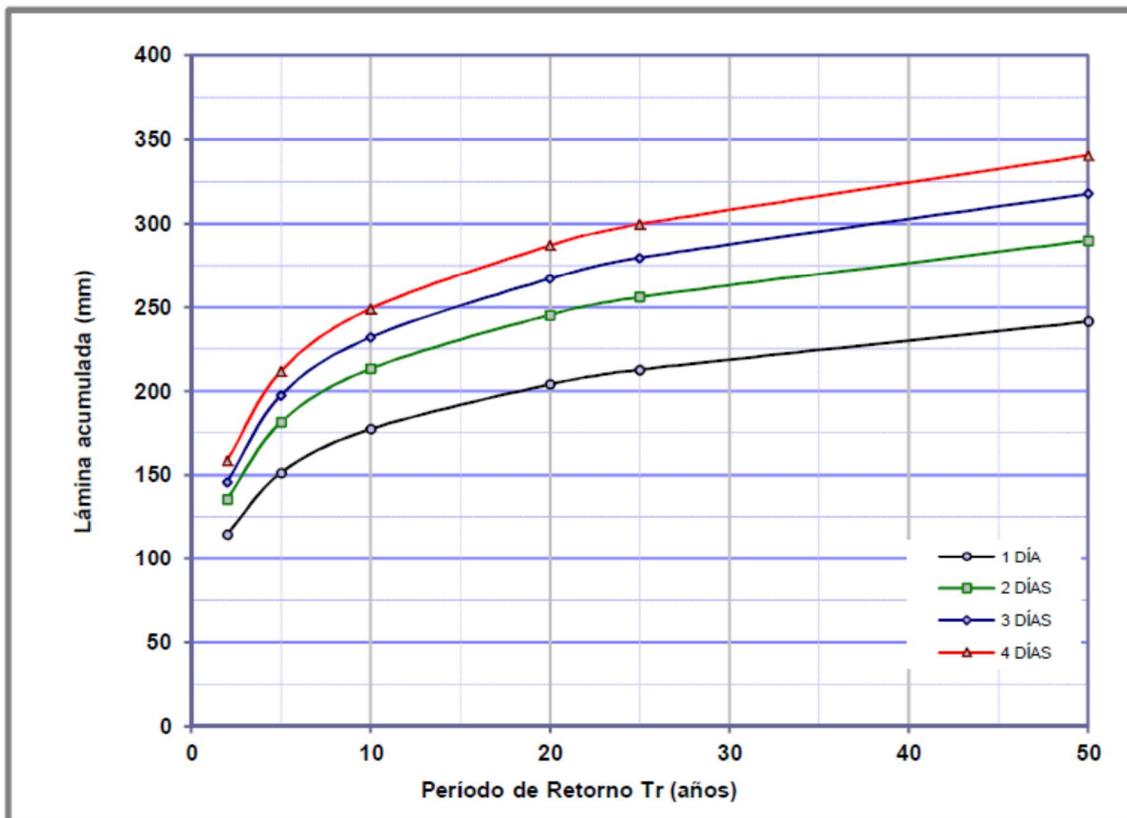


Fig. 12. Precipitación máxima diaria [mm] Tormenta 02

Tabla 6. Relación I-D-T Tormenta 02

$$i = \frac{k \cdot (Tr)^m}{(d+c)^n} = \frac{859.0 (Tr)^{0.23}}{(d+5)^{0.71}}$$

TR (años)	INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN (mm/h) ESTIMADAS PARA DISTINTAS DURACIONES (min)									
	5	10	30	60	90	120	180	360	720	1440
50	410	307	168	108	83	68	52	32	20	12
25	350	262	144	93	71	58	44	27	17	10
20	332	249	137	88	67	55	42	26	16	10
10	284	213	117	75	57	47	36	22	14	8
5	242	181	99	64	49	40	30	19	12	7
2	196	147	81	52	40	33	25	15	9	6

K= 859,00
c= 5,00
n= 0,71
m= 0,23

I-D-T DURACIÓN < 2 HORAS

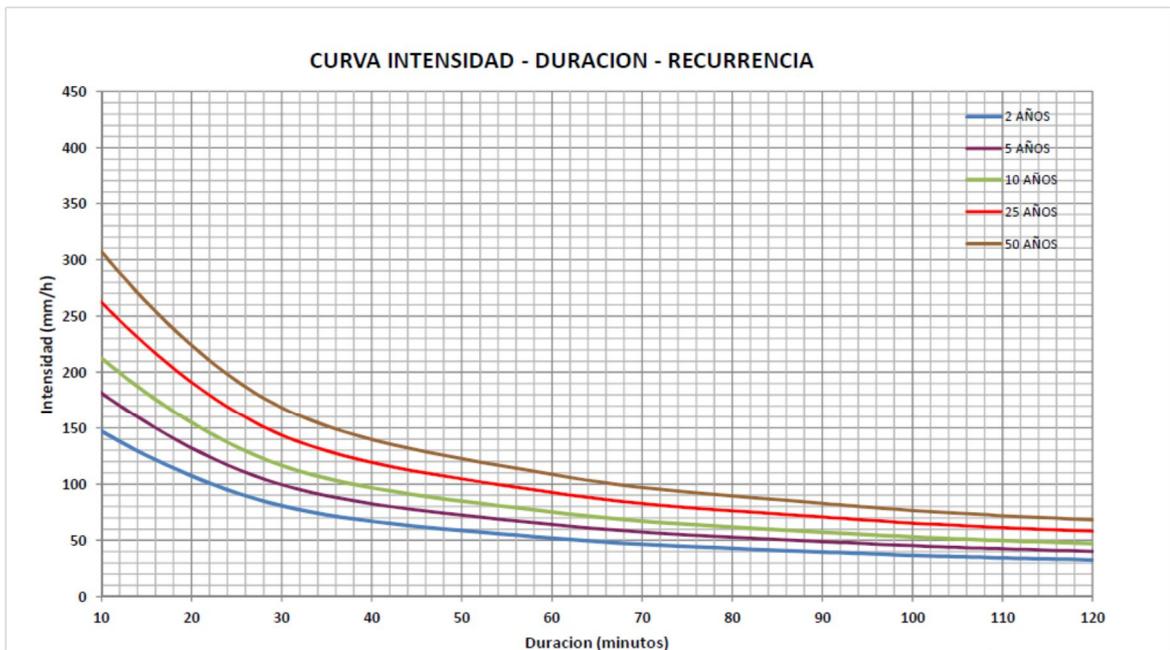


Fig. 13. Relación I-D-T Tormenta 02 (< 2 horas)

I-D-T DURACIÓN > 2 HORAS

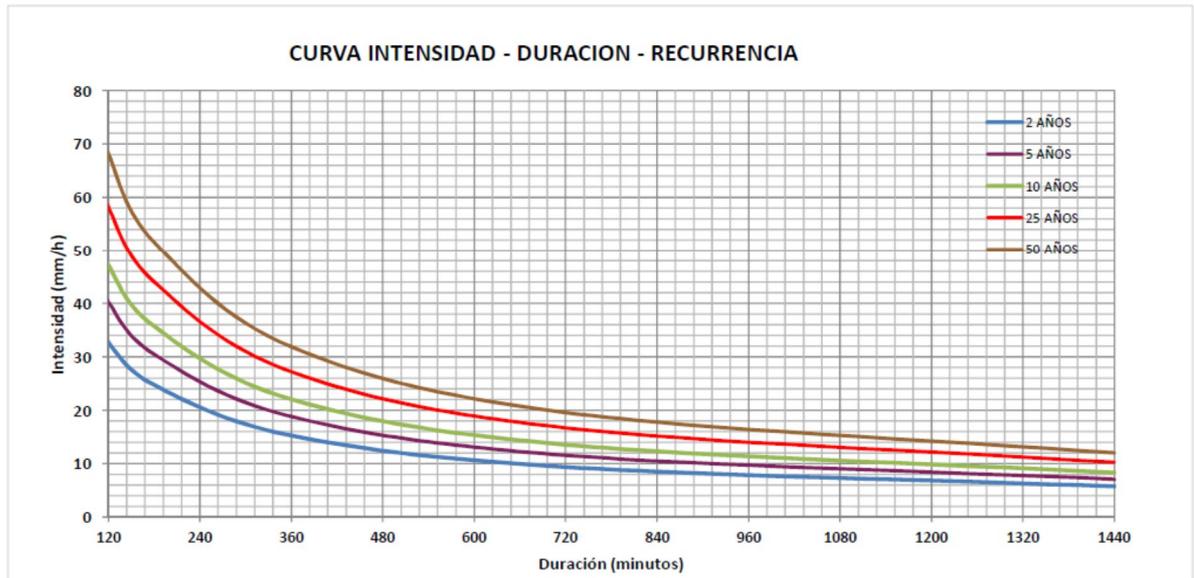


Fig. 14. Relación I-D-T Tormenta 02 (> 2 horas)

2.4.2.3 **Tormenta de Diseño 03**

Pluviógrafo de referencia: Concordia

Latitud: -30.46

Longitud : -58.08

Tabla 7. Precipitación máxima diaria [mm] Tormenta 03

Duración (días)	PERÍODO DE RETORNO (años)					
	2	5	10	20	25	50
1	114	150	176	202	211	239
2	135	180	212	244	254	288
3	145	196	231	265	278	316
4	159	212	249	287	300	341

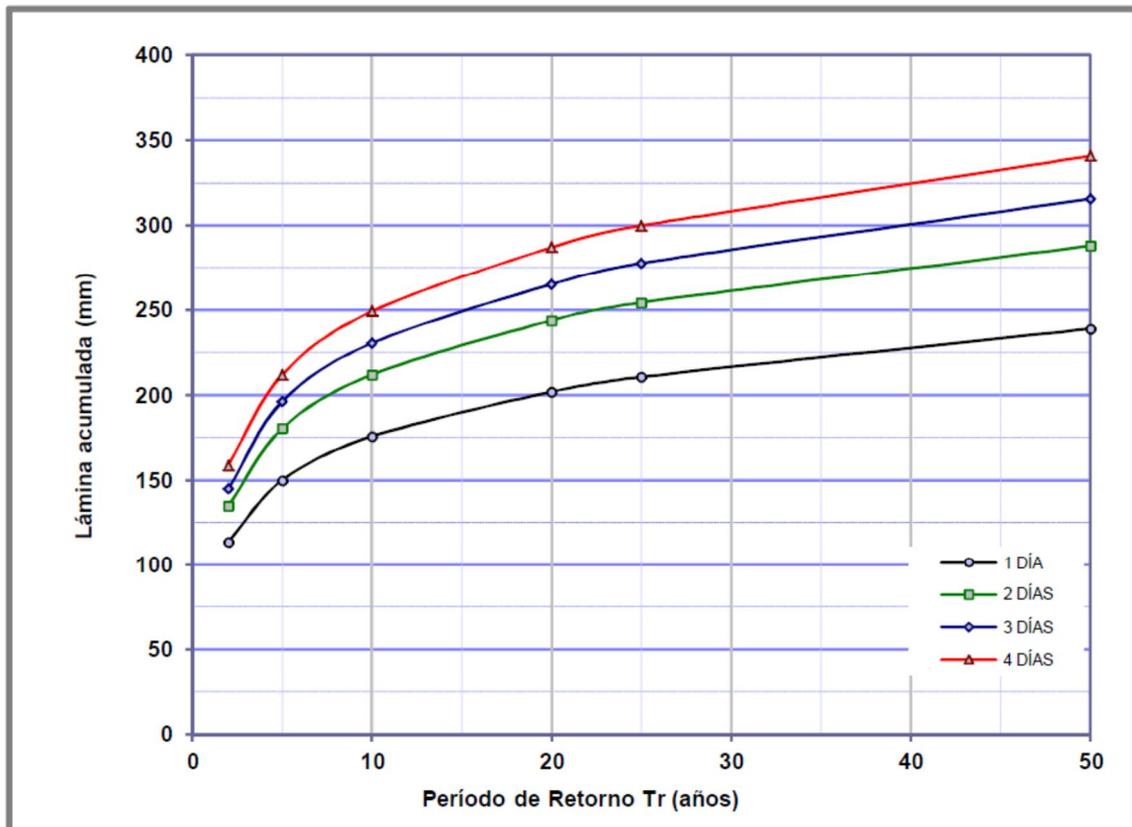


Fig. 15. Precipitación máxima diaria [mm] Tormenta 03

Tabla 8. Relación I-D-T Tormenta 03

$$i = \frac{k \cdot (Tr)^m}{(d+c)^n} = \frac{850.2 (Tr)^{0.23}}{(d+5)^{0.71}}$$

TR (años)	INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN (mm/h) ESTIMADAS PARA DISTINTAS DURACIONES (min)									
	5	10	30	60	90	120	180	360	720	1440
50	406	304	167	107	82	67	51	32	19	12
25	346	260	142	92	70	58	44	27	17	10
20	329	247	135	87	67	55	41	26	16	10
10	281	210	115	74	57	47	35	22	13	8
5	240	180	98	63	48	40	30	19	11	7
2	194	146	80	51	39	32	24	15	9	6

K= 850,20
c= 5,00
n= 0,71
m= 0,23

I-D-T DURACIÓN < 2 HORAS

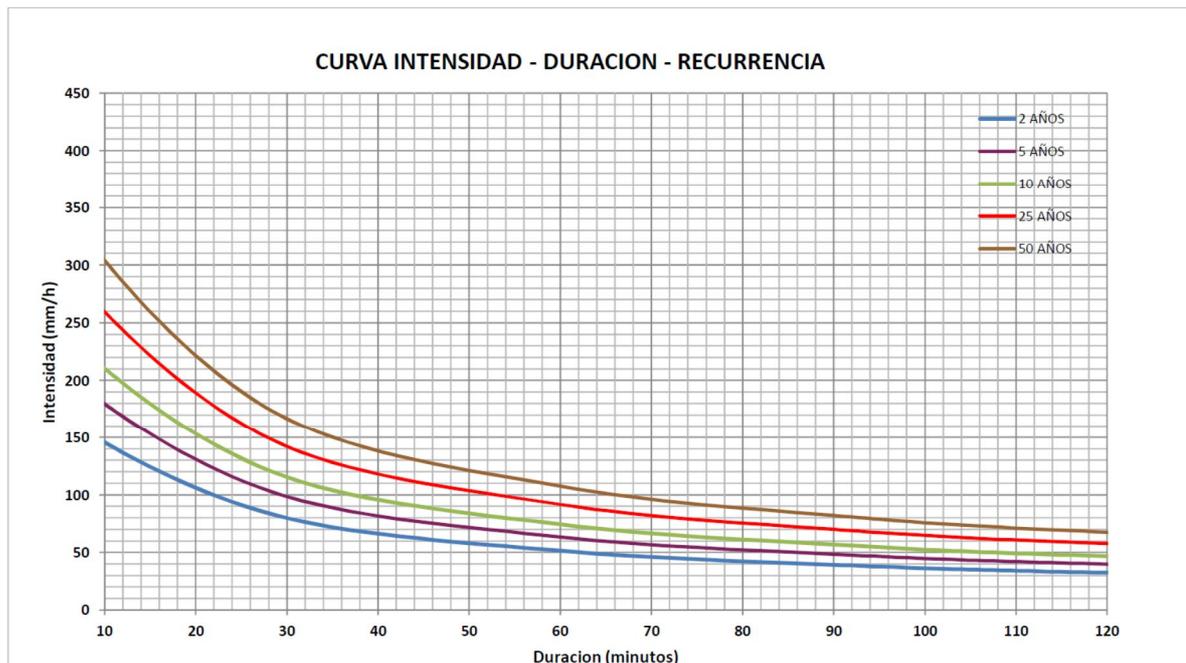
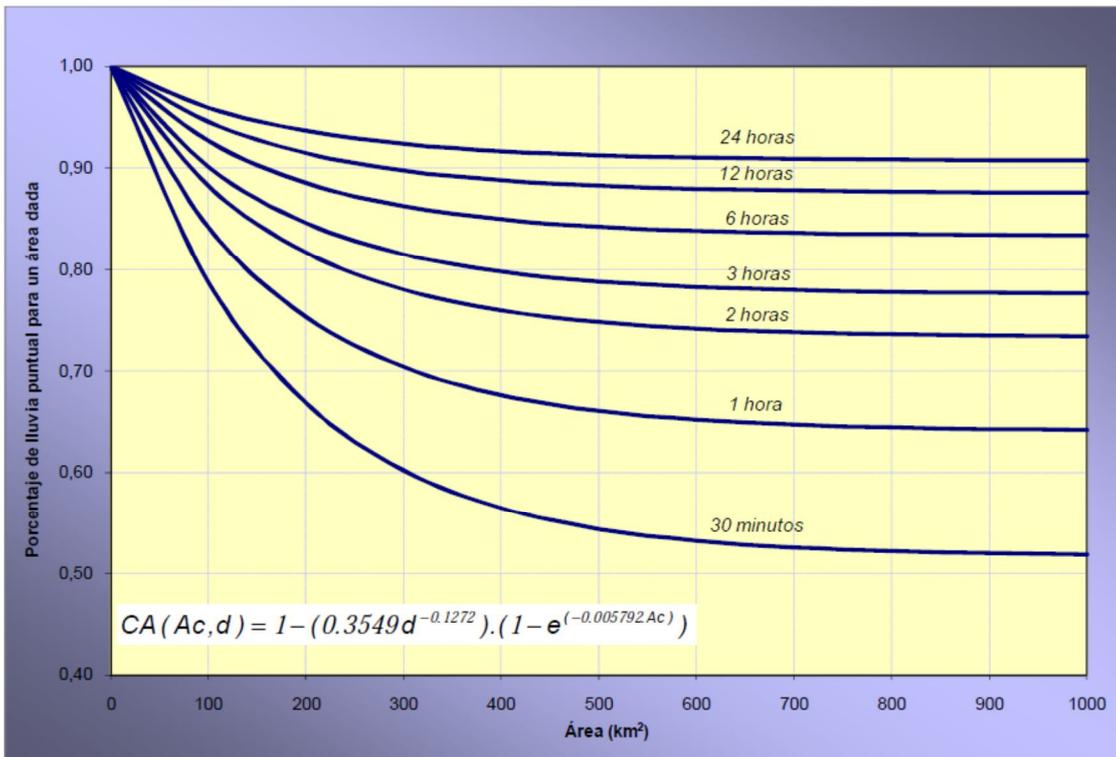
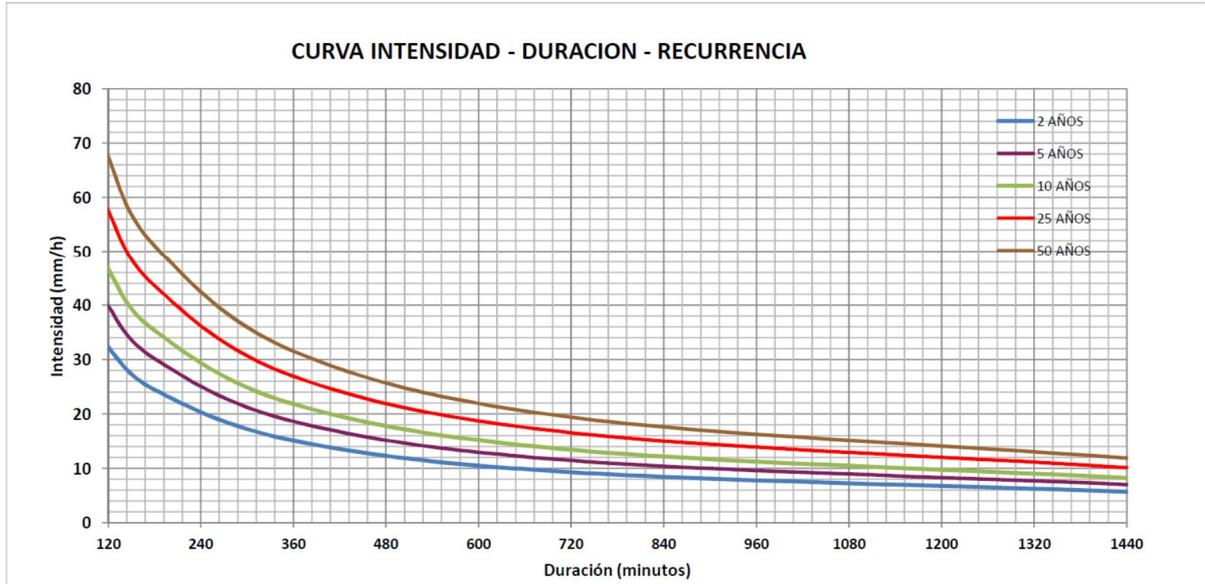


Fig. 16. Relación I-D-T Tormenta 03 (< 2horas)

I-D-T DURACIÓN > 2 HORAS



2.4.3 Delimitación de Sub Cuencas

A fin de determinar los caudales a utilizar para la verificación de las obras existentes, se procedió a la delimitación de las cuencas hidrográficas que aportan a cada una de ellas mediante el análisis de Imágenes satelitales de alta definición (base de datos del

servidor Google Earth) e imágenes topográficas de radar de la NASA – SRTM, junto a los modelos de elevación asociados a los mismos.

También se contó con información de la Dirección de Hidráulica de Entre Ríos, entre la que se encuentra la definición de cuencas y subcuencas hidrográficas de la provincia, como así también de la red hidrográfica provincial, en la que es posible observar los principales drenajes de Entre Ríos. En los planos de cuencas se identifican las cuencas y subcuencas que aportan agua a la ruta en estudio. Estas son:

Cuenca Feliciano (subcuencas Superior I, Superior II, Media e Inferior I)

Cuenca Gualeguay (Subcuenca Superior II)

Cuenca Uruguay (Subcuenca Superior I)

Una vez determinadas las cuencas, se obtuvieron sus características principales (superficie, longitud del drenaje principal, diferencia de altura) que permitieran calcular el tiempo de concentración, parámetro fundamental para el cálculo de caudales.

Para la determinación de los caudales de diseño se utilizó el Método Racional Generalizado adaptado por la Dirección Nacional de Vialidad para su utilización en nuestro país, cuyos resultados han sido verificados por la aplicación del software HEC-HMS desarrollado por el cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos. El software utilizado es de muy amplia difusión en nuestro medio y es aplicable a cuencas de diferentes características y dimensiones.

Tabla 9. Características de las Cuencas

#	Nombre	Descripción	Área [km ²]	Longitud Drenaje L [Km]	DH [m]	Pendiente media [m/m]
4	Cuenca 04	Alc. Prog. 2+364.87m	0,04	0,22	5,5	2,52%
5	Cuenca 05	Alc. Prog. 2+730.31m	0,14	0,30	7,8	2,57%
7	Cuenca 07	Alc. Prog. 7+177.23m	1,46	1,15	3,5	0,31%
8	Cuenca 08	Alc. Prog. 7+978.80m	1,51	1,23	5,4	0,44%
10	Cuenca 10	Alc. Prog. 9+355.25m	2,56	1,41	3,6	0,26%
11	Cuenca 11	Alc. Prog. 10+066.20m	0,10	0,18	2,2	1,23%
12	Cuenca 12	Alc. Prog. 10+771.89m	0,71	1,08	3,8	0,36%
13	Cuenca 13	Alc. Prog. 11+434.54m	1,38	1,36	3,1	0,23%
14	Cuenca 14	Alc. Prog. 12+288.92m	0,83	1,38	2,2	0,16%
16	Cuenca 16	Alc. Prog. 13+490.70m	1,00	1,05	0,8	0,08%
17	Cuenca 17	Alc. Prog. 14+204.34m	0,15	0,34	3,2	0,93%
18	Cuenca 18	Alc. Prog. 15+029.05m	0,45	0,93	2,7	0,29%
19	Cuenca 19	Alc. Prog. 17+138.95m	0,22	0,39	1,4	0,36%
20	Cuenca 20	Alc. Prog. 18+078.14m	0,15	0,42	2,4	0,58%
22	Cuenca 22	Alc. Prog. 23+028.52m	0,88	0,59	2,7	0,46%
23	Cuenca 23	Alc. Prog. 24+370.53m	1,04	0,92	1,0	0,10%
25	Cuenca 25	Alc. Prog. 25+865.53m	0,79	0,82	1,9	0,23%

27	Cuenca 27	Alc. Prog. 27+653.03m	0,79	1,58	2,8	0,18%
28	Cuenca 28	Alc. Prog. 29+302.14m	0,11	0,64	3,8	0,60%
29	Cuenca 29	Alc. Prog. 31+422.08m	3,04	2,25	6,8	0,30%
30	Cuenca 30	Alc. Prog. 38+392.34m	3,49	3,02	1,8	0,06%
31	Cuenca 31	Alc. Prog. 40+842.05m	0,58	0,22	1,0	0,45%
32	Cuenca 32	Alc. Prog. 41+654.57m	0,13	0,43	1,5	0,35%
33	Cuenca 33	Alc. Prog. 42+665.65m	0,17	0,85	0,5	0,05%
34	Cuenca 34	Alc. Prog. 43+300.41m	0,22	2,59	1,6	0,06%
36	Cuenca 36	Alc. Prog. 45+250.12m	0,21	0,72	2,4	0,34%
37	Cuenca 37	Alc. Prog. 48+459.02m	0,37	1,20	4,4	0,37%
38	Cuenca 38	Alc. Prog. 49+193.15m	0,73	0,39	4,4	1,12%
39	Cuenca 39	Alc. Prog. 50+029.20m	0,16	0,61	1,9	0,31%
40	Cuenca 40	Alc. Prog. 50+609.14m	0,69	0,59	0,3	0,05%
42	Cuenca 42	Alc. Prog. 51+322.79m	0,32	0,38	0,2	0,05%
43	Cuenca 43	Alc. Prog. 52+212.42m	0,20	1,94	3,2	0,16%
45	Cuenca 45	Alc. Prog. 54+384.05m	0,95	0,84	0,7	0,08%
46	Cuenca 46	Alc. Prog. 55+612.86m	0,11	0,27	0,4	0,14%
47	Cuenca 47	Alc. Prog. 56+959.24m	0,17	0,55	2,4	0,43%
48	Cuenca 48	Alc. Prog. 58+000.00m	0,97	1,34	2,7	0,20%
49	Cuenca 49	Alc. Prog. 59+579.33m	2,00	0,84	3,6	0,43%
50	Cuenca 50	Alc. Prog. 61+014.83m	0,14	0,45	0,6	0,14%
51	Cuenca 51	Alc. Prog. 62+783.74m	0,06	0,36	0,4	0,12%
52	Cuenca 52	Alc. Prog. 64+026.98m	0,05	0,56	0,7	0,12%
53	Cuenca 53	Alc. Prog. 65+413.22m	0,42	0,61	3,0	0,49%
54	Cuenca 54	Alc. Prog. 65+950.47m	0,58	1,39	3,4	0,24%
55	Cuenca 55	Alc. Prog. 67+227.30m	1,02	0,40	12,8	3,22%
56	Cuenca 56	Alc. Prog. 67+227.30m	0,32	0,46	16,0	3,50%
57	Cuenca 57	Alc. Prog. 68+086.83m	0,40	0,23	7,6	3,28%
58	Cuenca 58	Alc. Prog. 68+086.83m	0,24	0,56	6,7	1,19%
59	Cuenca 59	Alc. Prog. 69+037.36m	0,13	0,54	5,3	0,98%
60	Cuenca 60	Alc. Prog. 69+508.33m	0,24	0,73	5,8	0,80%
62	Cuenca 62	Alc. Prog. 70+421.20m	3,05	1,83	6,2	0,34%
63	Cuenca 63	Alc. Prog. 70+934.34m	0,30	0,34	6,6	1,95%
64	Cuenca 64	Alc. Prog. 71+298.99m	0,11	3,20	3,8	0,12%
66	Cuenca 66	Alc. Prog. 73+597.75m	5,54	1,66	1,6	0,10%
67	Cuenca 67	Alc. Prog. 74+553.84m	1,29	1,96	14,3	0,73%
69	Cuenca 69	Alc. Prog. 76+460.15m	0,11	0,26	5,0	1,91%
70	Cuenca 70	Alc. Prog. 77+439.80m	0,30	0,51	6,2	1,21%
71	Cuenca 71	Alc. Prog. 78+723.83m	0,11	0,22	2,7	1,24%

Respecto a las cuencas cuyo cauce es bien definido y que superan la interferencia con la ruta a través de puentes. Fueron analizadas con mayor detalle por otro equipo de profesionales. Y está fuera del alcance de esta Práctica Profesional Supervisada. Cabe aclarar que del estudio hidrológico de dichas cuencas surge una cota de máxima crecida CMC, la cual define las cotas de nivel de las vigas principales de estos puentes.

Por todo esto solo se mencionan los cauces drenados.

Tabla 10. Cuencas drenadas por puentes

#	Nombre	Descrpcion	Area [km2]	Longitud Drenaje L [Km]	DH [m]	Pendiente media [m/m]
1	Cuenca 01	A° Federal Grande 0+486.15m	76,80	13,09	13,1	0,10%
2	Cuenca 02	Puente 3+958.43m	15,86	7,22	12,3	0,17%
3	Cuenca 03	A° La Virgen 5+314.40m	35,92	10,30	11,7	0,11%
6	Cuenca 06	Puente 6+442.77m	1,18	0,28	1,7	0,62%
15	Cuenca 15	A° Sauce 19+669.34m	104,91	16,02	8,7	0,05%
21	Cuenca 21	Puente 21+396.02m	1,89	1,23	7,4	0,60%
24	Cuenca 24	Puente 25+426.81m	6,45	3,78	8,9	0,23%
26	Cuenca 26	Río Gualeguay 32+359.29m	1148,47	59,87	7,9	0,01%
35	Cuenca 35	Puente 47+213.04m	5,45	2,11	3,0	0,14%
44	Cuenca 44	Puente 52+982.31m	2,70	1,80	3,2	0,18%
65	Cuenca 65	Puente 71+859.76m	5,54	2,27	6,3	0,28%
68	Cuenca 68	Puente 75+696.02m	12,15	4,78	12,5	0,26%

2.4.4 Determinación de Caudales de Diseño

La determinación de los caudales de diseño para la verificación de las alcantarillas se efectuó mediante un proceso de transformación lluvia-caudal.

Para ello se utilizó el Método Racional Generalizado adaptado por la Dirección Nacional de Vialidad para su utilización en nuestro país, cuyos resultados han sido verificados por la aplicación del software HEC-HMS desarrollado por el cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos.

2.4.4.1 Aplicación del Método Racional Generalizado de la DNV (Ing. Rühle)

Este es un método de fácil aplicación y tiene la ventaja de poder aplicarse a una gran diversidad de regiones de distintas características físicas y pluviométricas. Se limita a las siguientes restricciones: cuencas de hasta 2000 km², longitudes de cauce principal de hasta 100 km y tiempos de concentración de hasta 9 horas.

A continuación se describe la metodología utilizada y la forma en que se han adoptado los valores de las diferentes variables intervinientes que permiten determinar los derrames para cada una de las cuencas de aporte.

Básicamente el método resuelve la siguiente ecuación:

$$Q\left(\frac{m^3}{s}\right) = \alpha \times \beta \times E \times M \times I \quad (04)$$

- M: área de la cuenca hidrográfica
- E: coeficiente de escorrentía
- I: intensidad media de precipitación
- α : parámetros de reducción por la no uniformidad de la distribución areal de la precipitación; varía entre 0,85 a 0,93 según la intensidad de la precipitación media.
- β : parámetros de reducción por la retención en el cauce; es aproximadamente constante y en condiciones medias se toma igual a 0,90.

En los siguientes párrafos se describen de manera sintética cada una de estas variables, qué representan y cómo se obtuvieron.

Coeficiente de Escorrentía

El coeficiente de escorrentía se define como la relación entre el derrame máximo superficial por unidad de área de la cuenca y la intensidad media de la precipitación caída durante el tiempo de concentración.

Para intensidades de precipitación diferentes de 70 mm/h se calcula de la siguiente forma:

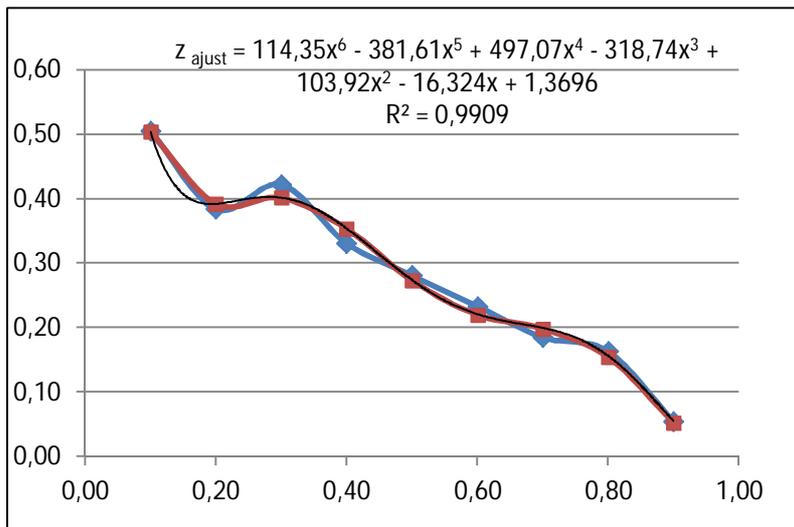
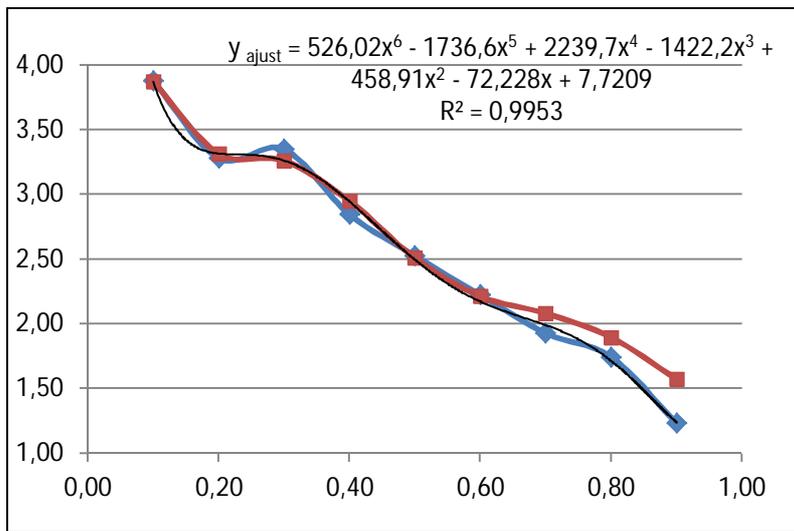
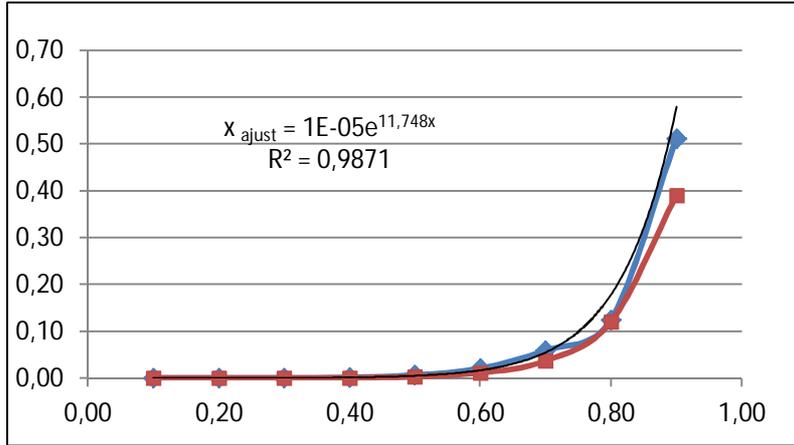
$$E \times I = X \times I^{(Y-Z \times \log R)} \quad (05)$$

- R: intensidad de la lluvia.
- X, Y y Z : se obtienen de la tabla siguiente en función de la característica de cada cuenca:

Tabla 11. Valores X, Y, Z en función de C (Característica de la Cuenca)

C	X	Y	Z	X _{ajust}	Y _{ajust}	Z _{ajust}
0,10	0,000026	3,878000	0,505000	0,0000324	3,872	0,504
0,20	0,000258	3,280000	0,384000	0,0001048	3,316	0,392
0,30	0,000386	3,349000	0,422000	0,0003393	3,262	0,402
0,40	0,002190	2,844000	0,331000	0,0010986	2,949	0,354
0,50	0,007000	2,527000	0,281000	0,0035567	2,510	0,273
0,60	0,021200	2,222000	0,233000	0,0115148	2,212	0,220
0,70	0,059400	1,928000	0,185000	0,0372790	2,081	0,198
0,80	0,125000	1,743000	0,163000	0,1206905	1,896	0,154
0,90	0,512000	1,235000	0,054000	0,3907351	1,574	0,053

Los valores X_{ajust}, Y_{ajust}, Z_{ajust} se aproximaron mediante funciones de regresión no lineal como se muestra en los siguientes gráficos.



Para el cálculo de X, Y, Z en función de los valores de C que no figuran en la tabla anterior se utilizó una función de interpolación ya que resultó con mayor precisión que las regresiones no lineales.

Los resultados de esta interpolación para las distintas cuencas del proyecto se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 12. Coeficientes de Escorrentía para distintos tipos de uso de suelo

Cuenca	C	R25	X	Y	Z	E
1	0,700	27,521	0,059400	1,928	0,185	0,533
2	0,585	40,074	0,019070	2,268	0,240	0,496
3	0,660	31,264	0,044120	2,046	0,204	0,564
4	0,245	216,353	0,000316	3,311	0,401	0,511
5	0,248	195,915	0,000319	3,313	0,402	0,493
6	0,254	166,185	0,000327	3,317	0,405	0,463
7	0,260	145,414	0,000335	3,321	0,407	0,439
8	0,260	145,414	0,000335	3,321	0,407	0,439
10	0,290	93,697	0,000373	3,342	0,418	0,367
11	0,245	216,353	0,000316	3,311	0,401	0,511
12	0,266	129,962	0,000342	3,326	0,409	0,419
13	0,280	105,496	0,000360	3,335	0,414	0,385
14	0,280	105,496	0,000360	3,335	0,414	0,385
15	0,750	22,491	0,092200	1,836	0,174	0,597
16	0,290	93,697	0,000373	3,342	0,418	0,367
17	0,260	145,414	0,000335	3,321	0,407	0,439
18	0,370	71,567	0,001649	2,996	0,358	0,485
19	0,272	117,952	0,000350	3,330	0,411	0,403
20	0,266	129,962	0,000342	3,326	0,409	0,419
21	0,272	117,952	0,000350	3,330	0,411	0,403
22	0,254	166,185	0,000327	3,317	0,405	0,463
23	0,266	129,962	0,000342	3,326	0,409	0,419
24	0,450	58,896	0,004595	2,686	0,306	0,486
25	0,254	164,899	0,000327	3,317	0,405	0,461
26	0,910	10,280	0,550700	1,18E+00	4,31E-02	0,764
27	0,585	39,764	0,019070	2,268	0,240	0,494
28	0,343	76,848	0,001168	3,130	0,383	0,529
29	0,620	36,242	0,028840	2,163	0,223	0,538
30	0,700	27,308	0,059400	1,928	0,185	0,531
31	0,254	164,899	0,000327	3,317	0,405	0,461
32	0,280	104,680	0,000360	3,335	0,414	0,383
33	0,483	52,595	0,006198	2,580	0,289	0,451
34	0,660	31,022	0,044120	2,046	0,204	0,562
35	0,410	63,993	0,002671	2,812	0,326	0,433
36	0,290	92,972	0,000373	3,342	0,418	0,365
37	0,370	71,013	0,001649	2,996	0,358	0,482
38	0,254	164,899	0,000327	3,317	0,405	0,461

39	0,290	92,972	0,000373	3,342	0,418	0,365
40	0,370	71,013	0,001649	2,996	0,358	0,482
41	0,410	63,993	0,002671	2,812	0,326	0,433
42	0,317	83,990	0,000687	3,265	0,407	0,488
43	0,550	44,241	0,014100	2,375	0,257	0,519
44	0,370	71,013	0,001649	2,996	0,358	0,482
45	0,450	58,440	0,004595	2,686	0,306	0,484
46	0,272	117,039	0,000350	3,330	0,411	0,401
47	0,280	104,680	0,000360	3,335	0,414	0,383
48	0,483	52,595	0,006198	2,580	0,289	0,451
49	0,317	83,990	0,000687	3,265	0,407	0,488
50	0,290	92,019	0,000373	3,342	0,418	0,362
51	0,280	103,607	0,000360	3,335	0,414	0,380
52	0,343	76,061	0,001168	3,130	0,383	0,526
53	0,280	103,607	0,000360	3,335	0,414	0,380
54	0,483	52,057	0,006198	2,580	0,289	0,448
55	0,251	176,367	0,000323	3,315	0,403	0,473
56	0,254	163,209	0,000327	3,317	0,405	0,459
57	0,245	212,479	0,000316	3,311	0,401	0,507
58	0,272	115,840	0,000350	3,330	0,411	0,398
59	0,272	115,840	0,000350	3,330	0,411	0,398
60	0,290	92,019	0,000373	3,342	0,418	0,362
61	0,517	47,493	0,009367	2,476	0,273	0,478
62	0,317	83,129	0,000687	3,265	0,407	0,485
63	0,251	176,367	0,000323	3,315	0,403	0,473
64	0,660	30,704	0,044120	2,046	0,204	0,560
65	0,370	70,285	0,001649	2,996	0,358	0,479
66	0,660	30,704	0,044120	2,046	0,204	0,560
67	0,450	57,842	0,004595	2,686	0,306	0,481
68	0,483	52,057	0,006198	2,580	0,289	0,448
69	0,248	192,407	0,000319	3,313	0,402	0,489
70	0,266	127,635	0,000342	3,326	0,409	0,415
71	0,248	192,407	0,000319	3,313	0,402	0,489
Cuneta	0,900	Variable	0,512000	1,235	0,054	Variable

Características Físicas de la Cuenca

La elección de los coeficientes C se ha realizado en base a la tabla que se muestra en la figura 9 diseñada para la aplicación del método. La determinación de su valor, el cual resume las características de la cuenca, requiere conocer o adoptar el tipo de suelo componente, o bien, la mayor o menor permeabilidad de éstos. Conocido uno de estos datos, más el tipo de cubierta vegetal, el valor de C se convierte en una función del tiempo de concentración únicamente.

Para el caso en estudio se adoptaron valores de C correspondientes a suelos de tipo loam arcillosos y cubierta vegetal tipo monte medianamente tupido para el cálculo de las alcantarillas transversales. Y valores de C correspondiente a suelos prácticamente impermeable y cubierta desnuda para el cálculo de las cunetas dada la influencia del pavimento sobre la permeabilidad y el aporte que este realiza hacia las cunetas de lo precipitado.

Tipo de cubierta vegetal	Tiempo de concentración t_c Horas	Permeabilidad de los Suelos						
		Prácticamente impermeables	Muy poco permeables	Poco permeables	Medianamente permeables	Bastante permeables	Permeables	Muy permeables
		Pavimentos roca viva	Arcillas, rocas descomp.	Loam arcilloso	Loam	Loam limoso Loam arenoso	Suelos limosos y limo-arenosos	Suelos arenosos muy porosos
Valores del Coeficiente "C" (Características de la cuenca)								
Suelos Desnudos	0	0,90	0,82	0,64	0,52	0,32	0,17	0,08
	1	0,90	0,82	0,65	0,53	0,33	0,18	0,09
	2	0,91	0,84	0,70	0,56	0,37	0,23	0,13
	3	0,92	0,85	0,73	0,60	0,45	0,31	0,19
Vegetación Rala	0		0,74	0,59	0,48	0,30	0,16	0,07
	1		0,75	0,60	0,49	0,31	0,17	0,08
	2		0,79	0,66	0,54	0,35	0,22	0,12
	3		0,82	0,70	0,59	0,43	0,30	0,18
Cultivos (en surcos) monte poco tupido	0		0,60	0,49	0,41	0,27	0,14	
	1		0,62	0,51	0,43	0,29	0,15	
	2		0,70	0,59	0,49	0,34	0,20	
	3		0,77	0,66	0,56	0,42	0,29	
Praderas cesped monte medianamente tupido	0		0,29	0,23	0,18	0,13		
	1		0,39	0,29	0,22	0,15		
	2		0,57	0,45	0,35	0,23		
	3		0,68	0,55	0,44	0,32		
Bosques tupidos monte muy tupido	0		0,12	0,10	0,08			
	1		0,23	0,18	0,13			
	2		0,41	0,33	0,25			
	3		0,55	0,46	0,36			
	4		0,64	0,54	0,43			

Fig. 19. Valores del coeficiente C

Para la determinación de los valores de C que no figuran en la tabla, para T_c mayores a 4 horas se utilizó una función de regresión no lineal como se muestra en la tabla y gráficos a continuación.

Suelo: Loam Arcilloso

Vegetación: Pradera Césped – Monte Medianamente Tupido.

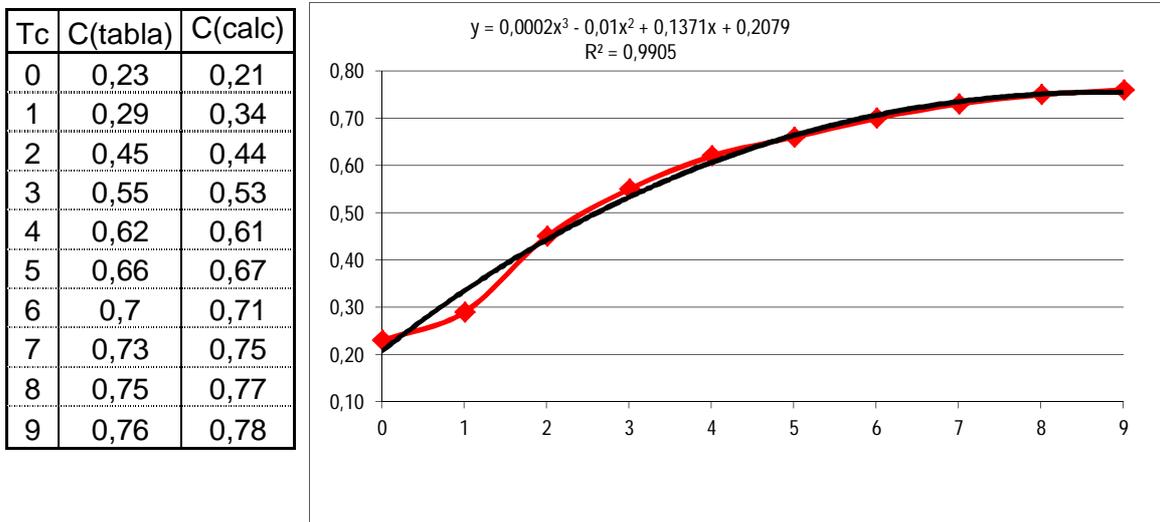


Fig. 20. C para: Loam Arcilloso. Monte medianamente tupido.

Suelo: Desnudo

Vegetación: Pavimento o Roca Viva

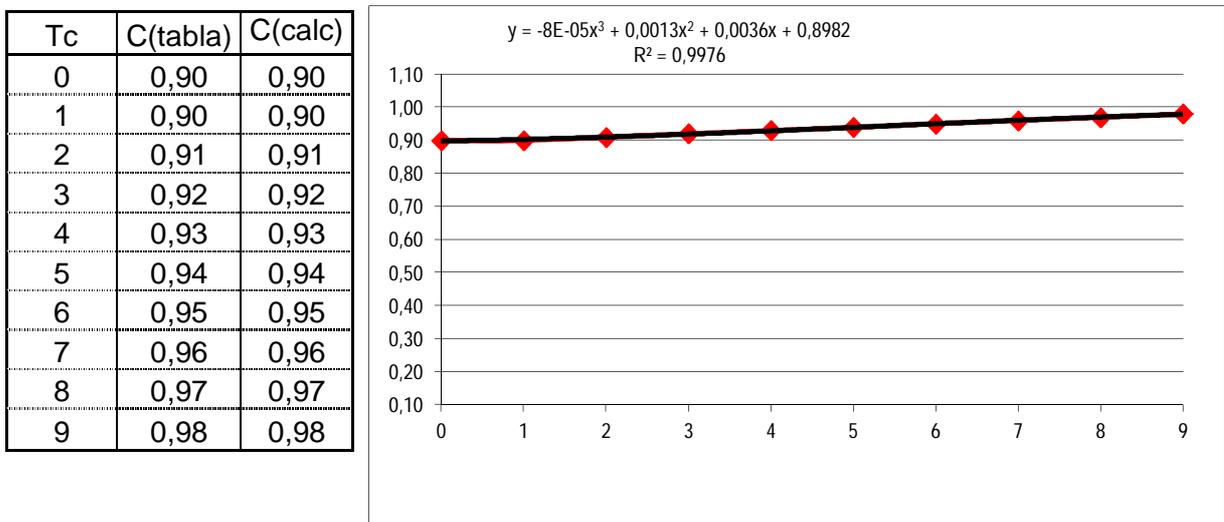


Fig. 21. C para: Suelo Desnudo. Pavimento.

Al igual que con el cálculo del Coeficiente de Escorrentía, para el cálculo de C, la función de interpolación presentó resultados más precisos que las de regresión lineal.

Los resultados de esta interpolación para las distintas cuencas del proyecto se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 13. Coeficientes C de Característica de la Cuenca.

Cuenca	Tipo	a	b	c	d	Tc	C
1	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	6,00	0,70
2	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	3,50	0,59
3	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	5,00	0,66
4	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,25	0,25
5	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,30	0,25
6	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,40	0,25
7	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,50	0,26
8	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,50	0,26
10	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	1,00	0,29
11	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,25	0,25
12	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,60	0,27
13	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,83	0,28
14	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,83	0,28
15	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	8,00	0,75
16	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	1,00	0,29
17	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,50	0,26
18	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	1,50	0,37
19	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,70	0,27
20	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,60	0,27
21	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,70	0,27
22	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,40	0,25
23	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,60	0,27
24	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	2,00	0,45
25	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,40	0,25
26	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	24,00	0,91
27	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	3,50	0,59
28	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	1,33	0,34
29	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	4,00	0,62
30	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	6,00	0,70
31	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,40	0,25
32	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,83	0,28
33	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	2,33	0,48
34	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	5,00	0,66
35	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	1,75	0,41
36	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	1,00	0,29
37	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	1,50	0,37
38	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,40	0,25
39	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	1,00	0,29
40	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	1,50	0,37
41	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	1,75	0,41
42	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	1,17	0,32

43	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	3,00	0,55
44	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	1,50	0,37
45	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	2,00	0,45
46	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,70	0,27
47	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,83	0,28
48	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	2,33	0,48
49	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	1,17	0,32
50	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	1,00	0,29
51	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,83	0,28
52	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	1,33	0,34
53	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,83	0,28
54	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	2,33	0,48
55	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,35	0,25
56	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,40	0,25
57	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,25	0,25
58	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,70	0,27
59	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,70	0,27
60	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	1,00	0,29
61	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	2,67	0,52
62	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	1,17	0,32
63	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,35	0,25
64	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	5,00	0,66
65	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	1,50	0,37
66	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	5,00	0,66
67	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	2,00	0,45
68	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	2,33	0,48
69	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,30	0,25
70	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,60	0,27
71	7	0,0002	-0,01	0,137	0,208	0,30	0,25
Cuneta	8	-8E-05	0,001	0,004	0,898	0,10	0,90
Cuneta	8	-8E-05	0,001	0,004	0,898	6,00	0,95

Para las cunetas se evaluó la variación del Coef. C para Tiempos de concentración que varían entre 0,1 hora a 6,0 horas dando un resultado de C que varía entre 0,90 y 0 95. Finalmente se adoptó C = 0,90 ya que con éste se obtiene un Coef. De Escorrentía E mayor y consecuentemente un caudal mayor. Logrando así un diseño del lado de la seguridad.

Tiempo de Concentración (Tc)

El tiempo de concentración se define como el mayor tiempo requerido por el agua que circula en la superficie para llegar, desde cualquier punto de la cuenca a la salida de la misma. Corresponde al máximo caudal de escorrentía. Las principales variables que afectan al tiempo de concentración son el tamaño de la cuenca, topografía y forma. Depende básicamente de la longitud del cauce principal, pendiente media del mismo o

desnivel entre los puntos extremos y las características del cauce principal. Se obtiene de la aplicación de la siguiente expresión:

$$tc = \frac{C \times (L')^m}{H^n} \quad (06)$$

- L': la longitud virtual del cauce principal
- H: desnivel de la cuenca
- K: coeficiente de rugosidad relativa
- C, m y n: son constantes cuyo valor es función de la longitud del cauce y se puede obtener a partir de las siguientes expresiones:

$$C = 54,8 + 3,67[(L - 1)/(L + 3,2)]^2 \quad (07)$$

$$m = 1,165 - 0,21[(L^2)/(L^2 + 7)] \quad (08)$$

$$n = 0,3$$

La longitud virtual del cauce (L') se obtiene del producto de la longitud real del cauce principal (L) y la rugosidad relativa (k).

La longitud del cauce principal (L), se mide a lo largo del mismo, desde el punto más alejado de la cuenca hasta el desagüe (lugar en el que se desea determinar el derrame) medida a lo largo del cauce principal.

El desnivel (H) es el desnivel que habría entre el punto más alejado de la cuenca y el de desagüe si la pendiente del cauce principal fuera uniforme y mantuviera su altura media sobre este último punto.

La rugosidad relativa del cauce principal (K) es un coeficiente que mide la rugosidad del terreno en relación a condiciones medias, para las que el coeficiente adopta el valor 1,00. El valor es correlacionable con el coeficiente de Manning y puede obtenerse del siguiente cuadro:

CARACTERÍSTICAS DEL CAUCE PRINCIPAL		RUGOSIDAD RELATIVA "K"	
Corrientes sin concentrar	•Suelos desnudos	1,75	
	•Suelos con pastos o césped poco denso y corto	3,50	
	•Suelos con pastos o césped en condiciones medias	4,00	
	•Suelos con pastos o césped denso y alto	4,50	
Corrientes concentradas	Cauces naturales	•Cauces poco sinuosos, de secciones uniformes, sin vegetación	0,75
		•Cauces poco sinuosos, de secciones uniformes con alguna vegetación en las barrancas	0,85
		•Cauces poco sinuosos, de secciones variables, con alguna vegetación en las barrancas. En zonas montañosas, con piedra o ripio, sin vegetación	1,00
		•Cauces poco sinuosos, de secciones aproximadamente uniformes, obstruidos con arbustos y algo de malezas	1,20
		•Cauces poco sinuosos, de secciones aproximadamente uniformes, muy obstruidos con arbustos y malezas.	
		•Sinuosos y de secciones variables, moderadamente obstruidos con arbustos y malezas	1,50
		•Cauces sinuosos y de secciones variables, obstruidos con árboles, arbustos, malezas, raíces, troncos y árboles caídos	1,75
•Cauces sinuosos y de secciones variables muy obstruidos con árboles, arbustos, monte bajo y sucio, malezas, raíces, troncos y árboles caídos	2,00		

Fig. 22. Rugosidad Relativa, K

Se han calculado además, los tiempos de concentración por otras ecuaciones con el objetivo de tener valores comparativos y utilizarlos de referencia, debido a que de acuerdo con las características de cada una pueden ser utilizadas como umbrales de mínima y máxima. Las ecuaciones utilizadas son las siguientes:

Ecuación SCSLag:
$$tc = 3,42 \times L^{0,8} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7} \times \left(\frac{P}{100} \right)^{-0,5} \quad (09)$$

Se utiliza para cuencas agrícolas o urbanas con un área menor a 8 Km², con escurrimiento superficial predominante. Para áreas mixtas tiende a subestimar.

Ecuación Kirpich:
$$tc = 3,989 \times L^{0,77} \times \left(\frac{P}{100} \right)^{-0,385} \quad (10)$$

Se utiliza para cuencas rurales de pendientes empinadas (3-10%), cursos bien definidos y áreas menores a 0,5 km². Requiere de un ajuste en los siguientes casos:

Sup pavimentada, multiplicar Tc por 0,4.

Canales de H⁰, multiplicar Tc por 0,2.

Canales sin revestir, no necesita ajuste.

Ecuación Dooge:
$$tc = 21,88 \times A^{0,41} \times \left(\frac{P}{100} \right)^{-0,17} \quad (11)$$

Para áreas de 140 a 930 km², refleja comportamiento de cuencas medias y escurrimiento predominante en canales.

Ecuación Bransby-Williams:

$$tc = 58 \times \frac{L}{A^{0,1} \times P^{0,2}} \quad (12)$$

Para cuencas menores a 75 Km².

En la tabla se muestran los valores obtenidos para los tiempos de concentración de las cuencas en estudio:

Tabla 14. Tiempos de Concentración Cuenchas

Nombre	Descripción		Bransby Williams	Tc [min] Kirpich	Tc [min] SCS Lag Formule	Tc [min] Dooge	Tc [min] MRG	Tc [min] ADOPTADO
Cuenca 01	A° Federal Grande		491,59	412,50	2194,78	419,58	360,10	360
Cuenca 02	Puente	3+958.43m	285,42	212,67	1043,55	200,82	211,70	210
Cuenca 03	A° La Virgen		407,38	327,38	1704,26	301,01	303,75	300
Cuenca 04	Alc. Prog.	2+364.87m	9,17	5,10	13,13	10,94	13,96	15
Cuenca 05	Alc. Prog.	2+730.31m	11,25	6,55	16,68	18,22	16,80	18
Cuenca 06	Puente	6+442.77m	10,95	10,51	35,79	55,63	26,08	24
Cuenca 07	Alc. Prog.	7+177.23m	51,37	41,29	132,02	68,39	31,80	30
Cuenca 08	Alc. Prog.	7+978.80m	50,82	37,69	113,36	65,16	30,09	30
Cuenca 10	Alc. Prog.	9+355.25m	61,71	51,75	217,62	88,71	64,61	60
Cuenca 11	Alc. Prog.	10+066.20m	7,81	5,73	16,24	18,23	14,46	15
Cuenca 12	Alc. Prog.	10+771.89m	50,29	37,13	129,25	49,69	33,23	36
Cuenca 13	Alc. Prog.	11+434.54m	64,81	52,61	193,46	70,17	50,52	50
Cuenca 14	Alc. Prog.	12+288.92m	73,80	60,51	290,25	60,43	51,36	50
Cuenca 15	A° Sauce		659,24	610,42	3225,86	529,33	485,17	480
Cuenca 16	Alc. Prog.	13+490.70m	63,67	64,55	330,40	73,64	59,07	60
Cuenca 17	Alc. Prog.	14+204.34m	15,40	10,57	39,46	22,00	27,71	30
Cuenca 18	Alc. Prog.	15+029.05m	47,23	35,77	157,23	42,59	91,57	90
Cuenca 19	Alc. Prog.	17+138.95m	20,16	16,68	56,67	30,60	40,82	42
Cuenca 20	Alc. Prog.	18+078.14m	20,84	14,90	44,58	23,93	38,22	36
Cuenca 21	Puente	21+396.02m	46,84	33,60	111,26	67,80	39,41	42
Cuenca 22	Alc. Prog.	23+028.52m	25,47	21,04	61,34	51,89	23,87	24
Cuenca 23	Alc. Prog.	24+370.53m	52,79	52,80	183,09	71,67	36,42	36
Cuenca 24	Puente	25+426.81m	153,56	114,41	457,17	131,57	116,01	120

Proyecto y Diseño de Obras Hidráulicas. RP5 – Tramo: Federal empalme RP2
Provincia de Entre Ríos

Cuenca 25	Alc. Prog.	25+865.53m	41,31	35,65	112,97	55,78	26,03	24
Cuenca 26	Río Gualeguay		2571,20	2898,78	19754,53	1794,37	1972,87	1440
Cuenca 27	Alc. Prog.	27+653.03m	83,44	64,68	225,86	58,19	223,44	210
Cuenca 28	Alc. Prog.	29+302.14m	32,22	20,28	80,84	21,48	76,98	80
Cuenca 29	Alc. Prog.	31+422.08m	93,76	69,61	311,76	92,50	239,95	240
Cuenca 30	Alc. Prog.	38+392.34m	170,54	161,28	810,81	128,47	330,87	360
Cuenca 31	Alc. Prog.	40+842.05m	10,14	10,09	29,32	43,83	23,90	24
Cuenca 32	Alc. Prog.	41+654.57m	23,97	18,43	67,82	24,70	45,43	50
Cuenca 33	Alc. Prog.	42+665.65m	66,20	63,58	296,22	38,37	140,45	140
Cuenca 34	Alc. Prog.	43+300.41m	191,74	141,58	670,06	41,04	299,93	300
Cuenca 35	Puente	47+213.04m	96,27	88,45	395,31	133,69	103,45	105
Cuenca 36	Alc. Prog.	45+250.12m	37,97	27,48	104,88	30,39	63,86	60
Cuenca 37	Alc. Prog.	48+459.02m	59,51	39,88	139,10	37,72	95,37	90
Cuenca 38	Alc. Prog.	49+193.15m	14,45	10,92	28,46	41,30	26,72	24
Cuenca 39	Alc. Prog.	50+029.20m	33,85	25,17	96,61	27,72	57,38	60
Cuenca 40	Alc. Prog.	50+609.14m	40,02	48,18	205,32	67,84	94,18	90
Cuenca 42	Alc. Prog.	51+322.79m	28,19	35,03	146,48	49,72	65,68	70
Cuenca 43	Alc. Prog.	52+212.42m	119,40	78,28	322,70	33,72	171,31	180
Cuenca 44	Puente	52+982.31m	83,86	71,41	284,04	96,35	86,39	90
Cuenca 45	Alc. Prog.	54+384.05m	50,75	53,37	230,59	71,42	122,32	120
Cuenca 46	Alc. Prog.	55+612.86m	18,15	18,05	82,86	26,66	39,48	42
Cuenca 47	Alc. Prog.	56+959.24m	28,22	20,37	74,22	26,89	52,12	50
Cuenca 48	Alc. Prog.	58+000.00m	67,75	54,45	228,83	62,04	135,90	140
Cuenca 49	Alc. Prog.	59+579.33m	33,95	28,42	86,32	73,41	74,85	70
Cuenca 50	Alc. Prog.	61+014.83m	29,82	27,01	114,32	29,71	61,91	60
Cuenca 51	Alc. Prog.	62+783.74m	26,46	24,22	96,24	22,14	53,48	50
Cuenca 52	Alc. Prog.	64+026.98m	42,06	34,09	114,16	20,74	78,34	80
Cuenca 53	Alc. Prog.	65+413.22m	27,93	21,02	74,70	37,68	54,77	50

Proyecto y Diseño de Obras Hidráulicas. RP5 – Tramo: Federal empalme RP2
Provincia de Entre Ríos

Cuenca 54	Alc. Prog.	65+950.47m	71,02	52,07	213,02	48,83	131,88	140
Cuenca 55	Alc. Prog.	67+227.30m	11,53	7,38	17,25	39,57	21,79	21
Cuenca 56	Alc. Prog.	67+227.30m	14,56	7,93	21,26	24,34	23,86	24
Cuenca 57	Alc. Prog.	68+086.83m	7,34	4,83	11,87	26,97	13,61	15
Cuenca 58	Alc. Prog.	68+086.83m	22,92	14,09	48,68	25,86	39,38	42
Cuenca 59	Alc. Prog.	69+037.36m	24,22	14,69	45,60	20,93	40,24	42
Cuenca 60	Alc. Prog.	69+508.33m	32,08	20,01	71,25	27,57	55,07	60
Cuenca 62	Alc. Prog.	70+421.20m	74,47	56,78	232,90	90,92	72,46	70
Cuenca 63	Alc. Prog.	70+934.34m	12,19	7,88	19,59	26,26	21,98	21
Cuenca 64	Alc. Prog.	71+298.99m	224,68	130,80	589,73	27,39	280,40	300
Cuenca 65	Puente	71+859.76m	90,56	72,46	285,70	120,19	88,12	90
Cuenca 66	Alc. Prog.	73+597.75m	81,52	85,00	325,28	143,47	277,56	300
Cuenca 67	Alc. Prog.	74+553.84m	74,75	44,70	155,65	56,08	121,36	120
Cuenca 68	Puente	75+696.02m	178,34	131,43	599,61	167,42	145,52	140
Cuenca 69	Alc. Prog.	76+460.15m	10,51	6,56	16,87	17,67	17,84	18
Cuenca 70	Alc. Prog.	77+439.80m	20,22	12,96	43,80	28,15	35,96	36
Cuenca 71	Alc. Prog.	78+723.83m	9,61	6,73	17,02	18,58	17,35	18

Intensidad de Precipitación

Por último, es necesario obtener la intensidad de precipitación caída durante una hora para el intervalo de recurrencia adoptado. El método propone, en caso de que no se cuente con datos pluviométricos que permitan realizar un estudio hidrológico, un mapa de isohietas construido por el Servicio Meteorológico Nacional, para la determinación de la intensidad media de precipitación para una hora de duración de la tormenta y para un intervalo de recurrencia de 25 años.

En este caso, las precipitaciones fueron obtenidos de la aplicación de la metodología propuesta por el GIHHA: Grupo de Investigación en Hidrología e Hidráulica Aplicada - Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Concordia – Procedimientos para la estimación de Tormentas de diseño para la Provincia de Entre Ríos, según se mencionara anteriormente.

Resultados de la aplicación del Método Racional Generalizado

A continuación se presentan los valores adoptados para cada una de las cuencas. Con un caudal de diseño a 25.

La tabla contienen los valores que toman los parámetros de la ecuación para cada una de las cuencas (rugosidad relativa K , característica C , coeficiente de escurrimiento E , coeficientes c y m para el cálculo del tiempo de concentración) y los resultados obtenidos de aplicar el método:

Tabla 15. Parámetros y resultados del MRG de las Cuencas en estudio.

Nombre	Descrpcion	Rugosidad relativa k	Caract. de la cuenca C	Coef. de escurrim. E	C	m	Tc Adop. [min]	i [mm/h]	Q 25 [m3/s]
Cuenca 01	A° Federal Grande 0+486.15m	1,16	0,70	0,53	56,82	0,96	360,00	27,52	281,40
Cuenca 02	Puente 3+958.43m	1,16	0,59	0,50	56,11	0,98	210,00	40,07	78,76
Cuenca 03	A° La Virgen 5+314.40m	1,18	0,66	0,56	56,54	0,97	300,00	31,26	158,40
Cuenca 04	Alc. Prog. 2+364.87m	2,19	0,25	0,51	54,99	1,16	15,00	216,35	1,11
Cuenca 05	Alc. Prog. 2+730.31m	2,01	0,25	0,49	54,94	1,16	18,00	195,91	3,39
Cuenca 06	Puente 6+442.77m	2,19	0,25	0,46	54,96	1,16	24,00	166,18	22,70
Cuenca 07	Alc. Prog. 7+177.23m	0,75	0,26	0,44	54,80	1,13	30,00	145,41	23,31
Cuenca 08	Alc. Prog. 7+978.80m	0,75	0,26	0,44	54,81	1,13	30,00	145,41	24,16
Cuenca 10	Alc. Prog. 9+355.25m	1,16	0,29	0,37	54,83	1,12	60,00	93,70	21,96
Cuenca 11	Alc. Prog. 10+066.20m	2,19	0,25	0,51	55,02	1,16	15,00	216,35	2,85
Cuenca 12	Alc. Prog. 10+771.89m	0,85	0,27	0,42	54,80	1,14	36,00	129,96	9,71
Cuenca 13	Alc. Prog. 11+434.54m	0,93	0,28	0,38	54,82	1,12	50,00	105,50	13,96
Cuenca 14	Alc. Prog. 12+288.92m	0,85	0,28	0,38	54,82	1,12	50,00	105,50	8,42
Cuenca 15	A° Sauce 19+669.34m	1,14	0,75	0,60	57,04	0,96	480,00	22,49	352,42
Cuenca 16	Alc. Prog. 13+490.70m	0,97	0,29	0,37	54,80	1,14	60,00	93,70	8,60
Cuenca 17	Alc. Prog. 14+204.34m	2,19	0,26	0,44	54,93	1,16	30,00	145,41	2,32
Cuenca 18	Alc. Prog. 15+029.05m	2,19	0,37	0,48	54,80	1,14	90,00	71,57	3,91
Cuenca 19	Alc. Prog. 17+138.95m	2,19	0,27	0,40	54,91	1,16	42,00	117,95	2,63
Cuenca 20	Alc. Prog. 18+078.14m	2,19	0,27	0,42	54,89	1,16	36,00	129,96	2,00
Cuenca 21	Puente 21+396.02m	1,03	0,27	0,40	54,81	1,13	42,00	117,95	22,43
Cuenca 22	Alc. Prog. 23+028.52m	1,07	0,25	0,46	54,84	1,16	24,00	166,18	17,00
Cuenca 23	Alc. Prog. 24+370.53m	0,75	0,27	0,42	54,80	1,14	36,00	129,96	14,22
Cuenca 24	Puente 25+426.81m	1,03	0,45	0,49	55,38	1,02	120,00	58,90	46,19
Cuenca 25	Alc. Prog. 25+865.53m	0,75	0,25	0,46	54,81	1,15	24,00	164,90	14,93

Proyecto y Diseño de Obras Hidráulicas. RP5 – Tramo: Federal empalme RP2
Provincia de Entre Ríos

Cuenca 26	Río Gualeguay	32+359.29m	1,28	0,91	0,76	58,00	0,96	1440,00	10,28	2255,59
Cuenca 27	Alc. Prog.	27+653.03m	2,98	0,59	0,49	54,85	1,11	210,00	39,76	3,88
Cuenca 28	Alc. Prog.	29+302.14m	2,98	0,34	0,53	54,83	1,15	80,00	76,85	1,17
Cuenca 29	Alc. Prog.	31+422.08m	2,98	0,62	0,54	54,99	1,08	240,00	36,24	14,79
Cuenca 30	Alc. Prog.	38+392.34m	2,19	0,70	0,53	55,19	1,05	360,00	27,31	12,65
Cuenca 31	Alc. Prog.	40+842.05m	2,19	0,25	0,46	54,99	1,16	24,00	164,90	11,00
Cuenca 32	Alc. Prog.	41+654.57m	2,19	0,28	0,38	54,89	1,16	50,00	104,68	1,29
Cuenca 33	Alc. Prog.	42+665.65m	2,19	0,48	0,45	54,81	1,15	140,00	52,60	1,03
Cuenca 34	Alc. Prog.	43+300.41m	2,19	0,66	0,56	55,08	1,06	300,00	31,02	0,95
Cuenca 35	Puente	47+213.04m	1,15	0,41	0,43	54,96	1,08	105,00	63,99	37,78
Cuenca 36	Alc. Prog.	45+250.12m	2,01	0,29	0,36	54,82	1,15	60,00	92,97	1,79
Cuenca 37	Alc. Prog.	48+459.02m	2,01	0,37	0,48	54,81	1,13	90,00	71,01	3,16
Cuenca 38	Alc. Prog.	49+193.15m	2,01	0,25	0,46	54,91	1,16	24,00	164,90	13,90
Cuenca 39	Alc. Prog.	50+029.20m	2,01	0,29	0,36	54,84	1,15	60,00	92,97	1,38
Cuenca 40	Alc. Prog.	50+609.14m	2,01	0,37	0,48	54,84	1,16	90,00	71,01	5,94
Cuenca 42	Alc. Prog.	51+322.79m	2,01	0,32	0,49	54,91	1,16	70,00	83,99	3,27
Cuenca 43	Alc. Prog.	52+212.42m	2,01	0,55	0,52	54,92	1,09	180,00	44,24	1,16
Cuenca 44	Puente	52+982.31m	1,16	0,37	0,48	54,89	1,10	90,00	71,01	23,14
Cuenca 45	Alc. Prog.	54+384.05m	2,19	0,45	0,48	54,81	1,15	120,00	58,44	6,71
Cuenca 46	Alc. Prog.	55+612.86m	2,19	0,27	0,40	54,96	1,16	42,00	117,04	1,26
Cuenca 47	Alc. Prog.	56+959.24m	2,19	0,28	0,38	54,85	1,16	50,00	104,68	1,74
Cuenca 48	Alc. Prog.	58+000.00m	2,19	0,48	0,45	54,82	1,12	140,00	52,60	5,76
Cuenca 49	Alc. Prog.	59+579.33m	2,19	0,32	0,49	54,81	1,15	70,00	83,99	20,49
Cuenca 50	Alc. Prog.	61+014.83m	2,19	0,29	0,36	54,88	1,16	60,00	92,02	1,16
Cuenca 51	Alc. Prog.	62+783.74m	2,19	0,28	0,38	54,92	1,16	50,00	103,61	0,62
Cuenca 52	Alc. Prog.	64+026.98m	2,19	0,34	0,53	54,85	1,16	80,00	76,06	0,54
Cuenca 53	Alc. Prog.	65+413.22m	2,19	0,28	0,38	54,84	1,15	50,00	103,61	4,09
Cuenca 54	Alc. Prog.	65+950.47m	2,19	0,48	0,45	54,83	1,12	140,00	52,06	3,41

Proyecto y Diseño de Obras Hidráulicas. RP5 – Tramo: Federal empalme RP2
Provincia de Entre Ríos

Cuenca 55	Alc. Prog.	67+227.30m	2,19	0,25	0,47	54,90	1,16	21,00	176,37	21,28
Cuenca 56	Alc. Prog.	67+227.30m	2,19	0,25	0,46	54,88	1,16	24,00	163,21	6,05
Cuenca 57	Alc. Prog.	68+086.83m	2,19	0,25	0,51	54,98	1,16	15,00	212,48	10,88
Cuenca 58	Alc. Prog.	68+086.83m	2,19	0,27	0,40	54,85	1,16	42,00	115,84	2,76
Cuenca 59	Alc. Prog.	69+037.36m	2,19	0,27	0,40	54,86	1,16	42,00	115,84	1,52
Cuenca 60	Alc. Prog.	69+508.33m	2,19	0,29	0,36	54,82	1,15	60,00	92,02	1,97
Cuenca 62	Alc. Prog.	70+421.20m	1,16	0,32	0,48	54,90	1,10	70,00	83,13	30,76
Cuenca 63	Alc. Prog.	70+934.34m	2,19	0,25	0,47	54,93	1,16	21,00	176,37	6,35
Cuenca 64	Alc. Prog.	71+298.99m	2,19	0,66	0,56	55,23	1,04	300,00	30,70	0,45
Cuenca 65	Puente	71+859.76m	1,14	0,37	0,48	55,00	1,08	90,00	70,29	46,66
Cuenca 66	Alc. Prog.	73+597.75m	2,98	0,66	0,56	54,87	1,11	300,00	30,70	23,81
Cuenca 67	Alc. Prog.	74+553.84m	2,19	0,45	0,48	54,93	1,09	120,00	57,84	8,96
Cuenca 68	Puente	75+696.02m	1,16	0,48	0,45	55,62	1,00	140,00	52,06	70,86
Cuenca 69	Alc. Prog.	76+460.15m	2,19	0,25	0,49	54,97	1,16	18,00	192,41	2,70
Cuenca 70	Alc. Prog.	77+439.80m	2,19	0,27	0,41	54,86	1,16	36,00	127,64	3,93
Cuenca 71	Alc. Prog.	78+723.83m	2,19	0,25	0,49	54,99	1,16	18,00	192,41	2,56

2.4.4.2 **Aplicación del Programa Computacional HEC-HMS**

A fin de verificar los resultados obtenidos por el Método Racional Generalizado, se realizó un modelo de las cuencas con HEC-HMS, un software desarrollado por el cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos.

Se trata de un modelo hidrológico de transformación lluvia-escorrentía el cual utiliza una combinación entre una Función de Producción y una Función de Transferencia.

La Función de Producción define el porcentaje de la precipitación total que escurre superficialmente, es decir, determina la lámina efectiva. Existen diversos métodos para calcular esta precipitación efectiva, por ejemplo, el método del Índice Φ , Horton, Green y Ampt, SCS-CN.

En el presente trabajo se ha adoptado el muy difundido método del SCS-CN para determinar la precipitación efectiva. Este método utiliza la siguiente formulación para estimar las abstracciones iniciales:

$$I_a = 0,2 \cdot S = 0,2 \cdot \left(\frac{25400}{CN} - 254 \right) \quad (13)$$

Considera que las abstracciones iniciales son iguales al 20% de las abstracciones máximas del suelo S.

Con las abstracciones iniciales se obtiene la precipitación efectiva:

$$P_e = \frac{(P - 0,04 \cdot S)^2}{P + 0,16 \cdot S} \quad (14)$$

Donde CN es el Número de Curva del gráfico P-Pe (Precipitación vs. Precipitación efectiva) de solución de estas ecuaciones para diferentes cuencas estudiadas por el SCS, el cual se establece en función de las características fisiográficas de la cuenca. Este número varía entre 0 y 100, tomando valor 100 para superficies impermeables y superficies de agua.

Los números de curva han sido tabulados por el SCS con base en tipo de suelo y el uso de la tierra, esto puede observarse en la siguiente tabla:

Tabla 16. Números de curva de escorrentía parámetro.

Descripción del uso de la tierra	Grupo hidrológico del suelo			
	A	B	C	D
Tierra cultivada ¹ : sin tratamientos 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 ²	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.				
óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o más	39	61	74	80
condiciones aceptables: 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 ³ :				
Tamaño promedio del lote Porcentaje promedio impermeable ⁴				
1/8 acre o menos 65	77	85	90	92
1/4 acre 38	61	75	83	87
1/3 acre 30	57	72	81	86
1/2 acre 25	54	70	80	85
1 acre 20	51	68	79	84
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc. ⁵	98	98	98	98
Calles y carreteras:				
Pavimentados con cunetas y alcantarillados ⁵	98	98	98	98
grava	76	85	89	91
tierra	72	82	87	89

Los grupos hidrológicos de suelo son los siguientes:

Grupo A: Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.

Grupo B: Suelos pocos profundos depositados por el viento, marga arenosa.

Grupo C: Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla.

Grupo D: Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

Para el presente proyecto, las hipótesis que han sido adoptadas son:

- Suelo Tipo C correspondientes a suelos con altos contenidos de arcilla.
- Usos de suelo combinados entre tierras cultivadas y bosques en su mayor parte, con superficies de vegas de río y residencial en menor medida.
- Suelo en condiciones antecedentes de humedad normales (AMC II) en el momento en que ocurre la precipitación de proyecto.

A partir de estas hipótesis, se adoptaron valores de CN entre 88 y 77 de acuerdo con los antecedentes y características de cada una de las cuencas en estudio.

Se muestran a continuación los resultados para cada cuenca.

Tabla 17. Números de curva de escorrentía del proyecto.

Cuenca	Cauce Marcado	Cauce Principal		Edificado [%]		Cult + Mont [%]		Arbolado [%]		control	CN
		CN	71	CN	90	CN	88	CN	77		
1	SI	0,51%		0,10%		4,39%		95,00%		100%	77,47
2	SI	1,37%		0,00%		5,63%		93,00%		100%	77,54
3	SI	1,00%		0,00%		5,00%		94,00%		100%	77,49
4	NO	0,00%		1,00%		69,00%		30,00%		100%	84,72
5	NO	0,00%		0,00%		75,00%		25,00%		100%	85,25
6	NO	0,00%		0,00%		40,00%		60,00%		100%	81,40
7	SI	0,39%		0,00%		89,61%		10,00%		100%	86,83
8	SI	0,41%		0,00%		94,59%		5,00%		100%	87,38
10	SI	1,65%		0,00%		23,35%		75,00%		100%	79,47
11	NO	0,00%		0,00%		65,00%		35,00%		100%	84,15
12	SI	1,52%		0,00%		63,48%		35,00%		100%	83,89
13	SI	0,99%		0,00%		64,01%		35,00%		100%	83,98
14	SI	1,66%		0,00%		-0,66%		99,00%		100%	76,83
15	SI	0,61%		0,00%		29,39%		70,00%		100%	80,20
16	NO	0,00%		0,00%		1,00%		99,00%		100%	77,11
17	NO	0,00%		0,00%		1,00%		99,00%		100%	77,11
18	NO	0,00%		0,00%		1,00%		99,00%		100%	77,11
19	NO	0,00%		0,00%		60,00%		40,00%		100%	83,60
20	NO	0,00%		0,00%		80,00%		20,00%		100%	85,80
21	SI	1,30%		0,00%		61,70%		37,00%		100%	83,71
22	SI	2,33%		0,00%		96,67%		1,00%		100%	87,49
23	SI	0,44%		0,00%		98,56%		1,00%		100%	87,82
24	SI	2,35%		0,00%		49,65%		48,00%		100%	82,32
25	SI	1,04%		0,00%		97,96%		1,00%		100%	87,71
26	SI	4,17%		0,00%		15,83%		80,00%		100%	78,49
27	NO	0,00%		0,00%		85,00%		15,00%		100%	86,35
28	NO	0,00%		0,00%		2,00%		98,00%		100%	77,22

Proyecto y Diseño de Obras Hidráulicas. RP5 – Tramo: Federal empalme RP2
Provincia de Entre Ríos

29	NO	0,00%	0,00%	2,00%	98,00%	100%	77,22
30	NO	0,00%	0,00%	25,00%	75,00%	100%	79,75
31	NO	0,00%	0,00%	90,00%	10,00%	100%	86,90
32	NO	0,00%	0,00%	40,00%	60,00%	100%	81,40
33	NO	0,00%	0,00%	40,00%	60,00%	100%	81,40
34	NO	0,00%	0,00%	40,00%	60,00%	100%	81,40
35	SI	1,35%	0,00%	28,65%	70,00%	100%	80,07
36	NO	0,00%	0,00%	35,00%	65,00%	100%	80,85
37	NO	0,00%	0,00%	62,00%	38,00%	100%	83,82
38	NO	0,00%	0,00%	95,00%	5,00%	100%	87,45
39	NO	0,00%	0,00%	35,00%	65,00%	100%	80,85
40	NO	0,00%	0,00%	62,00%	38,00%	100%	83,82
41	NO	0,00%	0,00%	40,00%	60,00%	100%	81,40
42	NO	0,00%	0,00%	65,00%	35,00%	100%	84,15
43	NO	0,00%	2,00%	43,00%	55,00%	100%	81,99
44	SI	1,99%	0,00%	53,01%	45,00%	100%	82,71
45	NO	0,00%	0,00%	47,00%	53,00%	100%	82,17
46	NO	0,00%	0,00%	1,00%	99,00%	100%	77,11
47	NO	0,00%	0,00%	38,00%	62,00%	100%	81,18
48	NO	0,00%	0,00%	30,00%	70,00%	100%	80,30
49	NO	0,00%	0,00%	90,00%	10,00%	100%	86,90
50	NO	0,00%	0,00%	30,00%	70,00%	100%	80,30
51	NO	0,00%	0,00%	52,00%	48,00%	100%	82,72
52	NO	0,00%	0,00%	99,00%	1,00%	100%	87,89
53	NO	0,00%	0,00%	42,00%	58,00%	100%	81,62
54	NO	0,00%	0,00%	32,00%	68,00%	100%	80,52
55	NO	0,00%	0,00%	92,00%	8,00%	100%	87,12
56	NO	0,00%	0,00%	55,00%	45,00%	100%	83,05
57	NO	0,00%	0,50%	74,50%	25,00%	100%	85,26
58	NO	0,00%	0,70%	19,30%	80,00%	100%	79,21
59	NO	0,00%	8,00%	47,00%	45,00%	100%	83,21
60	NO	0,00%	0,00%	27,00%	73,00%	100%	79,97
61	NO	0,00%	0,00%	25,00%	75,00%	100%	79,75
62	SI	1,80%	1,60%	21,60%	75,00%	100%	79,48
63	NO	0,00%	0,00%	90,00%	10,00%	100%	86,90
64	NO	0,00%	0,00%	35,00%	65,00%	100%	80,85
65	SI	1,64%	0,00%	43,36%	55,00%	100%	81,67
66	NO	0,00%	0,00%	80,00%	20,00%	100%	85,80
67	NO	0,00%	0,00%	45,00%	55,00%	100%	81,95
68	SI	1,18%	1,00%	7,82%	90,00%	100%	77,92
69	NO	0,00%	0,00%	80,00%	20,00%	100%	85,80
70	NO	0,00%	0,00%	25,00%	75,00%	100%	79,75
71	NO	0,00%	0,00%	95,00%	5,00%	100%	87,45

Función de Transferencia

La Función de Transferencia define la manera en que se traslada el flujo que escurre superficialmente a través de la cuenca, es decir, determina el hidrograma a la salida de la cuenca, provocado por el escurrimiento de la precipitación efectiva.

Existen diferentes métodos para encontrar esta función de transferencia, y se pueden resumir por el siguiente esquema:

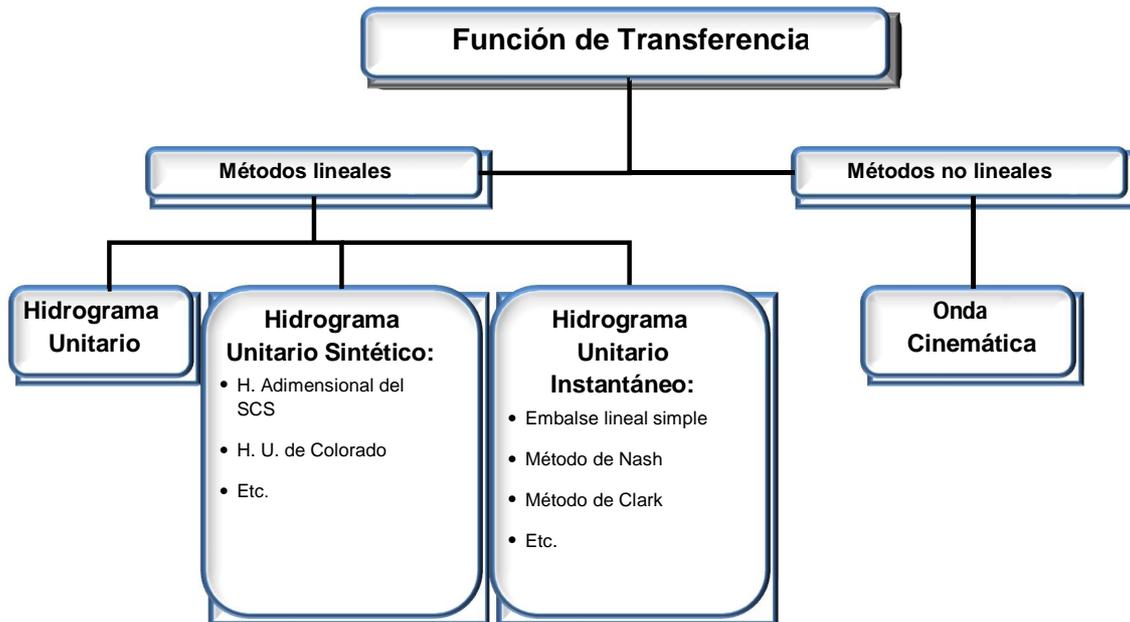


Fig. 23. Esquema determinación de la función de transferencia

En este caso como se trata de un proceso de simulación discreta, el concepto de transformación de lluvia-escorrentía se aplica mediante la metodología del Hidrograma Unitario; asumiéndose como modelo de transformación el correspondiente al Hidrograma Unitario del SCS.

El hidrograma unitario de una cuenca, se define como el hidrograma de escurrimiento debido a una precipitación con altura en exceso unitaria repartida uniformemente sobre la cuenca, con una intensidad constante durante un período específico de tiempo. Los procedimientos de hidrogramas unitarios sintéticos se utilizan para desarrollar hidrogramas unitarios para otros puntos de la corriente dentro de la misma cuenta o para cuencas adyacentes de carácter similar. Entre ellos se encuentran aquellos que relacionan las características del hidrograma con las de la cuenca (Snyder), los basados en hidrogramas unitarios adimensionales (SCS) y los basados en modelos de almacenamiento de la cuenca (Clark).

En este caso se desarrollará el hidrograma adimensional SCS, un hidrograma unitario sintético en el cual el caudal se expresa por la relación del caudal q_i con respecto al caudal pico q_p y el tiempo por la relación del tiempo t_i con respecto al tiempo de ocurrencia del pico en el hidrograma unitario, T_p . Dados el caudal pico y el tiempo de retardo para la duración de exceso de precipitación, el hidrograma unitario puede estimarse a partir del hidrograma sintético adimensional para la cuenca dada.

En la figura 10 se muestra uno de estos hidrogramas adimensionales, basados en los hidrogramas unitarios obtenidos para una variedad de cuencas. Los valores q_p y T_p pueden estimarse utilizando un modelo simplificado de un hidrograma unitario triangular b), tal como se muestra en la figura, en donde el tiempo está dado en minutos y el caudal en $m^3/s \cdot cm$.

Basándose en la revisión de un gran número de hidrogramas unitarios, el Soil Conservation Service sugiere que el tiempo de recesión puede aproximarse como $1,67 T_p$. Como el área comprendida bajo el hidrograma unitario debería ser igual a una escorrentía directa de 1 cm, puede demostrarse que:

$$q_p = \frac{C * A}{T_p} \quad (15)$$

Donde $C=2,08$ y A es el área de drenaje en km^2 .

Adicionalmente, un estudio de los hidrogramas unitarios de muchas cuencas rurales grandes y pequeñas indica que el tiempo de retardo $t_p \cong 0,6T_c$, donde T_c es el tiempo de concentración de la cuenca. Como se muestra en la figura, el tiempo de ocurrencia de pico T_p puede expresarse en términos del tiempo de retardo t_p y de la duración de la lluvia efectiva t_r .

$$T_p = \frac{t_r}{2} + t_p \quad (16)$$

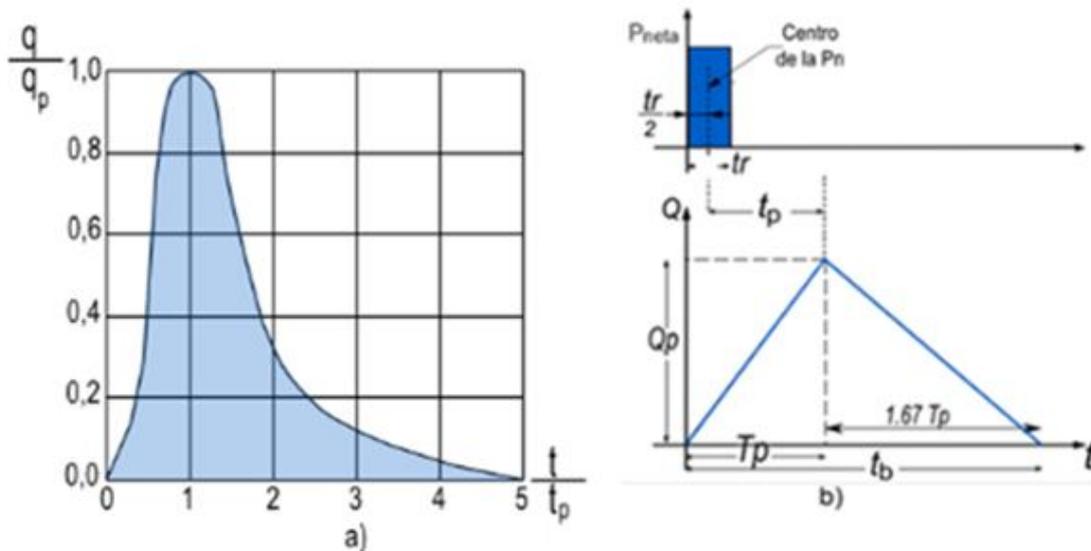


Fig. 24. Hidrograma unitario triangular

Modelo hidrológico

Este sistema de modelación hidrológica se diseñó para simular los procesos de precipitación – escurrimiento en cuencas hidrográficas. Ha sido diseñado para ser aplicado en un amplio rango de áreas geográficas. El programa trabaja bajo un sistema completamente integrado, que incluye una base de datos, utilidades para la entrada de datos, la herramienta computacional, y las herramientas de reporte de resultados. Una interfase gráfica permite al usuario manejarse con libertad entre las diferentes partes del programa.

El programa posee, además, histogramas sintéticos que permiten utilizar el método del Hidrograma Adimensional SCS fijando únicamente el parámetro de Tlag. Este parámetro se define como el tiempo en minutos que transcurre desde el centro de gravedad de la precipitación neta hasta la punta del hidrograma y es aproximadamente igual a 0,6 del tiempo de concentración.

Procedimiento

1. Se crean las cuencas y se definen los parámetros de cada una:
 - Superficie
 - Método de cálculo de las abstracciones (SCS-CN), se cargan los valores de las pérdidas iniciales y el número de curva CN.
 - Método de transformación (hidrograma unitario del SCS). Se cargan los datos de Tlag.
 - Flujo de base, se considera nulo.
2. Se definen las uniones y tramos de cauce que conectan a las subcuencas entre sí, para lo cual es necesario definir el método de cálculo del tránsito. En este caso se analizaron las cuencas por separado, sin considerar subcuencas ni uniones de los cauces.
3. Se crea un modelo meteorológico especificando el tipo de precipitación. Se opta por el hietograma específico, debiendo ingresarle los datos de precipitación.
4. Se introducen los datos pluviométricos: para cada cuenca se introduce la duración de los intervalos de la precipitación, la fecha y hora de inicio y fin de la misma y los datos de la precipitación (valores correspondientes al hietograma de diseño obtenido a través del método de los bloques alternos para cada cuenca).
5. Se introducen las especificaciones de control:
 - Período de tiempo en el que el programa debe realizar los cálculos (debe considerarse el tiempo durante el cual llueve más el tiempo de concentración)
 - Incremento de tiempo para que el programa haga los cálculos
6. Se ejecuta el modelo y se obtienen los resultados en tablas y gráficos.

En la figura siguiente se observa la interfaz del programa.

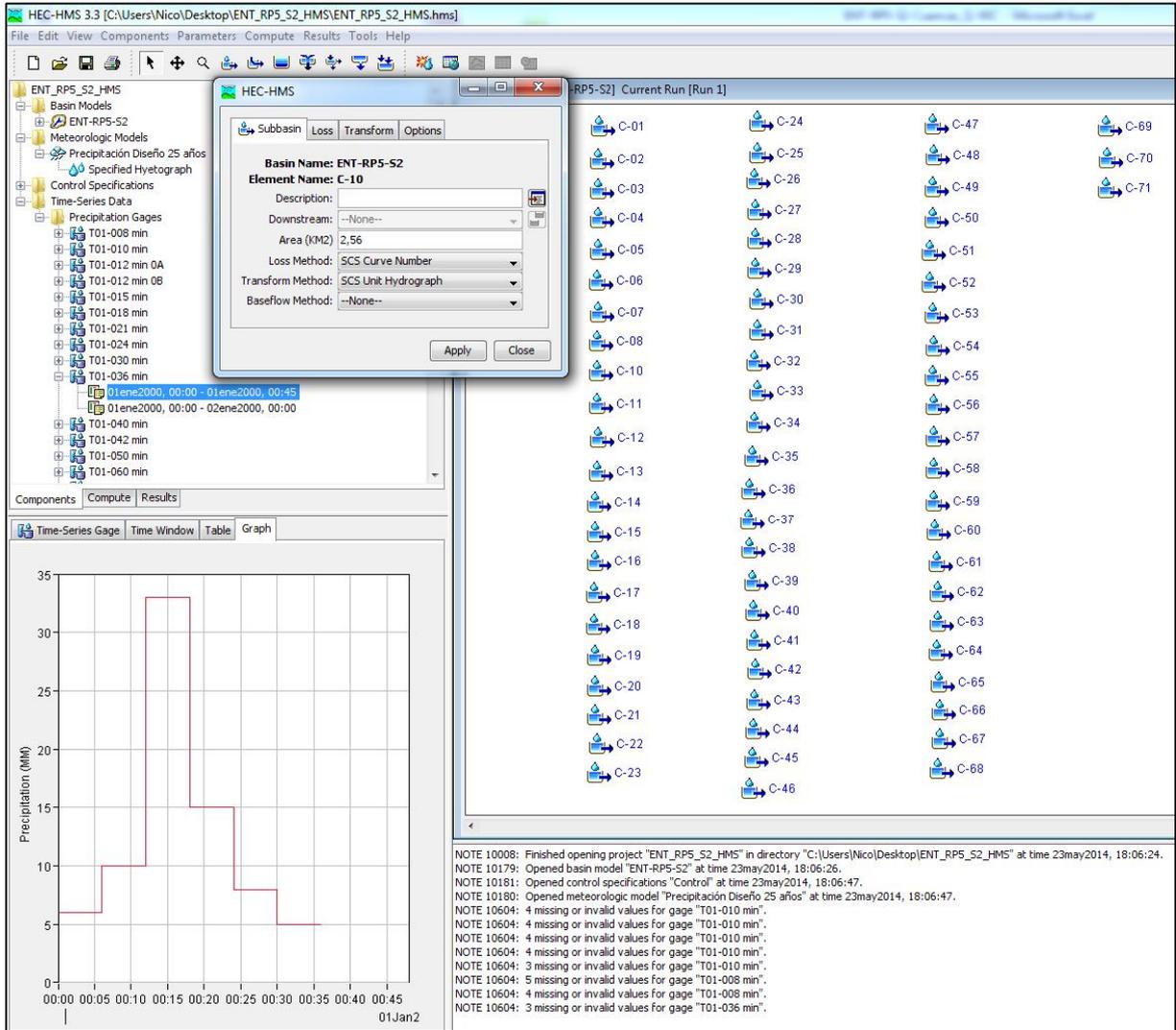


Fig. 25. Programa HEC-HMS

El tiempo de concentración se calculó aplicando las ecuaciones planteadas anteriormente. El valor adoptado fue redondeado a un número entero, y se adoptó como duración de la tormenta de diseño para la cuenca. Con ese valor a través del método de bloques alternos se obtuvo el hietograma de diseño de cada cuenca.

En la tabla se observan los valores fijados para cada uno de los parámetros antes mencionados: CN, la, Tlag de cada una de las cuencas (incluyendo las cuencas de puentes) y el caudal obtenido.

Tabla 18. Parámetros para el cálculo y resultados del programa HEC-HMS

Nombre	Descripción		CN	Abs. Inicial	Tc [min] ADOPTADO	Tlag [min]	Q HMS [m3/s]
Cuenca 01	A° Federal Grande		77,47	14,78	360,00	216,00	384,40
Cuenca 02	Puente	3+958.43m	77,54	14,72	210,00	126,00	109,30
Cuenca 03	A° La Virgen		77,49	14,76	300,00	180,00	203,50
Cuenca 04	Alc. Prog.	2+364.87m	84,72	9,16	15,00	9,00	0,90
Cuenca 05	Alc. Prog.	2+730.31m	85,25	8,79	18,00	10,80	2,90
Cuenca 06	Puente	6+442.77m	81,40	11,61	24,00	14,40	17,50
Cuenca 07	Alc. Prog.	7+177.23m	86,83	7,70	30,00	18,00	37,50
Cuenca 08	Alc. Prog.	7+978.80m	87,38	7,34	30,00	18,00	37,50
Cuenca 10	Alc. Prog.	9+355.25m	79,47	13,12	60,00	36,00	36,50
Cuenca 11	Alc. Prog.	10+066.20m	84,15	9,57	15,00	9,00	2,20
Cuenca 12	Alc. Prog.	10+771.89m	83,89	9,75	36,00	21,60	13,50
Cuenca 13	Alc. Prog.	11+434.54m	83,98	9,69	50,00	30,00	30,20
Cuenca 14	Alc. Prog.	12+288.92m	76,83	15,32	50,00	30,00	7,10
Cuenca 15	A° Sauce		80,20	12,54	480,00	288,00	466,70
Cuenca 16	Alc. Prog.	13+490.70m	77,11	15,08	60,00	36,00	8,50
Cuenca 17	Alc. Prog.	14+204.34m	77,11	15,08	30,00	18,00	2,00
Cuenca 18	Alc. Prog.	15+029.05m	77,11	15,08	90,00	54,00	4,40
Cuenca 19	Alc. Prog.	17+138.95m	83,60	9,97	42,00	25,20	3,70
Cuenca 20	Alc. Prog.	18+078.14m	85,80	8,41	36,00	21,60	2,80
Cuenca 21	Puente	21+396.02m	83,71	9,89	42,00	25,20	32,10
Cuenca 22	Alc. Prog.	23+028.52m	87,49	7,26	24,00	14,40	18,20
Cuenca 23	Alc. Prog.	24+370.53m	87,82	7,05	36,00	21,60	28,20
Cuenca 24	Puente	25+426.81m	82,32	10,91	120,00	72,00	67,40
Cuenca 25	Alc. Prog.	25+865.53m	87,71	7,12	24,00	14,40	16,50
Cuenca 26	Río Gualguay		78,49	13,92	1440,00	864,00	9,70
Cuenca 27	Alc. Prog.	27+653.03m	86,35	8,03	210,00	126,00	11,30
Cuenca 28	Alc. Prog.	29+302.14m	77,22	14,99	80,00	48,00	0,70
Cuenca 29	Alc. Prog.	31+422.08m	77,22	14,99	240,00	144,00	18,20
Cuenca 30	Alc. Prog.	38+392.34m	79,75	12,90	360,00	216,00	42,40
Cuenca 31	Alc. Prog.	40+842.05m	86,90	7,66	24,00	14,40	11,60
Cuenca 32	Alc. Prog.	41+654.57m	81,40	11,61	50,00	30,00	1,90
Cuenca 33	Alc. Prog.	42+665.65m	81,40	11,61	140,00	84,00	1,60
Cuenca 34	Alc. Prog.	43+300.41m	81,40	11,61	300,00	180,00	1,40
Cuenca 35	Puente	47+213.04m	80,07	12,64	105,00	63,00	55,80
Cuenca 36	Alc. Prog.	45+250.12m	80,85	12,03	60,00	36,00	2,70
Cuenca 37	Alc. Prog.	48+459.02m	83,82	9,81	90,00	54,00	4,50
Cuenca 38	Alc. Prog.	49+193.15m	87,45	7,29	24,00	14,40	15,00

Cuenca 39	Alc. Prog.	50+029.20m	80,85	12,03	60,00	36,00	2,10
Cuenca 40	Alc. Prog.	50+609.14m	83,82	9,81	90,00	54,00	8,40
Cuenca 42	Alc. Prog.	51+322.79m	84,15	9,57	70,00	42,00	4,60
Cuenca 43	Alc. Prog.	52+212.42m	81,99	11,16	180,00	108,00	1,60
Cuenca 44	Puente	52+982.31m	82,71	10,62	90,00	54,00	31,80
Cuenca 45	Alc. Prog.	54+384.05m	82,17	11,02	120,00	72,00	16,10
Cuenca 46	Alc. Prog.	55+612.86m	77,11	15,08	42,00	25,20	1,50
Cuenca 47	Alc. Prog.	56+959.24m	81,18	11,78	50,00	30,00	2,50
Cuenca 48	Alc. Prog.	58+000.00m	80,30	12,46	140,00	84,00	8,70
Cuenca 49	Alc. Prog.	59+579.33m	86,90	7,66	70,00	42,00	39,90
Cuenca 50	Alc. Prog.	61+014.83m	80,30	12,46	60,00	36,00	1,80
Cuenca 51	Alc. Prog.	62+783.74m	82,72	10,61	50,00	30,00	0,90
Cuenca 52	Alc. Prog.	64+026.98m	87,89	7,00	80,00	48,00	0,70
Cuenca 53	Alc. Prog.	65+413.22m	81,62	11,44	50,00	30,00	6,10
Cuenca 54	Alc. Prog.	65+950.47m	80,52	12,29	140,00	84,00	5,20
Cuenca 55	Alc. Prog.	67+227.30m	87,12	7,51	21,00	12,60	23,70
Cuenca 56	Alc. Prog.	67+227.30m	83,05	10,37	24,00	14,40	5,10
Cuenca 57	Alc. Prog.	68+086.83m	85,26	8,78	15,00	9,00	8,80
Cuenca 58	Alc. Prog.	68+086.83m	79,21	13,33	42,00	25,20	3,20
Cuenca 59	Alc. Prog.	69+037.36m	83,21	10,25	42,00	25,20	2,10
Cuenca 60	Alc. Prog.	69+508.33m	79,97	12,72	60,00	36,00	3,00
Cuenca 62	Alc. Prog.	70+421.20m	79,48	13,12	70,00	42,00	36,00
Cuenca 63	Alc. Prog.	70+934.34m	86,90	7,66	21,00	12,60	6,90
Cuenca 64	Alc. Prog.	71+298.99m	80,85	12,03	300,00	180,00	0,70
Cuenca 65	Puente	71+859.76m	81,67	11,40	90,00	54,00	61,90
Cuenca 66	Alc. Prog.	73+597.75m	85,80	8,41	300,00	180,00	111,20
Cuenca 67	Alc. Prog.	74+553.84m	81,95	11,19	120,00	72,00	12,60
Cuenca 68	Puente	75+696.02m	77,92	14,40	140,00	84,00	100,40
Cuenca 69	Alc. Prog.	76+460.15m	85,80	8,41	18,00	10,80	2,20
Cuenca 70	Alc. Prog.	77+439.80m	79,75	12,90	36,00	21,60	4,20
Cuenca 71	Alc. Prog.	78+723.83m	87,45	7,29	18,00	10,80	2,40

De los valores obtenidos con la aplicación de ambos métodos puede concluirse que el método racional MRG brinda mejores resultados para cuencas de menor dimensión, mientras que el HMS permite evaluar cuencas de mayores dimensiones con mejor precisión.

2.5 ESTUDIOS HIDRÁULICOS

2.5.1 Situación Hidráulica Existente

El relevamiento del sistema de drenaje de la traza actual, revela la existencia de alcantarillas de sección rectangular con contrafuerte de hormigón de 1,00 m de altura en general, y en menor número, alcantarillas de sección circular.

La verificación de la capacidad de erogación de cada alcantarilla se ha realizado con el programa computacional HY-8, el cual automatiza los métodos de diseño de alcantarillas desarrollado bajo las normas establecidas por la “Federal Highway Administration” de los Estados Unidos (FHWA), las cuales también han sido adoptadas en nuestro medio.

En la tabla se enumeran las alcantarillas existentes. Se indica progresiva, tipo, número de bocas, esviación, características geométricas y cotas de entra, salida y al eje; todo en metros.

Tabla 19. Alcantarillas existentes.

Progresiva		Esv. [°]	Cruce							Relevado
			Cota Rasante	L [m]	h [m]	Cota Entrada	J [m]	Cota Salida	Pend. [m/m]	
A° Federal Grande	0+486,15	90°	60,52	32,00	5,00	54,52	15,80	54,50	0,10%	Puente - 2x10.00m - 1x12.00m
Puente	3+958,43	90°	59,92	12,00	4,00	54,92	15,80	54,89	0,17%	Puente - 1x12.00m
A° La Virgen	5+314,40	90°	58,70	10,00	5,00	52,70	15,80	52,68	0,11%	Puente - 1x10.00m
Alc. Prog.	2+364,87	90°	66,48		1,50	63,98	20,00	63,48	2,52%	SIN ALCANTARILLA
Alc. Prog.	2+730,31	90°	66,18		1,50	63,68	20,00	63,17	2,57%	SIN ALCANTARILLA
Puente	6+442,77	90°	60,85	12,00	4,00	55,85	15,80	55,75	0,62%	Puente - 1x10.00m
Alc. Prog.	7+177,23	90°	60,69	2,00	1,50	58,19	20,00	58,13	0,31%	ALC c/ Contrafuertes - 2.00m
Alc. Prog.	7+978,80	90°	60,88	2,00	1,50	58,38	20,00	58,29	0,44%	ALC c/ Contrafuertes - 2x2.00m
Alc. Prog.	9+355,25	90°	67,35	2,00	1,50	64,85	20,00	64,80	0,26%	ALC c/ Contrafuertes - 2.00m
Alc. Prog.	10+066,20	90°	69,52	1,00	1,00	67,52	20,00	67,27	1,23%	ALC Circular - 1.00m
Alc. Prog.	10+771,89	90°	66,75	2,00	1,50	64,25	20,00	64,18	0,35%	ALC c/ Contrafuertes - 2.00m
Alc. Prog.	11+434,54	90°	67,03	2,00	1,50	64,53	20,00	64,48	0,23%	ALC c/ Contrafuertes - 2.00m
Alc. Prog.	12+288,92	90°	70,96	1,00	1,50	68,46	20,00	68,43	0,16%	ALC Circular - 1.00m
A° Sauce	19+669,34	90°	61,65	34,00	6,00	54,65	15,80	54,64	0,05%	Puente - 1x10.00m - 2x12.00m
Alc. Prog.	13+490,70	90°	71,78	2,00	1,50	69,28	20,00	69,26	0,08%	ALC c/ Contrafuertes - 2.00m
Alc. Prog.	14+204,34	90°	72,71		1,00	70,71	20,00	70,52	0,93%	SIN ALCANTARILLA
Alc. Prog.	15+029,05	90°	71,31	1,00	1,00	69,31	20,00	69,25	0,29%	ALC Circular - 2x1.00m
Alc. Prog.	17+138,95	90°	71,22		1,00	69,22	20,00	69,15	0,36%	SIN ALCANTARILLA
Alc. Prog.	18+078,14	90°	69,46		1,00	67,46	20,00	67,34	0,58%	SIN ALCANTARILLA
Puente	21+396,02	90°	65,04	6,00	3,00	61,04	15,80	60,95	0,60%	Puente - 1x6.00m
Alc. Prog.	23+028,52	90°	68,41	2,00	1,50	65,91	20,00	65,82	0,46%	ALC c/ Contrafuertes - 2.00m
Alc. Prog.	24+370,53	90°	66,30	2,00	1,50	63,80	20,00	63,78	0,10%	ALC c/ Contrafuertes - 2.00m
Puente	25+426,81	90°	63,20	10,00	3,00	59,20	15,80	59,16	0,23%	Puente - 1x10.00m

Proyecto y Diseño de Obras Hidráulicas. RP5 – Tramo: Federal empalme RP2
Provincia de Entre Ríos

Alc. Prog.	25+865,53	90°	64,90	1,00	1,50	62,40	20,00	62,35	0,23%	ALC Circular - 1.00m
Río Gualeguay	32+359,29	90°	59,92	180,00	12,00	46,92	15,80	46,92	0,01%	Puente - 1x90.00m - 2x45.00m
Alc. Prog.	27+653,03	90°	67,76		1,00	65,76	20,00	65,72	0,18%	SIN ALCANTARILLA
Alc. Prog.	29+302,14	90°	65,98	2,00	1,00	63,98	20,00	63,86	0,60%	ALC de Ladrillo - 2.00m
Alc. Prog.	31+422,08	90°	59,16	1,00	1,50	56,66	20,00	56,60	0,30%	ALC Circular - 3x1.00m
Alc. Prog.	38+392,34	90°	65,21		1,50	62,71	20,00	62,70	0,06%	SIN ALCANTARILLA
Alc. Prog.	40+842,05	90°	67,59		1,50	65,09	20,00	65,00	0,45%	SIN ALCANTARILLA
Alc. Prog.	41+654,57	90°	68,34	2,00	1,00	66,34	20,00	66,27	0,35%	ALC de Ladrillo - 2.00m
Alc. Prog.	42+665,65	90°	68,02		1,00	66,02	20,00	66,01	0,05%	SIN ALCANTARILLA
Alc. Prog.	43+300,41	90°	67,98		1,00	65,98	20,00	65,97	0,06%	SIN ALCANTARILLA
Puente	47+213,04	90°	63,07	10,00	3,00	59,07	15,80	59,05	0,14%	Puente - 1x10.00m
Alc. Prog.	45+250,12	90°	66,91	2,00	1,00	64,91	20,00	64,84	0,34%	ALC de Ladrillo - 2.00m
Alc. Prog.	48+459,02	90°	67,95		1,00	65,95	20,00	65,88	0,37%	SIN ALCANTARILLA
Alc. Prog.	49+193,15	90°	65,79	2,00	1,50	63,29	20,00	63,07	1,12%	ALC de Ladrillo - 2.00m
Alc. Prog.	50+029,20	90°	68,07		1,00	66,07	20,00	66,01	0,31%	SIN ALCANTARILLA
Alc. Prog.	50+609,14	90°	69,52	2,00	1,50	67,02	20,00	67,01	0,05%	ALC de Ladrillo - 2.00m
Alc. Prog.	51+322,79	90°	70,35		1,50	67,85	20,00	67,84	0,05%	SIN ALCANTARILLA
Alc. Prog.	52+212,42	90°	68,65		1,00	66,65	20,00	66,62	0,16%	SIN ALCANTARILLA
Puente	52+982,31	90°	66,70	10,00	3,00	62,70	15,80	62,67	0,18%	Puente - 1x10.00m
Alc. Prog.	54+384,05	90°	70,66		1,50	68,16	20,00	68,14	0,08%	SIN ALCANTARILLA
Alc. Prog.	55+612,86	90°	71,68		1,00	69,68	20,00	69,65	0,14%	SIN ALCANTARILLA
Alc. Prog.	56+959,24	90°	68,27		1,00	66,27	20,00	66,18	0,43%	SIN ALCANTARILLA
Alc. Prog.	58+000,00	90°	69,71		1,50	67,21	20,00	67,17	0,20%	SIN ALCANTARILLA
Alc. Prog.	59+579,33	90°	68,47	2,00	1,50	65,97	20,00	65,88	0,43%	ALC de Ladrillo - 2x2.00m
Alc. Prog.	61+014,83	90°	70,97		1,00	68,97	20,00	68,94	0,14%	SIN ALCANTARILLA
Alc. Prog.	62+783,74	90°	71,70		1,00	69,70	20,00	69,68	0,12%	SIN ALCANTARILLA
Alc. Prog.	64+026,98	90°	71,16		1,00	69,16	20,00	69,14	0,12%	SIN ALCANTARILLA
Alc. Prog.	65+413,22	90°	69,74	2,00	1,00	67,74	20,00	67,64	0,49%	ALC de Ladrillo - 3x2.00m

Proyecto y Diseño de Obras Hidráulicas. RP5 – Tramo: Federal empalme RP2
Provincia de Entre Ríos

Alc. Prog.	65+950,47	90°	69,03		1,00	67,03	20,00	66,98	0,24%	SIN ALCANTARILLA
Alc. Prog.	67+227,30	45°	68,49	2,00	1,50	65,99	20,00	65,35	3,22%	ALC H° - 3x2.00m - abovedada - esviada
Alc. Prog.	67+227,30	45°	68,01	2,00	1,00	66,01	20,00	65,31	3,50%	ALC H° - 3x2.00m - abovedada - esviada
Alc. Prog.	68+086,83	85°	69,65	2,00	1,50	67,15	20,00	66,49	3,28%	ALC H° - 3x2.00m - abovedada - esviada
Alc. Prog.	68+086,83	85°	69,65	2,00	1,00	67,65	20,00	67,41	1,19%	ALC H° - 3x2.00m - abovedada - esviada
Alc. Prog.	69+037,36	90°	72,76		1,00	70,76	20,00	70,56	0,98%	SIN ALCANTARILLA
Alc. Prog.	69+508,33	90°	73,19	2,00	1,00	71,19	20,00	71,03	0,80%	ALC de Ladrillo - 2.00m
Alc. Prog.	70+421,20	45°	64,02	2,00	1,50	61,52	20,00	61,45	0,34%	ALC c/ Contrafuertes - 6x2.00m - esviada
Alc. Prog.	70+934,34	90°	65,45	2,00	1,00	63,45	20,00	63,06	1,95%	ALC de Ladrillo - 2.00m
Alc. Prog.	71+298,99	90°	66,92		1,00	64,92	20,00	64,90	0,12%	SIN ALCANTARILLA
Puente	71+859,76	90°	61,60	20,00	3,00	57,60	15,80	57,56	0,28%	Puente - 1x20.00m
Alc. Prog.	73+597,75	90°	70,43	2,00	1,50	67,93	20,00	67,91	0,10%	ALC de Ladrillo - 2.00m
Alc. Prog.	74+553,84	75°	62,71	2,00	1,50	60,21	20,00	60,06	0,73%	ALC H° - 4x2.00m - abovedada - esviada
Puente	75+696,02	90°	59,90	20,00	3,00	55,90	15,80	55,86	0,26%	Puente - 1x20.00m
Alc. Prog.	76+460,15	90°	68,46		1,00	66,46	20,00	66,08	1,91%	SIN ALCANTARILLA
Alc. Prog.	77+439,80	90°	69,70		1,50	67,20	20,00	66,96	1,21%	SIN ALCANTARILLA
Alc. Prog.	78+723,83	90°	70,80		1,00	68,80	20,00	68,55	1,24%	SIN ALCANTARILLA

2.5.2 Situación Hidráulica de Proyecto

En el siguiente apartado se describen las obras de arte propuestas para permitir la circulación del agua en la zona del camino.

El perfil transversal está conformado por una calzadas de 7,30 m de ancho, con banquetas externas de 3,00 m.

El desagüe longitudinal de este sector se desarrolla mediante cunetas de sección trapecial de base mínima de 1,00 m en desmonte y 1,50m en terraplén.

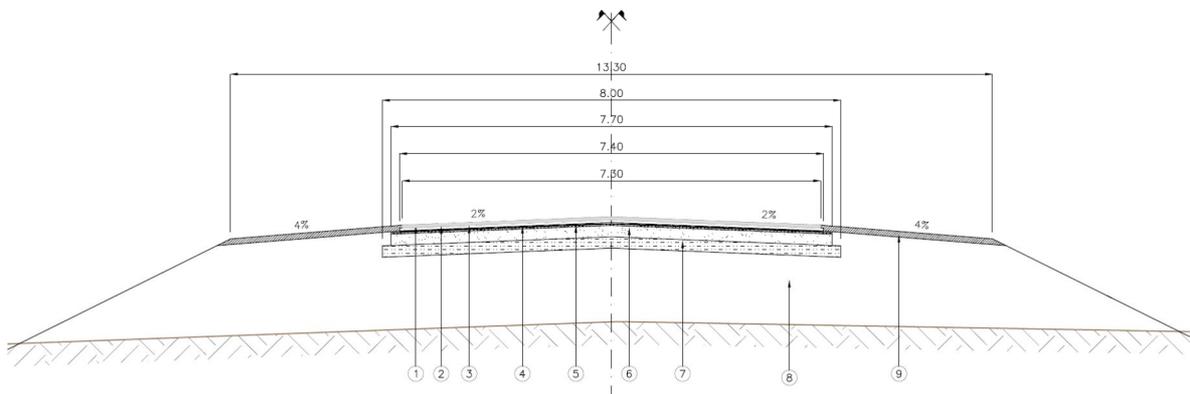


Fig. 26. Perfil transversal tipo

El desagüe transversal se desarrolla mediante el reemplazo de las alcantarillas existentes por nuevas alcantarillas modeladas para el caudal Q_{25} .

En los siguientes apartados se desarrollan las propuestas de desagüe para cada una de estas secciones y la verificación de cada uno de sus elementos.

2.5.3 Drenaje en Zona Rural

2.5.3.1 Drenaje Transversal

La tabla que se muestra a continuación contiene información acerca de las alcantarillas propuestas. Las cuales fueron verificadas con el programa HY – 8. Se muestran las características de cada una: ancho, alto, largo, cotas de entrada y salida y pendiente de fondo, cota de rasante, tipo de entrada y número de luces.

Tabla 20. Alcantarillas propuestas.

Progresiva		Cruce							Cruce	
		Cota Rasante	L [m]	h [m]	J [m]	Cota Entrada	Cota Salida	Pend. [m/m]	Propuesto	
A° Federal Grande	0+486,15	60,52	32,00	5,00	15,80	54,52	54,50	0,10%	Puente - 2x10.00m - 1x12.00m	
Puente	3+958,43	59,92	12,00	4,00	15,80	54,92	54,89	0,17%	Puente - 1x12.00m	
A° La Virgen	5+314,40	58,70	10,00	5,00	15,80	52,70	52,68	0,11%	Puente - 1x10.00m	
Alc. Prog.	2+364,87	66,48	2,00	1,50	20,00	63,98	63,48	2,52%	ALC O-41211-I 1 x L = 2 x h = 1,50 - J = 20	
Alc. Prog.	2+730,31	66,18	2,00	1,50	20,00	63,68	63,17	2,57%	ALC O-41211-I 1 x L = 2 x h = 1,50 - J = 20	
Puente	6+442,77	60,85	10,00	4,00	15,80	55,85	55,75	0,62%	Puente - 1x10.00m	
Alc. Prog.	7+177,23	60,69	2,00	1,50	20,00	58,19	58,13	0,31%	ALC O-41211-I 4 x L = 2 x h = 1,50 - J = 20	
Alc. Prog.	7+978,80	60,88	2,00	1,50	20,00	58,38	58,29	0,44%	ALC O-41211-I 4 x L = 2 x h = 1,50 - J = 20	
Alc. Prog.	9+355,25	67,35	2,00	1,50	20,00	64,85	64,80	0,26%	ALC O-41211-I 4 x L = 2 x h = 1,50 - J = 20	
Alc. Prog.	10+066,20	69,52	2,00	1,00	20,00	67,52	67,27	1,23%	ALC O-41211-I 2 x L = 2 x h = 1,00 - J = 20	
Alc. Prog.	10+771,89	66,75	2,00	1,50	20,00	64,25	64,18	0,35%	ALC O-41211-I 2 x L = 2 x h = 1,50 - J = 20	
Alc. Prog.	11+434,54	67,03	2,00	1,50	20,00	64,53	64,48	0,23%	ALC O-41211-I 4 x L = 2 x h = 1,50 - J = 20	
Alc. Prog.	12+288,92	70,96	2,00	1,50	20,00	68,46	68,43	0,16%	ALC O-41211-I 2 x L = 2 x h = 1,50 - J = 20	
A° Sauce	19+669,34	61,65	34,00	6,00	15,80	54,65	54,64	0,05%	Puente - 1x10.00m - 2x12.00m	
Alc. Prog.	13+490,70	71,78	2,00	1,50	20,00	69,28	69,26	0,08%	ALC O-41211-I 2 x L = 2 x h = 1,50 - J = 20	
Alc. Prog.	14+204,34	72,71	2,00	1,00	20,00	70,71	70,52	0,93%	ALC O-41211-I 2 x L = 2 x h = 1,00 - J = 20	
Alc. Prog.	15+029,05	71,31	2,00	1,00	20,00	69,31	69,25	0,29%	ALC O-41211-I 2 x L = 2 x h = 1,00 - J = 20	
Alc. Prog.	17+138,95	71,22	2,00	1,00	20,00	69,22	69,15	0,36%	ALC O-41211-I 2 x L = 2 x h = 1,00 - J = 20	
Alc. Prog.	18+078,14	69,46	2,00	1,00	20,00	67,46	67,34	0,58%	ALC O-41211-I 1 x L = 2 x h = 1,00 - J = 20	
Puente	21+396,02	65,04	6,00	3,00	15,80	61,04	60,95	0,60%	Puente - 1x6.00m	
Alc. Prog.	23+028,52	68,41	2,00	1,50	20,00	65,91	65,82	0,46%	ALC O-41211-I 3 x L = 2 x h = 1,50 - J = 20	
Alc. Prog.	24+370,53	66,30	2,00	1,50	20,00	63,80	63,78	0,10%	ALC O-41211-I 4 x L = 2 x h = 1,50 - J = 20	
Puente	25+426,81	63,20	10,00	3,00	15,80	59,20	59,16	0,23%	Puente - 1x10.00m	

Proyecto y Diseño de Obras Hidráulicas. RP5 – Tramo: Federal empalme RP2
Provincia de Entre Ríos

Alc. Prog.	25+865,53	64,90	2,00	1,50	20,00	62,40	62,35	0,23%	ALC O-41211-I 3 x L = 2 x h = 1,50 - J = 20
Río Gualeguay	32+359,29	59,92	180,00	12,00	15,80	46,92	46,92	0,01%	Puente - 1x90.00m - 2x45.00m
Alc. Prog.	27+653,03	67,76	2,00	1,00	20,00	65,76	65,72	0,18%	ALC O-41211-I 2 x L = 2 x h = 1,00 - J = 20
Alc. Prog.	29+302,14	65,98	2,00	1,00	20,00	63,98	63,86	0,60%	ALC O-41211-I 1 x L = 2 x h = 1,00 - J = 20
Alc. Prog.	31+422,08	59,16	2,00	1,50	20,00	56,66	56,60	0,30%	ALC O-41211-I 6 x L = 2 x h = 1,50 - J = 20
Alc. Prog.	38+392,34	65,21	2,00	1,50	20,00	62,71	62,70	0,06%	ALC O-41211-I 3 x L = 2 x h = 1,50 - J = 20
Alc. Prog.	40+842,05	67,59	2,00	1,50	20,00	65,09	65,00	0,45%	ALC O-41211-I 3 x L = 2 x h = 1,50 - J = 20
Alc. Prog.	41+654,57	68,34	2,00	1,00	20,00	66,34	66,27	0,35%	ALC O-41211-I 1 x L = 2 x h = 1,00 - J = 20
Alc. Prog.	42+665,65	68,02	2,00	1,00	20,00	66,02	66,01	0,05%	ALC O-41211-I 1 x L = 2 x h = 1,00 - J = 20
Alc. Prog.	43+300,41	67,98	2,00	1,00	20,00	65,98	65,97	0,06%	ALC O-41211-I 1 x L = 2 x h = 1,00 - J = 20
Puente	47+213,04	63,07	10,00	3,00	15,80	59,07	59,05	0,14%	Puente - 1x10.00m
Alc. Prog.	45+250,12	66,91	2,00	1,00	20,00	64,91	64,84	0,34%	ALC O-41211-I 1 x L = 2 x h = 1,00 - J = 20
Alc. Prog.	48+459,02	67,95	2,00	1,00	20,00	65,95	65,88	0,37%	ALC O-41211-I 1 x L = 2 x h = 1,00 - J = 20
Alc. Prog.	49+193,15	65,79	2,00	1,50	20,00	63,29	63,07	1,12%	ALC O-41211-I 3 x L = 2 x h = 1,50 - J = 20
Alc. Prog.	50+029,20	68,07	2,00	1,00	20,00	66,07	66,01	0,31%	ALC O-41211-I 1 x L = 2 x h = 1,00 - J = 20
Alc. Prog.	50+609,14	69,52	2,00	1,50	20,00	67,02	67,01	0,05%	ALC O-41211-I 4 x L = 2 x h = 1,50 - J = 20
Alc. Prog.	51+322,79	70,35	2,00	1,50	20,00	67,85	67,84	0,05%	ALC O-41211-I 1 x L = 2 x h = 1,50 - J = 20
Alc. Prog.	52+212,42	68,65	2,00	1,00	20,00	66,65	66,62	0,16%	ALC O-41211-I 1 x L = 2 x h = 1,00 - J = 20
Puente	52+982,31	66,70	10,00	3,00	15,80	62,70	62,67	0,18%	Puente - 1x10.00m
Alc. Prog.	54+384,05	70,66	2,00	1,50	20,00	68,16	68,14	0,08%	ALC O-41211-I 2 x L = 2 x h = 1,50 - J = 20
Alc. Prog.	55+612,86	71,68	2,00	1,00	20,00	69,68	69,65	0,14%	ALC O-41211-I 1 x L = 2 x h = 1,00 - J = 20
Alc. Prog.	56+959,24	68,27	2,00	1,00	20,00	66,27	66,18	0,43%	ALC O-41211-I 1 x L = 2 x h = 1,00 - J = 20
Alc. Prog.	58+000,00	69,71	2,00	1,50	20,00	67,21	67,17	0,20%	ALC O-41211-I 2 x L = 2 x h = 1,50 - J = 20
Alc. Prog.	59+579,33	68,47	2,00	1,50	20,00	65,97	65,88	0,43%	ALC O-41211-I 4 x L = 2 x h = 1,50 - J = 20
Alc. Prog.	61+014,83	70,97	2,00	1,00	20,00	68,97	68,94	0,14%	ALC O-41211-I 1 x L = 2 x h = 1,00 - J = 20
Alc. Prog.	62+783,74	71,70	2,00	1,00	20,00	69,70	69,68	0,12%	ALC O-41211-I 1 x L = 2 x h = 1,00 - J = 20
Alc. Prog.	64+026,98	71,16	2,00	1,00	20,00	69,16	69,14	0,12%	ALC O-41211-I 1 x L = 2 x h = 1,00 - J = 20
Alc. Prog.	65+413,22	69,74	2,00	1,00	20,00	67,74	67,64	0,49%	ALC O-41211-I 2 x L = 2 x h = 1,00 - J = 20

Proyecto y Diseño de Obras Hidráulicas. RP5 – Tramo: Federal empalme RP2
Provincia de Entre Ríos

Alc. Prog.	65+950,47	69,03	2,00	1,00	20,00	67,03	66,98	0,24%	ALC O-41211-I 2 x L = 2 x h = 1,00 - J = 20
Alc. Prog.	67+227,30	68,49	2,00	1,50	20,00	65,99	65,35	3,22%	ALC O-41211-I 4 x L = 2 x h = 1,50 - J = 20
Alc. Prog.	67+227,30	68,01	2,00	1,00	20,00	66,01	65,31	3,50%	ALC O-41211-I 2 x L = 2 x h = 1,00 - J = 20
Alc. Prog.	68+086,83	69,65	2,00	1,50	20,00	67,15	66,49	3,28%	ALC O-41211-I 2 x L = 2 x h = 1,50 - J = 20
Alc. Prog.	68+086,83	69,65	2,00	1,00	20,00	67,65	67,41	1,19%	ALC O-41211-I 1 x L = 2 x h = 1,00 - J = 20
Alc. Prog.	69+037,36	72,76	2,00	1,00	20,00	70,76	70,56	0,98%	ALC O-41211-I 1 x L = 2 x h = 1,00 - J = 20
Alc. Prog.	69+508,33	73,19	2,00	1,00	20,00	71,19	71,03	0,80%	ALC O-41211-I 1 x L = 2 x h = 1,00 - J = 20
Alc. Prog.	70+421,20	64,02	2,00	1,50	20,00	61,52	61,45	0,34%	ALC O-41211-I 6 x L = 2 x h = 1,50 - J = 20
Alc. Prog.	70+934,34	65,45	2,00	1,00	20,00	63,45	63,06	1,95%	ALC O-41211-I 2 x L = 2 x h = 1,00 - J = 20
Alc. Prog.	71+298,99	66,92	2,00	1,00	20,00	64,92	64,90	0,12%	ALC O-41211-I 1 x L = 2 x h = 1,00 - J = 20
Puente	71+859,76	61,60	20,00	3,00	15,80	57,60	57,56	0,28%	Puente - 1x20.00m
Alc. Prog.	73+597,75	70,43	2,00	1,50	20,00	67,93	67,91	0,10%	ALC O-41211-I 4 x L = 2 x h = 1,50 - J = 20
Alc. Prog.	74+553,84	62,71	2,00	1,50	20,00	60,21	60,06	0,73%	ALC O-41211-I 2 x L = 2 x h = 1,50 - J = 20
Puente	75+696,02	59,90	20,00	3,00	15,80	55,90	55,86	0,26%	Puente - 1x20.00m
Alc. Prog.	76+460,15	68,46	2,00	1,00	20,00	66,46	66,08	1,91%	ALC O-41211-I 1 x L = 2 x h = 1,00 - J = 20
Alc. Prog.	77+439,80	69,70	2,00	1,50	20,00	67,20	66,96	1,21%	ALC O-41211-I 1 x L = 2 x h = 1,50 - J = 20
Alc. Prog.	78+723,83	70,80	2,00	1,00	20,00	68,80	68,55	1,24%	ALC O-41211-I 1 x L = 2 x h = 1,00 - J = 20

Como se mencionó anteriormente, las alcantarillas transversales fueron verificadas utilizando el programa computacional HY-8 en el cual se ingresan los siguientes datos:

- Características de la alcantarilla: forma, dimensiones, material, coeficiente de Manning, depresión en el terreno a la entrada, tipo y condición de entrada. Las condiciones de entrada posible se muestran en la siguiente figura:

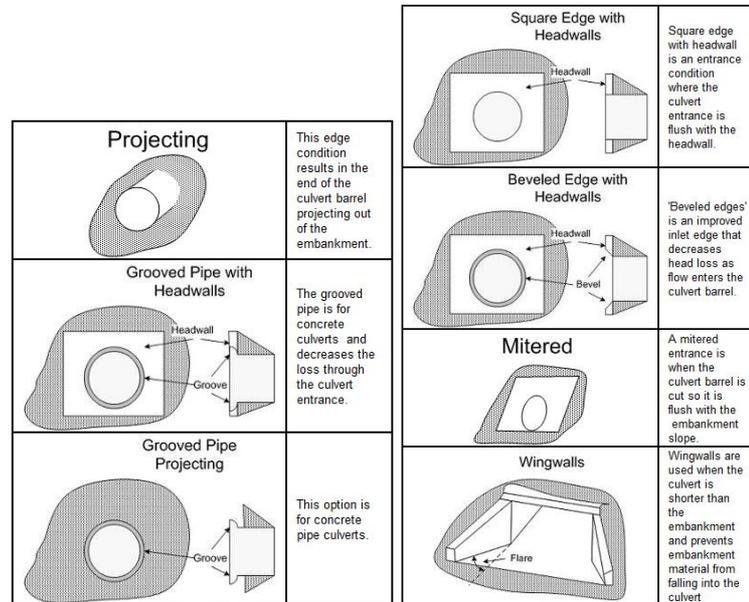


Fig. 27. Condiciones a la entrada de la alcantarilla

- Características de la zona de emplazamiento: estación y cota a la entrada y a la salida y número de bocas. En la siguiente figura se indican los puntos mencionados:

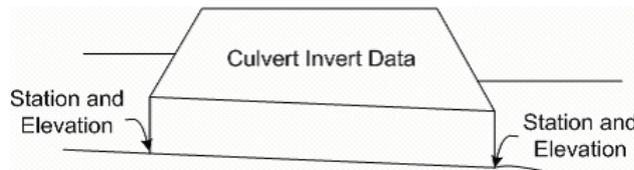


Fig. 28. Datos del sitio de emplazamiento

- Descarga: Caudales mínimo, máximo y de diseño. Se designa como caudal de diseño el obtenido con la metodología descrita para una recurrencia de 25.
- Condiciones aguas abajo: tipo de canal y sus características, ancho, taludes, número de Manning y cota.
- Características del camino al que atraviesa la alcantarilla: ancho del camino, cota de la rasante y longitud de la cresta. Esto último es el ancho del vertedero, es decir, el ancho de la parte superior de la superficie del agua en el canal aguas arriba de la alcantarilla a nivel de la cota de la rasante, como puede observarse a continuación.



Fig. 29. Longitud de la cresta

En las figuras 17, 18 y 19 se muestran los datos de entrada para la verificación de una de las alcantarillas y la tabla de resultados y gráfico ejecutados por el programa.

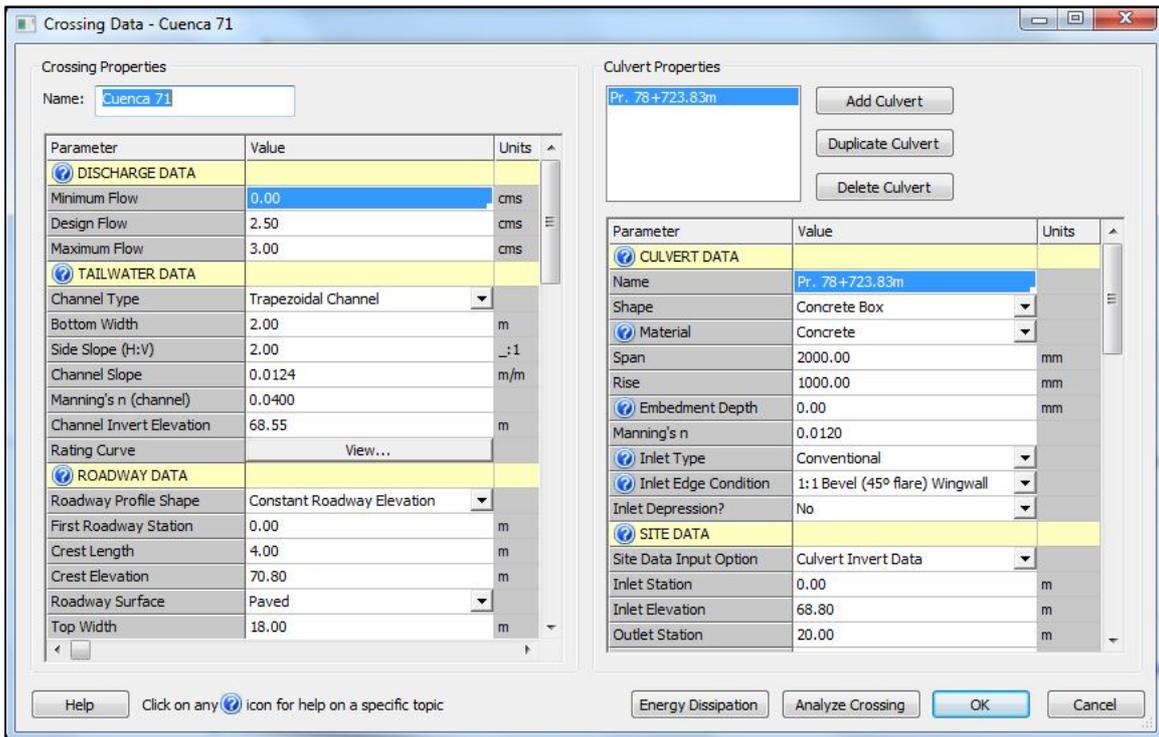


Fig. 30. Datos de entrada para la verificación de alcantarillas en HY-8

Culvert Summary Table - Pr. 78+723.83m

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)
0.00	0.00	68.80	0.00	0.0*	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.30	0.30	68.99	0.19	0.0*	1-S2n	0.08	0.13	0.08	0.17	1.80	0.76
0.60	0.60	69.11	0.31	0.0*	1-S2n	0.13	0.21	0.13	0.25	2.30	0.96
0.90	0.90	69.21	0.41	0.0*	1-S2n	0.17	0.27	0.17	0.32	2.63	1.08
1.20	1.20	69.29	0.49	0.0*	1-S2n	0.21	0.33	0.22	0.37	2.70	1.18
1.50	1.50	69.37	0.57	0.0*	1-S2n	0.24	0.39	0.24	0.42	3.11	1.27
1.80	1.80	69.46	0.66	0.0*	1-S2n	0.27	0.44	0.30	0.46	3.01	1.33
2.10	2.10	69.53	0.73	0.0*	1-S2n	0.30	0.48	0.33	0.50	3.14	1.40
2.40	2.40	69.61	0.81	0.0*	1-S2n	0.33	0.53	0.37	0.54	3.25	1.45
2.50	2.50	69.63	0.83	0.0*	1-S2n	0.33	0.54	0.38	0.55	3.28	1.47
3.00	3.00	69.75	0.95	0.0*	1-S2n	0.38	0.61	0.44	0.61	3.44	1.54

Display: Crossing Summary Table, Culvert Summary Table (Pr. 78+723.83m), Water Surface Profiles, Improved Inlet Table, Customized Table (Options...)

Geometry: Inlet Elevation: 68.80 m, Outlet Elevation: 68.55 m, Culvert Length: 20.00 m, Culvert Slope: 0.0125, Inlet Crest: 0.00 m, Inlet Throat: 0.00 m

Plot:

* theoretical depth is impractical. Depth reported is corrected. Outlet Control: Profiles

Buttons: Help, Flow Types..., Edit Input Data..., Energy Dissipation..., Export Report, Adobe PDF (*.pdf), Close

Fig. 31. Ventana de resultados obtenidos con el programa HY-8

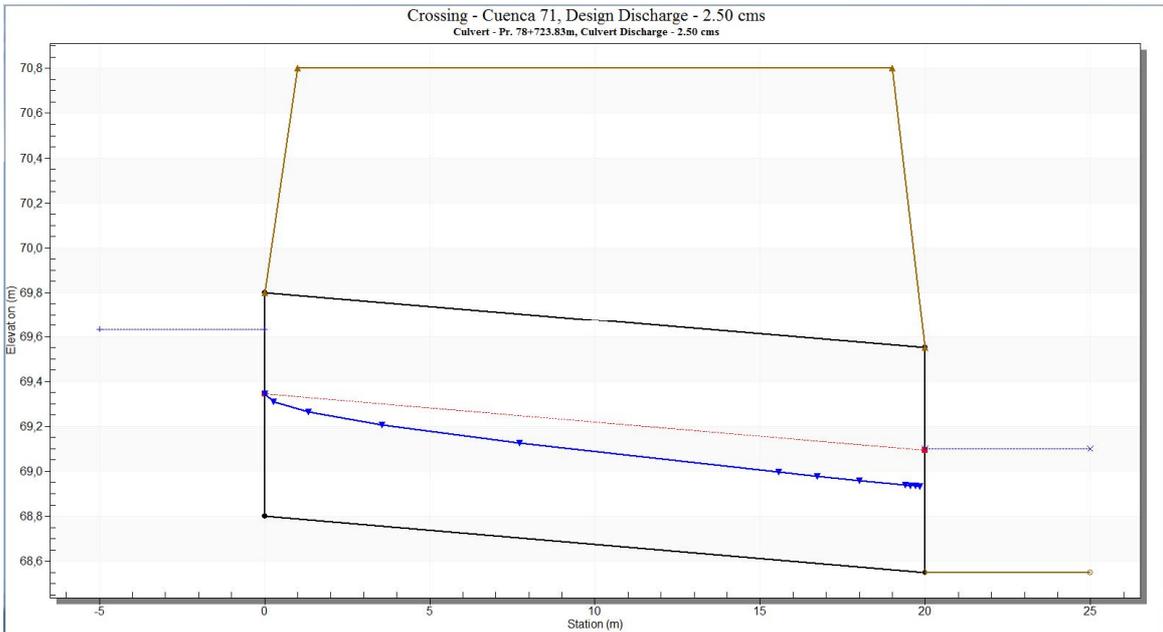


Fig. 32. Ventana de resultados gráficos obtenidos con el programa HY-8

Con el valor del tirante a la entrada de la alcantarilla obtenido del programa, más la cota de entrada de la misma, se obtiene el valor de la cota de máxima crecida. Se adopta como criterio de verificación que esta última no puede superar en ningún caso la cota de la rasante.

La tabla refleja el comportamiento de las alcantarillas en caso de ocurrencia de la lluvia de diseño de 25 años de recurrencia a través de los siguientes elementos: caudal de diseño en metros cúbicos por segundo, altura que alcanza el agua a la entrada de la alcantarilla (H) y cota de máxima crecida (CMC), en metros:

Tabla 21. Comportamiento alcantarillas para tormenta de diseño de 25 años

Nombre	Progresiva		Q [T25años]	DATOS HY-8		
				H [m]	CMC [m]	Cota Rasante
Cuenca 01	A° Federal Grande	0+486,15	281,40	4,39	58,91	60,52
Cuenca 02	Puente	3+958,43	78,76	3,18	58,10	59,92
Cuenca 03	A° La Virgen	5+314,40	158,40	3,96	56,66	58,70
Cuenca 04	Alc. Prog.	2+364,87	1,11	0,79	64,77	66,48
Cuenca 05	Alc. Prog.	2+730,31	3,39	1,42	65,10	66,18
Cuenca 06	Puente	6+442,77	22,70	2,18	58,03	60,85
Cuenca 07	Alc. Prog.	7+177,23	23,31	1,57	59,76	60,69
Cuenca 08	Alc. Prog.	7+978,80	24,16	1,53	59,91	60,88
Cuenca 10	Alc. Prog.	9+355,25	21,96	1,66	66,51	67,35
Cuenca 11	Alc. Prog.	10+066,20	2,85	0,81	68,33	69,52
Cuenca 12	Alc. Prog.	10+771,89	9,71	1,43	65,68	66,75
Cuenca 13	Alc. Prog.	11+434,54	13,96	1,41	65,94	67,03
Cuenca 14	Alc. Prog.	12+288,92	8,42	1,49	69,95	70,96
Cuenca 15	A° Sauce	19+669,34	352,42	5,67	60,32	61,65
Cuenca 16	Alc. Prog.	13+490,70	8,60	1,24	70,52	71,78
Cuenca 17	Alc. Prog.	14+204,34	2,32	0,85	71,56	72,71
Cuenca 18	Alc. Prog.	15+029,05	3,91	0,90	70,21	71,31
Cuenca 19	Alc. Prog.	17+138,95	2,63	0,66	69,88	71,22
Cuenca 20	Alc. Prog.	18+078,14	2,00	0,83	68,29	69,46
Cuenca 21	Puente	21+396,02	22,43	1,91	62,95	65,04
Cuenca 22	Alc. Prog.	23+028,52	17,00	1,46	67,37	68,41
Cuenca 23	Alc. Prog.	24+370,53	14,22	1,38	65,18	66,30
Cuenca 24	Puente	25+426,81	46,19	2,26	61,46	63,20
Cuenca 25	Alc. Prog.	25+865,53	14,93	1,45	63,85	64,90
Cuenca 26	Río Gualeguay	32+359,29	2255,59	10,41	57,33	59,92
Cuenca 27	Alc. Prog.	27+653,03	3,88	1,00	66,76	67,76
Cuenca 28	Alc. Prog.	29+302,14	1,17	0,71	64,69	65,98
Cuenca 29	Alc. Prog.	31+422,08	14,79	1,50	58,16	59,16
Cuenca 30	Alc. Prog.	38+392,34	12,65	1,51	64,22	65,21
Cuenca 31	Alc. Prog.	40+842,05	11,00	1,15	66,24	67,59
Cuenca 32	Alc. Prog.	41+654,57	1,29	0,77	67,11	68,34
Cuenca 33	Alc. Prog.	42+665,65	1,03	0,99	67,01	68,02
Cuenca 34	Alc. Prog.	43+300,41	0,95	0,96	66,94	67,98
Cuenca 35	Puente	47+213,04	37,78	2,14	61,21	63,07
Cuenca 36	Alc. Prog.	45+250,12	1,79	0,90	65,81	66,91
Cuenca 37	Alc. Prog.	48+459,02	3,16	1,20	67,15	67,95

Cuenca 38	Alc. Prog.	49+193,15	13,90	1,26	64,55	65,79
Cuenca 39	Alc. Prog.	50+029,20	1,38	0,79	66,86	68,07
Cuenca 40	Alc. Prog.	50+609,14	5,94	1,15	68,17	69,52
Cuenca 42	Alc. Prog.	51+322,79	3,27	1,65	69,50	70,35
Cuenca 43	Alc. Prog.	52+212,42	1,16	0,90	67,55	68,65
Cuenca 44	Puente	52+982,31	23,14	1,70	64,40	66,70
Cuenca 45	Alc. Prog.	54+384,05	6,71	1,28	69,44	70,66
Cuenca 46	Alc. Prog.	55+612,86	1,26	0,92	70,60	71,68
Cuenca 47	Alc. Prog.	56+959,24	1,74	0,83	67,10	68,27
Cuenca 48	Alc. Prog.	58+000,00	5,76	1,17	68,38	69,71
Cuenca 49	Alc. Prog.	59+579,33	20,49	1,36	67,33	68,47
Cuenca 50	Alc. Prog.	61+014,83	1,16	0,92	69,89	70,97
Cuenca 51	Alc. Prog.	62+783,74	0,62	0,82	70,52	71,70
Cuenca 52	Alc. Prog.	64+026,98	0,54	0,82	69,98	71,16
Cuenca 53	Alc. Prog.	65+413,22	4,09	0,81	68,55	69,74
Cuenca 54	Alc. Prog.	65+950,47	3,41	0,87	67,90	69,03
Cuenca 55	Alc. Prog.	67+227,30	21,28	1,38	67,37	68,49
Cuenca 56	Alc. Prog.	67+227,30	6,05	0,94	66,95	68,01
Cuenca 57	Alc. Prog.	68+086,83	10,88	1,41	68,56	69,65
Cuenca 58	Alc. Prog.	68+086,83	2,76	1,07	68,72	69,65
Cuenca 59	Alc. Prog.	69+037,36	1,52	0,71	71,47	72,76
Cuenca 60	Alc. Prog.	69+508,33	1,97	0,83	72,02	73,19
Cuenca 62	Alc. Prog.	70+421,20	30,76	1,52	63,04	64,02
Cuenca 63	Alc. Prog.	70+934,34	6,35	1,01	64,46	65,45
Cuenca 64	Alc. Prog.	71+298,99	0,45	0,65	65,57	66,92
Cuenca 65	Puente	71+859,76	46,66	1,56	59,16	61,60
Cuenca 66	Alc. Prog.	73+597,75	23,81	1,56	69,49	70,43
Cuenca 67	Alc. Prog.	74+553,84	8,96	1,23	61,44	62,71
Cuenca 68	Puente	75+696,02	70,86	2,06	57,96	59,90
Cuenca 69	Alc. Prog.	76+460,15	2,70	1,07	67,53	68,46
Cuenca 70	Alc. Prog.	77+439,80	3,93	1,23	68,43	69,70
Cuenca 71	Alc. Prog.	78+723,83	2,56	0,95	69,75	70,80

En dicha planilla se observa que la cota de máxima crecida para una tormenta de diseño a 25 años no supera en ningún caso la cota de rasante, cumpliendo con el criterio de verificación adoptado.

2.5.3.2 *Drenaje Longitudinal*

El trazado de la vía es acompañado por cunetas a ambos lados, como así también en el cantero central (cuando las calzadas se separan para permitir el retorno en determinados sectores de la traza). Estas cunetas son canales de sección trapezoidal de base mínima de 1,00 m en desmonte y 1,50m en terraplén.

Las hipótesis de cálculo adoptadas, en función de las características de los suelos y de antecedentes de la zona fueron:

- Suelos de tipo arcillosos regularmente compactados a compactados. Con velocidades máximas recomendadas entre 1,80 m/s y 3,75 m/s para suelos regularmente compactados y de 3,75 m/s a 5 m/s para suelos compactados.

- Cunetas cubiertas de vegetación de tipo herbácea.

Bajo estas hipótesis se procedió a verificar los tramos de cuneta correspondientes a las situaciones más desfavorables: pendientes mínimas y máximos caudales para verificar capacidad y pendientes máximas para verificar velocidades. El tirante máximo admisible es de 0,60 m o bien el que permita la cuneta si este fuera menor.

Para el cálculo del tirante y la velocidad, se utilizó la ecuación de velocidad de Manning para canales abiertos:

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (17)$$

Donde V es la velocidad media del flujo, n es el coeficiente de Manning que representa la rugosidad dependiendo del material, S es la pendiente del canal y R el radio hidráulico definido en función del área hidráulica y el perímetro mojado, ambos dependientes de la geometría del canal y del tirante alcanzado.

La misma puede escribirse en función del caudal de diseño a través de la ecuación de continuidad:

$$Q = VA \quad (18)$$

Reemplazando V por la ecuación de Manning se obtiene:

$$Q = \frac{1}{n} AR^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (19)$$

Acomodando los valores, se obtiene de un lado de la ecuación (miembro izquierdo) aquellos que son datos y del otro los que definen la geometría del canal que debemos dimensionar:

$$\frac{Q.n}{S^{\frac{1}{2}}} = AR^{\frac{2}{3}} \quad (20)$$

El procedimiento es iterativo y consiste en proponer un tirante con el cual calcular el área, perímetro y radio hidráulicos de la sección propuesta y comparar los valores de ambos miembros de la ecuación 21 hasta obtener la igualdad.

El tirante debe ser menor al máximo admisible. Si no se cumple, debe cambiarse la geometría del canal o su pendiente. Con el tirante obtenido se calcula la velocidad, la cual debe ser menor a la admisible. En caso de no serlo, debe cambiarse la geometría

del canal o su pendiente, si esto no es posible o suficiente, se deberá revestir la cuneta.

Se muestran en la tabla una serie de planillas con los resultados obtenidos, especificando tramo, características del mismo, tipo de cuneta y cálculos de tirante y velocidad:

Tabla 22. Comportamiento cunetas para tormenta de diseño 25 años.

Progresiva [m]		Long [Km]	Q [m3/s]	Pend. S [m/m]	Tirante y [m]	Solera b [m]	Area [m2]	Per. Hid. P [m]	Radio Hid. R [m]	Vel. [m/s]
Inicio	Fin									
0+000,00	0+510,64	0,51	0,43	0,0035	0,34	1,50	0,74	3,02	0,25	0,58
0+510,64	2+073,53	1,56	0,80	0,0053	0,43	1,50	1,01	3,42	0,30	0,79
2+073,53	2+364,87	0,29	0,26	0,0011	0,36	1,50	0,80	3,11	0,26	0,33
2+364,87	2+730,31	0,37	0,29	0,0009	0,39	1,50	0,89	3,24	0,27	0,32
2+730,31	3+050,00	0,32	0,26	0,0008	0,39	1,50	0,89	3,24	0,27	0,29
3+050,00	3+959,00	0,91	0,65	0,0071	0,35	1,50	0,77	3,07	0,25	0,84
3+959,00	4+624,47	0,67	0,55	0,0068	0,32	1,50	0,68	2,93	0,23	0,80
4+624,47	5+175,00	0,55	0,54	0,0111	0,28	1,50	0,58	2,75	0,21	0,94
5+175,00	5+387,77	0,21	0,22	0,0009	0,34	1,50	0,74	3,02	0,25	0,29
5+387,77	6+025,00	0,64	0,51	0,0048	0,34	1,50	0,74	3,02	0,25	0,68
6+025,00	6+441,66	0,42	0,38	0,0033	0,32	1,50	0,68	2,93	0,23	0,56
6+441,66	7+164,00	0,72	0,38	0,0007	0,48	1,50	1,18	3,65	0,32	0,32
7+164,00	7+217,88	0,05	0,11	0,0082	0,12	1,50	0,21	2,04	0,10	0,51
7+217,88	7+979,19	0,76	0,44	0,0013	0,45	1,50	1,08	3,51	0,31	0,40
7+979,19	8+908,61	0,93	0,69	0,0096	0,34	1,50	0,74	3,02	0,25	0,93
8+908,61	9+050,00	0,14	0,23	0,0128	0,17	1,50	0,31	2,26	0,14	0,75
9+050,00	10+283,67	1,23	0,62	0,0026	0,44	1,50	1,05	3,47	0,30	0,59
10+283,67	10+772,91	0,49	0,49	0,0094	0,28	1,50	0,58	2,75	0,21	0,85
10+772,91	11+087,50	0,31	0,38	0,0087	0,25	1,50	0,50	2,62	0,19	0,76
11+087,50	11+434,68	0,35	0,38	0,0056	0,28	1,50	0,58	2,75	0,21	0,65
11+434,68	12+008,52	0,57	0,53	0,0082	0,3	1,50	0,63	2,84	0,22	0,83
12+008,52	12+288,92	0,28	0,28	0,0020	0,32	1,50	0,68	2,93	0,23	0,41
12+288,92	13+038,88	0,75	0,51	0,0033	0,38	1,50	0,86	3,20	0,27	0,60
13+038,88	13+491,21	0,45	0,42	0,0042	0,31	1,50	0,66	2,89	0,23	0,63
13+491,21	14+204,34	0,71	0,45	0,0018	0,42	1,50	0,98	3,38	0,29	0,45
14+204,34	14+550,00	0,35	0,28	0,0010	0,38	1,50	0,86	3,20	0,27	0,33
14+550,00	15+028,17	0,48	0,42	0,0038	0,33	1,50	0,71	2,98	0,24	0,59
15+028,17	15+366,51	0,34	0,36	0,0049	0,28	1,50	0,58	2,75	0,21	0,63
15+366,51	17+138,95	1,77	0,61	0,0010	0,57	1,50	1,50	4,05	0,37	0,40
17+138,95	18+341,89	1,20	0,59	0,0022	0,46	1,50	1,11	3,56	0,31	0,53
18+341,89	19+634,41	1,29	0,74	0,0057	0,4	1,50	0,92	3,29	0,28	0,80
19+634,41	20+900,00	1,27	0,76	0,0069	0,38	1,50	0,86	3,20	0,27	0,88
20+900,00	21+391,98	0,49	0,34	0,0011	0,42	1,50	0,98	3,38	0,29	0,35
21+391,98	22+164,95	0,77	0,47	0,0020	0,42	1,50	0,98	3,38	0,29	0,48
22+164,95	23+028,52	0,86	0,53	0,0028	0,41	1,50	0,95	3,33	0,29	0,56

Proyecto y Diseño de Obras Hidráulicas. RP5 – Tramo: Federal empalme RP2
Provincia de Entre Ríos

23+028,52	23+850,00	0,82	0,50	0,0022	0,42	1,50	0,98	3,38	0,29	0,51
23+850,00	24+370,53	0,52	0,48	0,0064	0,3	1,50	0,63	2,84	0,22	0,76
24+370,53	24+853,96	0,48	0,44	0,0049	0,32	1,50	0,68	2,93	0,23	0,65
24+853,96	25+426,81	0,57	0,52	0,0082	0,31	1,50	0,66	2,89	0,23	0,80
25+426,81	25+865,53	0,44	0,32	0,0010	0,4	1,50	0,92	3,29	0,28	0,35
25+865,53	26+738,26	0,87	0,61	0,0055	0,36	1,50	0,80	3,11	0,26	0,76
26+738,26	27+653,03	0,91	0,53	0,0023	0,42	1,50	0,98	3,38	0,29	0,54
27+653,03	27+974,95	0,32	0,33	0,0030	0,3	1,50	0,63	2,84	0,22	0,52
27+974,95	29+337,11	1,36	0,63	0,0023	0,47	1,50	1,15	3,60	0,32	0,55
29+337,11	29+679,07	0,34	0,31	0,0019	0,34	1,50	0,74	3,02	0,25	0,42
29+679,07	31+516,68	1,84	0,82	0,0040	0,46	1,50	1,11	3,56	0,31	0,74
31+516,68	31+883,88	0,37	0,36	0,0034	0,31	1,50	0,66	2,89	0,23	0,55
31+883,88	32+832,26	0,95	0,58	0,0034	0,4	1,50	0,92	3,29	0,28	0,63
32+832,26	33+075,15	0,24	0,27	0,0026	0,29	1,50	0,60	2,80	0,22	0,45
33+075,15	33+326,00	0,25	0,28	0,0024	0,3	1,50	0,63	2,84	0,22	0,44
33+326,00	38+392,34	5,07	1,18	0,0017	0,69	1,50	1,99	4,59	0,43	0,59
38+392,34	40+842,05	2,45	0,71	0,0010	0,61	1,50	1,66	4,23	0,39	0,43
40+842,05	41+654,57	0,81	0,41	0,0008	0,49	1,50	1,22	3,69	0,33	0,34
41+654,57	42+665,56	1,01	0,36	0,0003	0,61	1,50	1,66	4,23	0,39	0,22
42+665,56	43+300,41	0,63	0,22	0,0001	0,68	1,50	1,94	4,54	0,43	0,11
43+300,41	44+875,00	1,57	0,47	0,0004	0,64	1,50	1,78	4,36	0,41	0,26
44+875,00	45+250,18	0,38	0,38	0,0045	0,3	1,50	0,63	2,84	0,22	0,60
45+250,18	45+600,07	0,35	0,37	0,0048	0,29	1,50	0,60	2,80	0,22	0,61
45+600,07	47+212,50	1,61	0,74	0,0033	0,46	1,50	1,11	3,56	0,31	0,66
47+212,50	47+725,17	0,51	0,47	0,0064	0,3	1,50	0,63	2,84	0,22	0,75
47+725,17	48+459,02	0,73	0,47	0,0022	0,4	1,50	0,92	3,29	0,28	0,52
48+459,02	48+891,73	0,43	0,40	0,0038	0,32	1,50	0,68	2,93	0,23	0,58
48+891,73	49+193,15	0,30	0,31	0,0025	0,31	1,50	0,66	2,89	0,23	0,47
49+193,15	49+848,53	0,66	0,49	0,0038	0,36	1,50	0,80	3,11	0,26	0,62
49+848,53	50+029,37	0,18	0,20	0,0009	0,32	1,50	0,68	2,93	0,23	0,29
50+029,37	50+609,14	0,58	0,43	0,0026	0,37	1,50	0,83	3,15	0,26	0,52
50+609,14	51+322,79	0,71	0,40	0,0010	0,46	1,50	1,11	3,56	0,31	0,36
51+322,79	51+737,82	0,42	0,22	0,0001	0,55	1,50	1,43	3,96	0,36	0,15
51+737,82	52+212,42	0,47	0,42	0,0038	0,33	1,50	0,71	2,98	0,24	0,59
52+212,42	52+896,63	0,68	0,54	0,0059	0,34	1,50	0,74	3,02	0,25	0,73
52+896,63	54+383,91	1,49	0,74	0,0041	0,44	1,50	1,05	3,47	0,30	0,71
54+383,91	55+613,03	1,23	0,49	0,0008	0,54	1,50	1,39	3,91	0,36	0,35
55+613,03	56+959,14	1,35	0,64	0,0025	0,46	1,50	1,11	3,56	0,31	0,58
56+959,14	58+424,50	1,47	0,63	0,0019	0,5	1,50	1,25	3,74	0,33	0,50
58+424,50	59+579,33	1,15	0,58	0,0022	0,45	1,50	1,08	3,51	0,31	0,54
59+579,33	60+079,37	0,50	0,45	0,0048	0,32	1,50	0,68	2,93	0,23	0,65
60+079,37	60+325,00	0,25	0,27	0,0022	0,3	1,50	0,63	2,84	0,22	0,43
60+325,00	61+014,83	0,69	0,35	0,0005	0,51	1,50	1,29	3,78	0,34	0,27
61+014,83	61+352,01	0,34	0,32	0,0023	0,32	1,50	0,68	2,93	0,23	0,47
61+352,01	61+825,00	0,47	0,42	0,0039	0,32	1,50	0,68	2,93	0,23	0,61

Proyecto y Diseño de Obras Hidráulicas. RP5 – Tramo: Federal empalme RP2
Provincia de Entre Ríos

61+825,00	62+783,74	0,96	0,37	0,0004	0,58	1,50	1,54	4,09	0,38	0,24
62+783,74	63+100,00	0,32	0,28	0,0012	0,36	1,50	0,80	3,11	0,26	0,35
63+100,00	64+079,89	0,98	0,47	0,0011	0,49	1,50	1,22	3,69	0,33	0,39
64+079,89	64+562,49	0,48	0,34	0,0010	0,41	1,50	0,95	3,33	0,29	0,35
64+562,49	65+413,31	0,85	0,51	0,0023	0,42	1,50	0,98	3,38	0,29	0,52
65+413,31	65+950,43	0,54	0,42	0,0026	0,36	1,50	0,80	3,11	0,26	0,52
65+950,43	66+175,00	0,22	0,25	0,0018	0,3	1,50	0,63	2,84	0,22	0,39
66+175,00	66+351,48	0,18	0,18	0,0005	0,36	1,50	0,80	3,11	0,26	0,22
66+351,48	66+626,60	0,28	0,20	0,0003	0,45	1,50	1,08	3,51	0,31	0,19
66+626,60	67+227,39	0,60	0,40	0,0014	0,41	1,50	0,95	3,33	0,29	0,42
67+227,39	68+580,19	1,35	0,69	0,0037	0,43	1,50	1,01	3,42	0,30	0,68
68+580,19	69+037,36	0,46	0,15	0,0000	0,75	1,50	2,25	4,85	0,46	0,07
69+037,36	69+508,64	0,47	0,31	0,0007	0,44	1,50	1,05	3,47	0,30	0,30
69+508,64	70+400,00	0,89	0,71	0,0125	0,32	1,50	0,68	2,93	0,23	1,04
70+400,00	70+934,34	0,53	0,49	0,0067	0,3	1,50	0,63	2,84	0,22	0,78
70+934,34	71+298,99	0,36	0,40	0,0069	0,27	1,50	0,55	2,71	0,20	0,72
71+298,99	71+879,84	0,58	0,52	0,0071	0,31	1,50	0,66	2,89	0,23	0,79
71+879,84	72+150,00	0,27	0,37	0,0146	0,21	1,50	0,40	2,44	0,17	0,91
72+150,00	72+573,55	0,42	0,48	0,0134	0,25	1,50	0,50	2,62	0,19	0,96
72+573,55	73+368,44	0,79	0,58	0,0057	0,35	1,50	0,77	3,07	0,25	0,76
73+368,44	73+441,69	0,07	0,14	0,0070	0,15	1,50	0,27	2,17	0,12	0,50
73+441,69	73+597,75	0,16	0,25	0,0144	0,17	1,50	0,31	2,26	0,14	0,81
73+597,75	73+862,16	0,26	0,21	0,0004	0,42	1,50	0,98	3,38	0,29	0,21
73+862,16	74+681,90	0,82	0,65	0,0101	0,32	1,50	0,68	2,93	0,23	0,96
74+681,90	75+551,89	0,87	0,61	0,0057	0,36	1,50	0,80	3,11	0,26	0,76
75+551,89	75+696,02	0,14	0,25	0,0207	0,15	1,50	0,27	2,17	0,12	0,92
75+696,02	76+460,15	0,76	0,64	0,0112	0,31	1,50	0,66	2,89	0,23	0,98
76+460,15	76+670,17	0,21	0,24	0,0017	0,3	1,50	0,63	2,84	0,22	0,37
76+670,17	77+056,29	0,39	0,35	0,0025	0,33	1,50	0,71	2,98	0,24	0,49
77+056,29	77+447,97	0,39	0,32	0,0014	0,37	1,50	0,83	3,15	0,26	0,39
77+447,97	77+648,29	0,20	0,26	0,0045	0,24	1,50	0,48	2,57	0,18	0,55
77+648,29	78+168,23	0,52	0,50	0,0087	0,29	1,50	0,60	2,80	0,22	0,83
78+168,23	78+614,10	0,45	0,47	0,0090	0,28	1,50	0,58	2,75	0,21	0,81
78+614,10	78+860,30	0,25	0,23	0,0009	0,36	1,50	0,80	3,11	0,26	0,29

Con el objetivo de permitir la continuidad de las cunetas en caso de existir accesos a viviendas y caminos vecinales, se han proyectado una serie de alcantarillas longitudinales de sección circular de H⁰A⁰ de acuerdo con el plano tipo A-82 de la DNV.

Estas alcantarillas poseen cabezales de H⁰ de acuerdo con el Plano Tipo H-2993.

La verificación de la capacidad de descarga de dichas alcantarillas ha sido realizada por otros integrantes del equipo de trabajo y su desarrollo es de igual forma que en el caso de las alcantarillas ubicadas para el drenaje transversal de la vía. Por estos motivos se omite agregar dichas verificaciones.

La altura mínima de tapada admitida por este tipo de alcantarillas es de 0,60 m y serán construidas, en todos los casos, con una base de asiento de H⁰ clase "E" de 0,15 m de espesor.

3- CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

La realización de ésta Práctica Profesional Supervisada permite arribar a varias conclusiones algunas de carácter técnico y otras de carácter pedagógico.

Se enumeran a continuación las conclusiones técnicas:

- El uso de superficies SRTM junto con el programa Civil 3D permiten de manera expeditiva y eficaz delimitar las regiones de las distintas cuencas. Proceso que de otra manera demandaría una inversión mayor en tiempo y recursos, tanto económicos como humanos.
- Las funciones de interpolación para el cálculo del coeficiente de escorrentía E y de característica de la cuenca C presenta resultados más certeros que las funciones de regresión no lineales.
- La aplicación del programa HY-8 para el diseño de alcantarillas permite resolver con exactitud grandes volúmenes de datos. Que de otra manera deberían realizarse mediante nomogramas, disminuyendo la velocidad de obtención de resultados.

Como conclusiones pedagógicas se destacan:

- El ejercicio profesional enfrenta al alumno con problemas que requieren de la aplicación de conocimientos teóricos adquiridos durante la carrera y le permite medir la importancia de estos.
- La interacción con un grupo de profesionales especializados en distintas áreas permite mejorar las aptitudes de relación humana y entender la responsabilidad intrínseca en la ejecución de obras que inciden directamente sobre la sociedad.
- La amplitud de conocimientos que el ingeniero debe utilizar implican volver a los libros, afianzar los conocimientos adquiridos e incorporar nuevos.
- Se reconoce la gran importancia que los avances tecnológicos en materia de software brindan a los profesionales y empresas para poder realizar proyectos de forma cada vez más rápida y eficaz. Y la necesidad de capacitación constante en el uso de los mismos.

Como premisa final podemos afirmar que se logró un acabado entendimiento de lo que significa la ejecución del estudio hidráulico así como el diseño y verificación de las obras hidráulicas. Pero más importante es la adquisición de experiencia y conocimiento a través de la interacción con un grupo de trabajo experimentado y el uso de herramientas computacionales específicas al tema en estudio. Así también la ejecución de esta Práctica Profesional Supervisada le otorga al estudiante la oportunidad de generar lazos y contactos con profesionales del entorno laboral.

Bibliografía

- Chow, Ven Te; Maidment, D.; Mays, L., 1994, “Hidrología Aplicada”. Ed. McGraw-Hill Interamericana. Santa Fé de Bogotá, Colombia.
- BARUZZI A., [et. al.], 2006, “Principios de Diseño Geométrico Vial”. Córdoba, Argentina.
- NANÍA, L., 2007, “Manual básico de HEC-HMS 3.0.0 y HEC Geo-HMS 1.1”. Universidad de Granada. Departamento de mecánica de estructuras e ingeniería hidráulica. Granada, España.
- KROLAK J., 2008, “HY-8 Tutorial”. United States Department of Transportation. Federal Highway Administration.
- ZAMANILLO E. y LARENZE G., 2009, “Procedimientos para la estimación de tormentas de diseño para la provincia de Entre Ríos”, Buenos Aires: Universidad Tecnológica Nacional.
- Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Secretaría de minería de la Nación. 2004. Argentina. (vi: noviembre 2013). <http://www.mineria.gob.ar/estudios/irn/entrierios/p-entrierios.asp>
- Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR). 1994. Argentina. (vi: noviembre 2013). <http://sig.segemar.gov.ar/>
- Centro de Investigaciones Científicas y Transferencia de Tecnología a la Producción. 1995. Entre Ríos, Argentina. (vi: noviembre 2013). http://www.cicyttp.org.ar/climatologiafca/PICT98/er_general.htm
- Dirección de Hidráulica de Entre Ríos. Departamento Hidrología y Ordenamiento de Cuencas. 1992. Entre Ríos, Argentina. <http://www.hidraulica.gob.ar/cuencas/cuencas.pdf>

Anexos

Se adjunta a continuación una serie de planos, tablas y gráficos que complementan el informe y permiten su mejor interpretación:

- Planialtimetría general
- Perfiles tipo de obra básica
- Plano de cuencas hidrográficas
- Plano tipo alcantarilla de H⁰A⁰ Z-2915-I
- Plano tipo alcantarilla O-41211-I
- Resultados del programa HY-8