

# PROYECTO: “REDIMENSIONADO DEL CANAL ALBERDI EN LA LOCALIDAD DE ROSARIO DE LA FRONTERA”



**UCASAL**

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SALTA

Facultad de Ingeniería e Informática

Ingeniería Civil

Juárez, Martín – Haro, Mauricio Alejandro

Año 2019

*Dedico este proyecto final a mi familia. Mi papá Marcelo Mauricio Haro, mi mamá Viviana Edith Chacón que sin el apoyo de ellos jamás podría haber terminado y cerrado esta etapa de mi vida.*

*A mis hermanos. Juan Manuel Haro, apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, quien sabe todo lo que sacrifiqué por esta carrera y las horas invertidas. Carolina Belén Haro, sus palabras de aliento y su sostén en los momentos más difíciles que me tocaron afrontar.*

*A mis abuelos “Tere”, “Tolo” y “Abuela”, personas fundamentales en mi vida que me brindaron todo su acogimiento.*

*A mis amigos, Santiago Hernán Pérez y Emanuel Víctor Castelli, su ayuda de siempre y su amistad eterna.*

*A todas esas personas especiales que forman y formaron parte de mi vida que ya no están presentes pero que brindaron todo su apoyo en esta etapa.*

*Gracias a todos.*

*Haro, Mauricio Alejandro*

*Este proyecto final de grado es dedicado a mis padres Carlos y Verónica que estuvieron siempre en cada momento de este camino con tantos altibajos.*

*A mis hermanas, Melisa y Lucía, por su apoyo incondicional.*

*A mis nonos y abuelos que a la distancia siempre me brindaron su apoyo con una llamada de aliento mostrando su presencia.*

*A mi mujer Yéssica Bazán que estuvo en cada momento y alentó a seguir cuando creía que no podía, y sin ella nada sería igual.*

*Y por sobre todo a mi hija, mi motor y principal pilar en todo esta carrera.*

*A mis amigos por estar cuando más los necesité.*

*Muchas gracias a todos.*

*Juárez, Martín*

## ÍNDICE GENERAL

I. ABSTRACT.....	pág. 1
II. INTRODUCCIÓN.....	pág. 2
III. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	pág. 4
A. RECONOCIMIENTO DEL LUGAR.....	pág. 4
B. DATOS HIDROLÓGICOS DE LA ZONA.....	pág. 7
1. PRECIPITACIONES.....	pág. 7
2. ALTIMETRÍA PARA DEFINIR LA CUENCA.....	pág. 8
3. RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	pág. 8
a. MEDICIONES .....	pág. 9
b. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	pág. 9
c. PLANOS.....	pág. 10
IV. ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE LA CUENCA.....	pág. 11
A. CÁLCULO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA.....	pág. 11
B. EVENTO DE PRECIPITACIÓN DE DISEÑO.....	pág. 13
C. BALANCE HÍDRICO.....	pág. 19
D. CÁLCULO DE CAUDALES.....	pág. 29
V. VERIFICACIÓN DE LAS SECCIONES DEL CANAL EXISTENTE.....	pág. 35
VI. PLANTEO DE LA SOLUCIÓN.....	pág. 44
VII. CÁLCULO ESTRUCTURAL.....	pág. 56
VIII. CÓMPUTO Y PRESUPUESTO.....	pág. 62
IX. CONCLUSIONES.....	pág. 65

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1	- Hietograma acumulado para 10 años.....	<i>pág. 14</i>
Gráfico 2	- Hietograma acumulado para 15 años.....	<i>pág. 14</i>
Gráfico 3	- Hietograma acumulado para 20 años.....	<i>pág. 15</i>
Gráfico 4	- Hietograma acumulado para 25 años.....	<i>pág. 15</i>
Gráfico 5	- Hietograma Acumulado de cada intervalo para 10 años.....	<i>pág. 16</i>
Gráfico 6	- Hietograma Acumulado de cada intervalo para 15 años.....	<i>pág. 16</i>
Gráfico 7	- Hietograma Acumulado de cada intervalo para 20 años.....	<i>pág. 16</i>
Gráfico 8	- Hietograma Acumulado de cada intervalo para 25 años.....	<i>pág. 17</i>
Gráfico 9	- Hietograma acomodado de la zona para 10 años.....	<i>pág. 18</i>
Gráfico 10	- Hietograma acomodado de la zona para 15 años.....	<i>pág. 18</i>
Gráfico 11	- Hietograma acomodado de la zona para 20 años.....	<i>pág. 18</i>
Gráfico 12	- Hietograma acomodado de la zona para 25 años.....	<i>pág. 19</i>
Gráfico 13	- Hietograma Subcuenca Rural 1.....	<i>pág. 23</i>
Gráfico 14	- Hietograma Subcuenca Rural 2.....	<i>pág. 24</i>
Gráfico 15	- Hietograma Subcuenca Urbana 3.....	<i>pág. 25</i>
Gráfico 16	- Hietograma Subcuenca Urbana 4.....	<i>pág. 27</i>
Gráfico 17	- Hietograma Subcuenca Urbana 5.....	<i>pág. 28</i>
Gráfico 18	- Hidrograma para recurrencia de 10 años.....	<i>pág. 31</i>
Gráfico 19	- Hidrograma para recurrencia de 15 años.....	<i>pág. 32</i>
Gráfico 20	- Hidrograma para recurrencia de 20 años.....	<i>pág. 33</i>
Gráfico 21	- Hidrograma para recurrencia de 25 años.....	<i>pág. 34</i>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1	- Mapa de Rosario de la Frontera.....	pág. 1
Ilustración 2	- Foto satelital de Rosario de la Frontera.....	pág. 1
Ilustración 3	- Foto satelital – Zonas de inundación Frecuentes.....	pág. 2
Ilustración 4	- Desembocadura del Canal Alberdi.....	pág. 4
Ilustración 5	- Canal construido con Gaviones.....	pág. 4
Ilustración 6	- Obra de H°A° en la desembocadura del canal.....	pág. 4
Ilustración 7	- Imagen Satelital del Río Horcones.....	pág. 4
Ilustración 8	- Imagen satelital i - Distinción de tramos de diferentes materiales	pág. 5
Ilustración 9	- Imagen satelital ii - Distinción de tramos de diferentes materiales:	pág. 5
Ilustración 10	- Acumulación de Basura.....	pág. 6
Ilustración 11	- Acumulación de Basura y ramas.....	pág. 6
Ilustración 12	- Cañería que atraviesa el canal.....	pág. 6
Ilustración 13	- Acumulación de Basura debido a la colectora que atraviesa el ca	pág. 6
Ilustración 14	- Falla en las paredes del canal.....	pág. 6
Ilustración 15	- Falla en el fondo del canal.....	pág. 6
Ilustración 16	- Inicio del canal 1.....	pág. 7
Ilustración 17	- Inicio del canal 2.....	pág. 7
Ilustración 18	- Área de la cuenca sobre imagen satelital.....	pág. 12
Ilustración 19	- Ilustración extraída de HEC-HMS de los puntos de control.....	pág. 30
Ilustración 20	- Sección tipo de canal existente.....	pág. 36
Ilustración 21	- H-CANALES punto de control SC1.....	pág. 39
Ilustración 22	- H-CANALES punto de control A.....	pág. 40
Ilustración 23	- H-CANALES punto de control B.....	pág. 40
Ilustración 24	- H-CANALES punto de control C.....	pág. 41
Ilustración 25	- H-CANALES punto de control D.....	pág. 41
Ilustración 26	- Sección 1a.....	pág. 45
Ilustración 27	- Sección 1b.....	pág. 45
Ilustración 28	- Sección 2.....	pág. 45
Ilustración 29	- Geometría en HEC-RAS.....	pág. 46
Ilustración 30	- Coeficientes de rugosidad de Manning para tramo 1.....	pág. 47
Ilustración 31	- Coeficientes de rugosidad de Manning para tramo 2.....	pág. 47
Ilustración 32	- Coeficientes de rugosidad de Manning para tramo 3.....	pág. 48
Ilustración 33	- Coeficientes de rugosidad de Manning para tramo 4.....	pág. 48
Ilustración 34	- Ingreso de caudales en HEC-RAS de cada tramo.....	pág. 49
Ilustración 35	- Ingreso de pendientes en HEC-RAS de cada tramo.....	pág. 49
Ilustración 36	- Resultado HEC-RAS perfil longitudinal tramo 1.....	pág. 50
Ilustración 37	- Resultado HEC-RAS perfil longitudinal tramo 2.....	pág. 50
Ilustración 38	- Resultado HEC-RAS perfil longitudinal tramo 3.....	pág. 51
Ilustración 39	- Resultado HEC-RAS perfil longitudinal tramo 4.....	pág. 51
Ilustración 40	- Resultado HEC-RAS perfil transversal progresiva 0,00.....	pág. 52
Ilustración 41	- Resultado HEC-RAS perfil transversal progresiva 882,03.....	pág. 52
Ilustración 42	- Resultado HEC-RAS perfil transversal progresiva 870,00.....	pág. 53

Ilustración 43 - Resultado HEC-RAS perfil transversal progresiva 1027,97.....	pág. 53
Ilustración 44 - Resultado HEC-RAS perfil transversal progresiva 1090,00.....	pág. 54
Ilustración 45 - Resultado HEC-RAS perfil transversal progresiva 1400,00.....	pág. 54
Ilustración 46 - Resultado HEC-RAS perfil transversal progresiva 1450,00.....	pág. 55
Ilustración 47 - Resultado HEC-RAS perfil transversal progresiva 2067,21.....	pág. 55
Ilustración 48 - Esquema de cálculo 1.....	pág. 57
Ilustración 49 - Esquema de cálculo 2.....	pág. 59
Ilustración 50 - Esquema de cálculo 3.....	pág. 60
Ilustración 51 - Planilla de cómputo y presupuesto.....	pág. 62
Ilustración 52 - Resultado de planilla de cómputo y presupuesto.....	pág. 63
Ilustración 53 - Planilla de análisis de precios.....	pág. 63
Ilustración 54 - Planilla de insumos.....	pág. 64
Ilustración 55 - Planilla de plan de trabajos.....	pág. 64
Ilustración 56 - Gráfico ejemplo de curva de inversiones.....	pág. 64

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	- Cantidad de agua precipitada.....	pág. 14
Tabla 2	- Cantidad de agua precipitada en cada intervalo.....	pág. 15
Tabla 3	- Cantidad de agua precipitada acomodada para la zona de estudio....	pág. 17
Tabla 4	- Tabla i propuesta por SCS.....	pág. 20
Tabla 5	- Tabla ii propuesta por SCS.....	pág. 21
Tabla 6	- Determinación del valor de CN de la cuenca Canal Alberdi.....	pág. 22
Tabla 7	- Determinación de CNII Subcuenca Rural 1.....	pág. 22
Tabla 8	- Tabla para hietograma de Subcuenca Rural 1.....	pág. 23
Tabla 9	- Determinación de CNII Subcuenca Rural 2.....	pág. 23
Tabla 10	- Tabla para hietograma de Subcuenca Rural 2.....	pág. 24
Tabla 11	- Determinación de CNII Subcuenca Urbana 3.....	pág. 24
Tabla 12	- Tabla para hietograma de Subcuenca Urbana 3.....	pág. 25
Tabla 13	- Determinación de CNII Subcuenca Urbana 4.....	pág. 26
Tabla 14	- Tabla para hietograma de Subcuenca Urbana 4.....	pág. 26
Tabla 15	- Determinación CNII Subcuenca Urbana 5.....	pág. 27
Tabla 16	- Tabla para hietograma de Subcuenca Urbana 5.....	pág. 28
Tabla 17	- Tabla resumen de valores por Método de Curva Número.....	pág. 28
Tabla 18	- Caudales para recurrencia de 10 años.....	pág. 31
Tabla 19	- Caudales para recurrencia de 15 años.....	pág. 32
Tabla 20	- Caudales para recurrencia de 20 años.....	pág. 33
Tabla 21	- Caudales para recurrencia de 25 años.....	pág. 34
Tabla 22	- Tabla de coeficientes de rugosidad de Manning.....	pág. 38
Tabla 23	- Planilla de cálculo para obtención del caudal en canal existente.....	pág. 39
Tabla 24	- Tabla comparación de caudales para los distintos puntos de control.	pág. 42
Tabla 25	- Tabla de tanteo para verificar caudal requerido por análisis hidrológ	pág. 44
Tabla 26	- Tabla de cálculo de momento estabilizante.....	pág. 58
Tabla 27	- Tabla de cálculo de esfuerzos y combinaciones de carga.....	pág. 61



## I. ABSTRACT

El proyecto permitirá a la Ciudad de Rosario de Frontera desagotar las aguas pluviales de manera efectiva en el momento que sea pertinente, ya que actualmente, en épocas de lluvia, la zona urbana sufre distintas inundaciones, principalmente en el casco céntrico.

La idea surge en base a la necesidad que tiene Rosario de La Frontera en evacuar aguas de lluvia rápidamente.

Se toma como base de estudio el canal existente “Canal Alberdi” que consta de una longitud aproximada de 6,3 km, el cual se analizará y redimensionará para coleccionar las aguas de lluvia, estudiando de manera paralela si se necesitará de algún canal de emergencia adicional.

A continuación se muestra dos mapas, el primero es de la Localidad de Rosario de la Frontera, el segundo se especifica el trazado del canal (imagen satelital). Fuente: Google Earth.

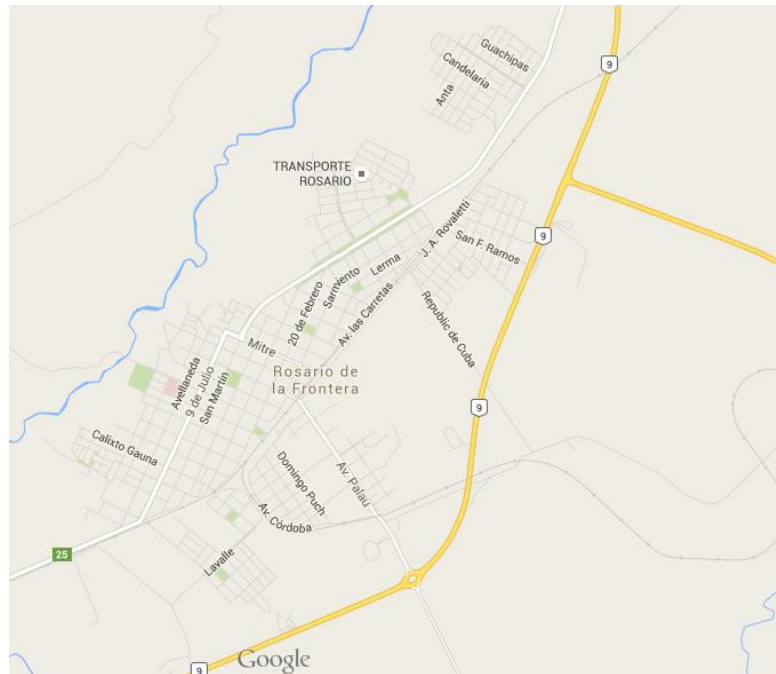


Ilustración 1 - Mapa de Rosario de la Frontera



Ilustración 2 - Foto satelital de Rosario de la Frontera

## II. INTRODUCCIÓN

El Canal Alberdi de Rosario de la Frontera, constituye el canal principal del sistema de desagüe pluvial de la ciudad, con una antigüedad de 90 años aproximadamente, el cual colecta aguas de diferentes sub-cuencas (rurales y urbanas). El trazado del mismo se realizó de Este a Oeste, con origen en una zona rural a 5Km del Casco céntrico, desembocando en el Río Horcones.

Éste se trata de un río de origen pluvial que tiene sus crecidas durante el período estival, llegando a conducir un caudal máximo instantáneo cercano a los 300 m<sup>3</sup>/seg. Su curso principal supera la localidad de Rosario de la Frontera.

El problema principal que se genera en la Ciudad de Rosario de la Frontera es la acumulación de agua pluvial en distintos sectores, conllevando a la inundación de parte del casco céntrico, Barrio Inmigrante, Barrio Iriarte, y otros como se muestra en la imagen a continuación de los sectores inundados.

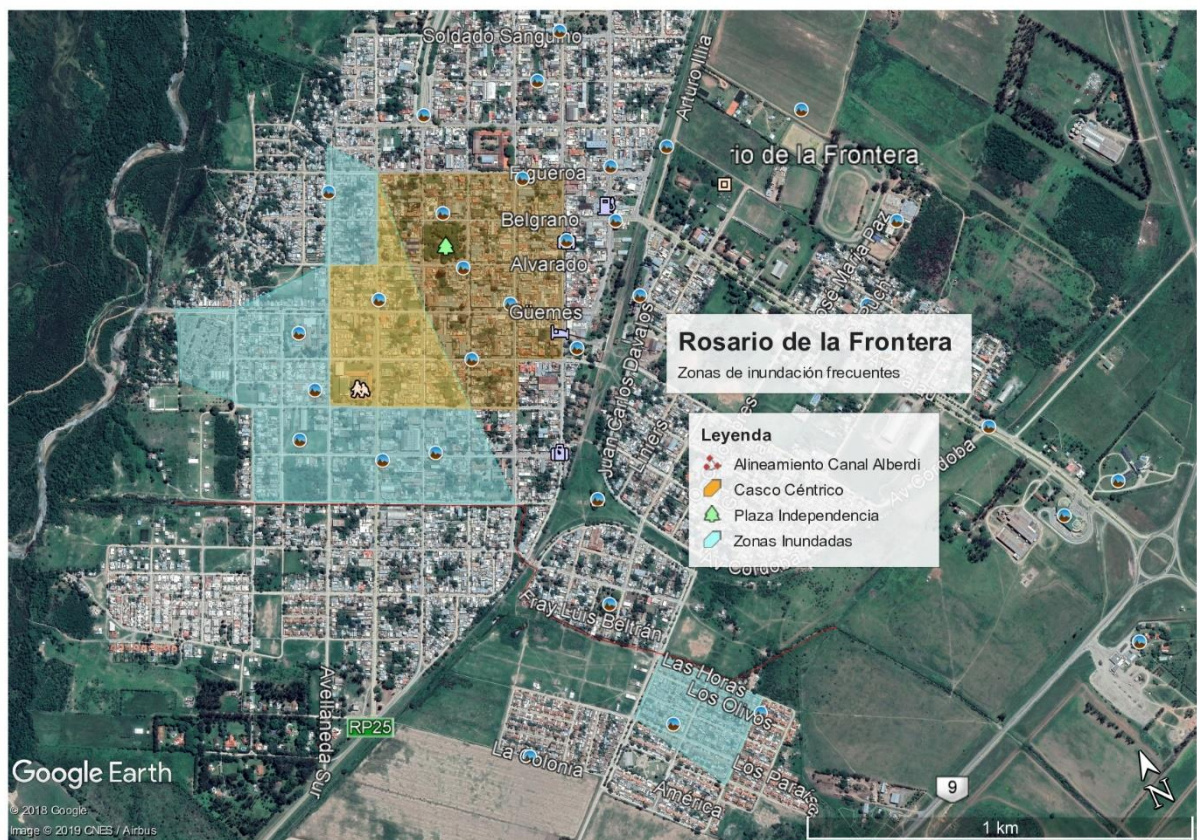


Ilustración 3 - Foto satelital – Zonas de inundación Frecuentes

Por intuición se concluye inicialmente que una de las causas de este problema es que el canal no tiene capacidad suficiente para evacuar las aguas de lluvia. Si bien la cuenca de aporte sigue siendo la misma, las condiciones de urbanización modificaron las condiciones de escurrimiento de la misma.

Esta conjetura es de gran importancia ya que trae diversas consecuencias a la población. En las calles pavimentadas se escurre más agua de la proyectada, inundando veredas, y en algunos casos hasta viviendas particulares. En calles no pavimentadas, debido a la circulación del agua pluvial, se producen daños al camino dejándolos intransitables por varios días, generando causas secundarias.

El incentivo para abordar el problema es generar una solución correcta para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos de Rosario de la Frontera, ya que, como se viene

Haro, Mauricio Alejandro

Juárez, Martín

investigando, es un problema recurrente que genera malestar a la sociedad, por ello es de vital importancia resolverlo.

La primera actividad que se realizó fue el reconocimiento del lugar, para ubicar los puntos necesarios a tener en cuenta.

Luego se recopilaron los datos hidrológicos de la cuenca, dividiéndose en datos de precipitaciones y altimetría (ciclo hidrológico, cuencas, curvas de nivel, entre otros) que permitirá determinar las distintas pendientes de Rosario de La Frontera.

Posteriormente se realizó el relevamiento topográfico del lugar, donde se tomaron las distintas mediciones pertinentes, se procesaron los datos y como resultado se obtuvo las memorias gráficas (planos).

En la siguiente instancia y paralelamente, se trabajó en los análisis hidrológicos de la cuenca con su respectivo balance hídrico y el cálculo de las características de aquella.

Luego se estudió la solución, el diseño y cálculo de las obras hidráulicas a ejecutar, obteniendo los distintos planos que serán los útiles para poder ejecutar el proyecto y materializarlo.

Como último paso se procedió al cómputo y presupuesto del mismo para obtener un precio del proyecto, de tal manera de lograr una obra viable, económica y eficaz.

### III. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

#### A. RECONOCIMIENTO DEL LUGAR

La primera etapa de nuestro proyecto se inició en el reconocimiento del lugar donde se encuentra el Canal Alberdi (Ciudad de Rosario de la Frontera).

Por razones de conveniencia, el recorrido comenzó desde la desembocadura del canal, hacia aguas arriba, pudiéndose apreciar en todo el recorrido varios inconvenientes que impiden el buen funcionamiento de esta obra. Además se conoció los materiales que conforman el canal, y los cambios de sección en toda su longitud.



Ilustración 4 - Desembocadura del Canal Alberdi

Cercano a la desembocadura, existe una obra de hormigón armado, construido para disipar la energía con que llega el agua y de esta forma evitar problemas de erosión, tanto en el fondo como en las paredes laterales del canal.

Un tramo previo a la obra de hormigón armado, está construido con gaviones, y antes de este el canal está conformado por un revestimiento de piedra (en algunas partes de piedra partida y en otros de piedra bola). Este último tramo mencionado es el de mayor longitud, y es el que atraviesa toda la Ciudad.



Ilustración 5 - Canal construido con Gaviones



Ilustración 6 - Obra de H°A° en la desembocadura del canal



Ilustración 7 – Imagen Satelital del Río Horcones

Con respecto a la forma de la sección, siempre predominó la rectangular.



Ilustración 8 - Imagen satelital i - Distinción de tramos de diferentes materiales



Ilustración 9 - Imagen satelital ii - Distinción de tramos de diferentes materiales

Como primera observación, se encontraron cantidades importantes de residuos, tanto en la zona rural como en la zona urbana. Estos residuos en ocasiones se acumulan en ciertos sectores del canal provocando una disminución de la sección del mismo, lo cual puede ser una de las causas del mal funcionamiento.

Además de los residuos provocados por las personas, también había ramas de diversos tamaños, vegetación que crecía en las mismas paredes y fondo del canal que de alguna manera ocasionaba la acumulación de todos estos elementos y, por ende, la disminución de la sección de este sistema de desagüe.



*Ilustración 10 - Acumulación de basura*



*Ilustración 11 - Acumulación de basura y ramas*

Algo más que llamó la atención fue que algunas cañerías en desuso atraviesan el canal, y en algunos casos se podía apreciar la cantidad de material que acumulan, siendo otro factor importante en la disminución de la sección del canal.



*Ilustración 12 - Cañería que atraviesa el canal*



*Ilustración 13 - Acumulación de Basura*

Se identificaron los canales secundarios que aportan al Canal Alberdi para tenerlos en cuenta en un posterior análisis. Cada uno de estos cauces pertenece a una sub-cuenca que deberá ser estudiada convenientemente para determinar los caudales que aportan al canal principal.

Luego, observamos deterioros y fallas estructurales a lo largo del canal, más acentuados aguas arriba. Estas fallas pensamos que se originaron principalmente por socavación del agua que intenta ingresar al canal, descalzando las paredes del mismo y finalmente produciendo la falla.



*Ilustración 14 - Falla en las paredes del canal*



*Ilustración 15 - Falla en el fondo del canal*

Por último se procedió a tomar fotografías del inicio del canal.



Ilustración 16 – Inicio del Canal 1



Ilustración 17 – Inicio del Canal 2

Cada uno de estos detalles vistos deberá ser estudiado con más detenimiento para lograr encontrar la mejor solución a este problema que nos encontramos.

## B. DATOS HIDROLÓGICOS DE LA ZONA

### 1. PRECIPITACIONES

La precipitación es el producto de la condensación del vapor de agua atmosférico que se deposita en la superficie de la Tierra. Ocurre cuando la atmósfera se satura con el vapor de agua, se condensa y cae de la solución (es decir, precipita).

Para determinar las precipitaciones pluviales de corta duración y alta intensidad se utilizan el pluviómetro y los pluviógrafos.

La precipitación pluvial se mide en mm, que sería el espesor de la lámina de agua que se formaría, a causa de la precipitación, sobre una superficie plana e impermeable y que equivale a litros de agua por metro cuadrado de terreno (L/m<sup>2</sup>).

Muchas obras de ingeniería civil se ven profundamente influidas por los factores climáticos como las precipitaciones pluviales. En efecto, un correcto dimensionamiento del drenaje garantizará la vida útil de, por ejemplo, una carretera, una vía férrea, un aeropuerto, una ciudad, entre otras. El conocimiento de las precipitaciones pluviales extremas y en consecuencia el dimensionamiento adecuado de las obras hidráulicas, así por ejemplo los vertedores de excedencias de las presas, canales, garantizará su correcto funcionamiento y la seguridad de las poblaciones que se sitúan aguas abajo. El cálculo de las lluvias extremas, de corta duración, es muy importante para dimensionar el drenaje urbano, y así evacuar volúmenes de agua que podrían producir inundaciones.

Las características de las precipitaciones pluviales que se deben conocer para estos casos son:

**La intensidad de la lluvia y duración de la lluvia:** estas dos características están asociadas. Para un mismo período de retorno, al aumentarse la duración de la lluvia disminuye su intensidad media, la formulación de esta dependencia es empírica y se determina caso por caso, con base en los datos observados directamente en el sitio de estudio o en otros sitios próximos con las características hidrometeorológicas similares. Dicha formulación se conoce como relación Intensidad-Duración-Recurrencia o comúnmente conocidas como curvas IDR.

Las precipitaciones pluviales se toman para período de retorno o recurrencia de 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500, 1000 años, para cada sitio particular o para una cuenca, o la precipitación máxima probable (PMP) son determinadas con procedimientos estadísticos, con base a registros de lluvia.

Por estas razones antes nombradas, se necesitará conocer las precipitaciones, y en particular las precipitaciones instantáneas para el estudio de la Cuenca Hidrológica a la que se ve afectada la Ciudad de Rosario de La Frontera, ya que conocer dicha cuenca nos permitirá diseñar los canales de desagües para evitar inundaciones.

Para conseguir las precipitaciones de Rosario de La Frontera se recurrió al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) donde se alcanzaron los datos de las precipitaciones diarias desde 1980 hasta 2007, luego desde el 2007 hasta la actualidad se pidió datos en el Aeroclub de Rosario de La Frontera al Señor Bruno Bernaski, que se encarga de medir las lluvias diarias, alcanzándonos las máximas precipitaciones mensuales como se aprecia en el ANEXO I.

A continuación se acomodó y juntó los datos especificando las máximas precipitaciones en 24 horas anuales, que son las que utilizaremos para el Proyecto. ANEXO I.

## **2. ALTIMETRÍA PARA DEFINIR LA CUENCA**

Se da el nombre de altimetría al conjunto de operaciones por medio de las cuales se determina la elevación de uno o más puntos respecto a una superficie horizontal de referencia dada o imaginaria la cuál es conocida como superficie o plano de comparación.

En nuestro proyecto se necesitarán las Curvas de Nivel de la zona a estudiar, porque nos servirá para definir las cuencas necesarias para el cálculo y se la obtiene a partir de la altimetría.

Una curva de nivel es aquella línea que en un mapa une todos los puntos que tienen igualdad de condiciones y de altitud.

Para la obtención de las Curvas de Nivel de la zona que se ve afectado el canal, se utilizó el programa informático Global Mapper.

Global Mapper incluye la posibilidad de acceder directamente a varias fuentes en línea de imágenes, mapas topográficos, y los datos DEM/DSM. Esto incluye el acceso a las imágenes de color de alta resolución de DigitalGlobe para el mundo entero, mapas detallados de calles de OpenStreetMap.org, y el acceso a la base de datos completa de TerraServer-USA/MSRMaps.com imágenes de satélite y mapas topográficos de la USGS libre de-cargo.

Este programa se utiliza conjuntamente con Google Earth, para ubicar las coordenadas del área a analizar. Luego se traza la topografía que el software se encarga de bajar en línea y así, se trazan las Curvas de Nivel. Más tarde se exporta a Autocad, el popular programa de dibujo, para poder lograr imprimirlas a escala deseada.

Las curvas de nivel se encuentran detalladas en el ANEXO I.

## **3. RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO**

El Relevamiento Topográfico es un conjunto de operaciones hechas para describir puntos de la tierra en el espacio, esto es llevado a un plano o mapa donde se coloca la información necesaria; los planos se los puede tener en 2D o en 3D.



En el Proyecto: “REDIMENSIONADO DEL CANAL ALBERDI Y CONSTRUCCIÓN DE CANALES PARA DESAGÜES PLUVIALES EN LA LOCALIDAD DE ROSARIO DE LA FRONTERA”, es necesario el Relevamiento Topográfico por diversas razones:

- Localizar las pendientes longitudinales del canal.
- Establecer las distintas secciones transversales que conforman dicho canal, ya que a lo largo de éste, ellas varían sus dimensiones y el material pertinente con las que fueron construidas.
- Extraer las distancias en cada variación de sección y material.

Estas razones nombradas anteriormente nos servirán para el futuro estudio del canal, ya que según el perfil longitudinal y transversal, se podrá concluir, además de estudiada la cuenca hidrológica, los motivos que generan su desborde en épocas de lluvia, principal causa de las inundaciones de zonas céntricas de Rosario de La Frontera.

#### **a. MEDICIONES:**

Se realizó las mediciones correspondientes para el relevamiento topográfico del Canal Alberdi en Rosario de la Frontera. Dichas mediciones se hicieron mediante la utilización de una Estación Total.

Se denomina Estación Total al aparato electro óptico, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro, un microprocesador y un teodolito electrónico. Engloba la Planimetría y la Altimetría. Reemplazó el antiguo trabajo que se realizaba y en forma separada con distintos instrumentos:

- Teodolito: para determinación de ángulos
- Distanciómetro: para determinación de distancias
- Nivel: para determinación de desniveles
- Recolecta todos los datos en una memoria que luego es volcada a un programa topográfico, evitando tener que anotar los datos (coordenadas, ángulos, distancias) en una libreta de campo.

Se logró levantar un total de 549 puntos a lo largo de 2067 metros de canal.

Estos puntos se fueron disponiendo de manera transversal al canal con 4, 5 o 6 puntos cada 20, 30 o 50 metros según sea la necesidad de la información relevante a tomar, para determinar la sección de dicho canal.

#### **b. PROCESAMIENTO DE DATOS:**

Los puntos tomados, se bajaron directamente a un software compatible con el instrumental (KOLIDA 445), donde se muestran los puntos de manera ordenada.

Luego se trabajó con estos datos obtenidos desde el programa, exportándolos a una planilla Excel, de tal manera de visualizar y manipular fácilmente los valores. Según ANEXO I.

Para obtener una pantalla gráfica general y verificar que la toma de puntos se realizó de manera correcta es necesario exportar desde Excel a AutoCAD CIVIL 3D, tarea que se realiza de manera sencilla después de haber confeccionado la planilla de datos.

Con el software AutoCAD CIVIL 3D es posible definir una superficie con los puntos cargados. Esta superficie se logra mediante la triangulación de puntos, por lo que con esto

obtenemos una aproximación a la superficie real del terreno, que a fines prácticos es lo suficientemente preciso.

Con la superficie creada, posteriormente se podrá determinar el movimiento de suelo en caso de redimensionar la sección del canal a lo largo de su recorrido.

Al cargar los datos se pudo verificar que había una gran cantidad de sedimentos, principalmente en las curvas, ya que la sección se ensancha, la velocidad cae y las partículas se van depositando lentamente, disminuyendo sección, por ende, se falló en el mantenimiento.

Por otro lado se observó que la sección varía muy poco a lo largo del canal por lo tanto se optó por tomar tres secciones tipo que recorren de principio a fin.

**c. PLANOS:**

En el ANEXO I se muestran los planos correspondientes al relevamiento topográfico con las secciones tipo.

#### IV. ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE LA CUENCA

En esta sección se realizó el cálculo de todas las variables hidrológicas necesarias para determinar los caudales en diferentes puntos del canal Alberdi.

Como primer paso, se determinó la lámina de lluvia de diseño, que es con el cual se calcularán los caudales, para luego dimensionar el canal. Esta lámina se calcula en base a la información de precipitaciones máximas en 24 horas que tenemos de los últimos años en Rosario de la Frontera, y por medio de cálculos estadísticos llegamos a obtener las curvas IDR.

**Curvas IDR:** Las curvas Intensidad-Duración-Recurrencia (IDR) son curvas que resultan de unir los puntos representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración, y correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o periodo de retorno.

El cálculo de las curvas IDR se muestran en el ANEXO II.

Con estas curvas determinamos la lámina para un periodo de retorno de 10, 15, 20 y 25 años que es el tiempo que consideramos como la vida útil del sistema y una duración de lluvia igual al tiempo de concentración de la cuenca.

Luego, en función de las curvas de nivel obtenidas a partir de DEMs (Modelos de elevación digital) y el revantamiento topográfico que realizamos, determinamos la cuenca que aporta al Canal Alberdi utilizando el software Global Mapper.

Definida la cuenca, pudimos obtener sus características (Área, perímetro, tiempo de concentración, etc.). Además, se determinó por medio del “Método de la curva número” la precipitación efectiva, que es la que genera escurrimiento, es decir, la que tenemos que tener en cuenta para el dimensionado.

Debido que a lo largo del recorrido del canal hay varios puntos de control, fue necesario delimitar las subcuencas que aportan caudales en dichos puntos, y de esta manera realizar un análisis de diseño del canal por tramos. Estas subcuencas fueron determinadas de la misma forma en que se determinó la Cuenca general.

##### A. CÁLCULO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA:

La delimitación de la cuenca se realizó con la utilización del software Global Mapper. También con el mismo programa se determinó algunos parámetros como el área y el perímetro, además de las cotas en cualquier punto de la superficie. A continuación se muestra la cuenca del Canal Alberdi por medio de una foto satelital:

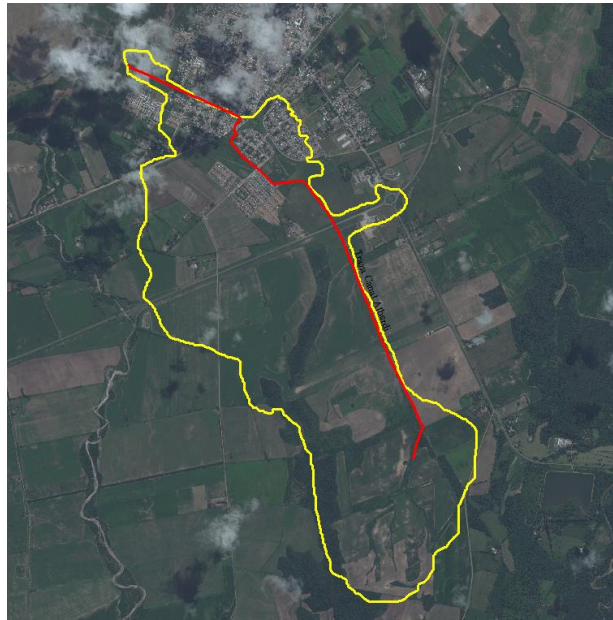


Ilustración 18– Área de la cuenca sobre imagen satelital

- **Superficie:** La superficie de una cuenca es fácilmente medible integrando el área encerrada por la divisoria de las aguas superficiales sobre una carta topográfica:

$$s = 7,605 \text{ Km}^2$$

Podemos clasificar la cuenca según su tamaño siguiendo el siguiente cuadro:

Cuenca	Superficie [km2]
Pequeña	< 100
Mediana	100 – 2000
Grande	> 2000

Entonces consideramos a nuestra cuenca como una cuenca Pequeña.

- **Perímetro:** El perímetro es el contorno de una superficie:

$$p = 17,651 \text{ Km}$$

- **Tiempo de concentración ( $t_c$ ):** es el mayor tiempo de traslado a la salida, y es el tiempo para el cual toda el área de la cuenca contribuye simultáneamente a la salida. Para determinar el  $t_c$  se puede utilizar una fórmula empírica, Fórmula de Kirpich, ya que consideramos una zona relativamente pequeña y donde predomina la ruralidad:

$$t_c = \left( 0,87 \frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385}$$

$t_c$ : tiempo de concentración [h]

$L$ : longitud del cauce principal [Km]

$\Delta H$ : diferencia de elevación entre la cabecera y la salida [m]

Los valores de  $L$  y  $\Delta H$  se determinaron por medio de Google Earth y son los siguientes:

$$L = 5,33 \text{ Km}$$

$$\Delta H = 69,00 \text{ m}$$

Por lo tanto el tiempo de concentración será:

$$t_c = \left( 0,87 \frac{5,33^3}{69,00} \right)^{0,385} = 1,28 \text{ horas}$$

## B. EVENTO DE PRECIPITACIÓN DE DISEÑO

En base a las curvas IDR determinadas en el ANEXO II se estableció una “Tormenta de Diseño Máxima” para las recurrencias establecidas anteriormente. Este proceso consistió en:

- Seleccionar la duración total de la tormenta estimando un 50% más del Tiempo de Concentración  $t_c$ .

$$D = 1,5 \times t_c = 1,5 \times 1,28 = 1,92 \cong 2 \text{ horas}$$

- Determinar el intervalo de tiempo  $\Delta_t$ , que depende de las características físicas de la cuenca y del modelo de transformación Lluvia – Caudal. Estimamos el siguiente valor:

$$\Delta_t = 0,25 \text{ horas}$$

- Calcular los valores de intensidad de lluvia en los tiempos  $\Delta_t, 2\Delta_t, 3\Delta_t, \dots, D$ ; la cantidad de agua precipitada en cada intervalo de tiempo resulta de multiplicar la intensidad de lluvia por el intervalo de tiempo correspondiente.

$$P = I_{LL} \times \Delta_t$$

$P$ : Precipitación del Intervalo  $\Delta_{t_i}$

$I_{LL}$ : Intensidad de lluvia obtenido de las curvas IDR, según ANEXO II

$\Delta_t$ : Intervalo de tiempo

$\Delta T$ [hs]	Cantidad de Agua Precipitada P [mm]			
	Para 10 años [mm]	Para 15 años [mm]	Para 20 años [mm]	Para 25 años [mm]
0,25	30,9	33,3	35,0	36,2
0,50	47,8	51,4	54,0	55,9
0,75	59,9	64,4	67,6	70,1
1,00	70,0	75,3	79,0	81,9
1,25	78,8	84,9	89,1	92,3
1,50	86,7	93,3	97,9	101,5
1,75	93,8	101,0	106,0	109,8
2,00	100,4	108,0	113,4	117,5

Tabla 1 – Cantidad de agua precipitada

- Obtener la curva de precipitación acumulada en el tiempo, representando gráficamente el valor del intervalo de tiempo y los milímetros de agua para la recurrencia de cada año, quedando armado los hietogramas acumulados.

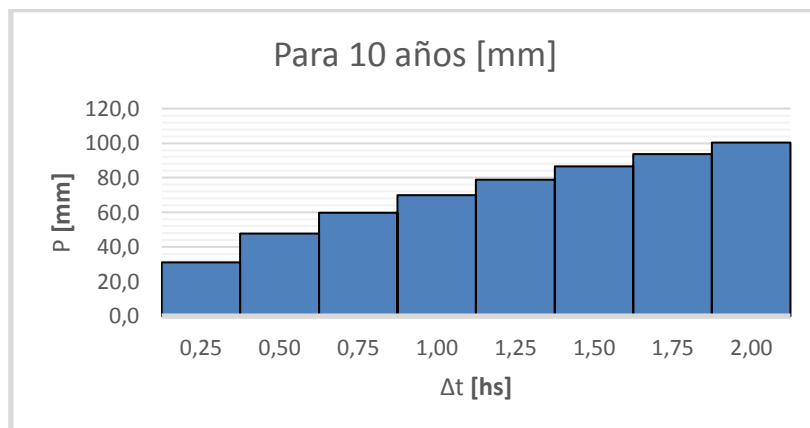


Gráfico 1 – Hietograma acumulado para 10 años

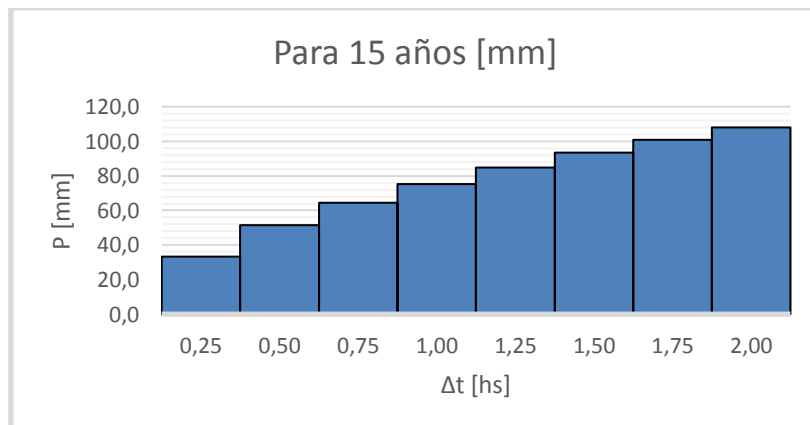


Gráfico 2 – Hietograma acumulado para 15 años

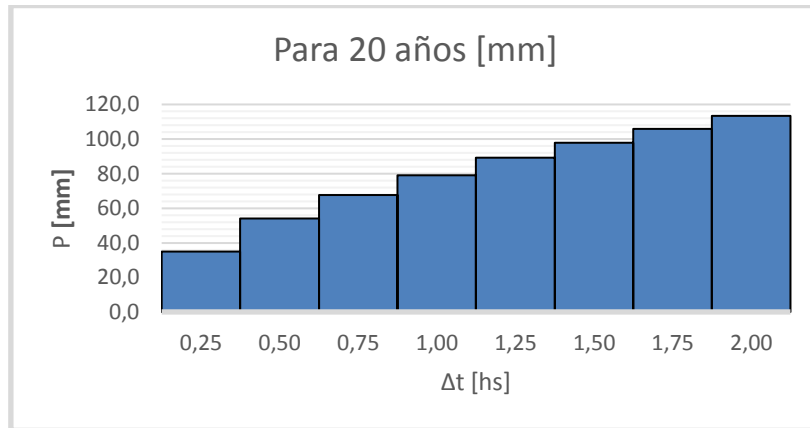


Gráfico 3 – Hietograma acumulado para 20 años

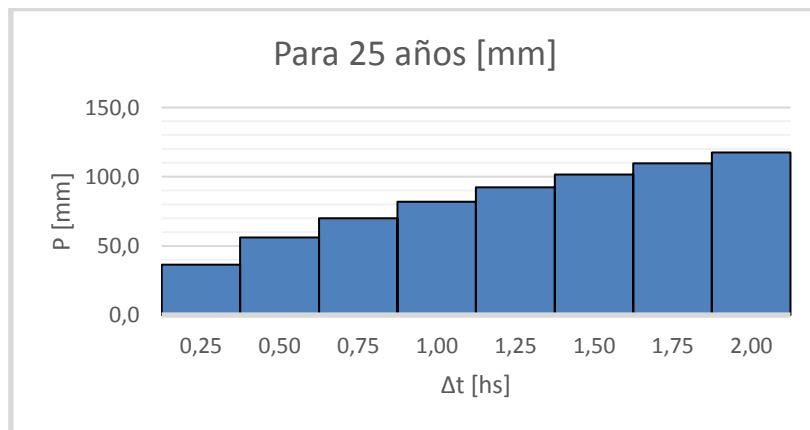


Gráfico 4 – Hietograma acumulado para 25 años

- Determinar la cantidad de agua caída en cada intervalo de tiempo de amplitud constante e igual a  $\Delta_t$  haciendo

$$\Delta_t \rightarrow P_1; 2\Delta_t \rightarrow P_1 - P_2; \dots; n\Delta_t \rightarrow P_{n-1} - P_n$$

Cantidad de Agua Precipitada P [mm] en cada Intervalo				
ΔT [hs]	Para 10 años [mm]	Para 15 años [mm]	Para 20 años [mm]	Para 25 años [mm]
0,25	30,9	33,3	35,0	36,2
0,50	16,8	18,1	19,0	19,7
0,75	12,1	13,0	13,7	14,2
1,00	10,1	10,9	11,4	11,8
1,25	8,9	9,6	10,0	10,4
1,50	7,8	8,4	8,9	9,2
1,75	7,1	7,7	8,0	8,3
2,00	6,6	7,1	7,4	7,7

Tabla 2 – Cantidad de agua precipitada en cada intervalo

- Obtener la curva de precipitación, representando gráficamente el valor del intervalo de tiempo y los milímetros de agua para la recurrencia de cada año, quedando armado los hietogramas acumulados.

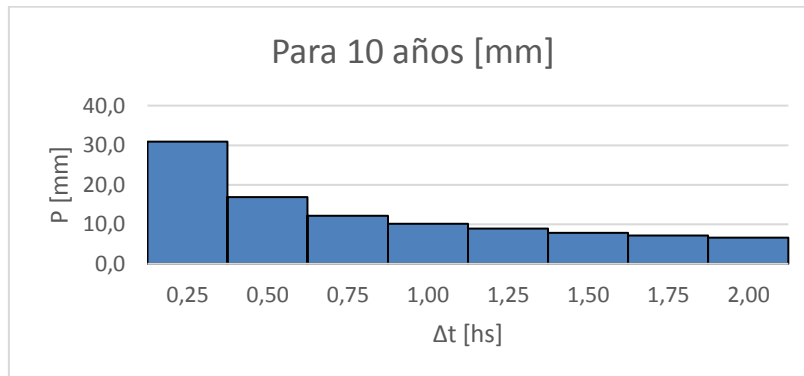


Gráfico 5 – Hietograma Acumulado de cada intervalo para 10 años

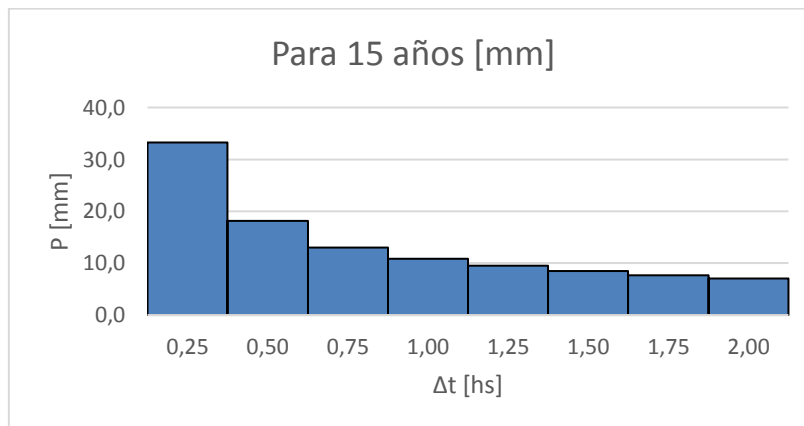


Gráfico 6 – Hietograma acumulado de cada intervalo para 15 años

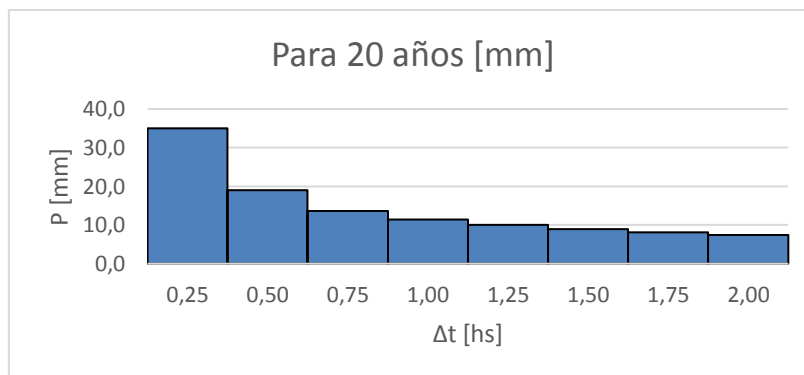


Gráfico 7 – Hietograma acumulado de cada intervalo para 20 años



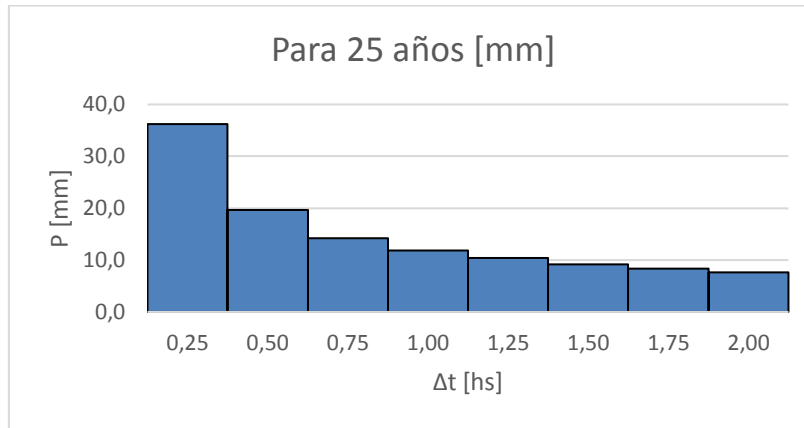


Gráfico 8 – Hietograma acumulado de cada intervalo para 25 años

- Reordenar los hietogramas de lluvias resultantes conforme al desarrollo observado de las tormentas de Rosario de la Frontera.

A partir de los datos estadísticos estimados del proyecto de investigación: “Determinación de curvas IDT” de la facultad de Ingeniería e Informática de la Universidad Católica de Salta, se extrajo que los periodos de intensidad máxima de lluvia en la Zona Norte de Argentina se dan al 25% de la duración de la tormenta, por consiguiente, se tomó esta distribución.

<b>Hietograma adoptado para la zona en estudio donde la lluvia máxima se da al 25% de la duración de la tormenta</b>				
<b>ΔT [hs]</b>	<b>Para 10 años [mm]</b>	<b>Para 15 años [mm]</b>	<b>Para 20 años [mm]</b>	<b>Para 25 años [mm]</b>
0,25	10,1	10,9	11,4	11,8
0,50	16,8	18,1	19,0	19,7
0,75	30,9	33,3	35,0	36,2
1,00	12,1	13,0	13,7	14,2
1,25	8,9	9,6	10,0	10,4
1,50	7,8	8,4	8,9	9,2
1,75	7,1	7,7	8,0	8,3
2,00	6,6	7,1	7,4	7,7

Tabla 3 – Cantidad de agua precipitada acomodada para la zona de estudio

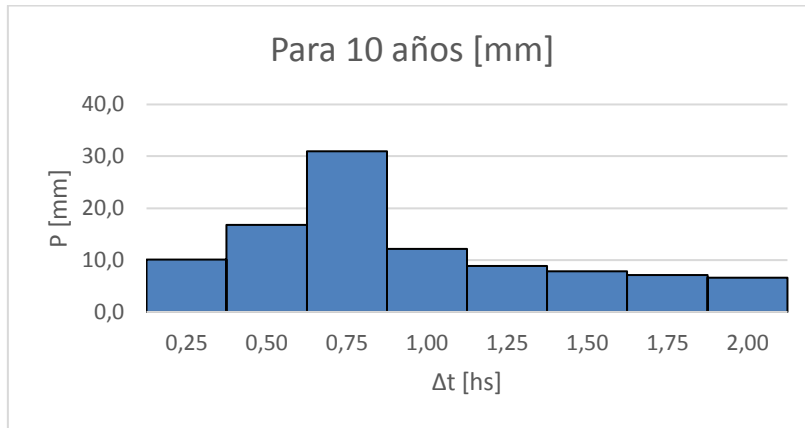


Gráfico 9 – Hietograma acomodado de la zona para 10 años

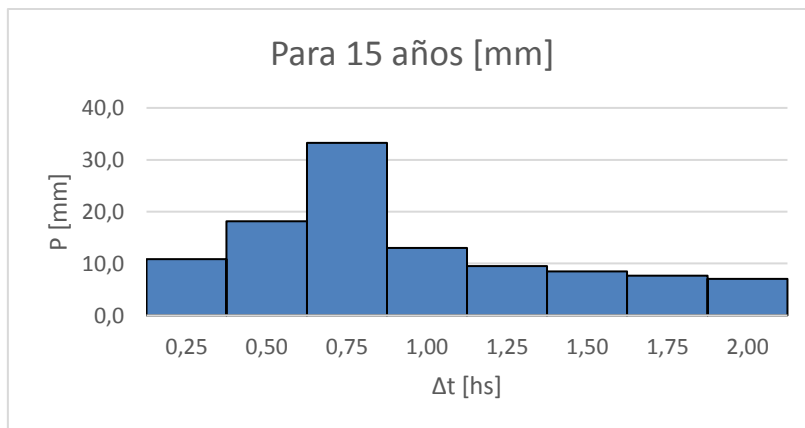


Gráfico 10 – Hietograma acomodado de la zona para 15 años

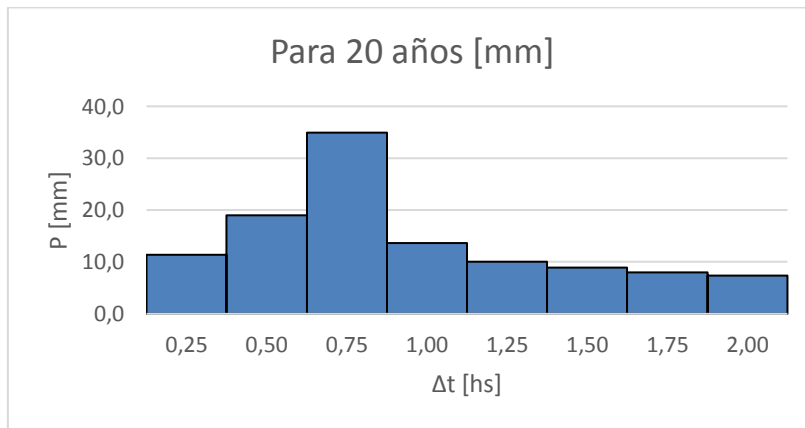


Gráfico 11 – Hietograma acomodado de la zona para 20 años

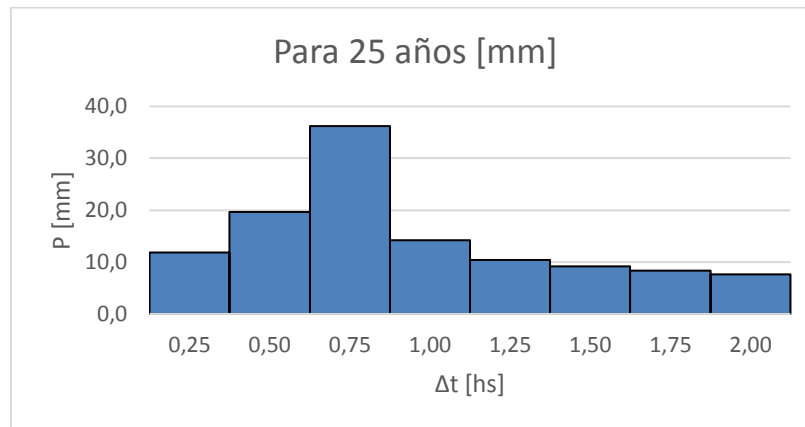


Gráfico 12 – Hietograma acomodado de la zona para 25 años

### C. BALANCE HÍDRICO:

“El balance hídrico se establece para un lugar y un período dados, por comparación entre los aportes y las pérdidas de agua en ese lugar y para ese período. Se tienen también en cuenta la constitución de reservas y las extracciones ulteriores sobre esas reservas. Las aportaciones de agua se efectúan gracias a las precipitaciones. Las pérdidas se deben esencialmente a la combinación de la evaporación y la transpiración de las plantas, lo cual se designa bajo el término evapotranspiración. Las dos magnitudes se evalúan en cantidad de agua por unidad de superficie, pero se traducen generalmente en alturas de agua; la unidad más utilizada es el milímetro. Al ser estas dos magnitudes físicamente homogéneas, se las puede comparar calculando, ya sea su diferencia (precipitaciones menos evaporación), ya sea su relación (precipitaciones sobre evaporación)”.

Para establecer el Balance Hídrico de la cuenca se recurre a distintos métodos que nos darán como resultado la “Precipitación Efectiva” (que es aquella con la que se realizarán los distintos cálculos demandados por el proyecto, ya que es la que nos inundará la ciudad). Entre ellos se distinguen el Método del Índice Ø y el Método de la Curva Número que es el que utilizaremos en el proyecto ya que el primero es aplicable para suelos extremadamente húmedos, lluvias de larga duración y cuencas grandes, por lo tanto queda relegado utilizar el segundo método porque la cuenca es pequeña y se registran precipitaciones intensas en periodos cortos de tiempo.

**Método de la Curva Número:** Este método permite determinar la precipitación efectiva generada por una tormenta, por medio de funciones P-ED (precipitación-Escurrimiento Directo). Se basa en datos experimentales.

Según el método el Escurrimiento Directo se calcula de la siguiente manera:

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

$$P \geq I_a \text{ y } S \geq I_a + F$$

$$I_a = 0,2 \times S$$

$Q$ : Escurrimiento Directo (Precipitación Efectiva) [mm]

$P$ : Precipitación Total de la Tormenta [mm]

$I_a$ : Pérdida Inicial a partir de la cual se genera el Escurrimiento Directo [mm]

*S*: Pérdida Potencial [mm]

$I_a + F$ : Pérdidas Reales de Esguerrimiento

*F*: Infiltración Acumulada

El parámetro *S* se expresa en función del coeficiente Curva Número, CN:

$$S = \left( \frac{100}{CN} - 10 \right) \times 25,4$$

*CN*: Número de Curva

Como no se dispone de datos de *Q*, no podemos entrar al gráfico para extraer el valor, por lo tanto recurrimos a las tablas propuestas por SCS:

Uso y cobertura del suelo	Tratamiento ó método	Condición para la infiltración	Grupo hidrológico			
			A	B	C	D
Barbecho	SR		77	86	91	94
Cultivos en hileras	SR	mala	72	81	88	91
	SR	buena	67	78	85	89
	C	mala	70	79	84	88
	C	buena	65	75	82	86
	C y T	mala	66	74	80	82
	C y T	buena	62	71	78	81
Granos pequeños	SR	mala	65	76	84	88
	SR	buena	63	75	83	87
	C	mala	63	74	82	85
	C	buena	61	73	81	84
	C y T	mala	61	72	79	82
	C y T	buena	59	70	78	81
Legumbres tupidas o rotación de praderas	SR	mala	66	77	85	89
	SR	buena	58	72	81	85
	C	mala	64	75	83	85
	C	buena	55	69	78	83
	C y T	mala	63	73	80	83
	C y T	buena	51	67	76	80
Pradera o pastizal		mala	68	79	86	89
		regular	49	69	79	84
		buena	39	61	74	80
	C	mala	47	67	81	88
	C	regular	25	59	75	83
	C	buena	10	35	70	79
Pradera permanente			30	58	71	78
Bosques (lotes de bosques)		mala	45	66	77	83
		regular	36	60	73	79
		buena	25	55	70	77

Tabla 4 – Tabla i propuesta por SCS

Uso y cobertura del suelo	Grupo hidrológico			
	A	B	C	D
Suelo desnudo	77	85	91	93
Pasto (matas de pasto o baja densidad de siembra)	51	70	80	84
Cultivos menores (jardines o huertas)	45	66	77	83
Caña de azúcar (quema de residuos)	43	65	77	82
Caña de azúcar (surcos en contorno)	32	58	72	79
Vegetación natural	25-30	41-46	57-63	66
Matorral de hoja caduca (roble o natural con piso de gramilla)	29-33	43-48	59-65	67
Pasturas irrigadas	32-37	46-51	62-68	70
Frutales con verdeo anual	37-41	50-55	64-69	71
Pastos anuales	46-49	57-60	68-72	74
Cereales de cosecha fina	61-64	69-71	76-80	81
Cereales de cosecha gruesa	67-69	74-76	80-83	84
<b>Áreas urbanas</b>				
Áreas abiertas (césped, parques, etc.)				
óptimas condiciones: 75% o más de cubierta de pasto	39	61	74	80
condiciones aceptables: 50 a 75 % de cubierta de pasto	49	69	79	84
Áreas comerciales (85 % impermeables)				
	89	92	94	95
Distritos industriales (72 % impermeables)				
	81	88	91	93
Residencial				
Tamaño medio del lote [m2]	% medio impermeable			
< 500	65	77	85	90
1000	38	61	75	83
1300	30	57	72	81
2000	25	54	70	80
4000	20	51	68	79
Estacionamientos pavimentados, techos, accesos, etc.				
	98	98	98	98
Calles y carreteras				
Pavimentadas con cunetas y alcantarillados				
	98	98	98	98
grava				
	76	85	89	91
tierra				
	72	82	87	89

Tabla 5 – Tabla ii propuesta por SCS

En la región de estudio se sabe que las precipitaciones máximas se dan entre los meses de enero y febrero, por lo tanto el suelo se considera con mucha humedad sin llegar a la saturación, entonces, se debe ajustar el valor de CN con la siguiente expresión, según SCS:

$$CNIII = \frac{CNII}{0,4036 + 0,0059 \times CNII}$$

CNII: Valor de CN obtenido de la tabla anterior

CNIII: Valor de CN para condición de suelo húmedo sin llegar a la saturación

En la tabla siguiente se muestra un desglose de las áreas de la cuenca según el uso de suelo que adquiere, para luego determinar el valor de CN (Número de curva) de cada subcuenca y de la Cuenca (se muestra en ANEXO II las distintas subcuencas) que conforman:

DETERMINACION DEL VALOR DE CN DE LA CUENCA CANAL ALBERDI						
Descripción	Área [Km <sup>2</sup> ]	Área %	CN II	Grupo Hidrológico	CN II x Área	$CN III = \frac{CN II}{0,4036 + 0,0059 \times CN II}$
<b>Subcuenca Rural 1</b>	<b>5,745</b>	<b>75,54%</b>	<b>51,00</b>		<b>38,52</b>	<b>73</b>
Espacios verde C1	5,745	100,00%	51	A	51,00	
<b>Subcuenca Rural 2</b>	<b>0,664</b>	<b>8,74%</b>	<b>70,00</b>		<b>6,11</b>	<b>86</b>
Espacios verde C1	0,664	100,00%	70	B	70,00	
<b>Subcuenca Urbana 3</b>	<b>0,355</b>	<b>4,67%</b>	<b>80,34</b>		<b>3,75</b>	<b>92</b>
Espacios verde C1	0,171	48,32%	70	B	33,83	
Z. urbana C1	0,183	51,68%	90	C	46,51	
<b>Subcuenca Urbana 4</b>	<b>0,421</b>	<b>5,54%</b>	<b>79,94</b>		<b>4,43</b>	<b>92</b>
Espacios verde C1	0,212	50,32%	70	B	35,23	
Z. urbana C1	0,209	49,68%	90	C	44,71	
<b>Subcuenca Urbana 5</b>	<b>0,420</b>	<b>5,53%</b>	<b>81,50</b>		<b>4,50</b>	<b>93</b>
Espacios verde C1	0,188	44,70%	70	B	31,29	
Z. urbana C1	0,140	33,30%	90	C	29,97	
Centro	0,092	22,00%	92	C	20,24	
<b>CUENCA CANAL ALBERDI</b>	<b>7,605</b>	<b>100,00%</b>	<b>CN II</b>		<b>57,32</b>	<b>78</b>

Tabla 6 – Determinación del valor de CN de la cuenca Canal Alberdi

Debido a que las precipitaciones máximas ocurren con mayor frecuencia durante los meses de enero y febrero, se entiende que el suelo durante esos meses se encuentra en estado humedecido, por lo tanto, se deberá calcular el valor de CN para el estado III:

- Subcuenca Rural 1:

DETERMINACION DEL VALOR DE CN II DE LA CUENCA CANAL ALBERDI

Descripcion	Area [Km <sup>2</sup> ]	Area %	CN II	Grupo Hidrológico	CN II x Area
Espacios verde C1	5,745	100,00%	51	A	51,00
Σ	5,745	100,00%		<b>CN II</b>	<b>51,00</b>

Tabla 7 – Determinación de CNII Subcuenca Rural 1

$$CN III = \frac{CN II}{0,4036 + 0,0059 \times CN II} = \frac{51}{0,4036 + 0,0059 \times 51} = 73$$

$$S = \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \times 25,4 = \left( \frac{1000}{73,00} - 10 \right) \times 25,4 \rightarrow S = 93,95$$

$$I_a = 0,20 \times S = 0,20 \times 41,35 \rightarrow I_a = 18,79 \text{ mm}$$

$$Q = \frac{(P_i - 0,20 \times S)^2}{P_i + 0,80 \times S}$$

HT1	S = 93,95					
T (h)	ΔP (mm)	Pi acum. (mm)	Q	ΔQ	Pérdida ΔP-ΔQ	Pe = ΔQ
0,25	10,0	10,0		0,00	10,03	0,00
0,5	19,0	29,0	1,01	1,01	17,99	1,01
0,75	35,0	64,0	14,69	13,68	21,28	13,68
1	13,7	77,7	22,69	8,00	5,68	8,00
1,25	11,4	89,1	30,08	7,39	4,01	7,39
1,5	8,9	97,9	36,20	6,11	2,75	6,11
1,75	8,0	106,0	41,97	5,77	2,26	5,77
2	7,4	113,4	47,47	5,50	1,92	5,50
Σ	113,4		Σ	47,47		

Precipitación efectiva: Pe = 47,47 mm

Tabla 8 – Tabla para hietograma de Subcuenca Rural 1

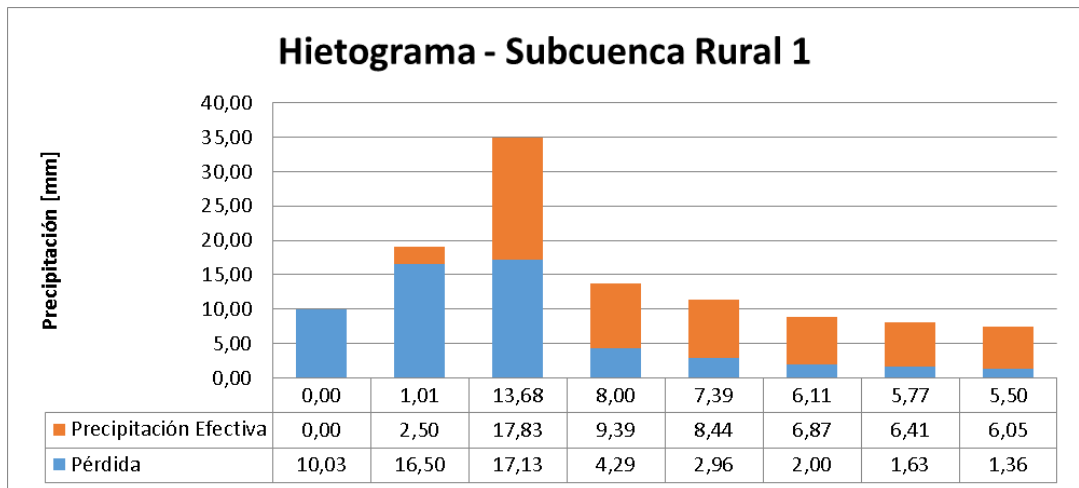


Gráfico 13 – Hietograma Subcuenca Rural 1

• Subcuenca Rural 2:

**DETERMINACION DEL VALOR DE CN II DE LA CUENCA CANAL ALBERDI**

Descripcion	Area [Km <sup>2</sup> ]	Area %	CN II	Grupo Hidrológico	CN II x Area
Espacios verde C1	0,664	100,00%	70	B	70,00
Σ	0,664	100,00%		<b>CN II</b>	<b>70,00</b>

Tabla 9 – Determinación de CNII Subcuenca Rural 2

$$CN III = \frac{CN II}{0,4036 + 0,0059 \times CN II} = \frac{70}{0,4036 + 0,0059 \times 70} = 86$$

$$S = \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \times 25,4 = \left( \frac{1000}{86,00} - 10 \right) \times 25,4 \rightarrow S = 41,35$$

$$I_a = 0,20 \times S = 0,20 \times 41,35 \rightarrow I_a = 8,27 \text{ mm}$$

$$Q = \frac{(P_i - 0,20 \times S)^2}{P_i + 0,80 \times S}$$

HT1			S = 41,35			
T (h)	ΔP (mm)	Pi acum. (mm)	Q	ΔQ	Pérdida ΔP-ΔQ	Pe = ΔQ
0,25	10,0	10,0		0,00	10,03	0,00
0,5	19,0	29,0	6,94	6,94	12,06	6,94
0,75	35,0	64,0	31,99	25,05	9,91	25,05
1	13,7	77,7	43,50	11,51	2,18	11,51
1,25	11,4	89,1	53,46	9,96	1,44	9,96
1,5	8,9	97,9	61,38	7,92	0,95	7,92
1,75	8,0	106,0	68,66	7,28	0,75	7,28
2	7,4	113,4	75,45	6,79	0,62	6,79
Σ	113,4		Σ	75,45		

Precipitación efectiva: Pe = 75,45 mm

Tabla 10 – Tabla para hietograma de Subcuenca Rural 2

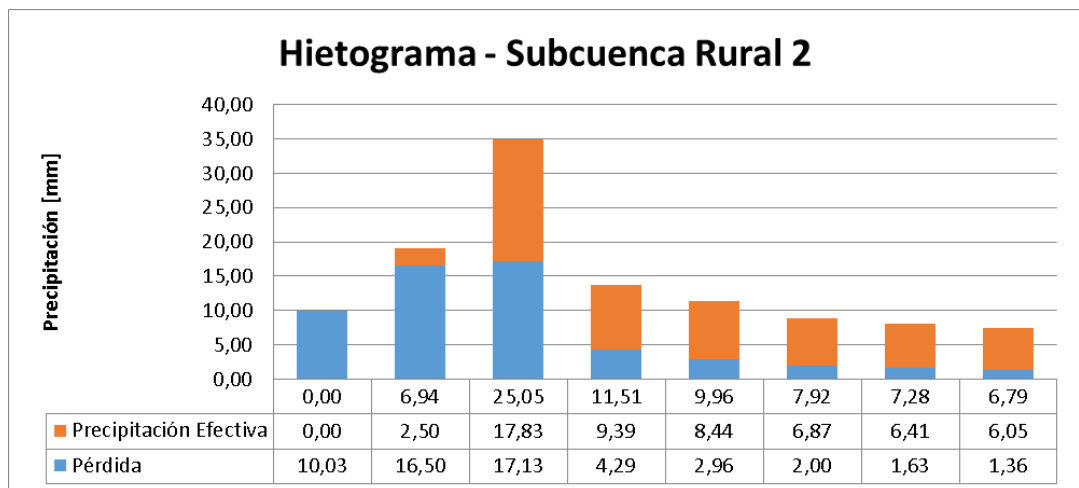


Gráfico 14 – Hietograma subcuenca Rural 2

• Subcuenca Urbana 3:

**DETERMINACION DEL VALOR DE CN II DE LA CUENCA CANAL ALBERDI**

Descripcion	Area [Km <sup>2</sup> ]	Area %	CN II	Grupo Hidrológico	CN II x Area
Espacios verde C1	0,171	48,32%	70	B	33,83
Z. urbana C1	0,183	51,68%	90	C	46,51
Σ	0,355	100,00%		<b>CN II</b>	<b>80,34</b>

Tabla 11 – Determinación de CNII Subcuenca Urbana 3

$$CN III = \frac{CN II}{0,4036 + 0,0059 \times CN II} = \frac{80,34}{0,4036 + 0,0059 \times 80,34} = 92$$

$$S = \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \times 25,4 = \left( \frac{1000}{92,00} - 10 \right) \times 25,4 \rightarrow S = 22,09$$



$$I_a = 0,20 \times S = 0,20 \times 22,09 \rightarrow I_a = 4,42 \text{ mm}$$

$$Q = \frac{(P_i - 0,20 \times S)^2}{P_i + 0,80 \times S}$$

HT1	S = 22,09					
T (h)	ΔP (mm)	Pi acum. (mm)	Q	ΔQ	Pérdida ΔP-ΔQ	Pe = ΔQ
0,25	10,0	10,0		0,00	10,03	0,00
0,5	19,0	29,0	12,97	12,97	6,03	12,97
0,75	35,0	64,0	43,46	30,49	4,47	30,49
1	13,7	77,7	56,29	12,82	0,86	12,82
1,25	11,4	89,1	67,14	10,85	0,55	10,85
1,5	8,9	97,9	75,66	8,52	0,35	8,52
1,75	8,0	106,0	83,42	7,76	0,27	7,76
2	7,4	113,4	90,61	7,19	0,22	7,19
Σ	113,4		Σ	90,61		

Precipitación efectiva: Pe = 90,61 mm

Tabla 12 – Tabla para hietograma de Subcuenca Urbana 3

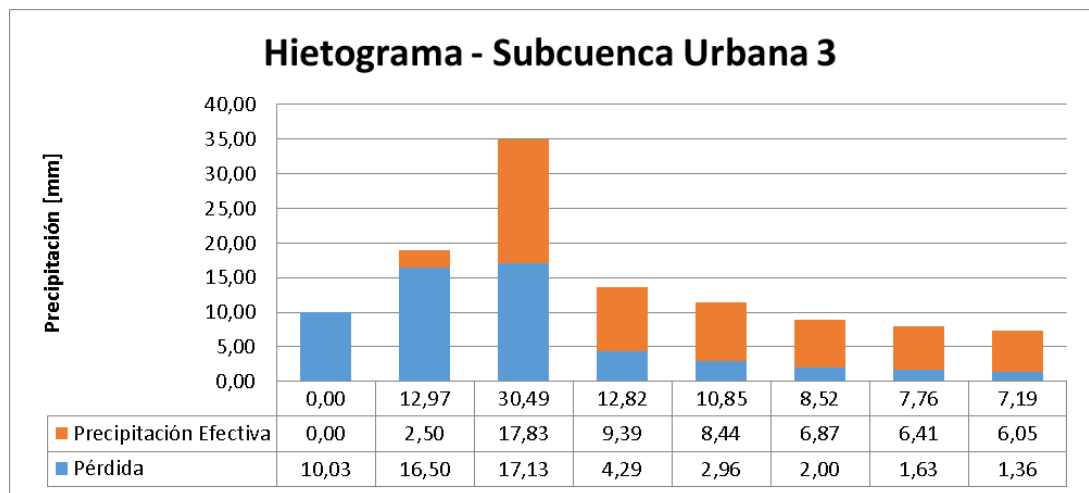


Gráfico 15 – Hietograma de Subcuenca Urbana 3

- Subcuenca Urbana 4:

**DETERMINACION DEL VALOR DE CN II DE LA CUENCA CANAL ALBERDI**

Descripcion	Area [Km <sup>2</sup> ]	Area %	CN II	Grupo Hidrológico	CN II x Area
Espacios verde C1	0,212	50,32%	70	B	35,23
Z. urbana C1	0,209	49,68%	90	C	44,71
Σ	0,421	100,00%		<b>CN II</b>	<b>79,94</b>

Tabla 13 – Determinación de CNII Subcuenca Urbana 4

$$CN III = \frac{CN II}{0,4036 + 0,0059 \times CN II} = \frac{79,94}{0,4036 + 0,0059 \times 79,94} = 92$$

$$S = \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \times 25,4 = \left( \frac{1000}{92,00} - 10 \right) \times 25,4 \rightarrow S = 22,09$$

$$I_a = 0,20 \times S = 0,20 \times 22,09 \rightarrow I_a = 4,42 \text{ mm}$$

$$Q = \frac{(P_i - 0,20 \times S)^2}{P_i + 0,80 \times S}$$

HT1	S = 22,09					
T (h)	ΔP (mm)	Pi acum. (mm)	Q	ΔQ	Pérdida ΔP-ΔQ	Pe = ΔQ
0,25	10,0	10,0		0,00	10,03	0,00
0,5	19,0	29,0	12,97	12,97	6,03	12,97
0,75	35,0	64,0	43,46	30,49	4,47	30,49
1	13,7	77,7	56,29	12,82	0,86	12,82
1,25	11,4	89,1	67,14	10,85	0,55	10,85
1,5	8,9	97,9	75,66	8,52	0,35	8,52
1,75	8,0	106,0	83,42	7,76	0,27	7,76
2	7,4	113,4	90,61	7,19	0,22	7,19
Σ	113,4		Σ	90,61		

Precipitación efectiva: Pe = 90,61 mm

Tabla 14 – Tabla para hietograma de Subcuenca Urbana 4

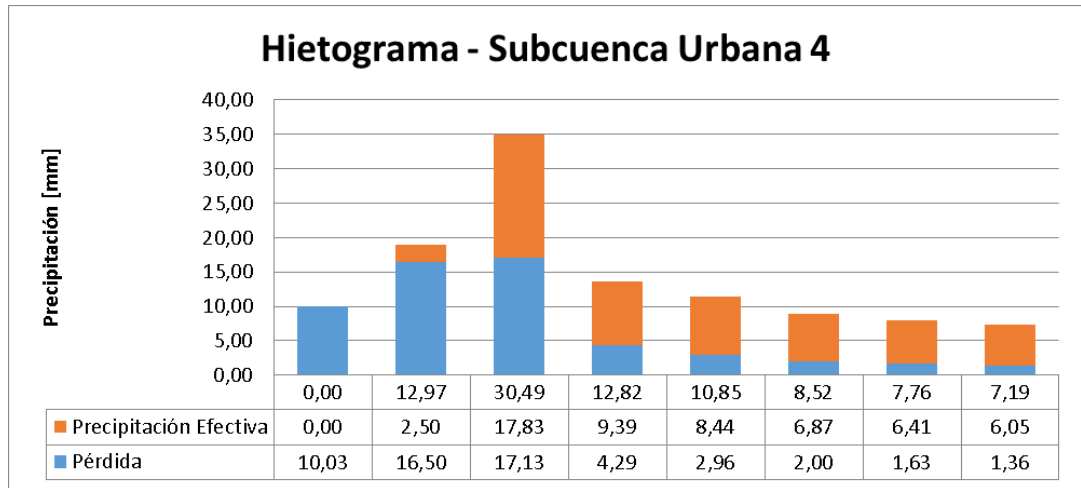


Gráfico 16 – Hietograma de Subcuenca Urbana 4

- Subcuenca Urbana 5:

**DETERMINACION DEL VALOR DE CN II DE LA CUENCA CANAL ALBERDI**

Descripcion	Area [Km <sup>2</sup> ]	Area %	CN II	Grupo Hidrológico	CN II x Area
Espacios verde C1	0,188	44,70%	70	B	31,29
Z. urbana C1	0,140	33,30%	90	C	29,97
Centro	0,092	22,00%	92	C	20,24
$\Sigma$	0,420	100,00%		<b>CN II</b>	<b>81,50</b>

Tabla 15 – Determinación CNII Subcuenca Urbana 5

$$CN III = \frac{CN II}{0,4036 + 0,0059 \times CN II} = \frac{81,50}{0,4036 + 0,0059 \times 81,50} = 93$$

$$S = \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \times 25,4 = \left( \frac{1000}{93,00} - 10 \right) \times 25,4 \rightarrow S = 19,11$$

$$I_a = 0,20 \times S = 0,20 \times 19,11 \rightarrow I_a = 3,82 \text{ mm}$$

$$Q = \frac{(P_i - 0,20 \times S)^2}{P_i + 0,80 \times S}$$

HT1			S = 19,11			
T (h)	$\Delta P$ (mm)	Pi acum. (mm)	Q	$\Delta Q$	Pérdida $\Delta P - \Delta Q$	Pe = $\Delta Q$
0,25	10,0	10,0		0,00	10,03	0,00
0,5	19,0	29,0	14,34	14,34	4,66	14,34
0,75	35,0	64,0	45,67	31,33	3,63	31,33
1	13,7	77,7	58,68	13,00	0,68	13,00
1,25	11,4	89,1	69,65	10,97	0,43	10,97
1,5	8,9	97,9	78,24	8,59	0,27	8,59
1,75	8,0	106,0	86,06	7,82	0,21	7,82
2	7,4	113,4	93,30	7,24	0,17	7,24
$\Sigma$	113,4		$\Sigma$	93,30		

Precipitación efectiva: Pe = 93,30 mm

Tabla 16 – Tabla para hietograma de Subcuenca Urbana 5

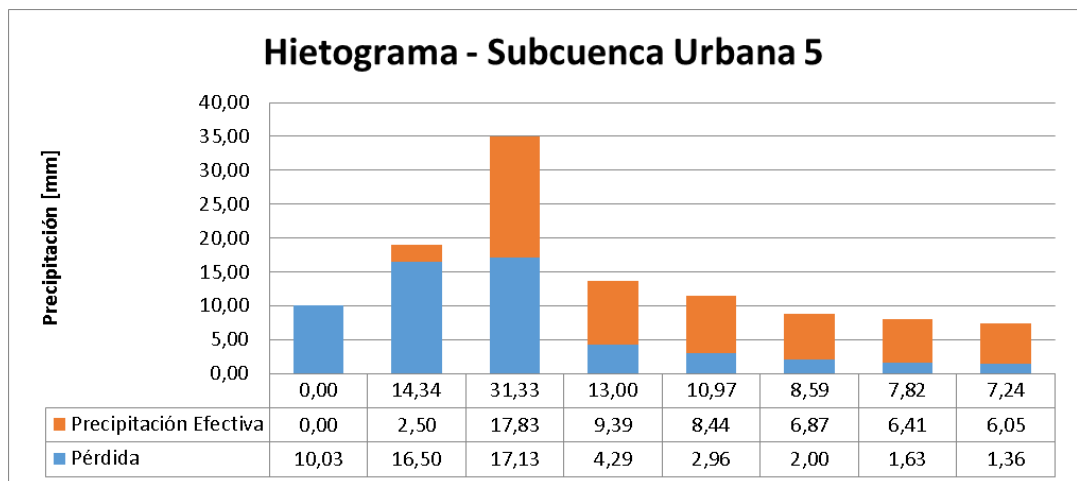


Gráfico 17 – Hietograma de Subcuenca Urbana 5

Luego de obtener todos los resultados, los adjuntamos en un resumen que se presenta a continuación:

Descripción	Área [Km <sup>2</sup> ]	Área %	L [Km]	$\Delta H$ [m]	$t_c$ [h]	CN	$I_a$ [mm]
Subcuenca Rural 1	5,745	75,54%	3,271	36,33	0,93	73	18,79
Subcuenca Rural 2	0,664	8,74%	1,534	5,88	0,79	86	8,27
Subcuenca Urbana 3	0,355	4,67%	0,589	1,94	0,40	92	4,42
Subcuenca Urbana 4	0,421	5,54%	0,782	7,56	0,33	92	4,42
Subcuenca Urbana 5	0,420	5,53%	0,853	2,91	0,52	93	3,82
<b>CUENCA CANAL ALBERDI</b>	<b>7,605</b>	<b>100,00%</b>	<b>4,660</b>	<b>43,81</b>	<b>1,31</b>	<b>78</b>	

Tabla 17 – Tabla resumen de valores por Método de Curva Número

#### **D. CÁLCULO DE CAUDALES:**

En este apartado nos dedicaremos a determinar los caudales que estarán operando en los distintos puntos de control que hemos considerado a lo largo del canal, para luego verificar las secciones existentes y en caso que sea necesario redimensionarlas.

Para este paso se usó el software libre HEC-HMS en el cual creó el modelo hidrológico de nuestra cuenca.

*“El sistema de modelado hidrológico (HEC-HMS) está diseñado para simular los procesos hidrológicos completos de los sistemas de cuencas dendríticas. El software incluye muchos procedimientos tradicionales de análisis hidrológico, como la infiltración de eventos, los hidrogramas unitarios y el enrutamiento hidrológico. HEC-HMS también incluye los procedimientos necesarios para la simulación continua, incluida la evapotranspiración, el deshielo y la contabilidad de la humedad del suelo. También se proporcionan capacidades avanzadas para la simulación de escorrentía en cuadrícula utilizando la transformación de escorrentía cuasi-distribuida lineal (ModClark). Se proporcionan herramientas de análisis complementarias para la optimización del modelo, el flujo de flujo de predicción, la reducción del área de profundidad, la evaluación de la incertidumbre del modelo, la erosión y el transporte de sedimentos, y la calidad del agua.*

*El software presenta un entorno de trabajo completamente integrado que incluye una base de datos, utilidades de entrada de datos, un motor de cálculo y herramientas de informe de resultados. Una interfaz gráfica de usuario permite al usuario un movimiento sin interrupciones entre las diferentes partes del software. Los resultados de simulación se almacenan en HEC-DSS (sistema de almacenamiento de datos) y se pueden usar junto con otros programas para estudios de disponibilidad de agua, drenaje urbano, pronóstico de flujo, impacto de urbanización futura, diseño de aliviaderos de embalses, reducción de daños por inundación, regulación de llanuras de inundación y operación de sistemas”.*

El método de diseño utilizado en el software fue el Método SCS Unit Hydrograph.

Se comenzó creando la Cuenca y Subcuencas que llamamos SC1, SC2, SC3, SC4 y SC5 como se muestra en la Figura. Se introdujo todos los datos de las subcuencas como Área, perímetro, tiempo de concentración, curva número, etcétera, que se determinó en los incisos anteriores, tabla 17. Además, se ingresó los eventos de lluvia determinados para las recurrencias de 10, 15, 20 y 25 años. Luego, con esta información se corrió el modelo con lo que se obtuvo los Hidrogramas para la salida de cada subcuenca y además para los puntos de control A, B, C y D.

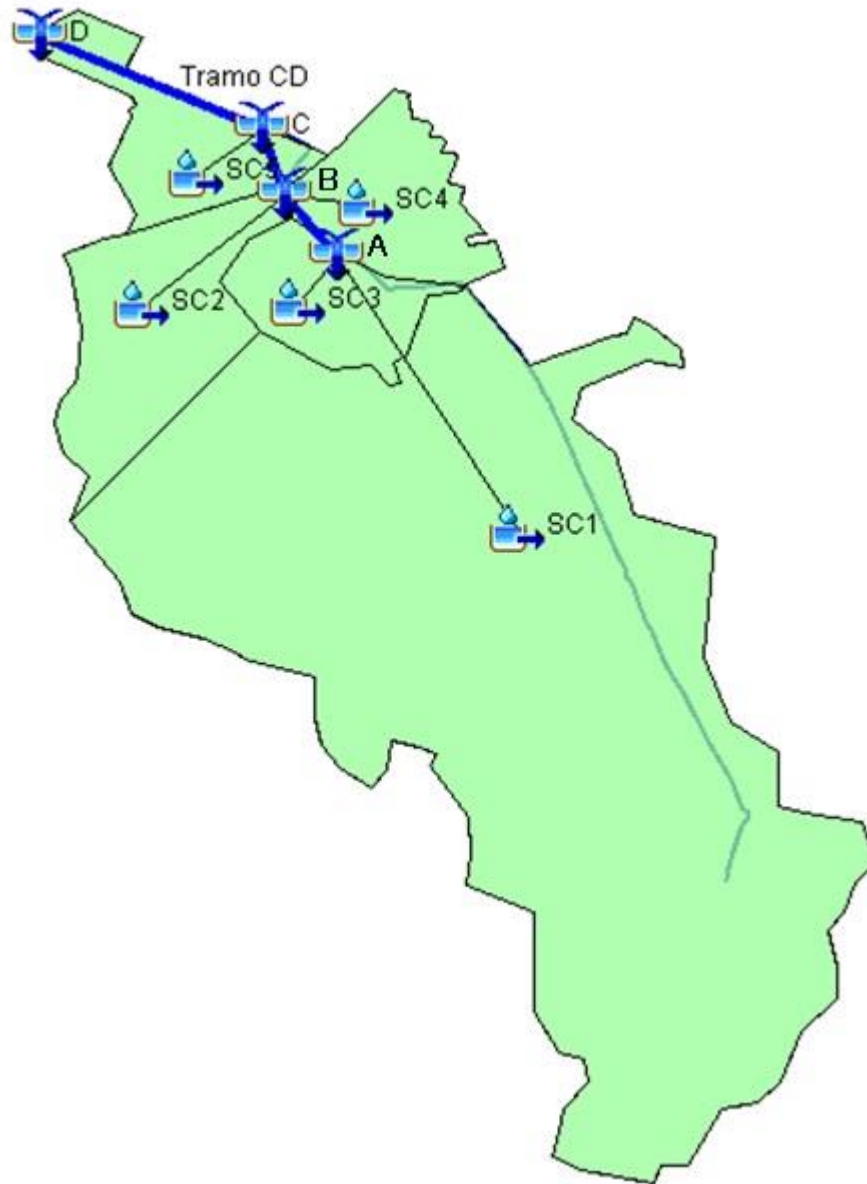


Ilustración 19 – Ilustración extraída de HEC-HMS de los puntos de control

Los resultados que obtuvimos se presentan en el ANEXO III. A continuación, se establece un resumen de ellos:

Para: 10 años	
Subcuenca/ Punto de Control	Caudal Máximo m <sup>3</sup> /seg
SC1	35.2
SC2	7.1
SC3	6.1
SC4	7.9
SC5	6.9
A	38.3
B	43.4
C	43.1
D	42.4

Tabla 18 – Caudales para recurrencia de 10 años

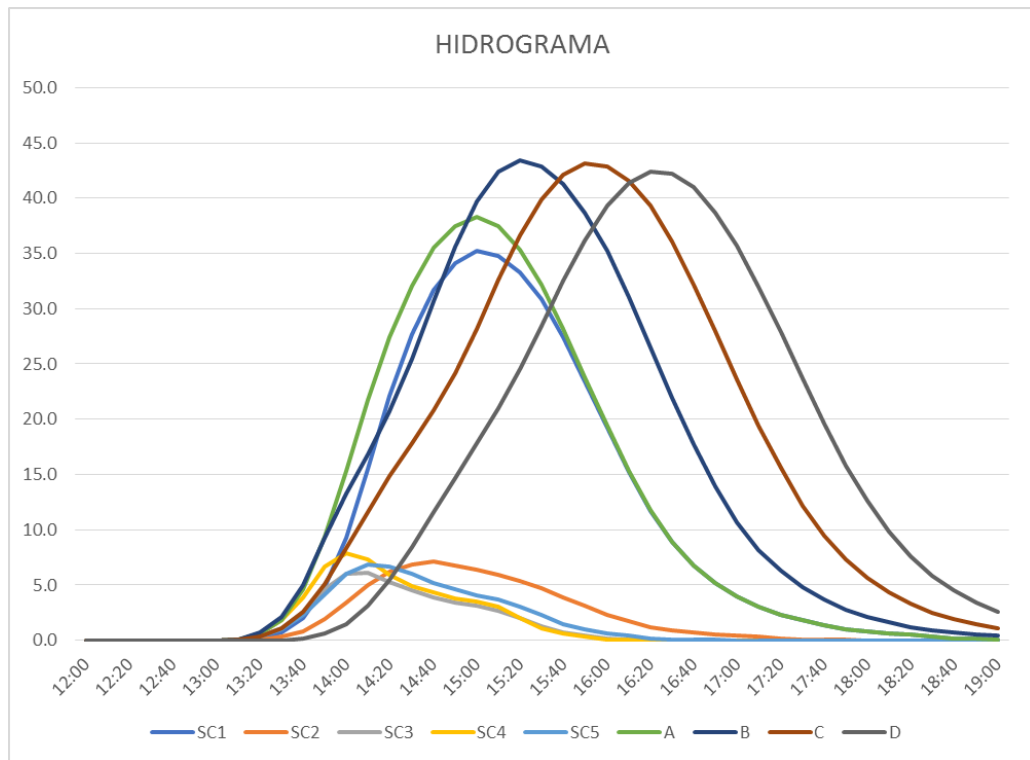


Gráfico 18 – Hidrograma para recurrencia de 10 años

Para: 15 años	
Subcuenca/ Punto de Control	Caudal Máximo m <sup>3</sup> /seg
SC1	40.0
SC2	7.8
SC3	6.7
SC4	8.7
SC5	7.5
A	43.4
B	49.0
C	48.5
D	47.7

Tabla 19 - Caudales para recurrencia de 15 años

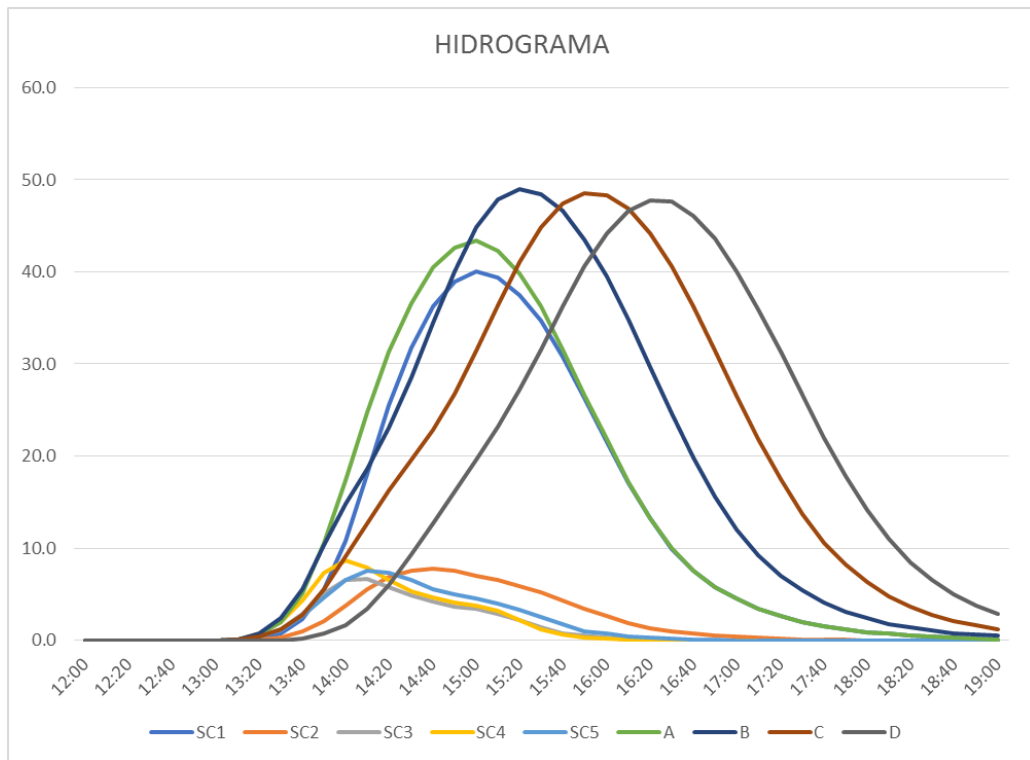


Gráfico 19 - Hidrograma para recurrencia de 15 años



Para: 20 años	
Subcuenca/ Punto de Control	Caudal Máximo m <sup>3</sup> /seg
SC1	43.4
SC2	8.3
SC3	7.1
SC4	9.2
SC5	7.9
A	46.9
B	52.9
C	52.4
D	51.5

Tabla 20 - Caudales para recurrencia de 20 años

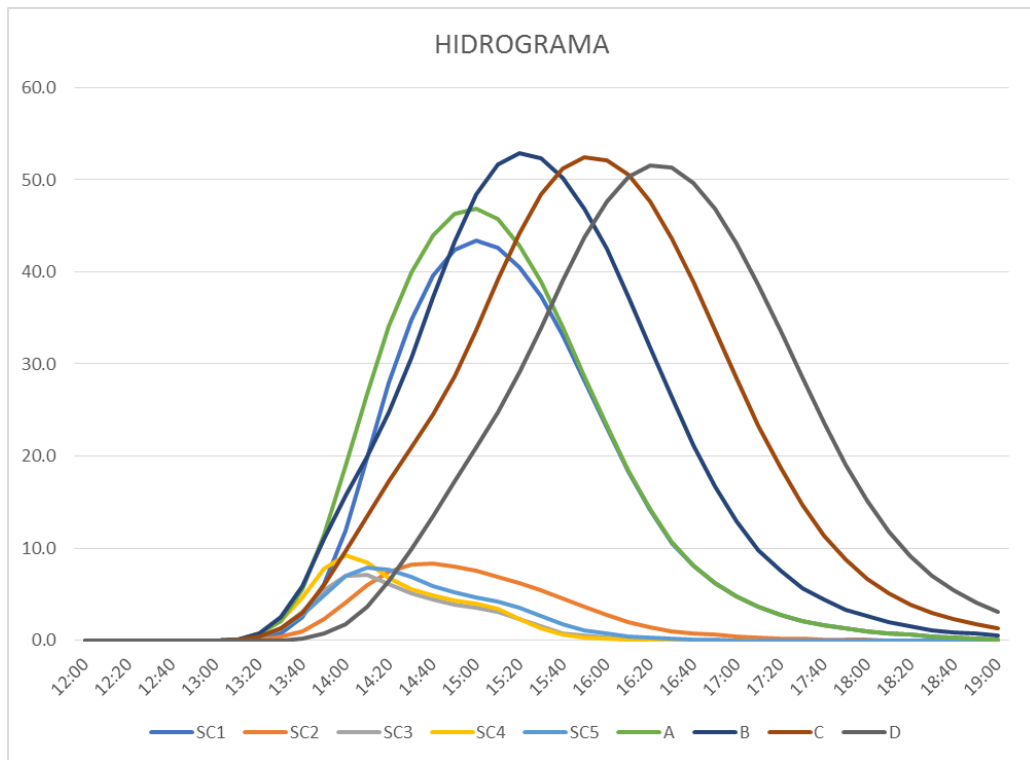


Gráfico 20 - Hidrograma para recurrencia de 20 años

Para: 25 años	
Subcuenca/ Punto de Control	Caudal Máximo m <sup>3</sup> /seg
SC1	46.0
SC2	8.7
SC3	7.4
SC4	9.6
SC5	8.3
A	49.7
B	55.9
C	55.4
D	54.4

Tabla 21 - Caudales para recurrencia de 25 años

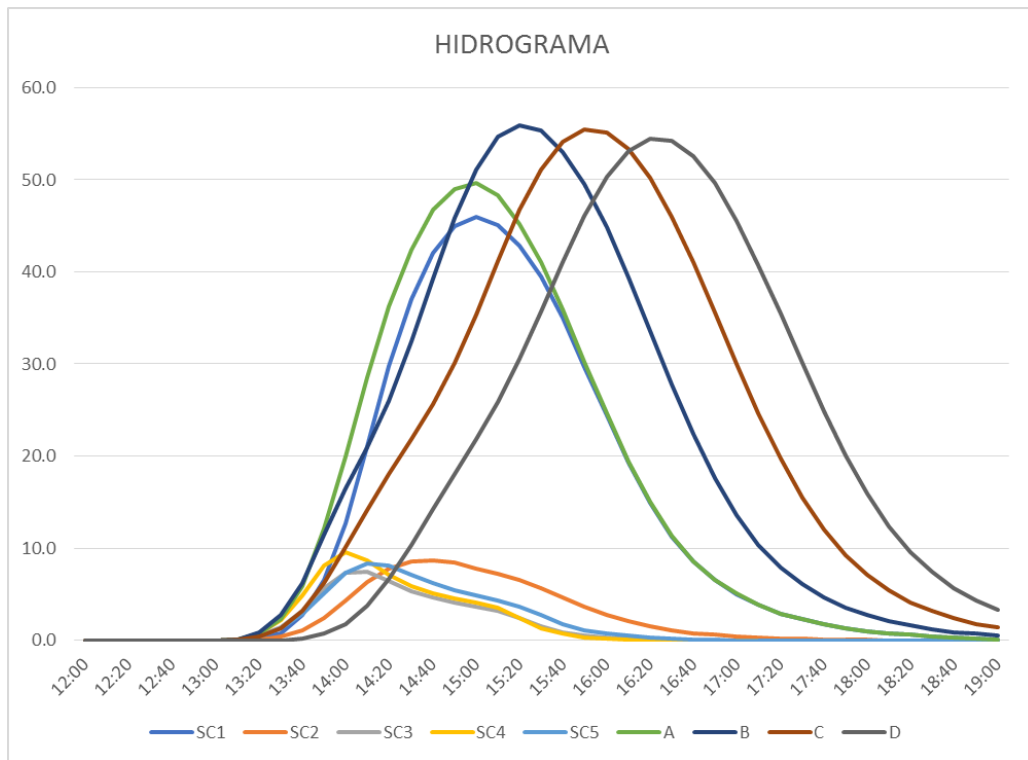


Gráfico 21 - Hidrograma para recurrencia de 25 años

## V. VERIFICACIÓN DE LAS SECCIONES DEL CANAL EXISTENTE

Con los datos obtenidos en los puntos anteriores se procedió a verificar las cantidades de caudales máximas que pueden llevar las distintas secciones que se logró relevar.

Una vez hecha esta verificación se podrá proyectar una solución para los problemas que sufre Rosario de la Frontera en épocas de lluvia.

Se toma como fundamento de cálculos el Artículo Flujo Libre de M. E. Guevara A., para luego comparar los resultados con los obtenidos en el programa H-CANALES.

En primera instancia como se vio en el inciso anterior, se tomaron distintos puntos de control, ya que la cuenca se dividió en subcuencas, que van aportando a lo largo del canal distintos caudales. Por consiguiente se logró identificar 5 puntos significativos:

- SC1: Es la subcuenca que aporta caudal al inicio del canal
- Punto de Control A: El caudal es aportado por SC1 y SC3
- Punto de Control B: El caudal es aportado por A, SC2 y SC4
- Punto de Control C: El caudal es aportado por B, SC5
- Punto D: Desembocadura del canal

**Ecuación de Manning:** Para calcular el caudal que puede llevar una determinada sección se propone la ecuación de Manning combinada con la ecuación de Chezy que toma la siguiente forma:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S_0^{1/2} = \left[ \frac{\text{m}}{\text{seg}} \right]$$

$$Q = \frac{A}{n} \times R^{2/3} \times S_0^{1/2} = \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \right]$$

V: Velocidad del flujo

n: Coeficiente de Rugosidad de Manning

R: Radio Hidráulico

S<sub>0</sub>: Pendiente del Cauce

A: Área Mojada

Se pueden distinguir tres secciones tipo en el canal existente, las cuales identificaremos como “Sección tipo 1a”, “Sección tipo 1b” y “Sección tipo 2”, y se muestran a continuación:

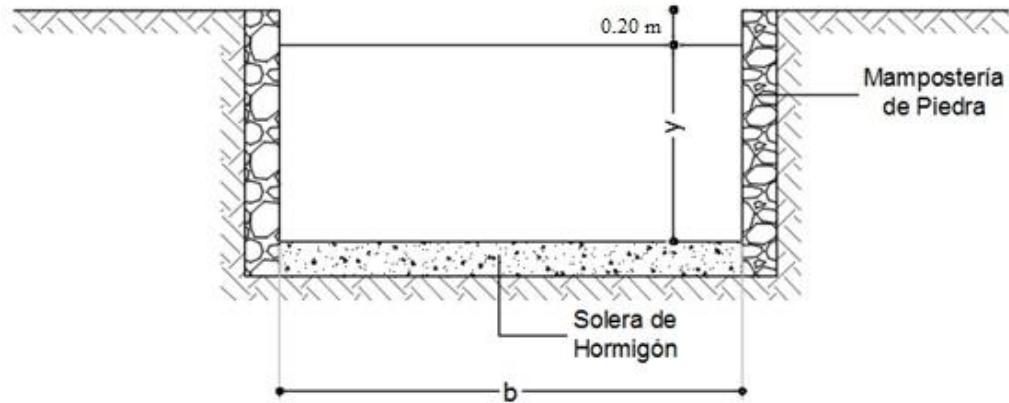


Ilustración 20 – Sección tipo de canal existente

### Sección tipo 1a:

Ancho de solera b: 4,00m

Tirante máximo y: 1,80m (Se consideró 20 cm de revancha ya que el canal tiene 2,00 m)

De esta manera se puede Calcular el Área mojada “A” y el Perímetro mojado “P” de la siguiente manera:

$$A = b \times y = 4,00\text{m} \times 1,80\text{m} = 7,20\text{m}^2$$

$$P = b + 2y = 4,00\text{m} + 2 \times 1,80\text{m} = 7,60\text{m}$$

Estos valores obtenidos nos permiten calcular el Radio hidráulico utilizando la siguiente ecuación:

$$R = \frac{A}{P} = \frac{7,20\text{m}^2}{7,60\text{m}} = 0,95\text{m}$$

### Sección tipo 1b:

Ancho de solera b: 4,00m

Tirante máximo y: 2,00m (Se consideró 20 cm de revancha ya que el canal tiene 2,20 m)

De esta manera se puede Calcular el Área mojada “A” y el Perímetro mojado “P” de la siguiente manera:

$$A = b \times y = 4,00\text{m} \times 2,00\text{m} = 8,00\text{m}^2$$

$$P = b + 2y = 4,00\text{m} + 2 \times 2,00\text{m} = 8,00\text{m}$$

Estos valores obtenidos nos permiten calcular el Radio hidráulico utilizando la siguiente ecuación:

$$R = \frac{A}{P} = \frac{8,00\text{m}^2}{8,00\text{m}} = 1,00\text{m}$$

**Sección tipo 2:**

Ancho de solera b: 3,00m

Tirante máximo y: 2,00m (Se consideró 20 cm de revancha ya que el canal tiene 2,20 m)

$$A = b \times y = 3,00\text{m} \times 2,00\text{m} = 6,00\text{m}^2$$

$$P = b + 2y = 3,00\text{m} + 2 \times 2,00\text{m} = 7,00\text{m}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{6,00\text{m}^2}{7,00\text{m}} = 0,86\text{m}$$

Las paredes del canal están construidas de mampostería de piedra con juntas de mortero cementicio. La solera del canal se realizó con hormigón pobre de unos 20cm de espesor.

La más grande dificultad radica en la estimación de n (Coeficiente de rugosidad de Manning) pues no hay un método exacto para seleccionarlo. El valor de n es muy variable y depende de una cantidad de factores: rugosidad de la superficie, vegetación, irregularidades del cauce, alineamiento del canal, depósitos y socavaciones, obstrucciones, tamaño y forma del canal, nivel y caudal, cambio estacional, material suspendido y transporte del fondo.

Para estimar este coeficiente n hay cinco caminos: a) comprender los factores que afectan el valor de n y así adquirir un conocimiento básico del problema y reducir el ancho campo de suposiciones; b) consultar un cuadro de valores típicos de n para canales de varios tipos; c) examinar y hacerse familiar con la aparición de algunos canales típicos cuyos coeficientes de rugosidad son conocidos y están registrados en fotos, por ejemplo; d) determinar el valor de n a través de un procedimiento analítico basado en la distribución teórica de la velocidad en la sección transversal de un canal y sobre los datos de medidas de velocidad o de rugosidad; e) uso de ecuaciones empíricas. (Moreno A. y Castro F. 2003).

En el caso presente se determinó el valor del coeficiente de Manning “n” consultando la “Tabla 5-6. Valores del coeficiente de rugosidad n” del libro HIDRAULICA DE CANALES ABIERTOS, Ven Te Chow.

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
B. Canales revestidos o desarmables			
B-1. Metal			
a. Superficie lisa de acero			
1. Sin pintar	0.011	<b>0.012</b>	0.014
2. Pintada	0.012	0.013	0.017
b. Corrugado	0.021	0.025	0.030
B-2. No metal			
a. Cemento			
1. Superficie pulida	0.010	0.011	0.013
2. Mortero	0.011	0.013	0.015
b. Madera			
1. Cepillada, sin tratar	0.010	0.012	0.014
2. Cepillada, creosotada	0.011	0.012	0.015
3. Sin cepillar	0.011	0.013	0.015
4. Láminas con listones	0.012	0.015	0.018
5. Forrada con papel impermeabilizante	0.010	0.014	0.017
c. Concreto			
1. Terminado con llana metálica (palustre)	0.011	<b>0.013</b>	0.015
2. Terminado con llana de madera	0.013	0.015	0.016
3. Pulido, con gravas en el fondo	0.015	0.017	0.020
4. Sin pulir	0.014	0.017	0.020
5. Lanzado, sección buena	0.016	0.019	0.023
6. Lanzado, sección ondulada	0.018	0.022	0.025
7. Sobre roca bien excavada	0.017	0.020	
8. Sobre roca irregularmente excavada	0.022	0.027	
d. Fondo de concreto terminado con llana de madera y con lados de			
1. Piedra labrada, en mortero	0.015	0.017	0.020
2. Piedra sin seleccionar, sobre mortero	0.017	0.020	0.024
3. Mampostería de piedra cementada, recubierta	0.016	0.020	0.024
4. Mampostería de piedra cementada	0.020	0.025	0.030
5. Piedra suelta o <i>riprap</i>	0.020	0.030	0.035
e. Fondo de gravas con lados de			
1. Concreto encofrado	0.017	0.020	0.025
2. Piedra sin seleccionar, sobre mortero	0.020	0.023	0.026
3. Piedra suelta o <i>riprap</i>	0.023	0.033	0.036
f. Ladrillo			
1. Barnizado o lacado	0.011	<b>0.013</b>	0.015
2. En mortero de cemento	0.012	<b>0.015</b>	0.018
g. Mampostería			
1. Piedra partida cementada	0.017	0.025	0.030
2. Piedra suelta	0.023	0.032	0.035
h. Bloques de piedra labrados	0.013	0.015	0.017
i. Asfalto			
1. Liso	0.013	0.013	
2. Rugoso	0.016	0.016	
j. Revestimiento vegetal	0.030	.....	0.500

Tabla 22 – Tabla de coeficientes de rugosidad de Manning

Dado que el canal está constituido por mampostería de piedra partida y juntas de cemento, consideramos tomar como válido el valor de 0,021, comprendido entre el mínimo y normal para mampostería de piedra partida cementada, según la tabla.

Las pendientes requeridas para cada sección se las extrajeron del plano de relevamiento adjunto en ANEXO I.

Se procedió a armar una planilla de cálculo con todos los valores necesarios.

A continuación se presenta el cuadro que nos brinda los caudales en cada punto de control:

SECCIÓN	DATOS				RESULTADOS							
	Tirante m	Ancho de Solera m	Coefficiente de Rugosidad	Pendiente m/m	Área Hidráulica m <sup>2</sup>	Perímetro Mojado	Radio Hidráulico	Caudal m <sup>3</sup> /seg	Velocidad m/seg	Número de Froude	Tipo de Flujo	
SC1	1,80	4,00	0,021	0,0080	7,20	7,60	0,95	29,58	4,11	0,978	SUBCRITICO	
A	2,00	4,00	0,021	0,008	8,00	8,00	1,00	34,07	4,26	0,962	SUBCRITICO	
B	2,00	4,00	0,021	0,0068	8,00	8,00	1,00	31,41	3,93	0,887	SUBCRITICO	
C	2,00	3,00	0,021	0,0068	6,00	7,00	0,86	21,26	3,54	0,800	SUBCRITICO	
D	2,00	3,00	0,021	0,0068	6,00	7,00	0,86	21,26	3,54	0,800	SUBCRITICO	

Tabla 23 – Planilla de cálculo para obtención del caudal en canal existente

Se procedió a verificar los cálculos con el programa H-CANALES, que es un software que nos facilita el diseño de canales y estructuras hidráulicas.

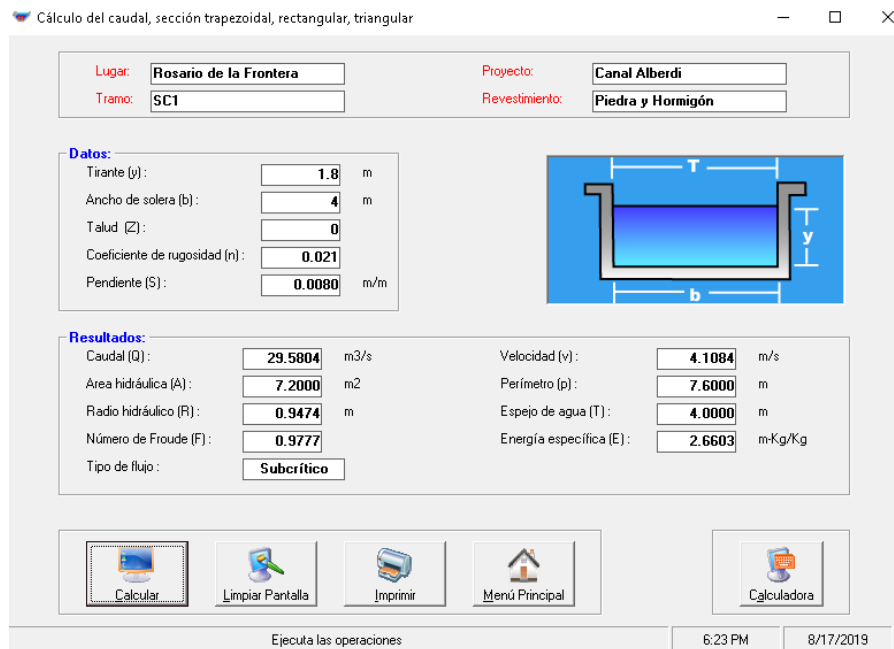


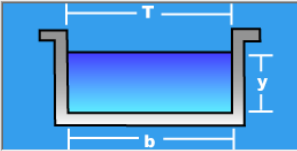
Ilustración 21 – H-CANALES punto de control SC1

Cálculo del caudal, sección trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **Rosario de la Frontera** Proyecto: **Canal Alberdi**  
 Tramo: **A** Revestimiento: **Piedra y Hormigón**

**Datos:**

Tirante (y):  m  
 Ancho de solera (b):  m  
 Talud (Z):   
 Coeficiente de rugosidad (n):   
 Pendiente (S):  m/m



**Resultados:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s Velocidad (v):  m/s  
 Área hidráulica (A):  m<sup>2</sup> Perímetro (p):  m  
 Radio hidráulico (R):  m Espejo de agua (T):  m  
 Número de Froude (F):  Energía específica (E):  m-Kg/Kg  
 Tipo de flujo:

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Realiza la impresión de la pantalla 6:37 PM 8/17/2019

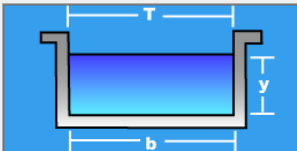
Ilustración 22 – H-CANALES punto de control A

Cálculo del caudal, sección trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **Rosario de la Frontera** Proyecto: **Canal Alberdi**  
 Tramo: **B** Revestimiento: **Piedra y Hormigón**

**Datos:**

Tirante (y):  m  
 Ancho de solera (b):  m  
 Talud (Z):   
 Coeficiente de rugosidad (n):   
 Pendiente (S):  m/m



**Resultados:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s Velocidad (v):  m/s  
 Área hidráulica (A):  m<sup>2</sup> Perímetro (p):  m  
 Radio hidráulico (R):  m Espejo de agua (T):  m  
 Número de Froude (F):  Energía específica (E):  m-Kg/Kg  
 Tipo de flujo:

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Retorna al Menú principal 6:36 PM 8/17/2019

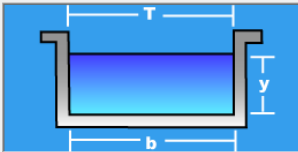
Ilustración 23 – H-CANALES punto de control B



Cálculo del caudal, sección trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **Rosario de la Frontera** Proyecto: **Canal Alberdi**  
 Tramo: **C** Revestimiento: **Piedra y Hormigón**

**Datos:**  
 Tirante (y):  m  
 Ancho de solera (b):  m  
 Talud (Z):   
 Coeficiente de rugosidad (n):   
 Pendiente (S):  m/m



**Resultados:**  
 Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s Velocidad (v):  m/s  
 Área hidráulica (A):  m<sup>2</sup> Perímetro (p):  m  
 Radio hidráulico (R):  m Espejo de agua (T):  m  
 Número de Froude (F):  Energía específica (E):  m-Kg/Kg  
 Tipo de flujo: **Subcrítico**

Calcular Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora


Ingresar el valor de la rugosidad dependiendo del tipo de material 6:37 PM 8/17/2019

Ilustración 24 – H-CANALES punto de control C

Cálculo del caudal, sección trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **Rosario de la Frontera** Proyecto: **Canal Alberdi**  
 Tramo: **D** Revestimiento: **Piedra y Hormigón**

**Datos:**  
 Tirante (y):  m  
 Ancho de solera (b):  m  
 Talud (Z):   
 Coeficiente de rugosidad (n):   
 Pendiente (S):  m/m



**Resultados:**  
 Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s Velocidad (v):  m/s  
 Área hidráulica (A):  m<sup>2</sup> Perímetro (p):  m  
 Radio hidráulico (R):  m Espejo de agua (T):  m  
 Número de Froude (F):  Energía específica (E):  m-Kg/Kg  
 Tipo de flujo: **Subcrítico**

Calcular Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ejecuta las operaciones 6:38 PM 8/17/2019

Ilustración 25 – H-CANALES punto de control D

Se pudo verificar que los resultados son muy aproximados, por lo tanto, los caudales obtenidos para cada punto de control son los que realmente puede llevar las secciones existentes.

A continuación se realiza la comparación con los caudales reales que lleva el canal versus los caudales calculados por la hidrología de la zona:

Recurrencia 10 Años			
SECCIÓN	Canal Existente	Hidrología de la Zona	Porcentaje de Diferencia
	Caudal m3/seg	Caudal m3/seg	
SC1	29,58	35,20	19%
A	35,23	38,30	9%
B	31,41	33,40	6%
C	21,26	43,10	103%
D	21,26	42,40	99%

Recurrencia 15 Años			
SECCIÓN	Canal Existente	Hidrología de la Zona	Porcentaje de Diferencia
	Caudal m3/seg	Caudal m3/seg	
SC1	29,58	40,00	35%
A	35,23	43,40	23%
B	31,41	49,00	56%
C	21,26	48,50	128%
D	21,26	47,70	124%

Recurrencia 20 Años			
SECCIÓN	Canal Existente	Hidrología de la Zona	Porcentaje de Diferencia
	Caudal m3/seg	Caudal m3/seg	
SC1	29,58	43,40	47%
A	35,23	46,90	33%
B	31,41	52,90	68%
C	21,26	52,40	146%
D	21,26	51,50	142%

Recurrencia 25Años			
SECCIÓN	Canal Existente	Hidrología de la Zona	Porcentaje de Diferencia
	Caudal m3/seg	Caudal m3/seg	
SC1	29,58	46,00	56%
A	35,23	49,70	41%
B	31,41	55,90	78%
C	21,26	55,40	161%
D	21,26	54,40	156%

Tabla 24 – Tabla comparación de caudales para los distintos puntos de control

Se puede notar que según los cálculos realizados, las secciones no logran evacuar el caudal generado por la hidrología de la zona, por lo tanto es uno de los principales motivos por el cual Rosario de la Frontera se ve inundado en épocas de lluvia.

Como se puede apreciar, el canal no da abasto ni para una recurrencia de 10 años, por consiguiente se propondrá una solución para resolver el problema.

## VI. PLANTEO DE LA SOLUCIÓN

Como se logró encontrar el problema de inundación en el inciso anterior, es evidente que las secciones se deben redimensionar para que logren llevar el caudal requerido.

En primera instancia se utilizó la planilla de cálculo para estimar las dimensiones de las secciones necesarias.

La solución debe ser viable y económica, logrando una buena eficiencia al menor costo posible. Por lo tanto al estudiar la topografía de la zona y los materiales con los que está construido el canal, se decidió en primera instancia dejar un muro en pie (dejando para un futuro la demolición y sustitución por uno nuevo de hormigón armado) y tantear el ancho de solera, es decir se aumentó su longitud, hasta lograr encontrar la sección que pueda llevar el caudal que nos brinda la hidrología de la zona.

Como la altura del tirante de agua máxima es de 2 metros, se optó por dejar constante ese valor, dado que modificar la altura nos representaría mucho gasto e inviable, ya que de esta manera se debería romper todo el canal y construir uno nuevo, requiriendo otro tipo de análisis porque la desembocadura ya está tomada con la altura de tirante ya mencionada.

Se tomó como base de cálculo una recurrencia de 20 años ya que consideramos un tiempo suficiente para la envergadura de la obra. Es decir, en un periodo de 20 años el caudal máximo que podrá existir según la hidrología de la zona será el estimado con los cálculos ya realizados.

Después de varios tanteos, utilizando la planilla de cálculo, se estimaron 3 secciones que verifican el caudal requerido para una recurrencia de 20 años:

SECCIÓN	DATOS				RESULTADOS						
	Tirante m	Ancho de Solera m	Coefficiente de Rugosidad	Pendiente m/m	Área Hidráulica m <sup>2</sup>	Perímetro Mojado	Radio Hidráulico	Caudal m <sup>3</sup> /seg	Velocidad m/seg	Número de Froude	Tipo de Flujo
SC1	1,80	5,50	0,021	0,0080	9,90	9,10	1,09	44,60	4,51	1,073	SUPERCRTICO
A	2,00	5,50	0,021	0,0068	11,00	9,50	1,16	47,63	4,33	0,978	SUBCRITICO
B	2,00	6,00	0,021	0,0068	12,00	10,00	1,20	53,21	4,43	1,002	SUPERCRTICO
C	2,00	6,00	0,021	0,0068	12,00	10,00	1,20	53,21	4,43	1,002	SUPERCRTICO
D	2,00	6,00	0,021	0,0068	12,00	10,00	1,20	53,21	4,43	1,002	SUPERCRTICO

Tabla 25 – Tabla de tanteo para verificar caudal requerido por análisis hidrológico

Las secciones obtenidas se muestran a continuación, donde se indican además los elementos nuevos a construir:

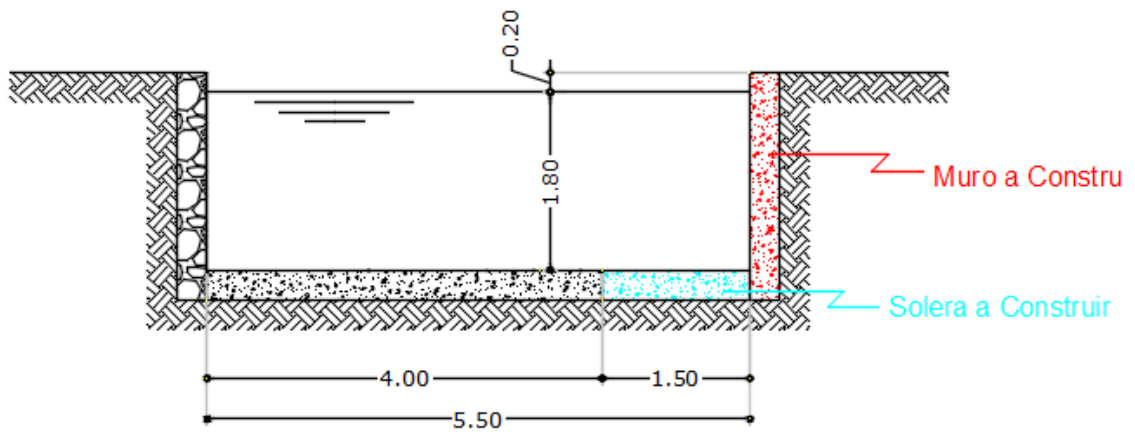


Ilustración 26 – Sección 1a

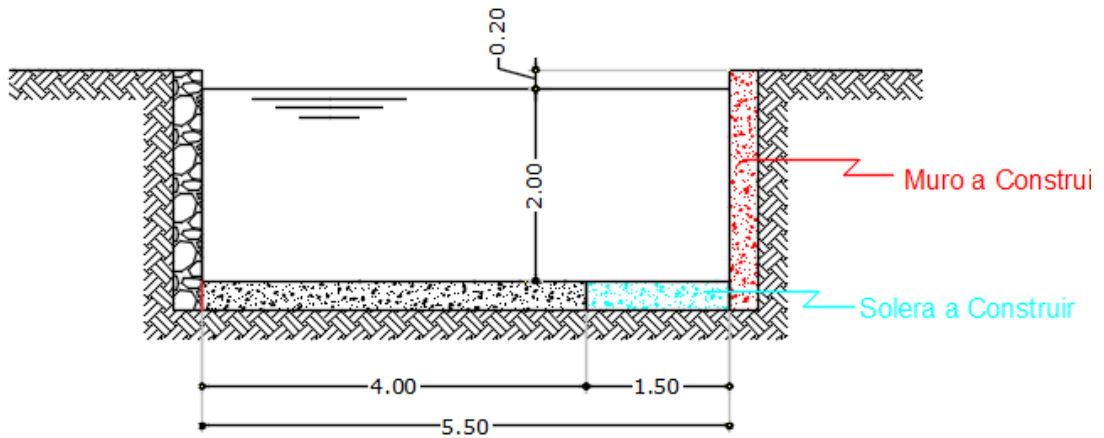


Ilustración 27 – Sección 1b

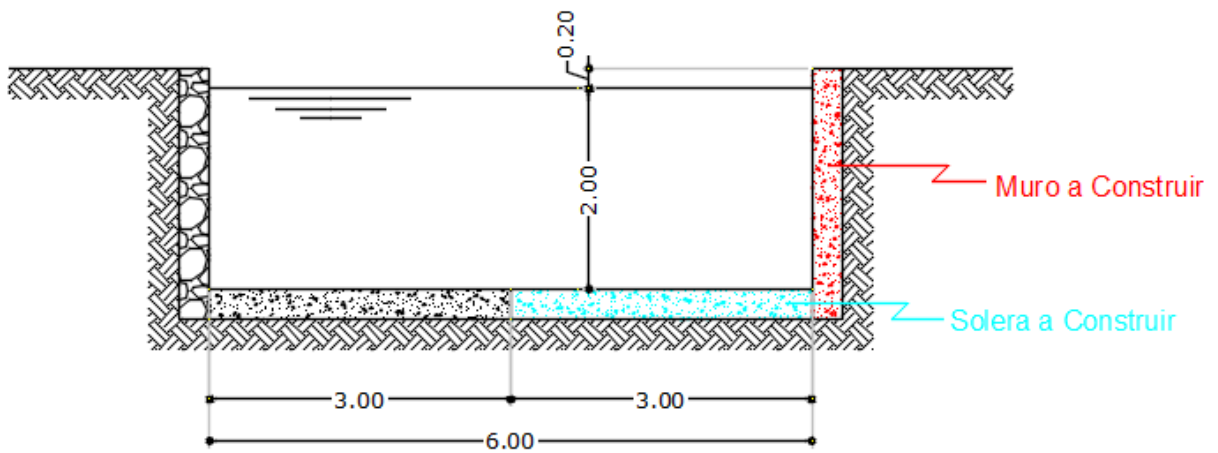


Ilustración 28 – Sección 2

Una vez propuesta las secciones se procede a verificar si las mismas podrán llevar el caudal calculado por el Análisis Hidrológico de la zona. Para esto utilizaremos el software llamado HEC-RAS.

“HEC-RAS (Hydrological Engineering Center – River Analysis System) es un programa de modelización hidráulica unidimensional compuesto por 4 tipos de análisis en ríos:

- Modelización de flujo en régimen permanente
- Modelización de flujo en régimen no permanente
- Modelización del transporte de sedimentos
- Análisis de calidad de aguas

Nos permite simular flujos en cauces naturales o canales artificiales para determinar el nivel del agua por lo que su objetivo principal es realizar estudios de inundabilidad y determinar las zonas inundables”.

Como es un canal y una cuenca relativamente pequeña, se optó por realizar una modelización de flujo en régimen permanente.

El programa pide como entrada los siguientes datos:

- **Geometría de la Zona:** Se puede cargar de distintas maneras la geometría del lugar a estudiar.

En nuestro proyecto se modeló en el programa Civil 3D de igual manera que en el Plano de Relevamiento Topográfico, estableciendo las nuevas secciones, dividiendo el eje del canal en distintos tramos, y tomando las progresivas de manera invertida, es decir progresiva inicial (0,00) en la desembocadura, ya que el HEC-RAS toma las progresivas mayores como aguas abajo y las menores inversamente, además los caudales que se deben cargar son en los distintos puntos de control obtenidos en el programa HEC-HMS.

Una vez obtenido el modelo de Civil 3D, se cargó por medio de una función la geometría del canal con la topografía de la zona.

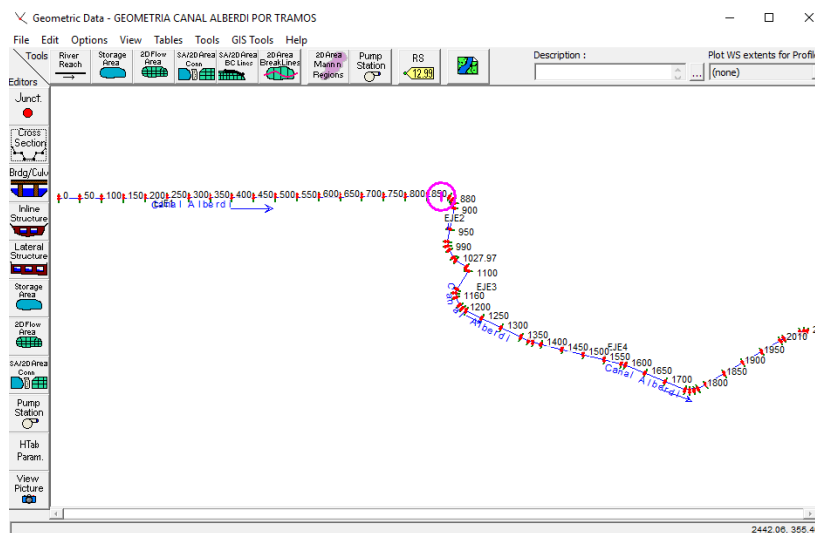


Ilustración 29 – Geometría en HEC-RAS

Luego se procedió a cargar los coeficientes de rugosidad de Manning de nuestro canal, dato que el programa requiere para correr. En nuestro canal se optó por poner un coeficiente de 0,019 ya que es un promedio entre la rugosidad de la solera de hormigón armado y el muro de mampostería, mientras que en el terreno se optó por poner un coeficiente de 0,023.

✓ Tramo 1:

Edit Manning's n or k Values

River: Canal Alberdi  Edit Interpolated XS's Channel n Values have a light green background

Reach: EJE1 All Regions

Selected Area Edit Options: Add Constant ... Multiply Factor ... Set Values ... Replace ... Reduce to L Ch R ...

	River Station	Frctn (n/k)	n #1	n #2	n #3
1	882.03	n	0.023	0.019	0.023
2	850	n	0.023	0.019	0.023
3	800	n	0.023	0.019	0.023
4	750	n	0.023	0.019	0.023
5	700	n	0.023	0.019	0.023
6	650	n	0.023	0.019	0.023
7	600	n	0.023	0.019	0.023
8	550	n	0.023	0.019	0.023
9	500	n	0.023	0.019	0.023
10	450	n	0.023	0.019	0.023
11	400	n	0.023	0.019	0.023
12	350	n	0.023	0.019	0.023
13	300	n	0.023	0.019	0.023
14	250	n	0.023	0.019	0.023
15	200	n	0.023	0.019	0.023
16	150	n	0.023	0.019	0.023
17	100	n	0.023	0.019	0.023
18	50	n	0.023	0.019	0.023
19	0	n	0.023	0.019	0.023

OK Cancel Help

Ilustración 30 – Coeficientes de rugosidad de Manning para tramo 1

✓ Tramo 2:

Edit Manning's n or k Values

River: Canal Alberdi  Edit Interpolated XS's Channel n Values have a light green background

Reach: EJE2 All Regions

Selected Area Edit Options: Add Constant ... Multiply Factor ... Set Values ... Replace ... Reduce to L Ch R ...

	River Station	Frctn (n/k)	n #1	n #2	n #3
1	1027.97	n	0.023	0.019	0.023
2	1020	n	0.023	0.019	0.023
3	1000	n	0.023	0.019	0.023
4	990	n	0.023	0.019	0.023
5	980	n	0.023	0.019	0.023
6	950	n	0.023	0.019	0.023
7	900	n	0.023	0.019	0.023
8	890	n	0.023	0.019	0.023
9	880	n	0.023	0.019	0.023
10	870	n	0.023	0.019	0.023

OK Cancel Help

Ilustración 31 – Coeficientes de rugosidad de Manning para tramo 2

✓ Tramo 3:

Edit Manning's n or k Values

River: Canal Alberdi  Edit Interpolated XS's Channel n Values have a light green background

Reach: EJE3 All Regions

Selected Area Edit Options: Add Constant ... Multiply Factor ... Set Values ... Replace ... Reduce to L Ch R ...

River Station	Frctn (n/k)	n #1	n #2	n #3
1 1400	n	0.023	0.019	0.023
2 1380	n	0.023	0.019	0.023
3 1370	n	0.023	0.019	0.023
4 1350	n	0.023	0.019	0.023
5 1300	n	0.023	0.019	0.023
6 1250	n	0.023	0.019	0.023
7 1210	n	0.023	0.019	0.023
8 1200	n	0.023	0.019	0.023
9 1190	n	0.023	0.019	0.023
10 1170	n	0.023	0.019	0.023
11 1160	n	0.023	0.019	0.023
12 1150	n	0.023	0.019	0.023
13 1100	n	0.023	0.019	0.023
14 1090	n	0.023	0.019	0.023

OK Cancel Help

Ilustración 32 – Coeficientes de rugosidad de Manning para tramo 3

✓ Tramo 4:

Edit Manning's n or k Values

River: Canal Alberdi  Edit Interpolated XS's Channel n Values have a light green background

Reach: EJE4 All Regions

Selected Area Edit Options: Add Constant ... Multiply Factor ... Set Values ... Replace ... Reduce to L Ch R ...

River Station	Frctn (n/k)	n #1	n #2	n #3
1 2067.21	n	0.023	0.019	0.023
2 2060	n	0.023	0.019	0.023
3 2050	n	0.023	0.019	0.023
4 2010	n	0.023	0.019	0.023
5 2000	n	0.023	0.019	0.023
6 1950	n	0.023	0.019	0.023
7 1900	n	0.023	0.019	0.023
8 1850	n	0.023	0.019	0.023
9 1800	n	0.023	0.019	0.023
10 1780	n	0.023	0.019	0.023
11 1770	n	0.023	0.019	0.023
12 1760	n	0.023	0.019	0.023
13 1750	n	0.023	0.019	0.023
14 1700	n	0.023	0.019	0.023
15 1650	n	0.023	0.019	0.023
16 1600	n	0.023	0.019	0.023
17 1590	n	0.023	0.019	0.023
18 1550	n	0.023	0.019	0.023
19 1500	n	0.023	0.019	0.023
20 1450	n	0.023	0.019	0.023

OK Cancel Help

Ilustración 33 – Coeficientes de rugosidad de Manning para tramo 4



- **Establecer los Caudales y Pendientes – Régimen Permanente:** Un dato importante que nos pide el programa es la información del caudal para poder correr la simulación.

Como se obtuvieron distintos caudales en 4 puntos de controles del programa HEC-HMS, se dividió el canal en 4 tramos y se procedió a cargar el caudal de cada tramo. Por otro lado el programa permite cargar caudales para distintas recurrencias, por lo tanto se puso para una recurrencia de 10, 15, 20 y 25 años inclusive.

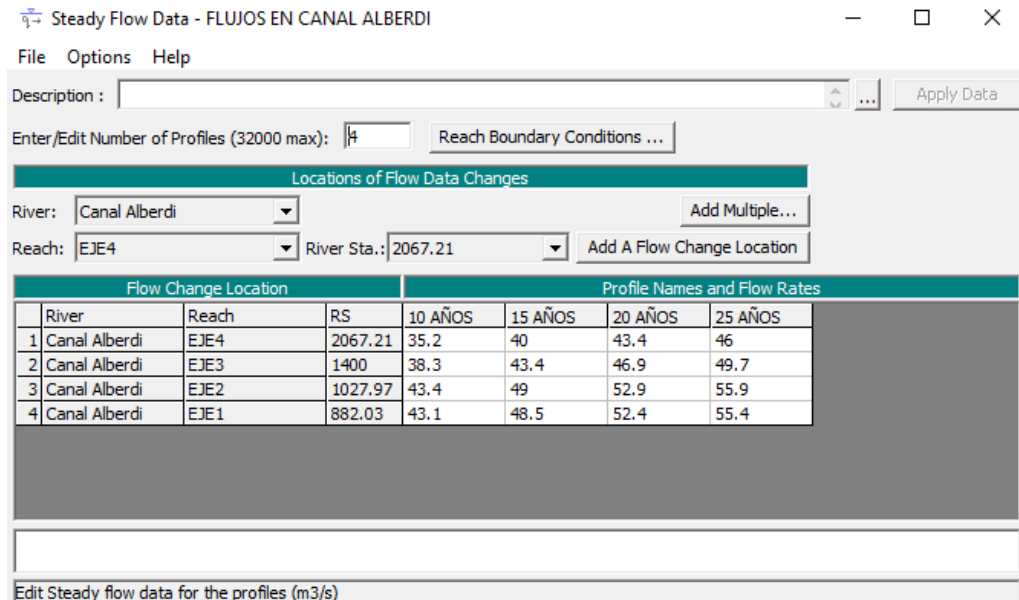


Ilustración 34 – Ingreso de caudales en HEC-RAS de cada tramo

Por otro lado, se deben cargar las condiciones de contorno, que en nuestro caso colocamos las pendientes normales aguas abajo y aguas arriba existentes en cada tramo, que fueron sacadas del plano adjunto en ANEXO I.

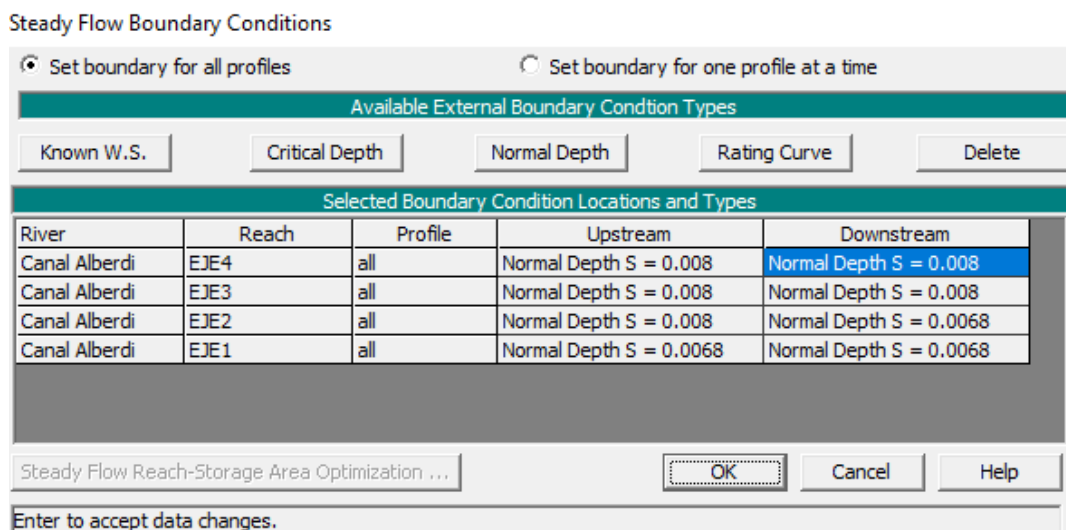


Ilustración 35 – Ingreso de pendientes en HEC-RAS de cada tramo

- **Correr Programa en Régimen Permanente:** Se procedió a correr el programa para un Régimen Permanente y un flujo Mixto (es decir, el programa identificara si es flujo subcrítico o supercrítico).
- **Resultados:** Una vez realizado el modelaje se pueden ver los distintos resultados que arroja el programa HEC-RAS.

Como el canal fue calculado para una recurrencia de 20 años vamos a proceder a observar los resultados para esa recurrencia.

### Perfil Longitudinal para 20 años:

#### ✓ Tramo 1:

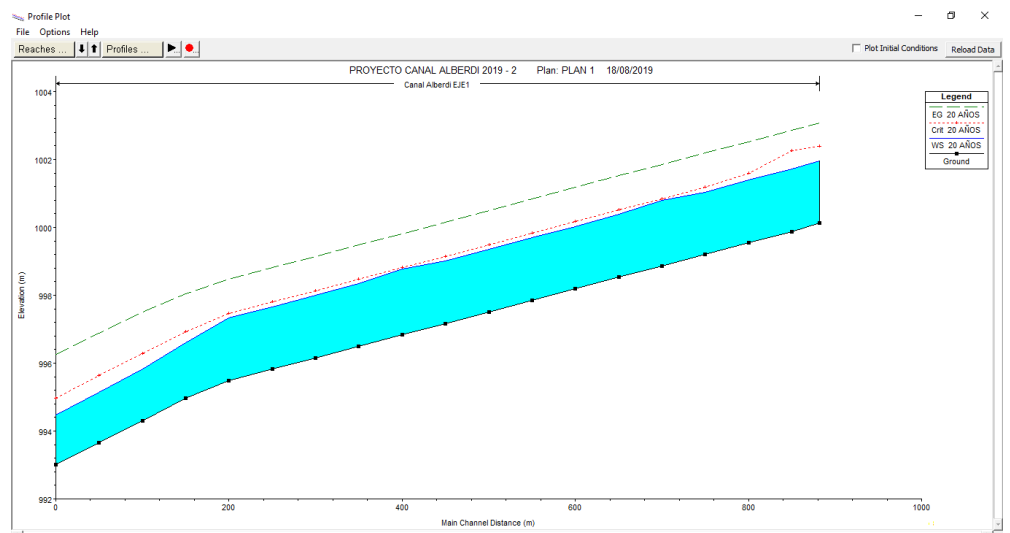


Ilustración 36 – Resultado HEC-RAS perfil longitudinal tramo 1

#### ✓ Tramo 2:

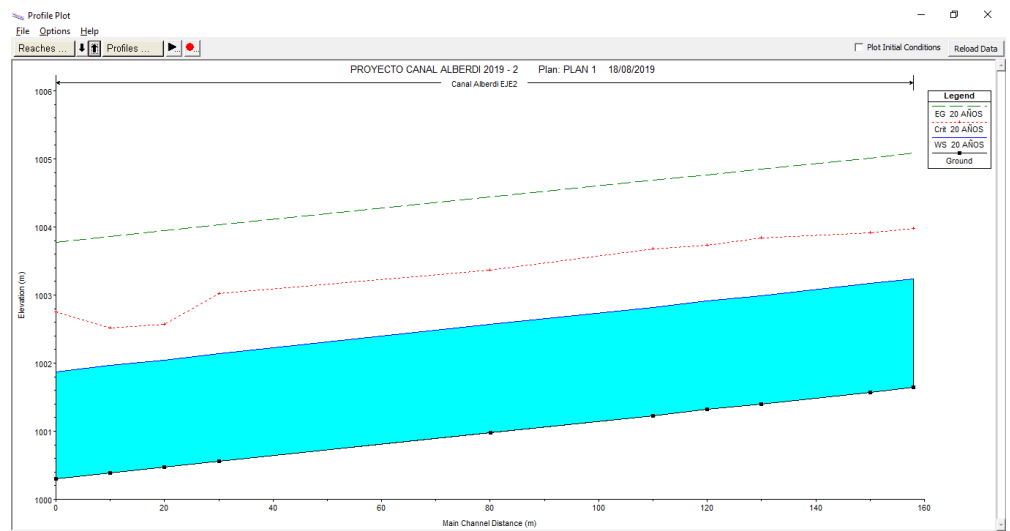


Ilustración 37 – Resultado HEC-RAS perfil longitudinal tramo 2

✓ **Tramo 3:**

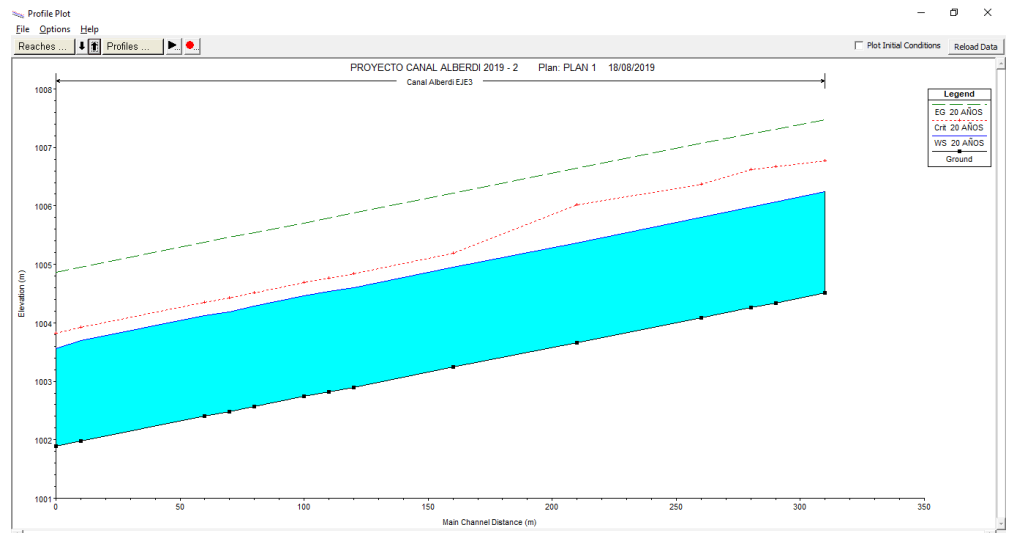


Ilustración 38 – Resultado HEC-RAS perfil longitudinal tramo 3

✓ **Tramo 4:**

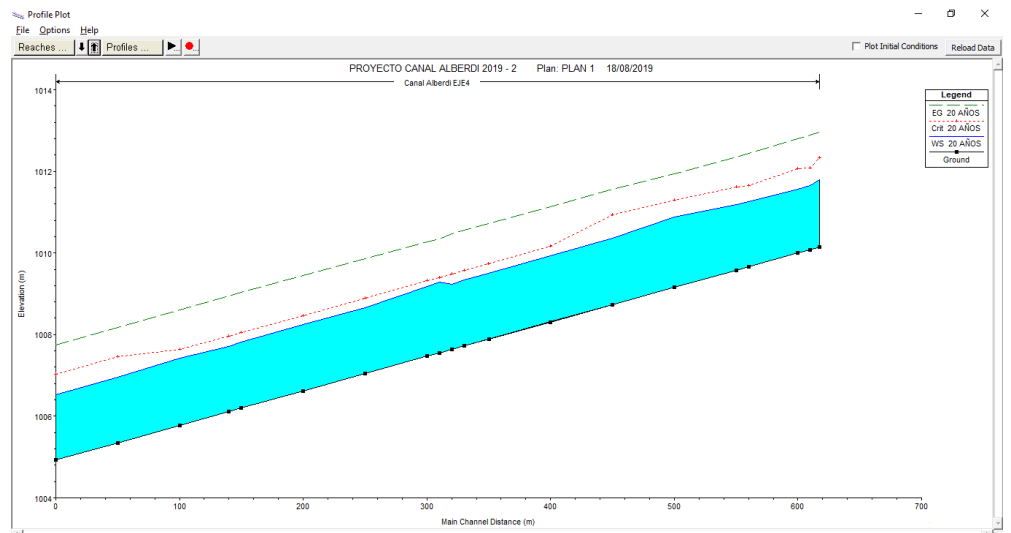


Ilustración 39 – Resultado HEC-RAS perfil longitudinal tramo 4

Como se puede observar en el perfil longitudinal, se verifica en cada tramo que el canal puede llevar sin sobrepasar su altura máxima el caudal requerido por el cálculo hidrológico.

**Perfil Transversal para 20 años:** Se observaran solo algunos perfiles para cada recurrencia. Tomamos como referencia el perfil al inicio y al final del tramo.

✓ **Tramo 1:**

**Progresiva 0**

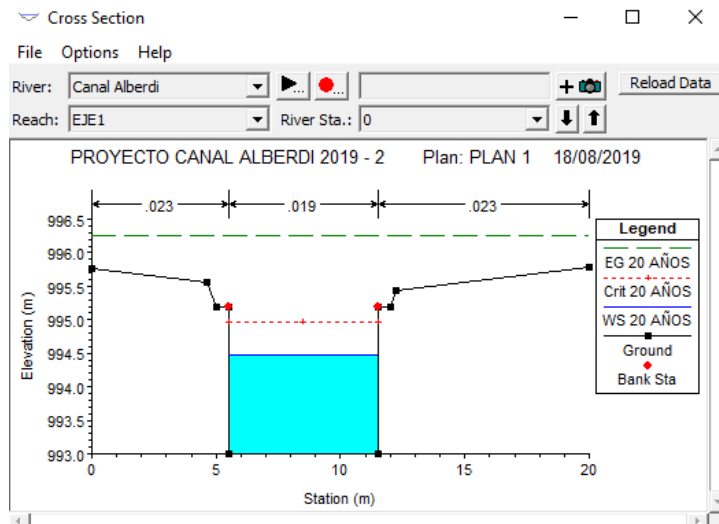


Ilustración 40 – Resultado HEC-RAS perfil transversal progresiva 0,00

**Progresiva 882,03**

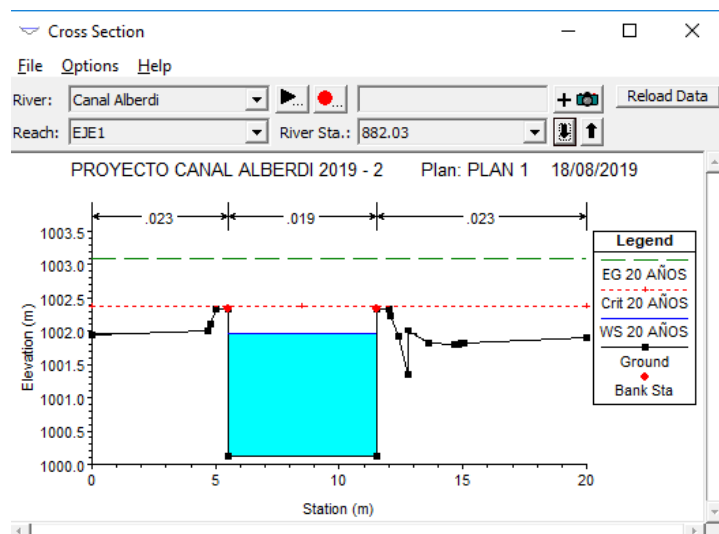


Ilustración 41 – Resultado HEC-RAS perfil transversal progresiva 882,03

✓ **Tramo 2:**

**Progresiva 870:**

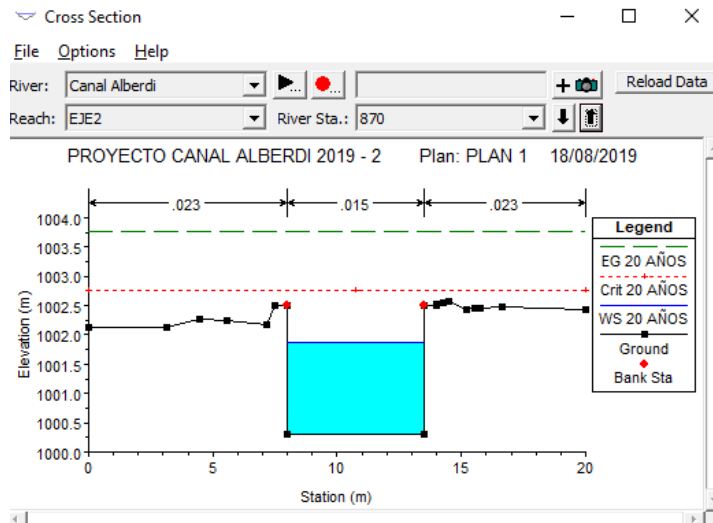


Ilustración 42 – Resultado HEC-RAS perfil transversal progresiva 870,00

**Progresiva 1027,97:**

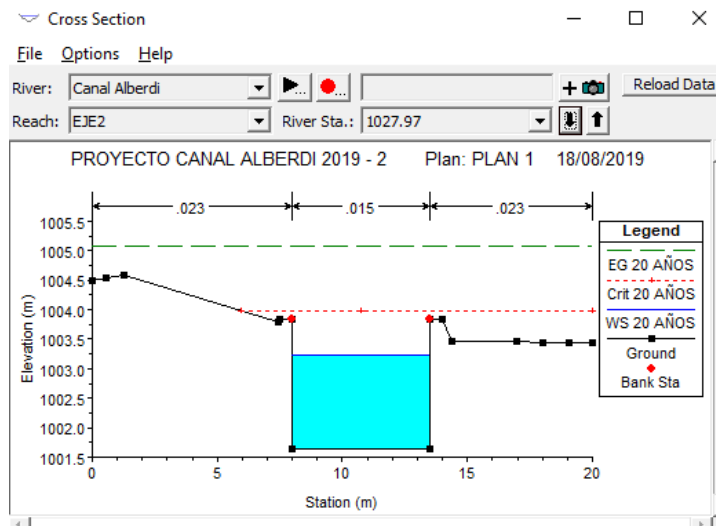


Ilustración 43 – Resultado HEC-RAS perfil transversal progresiva 1027,97

✓ **Tramo 3:**

**Progresiva 1090:**

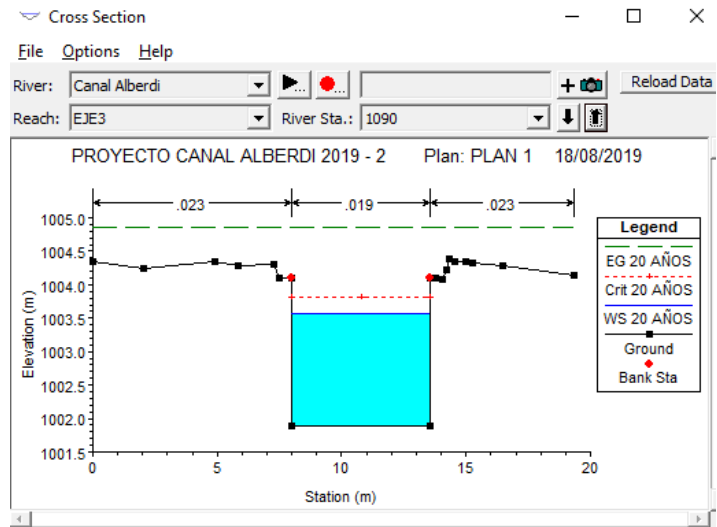


Ilustración 44 – Resultado HEC-RAS perfil transversal progresiva 1090,00

**Progresiva 1400:**

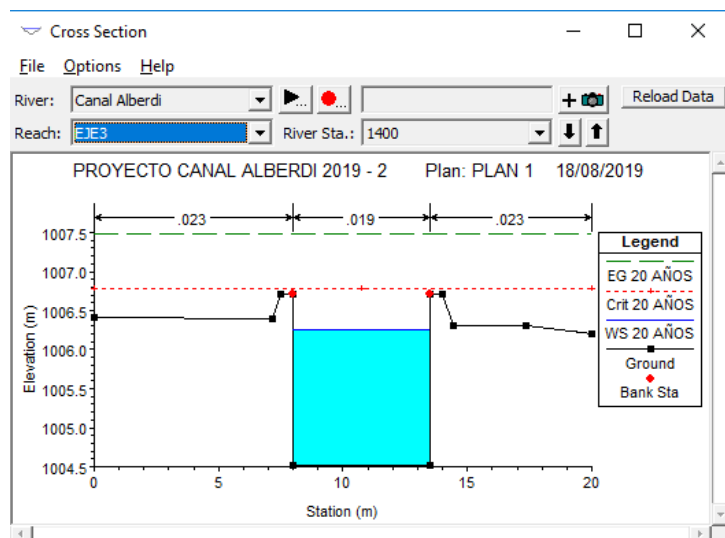


Ilustración 45 – Resultado HEC-RAS perfil transversal progresiva 1400,00

✓ **Tramo 4:**

**Progresiva 1450:**

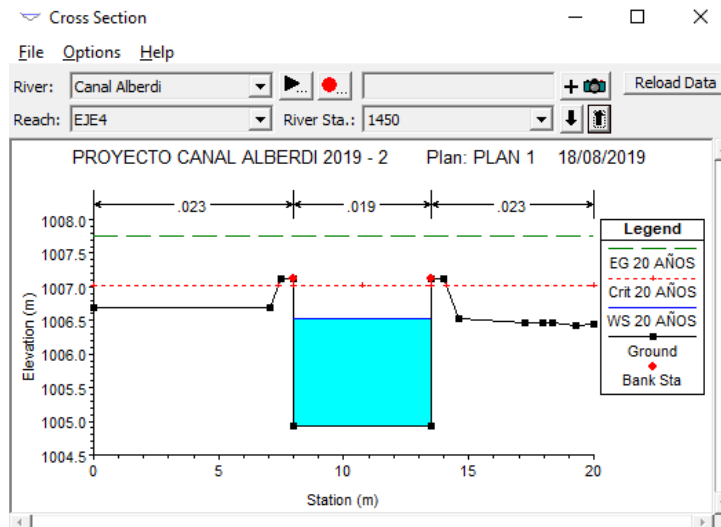


Ilustración 46 – Resultado HEC-RAS perfil transversal progresiva 1450,00

**Progresiva 2067,21:**

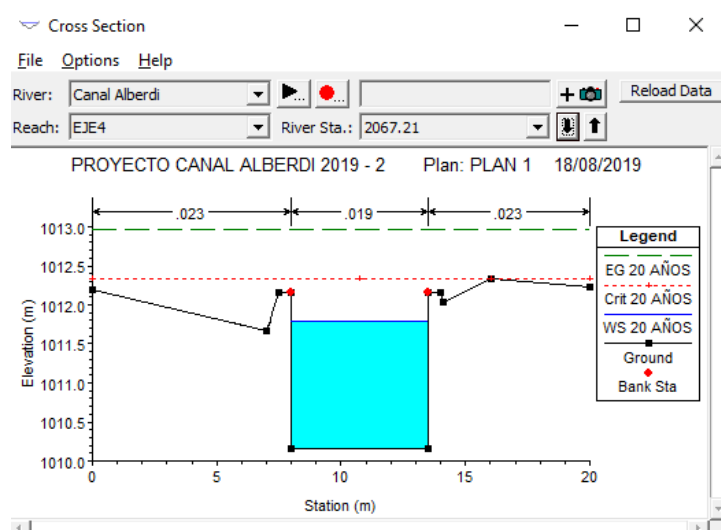


Ilustración 47 – Resultado HEC-RAS perfil transversal progresiva 2067,21

Después de correr el programa HEC-RAS se puede concluir que las secciones propuestas verifican el caudal generado por la hidrología de la zona, por lo tanto se puede proceder al cálculo estructural.

En cuanto a las patologías encontradas en el canal existente, tales como socavación y descalce de paredes, se propone acondicionar el lugar con solera y muro de hormigón armado.

Por otro lado, el estudio también de la zona de descarga del canal es óptimo ya que las dimensiones son mayores a las del canal, por lo tanto no se requiere hacer ninguna modificación.

## VII. CÁLCULO ESTRUCTURAL

Para realizar el cálculo estructural se supuso una ménsula de Hormigón Armado.

Se decidió realizar el cálculo para la sección más desfavorable que es la Sección 1B, donde el muro alcanza la mayor altura, y por lo tanto obtendremos mayores esfuerzos. Como las secciones son similares se optó por esta simplificación.

Se tomaron dos hipótesis de cálculo para cada sección:

1. Con relleno sin agua
2. Con agua sin relleno

Se procedió en primera instancia a calcular los esfuerzos que actúan sobre la ménsula y luego se realizó el dimensionado correspondiente con la planilla de cálculo “Cirsoc-FLEX \_ Desing and Verification – Estructuras de Hormigón Armado” que se encuentra en la página Web del INTI, y utiliza la Norma CIRSOC 201.

- **SECCIÓN 1B:**

$$\gamma_t = 1600 \text{ Kg}/\text{m}^3$$

$$\gamma_{H_2O} = 1000 \text{ Kg}/\text{m}^3$$

$$\varphi = 16^\circ$$

$$C = 1,05 \text{ Kg}/\text{cm}^2$$

$$\sigma_{adm} = 1,00 \text{ Kg}/\text{cm}^3$$

$$q_v = 500 \text{ Kg}/\text{m}$$

### **1° HIPÓTESIS:**



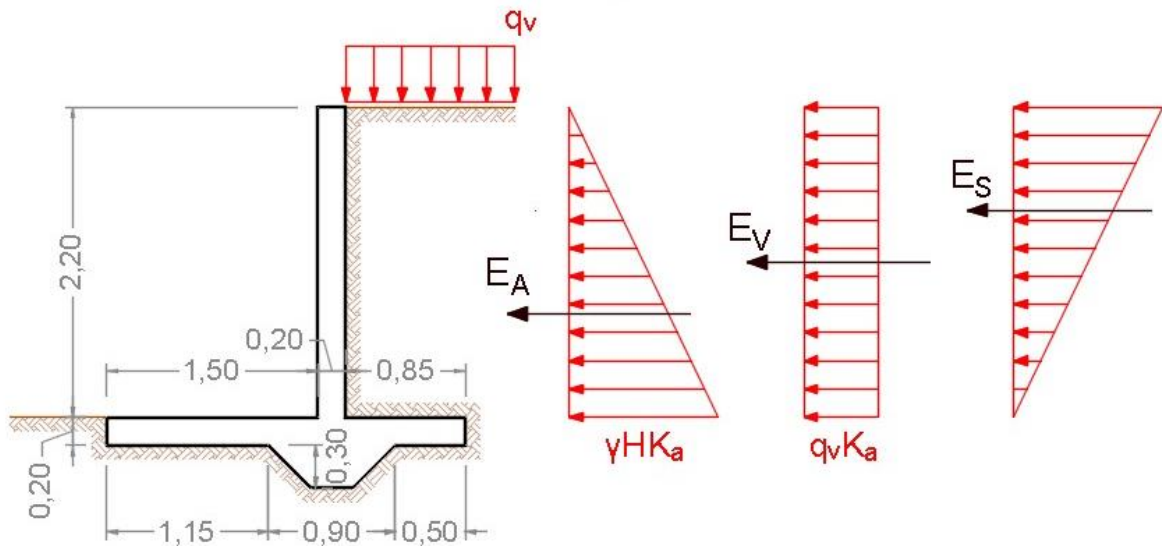


Ilustración 48 – Esquema de cálculo 1

### PROCESO DE CÁLCULO:

#### 1. Empuje Activo:

$$E_A = \frac{1}{2} \times K_a \times \gamma_t \times H^2$$

$$K_a = \tan^2 \left( 45 - \frac{\varphi}{2} \right) \rightarrow K_a = \tan^2 \left( 45 - \frac{16}{2} \right) \rightarrow K_a = 0,57$$

$$\rightarrow E_A = \frac{1}{2} \times 0,57 \times 1600 \times 2,20^2 = 2207,04 \text{ Kg}$$

#### 2. Empuje de Sobrecarga:

$$E_V = q_v \times K_a \times H$$

$$\rightarrow E_V = 500 \times 0,57 \times 2,20 = 627 \text{ Kg}$$

#### 3. Empuje de Sismo: Según Norma NAA80

$$E_S = 0,38 \times \gamma_t \times H^2 \times C$$

$$C = 2 \times C_0$$

$$C_0 = 0,10 \rightarrow C = 2 \times 0,10 \rightarrow C = 0,20$$

$$\rightarrow E_S = 0,38 \times 1600 \times 2,20^2 \times 0,20 = 588,54 \text{ Kg}$$

#### 4. Momento Volcador:

$$M_V = E_A \times \left(\frac{1}{3} \times H + h_{Base}\right) + E_V \times \left(\frac{1}{2} \times H + h_{Base}\right) + E_S \times \left(\frac{2}{3} \times H + h_{Base}\right)$$

$$M_V = 2207,04 \times \left(\frac{1}{3} \times 2,20 + 0,20\right) + 627 \times \left(\frac{1}{2} \times 2,20 + 0,20\right) + 588,54 \times \left(\frac{2}{3} \times 2,20 + 0,20\right) = 3855,90 \text{ Kgm}$$

### 5. Momento Estabilizante:

Elemento	Sección m2	Peso Especif. Tn/m3	Peso total Kg	X (m)	P.X=Me Kgm
Base	0,51	2400	1224,00	1,275	1560,60
Muro	0,44	2400	1056,00	1,6	1689,60
Relleno	1,87	1600	2992,00	2,125	6358,00
		$\Sigma$	<b>5272,00</b>	$\Sigma$	<b>9608,20</b>

Tabla 26 – Tabla de cálculo de momento estabilizante

### 6. Verificación al Vuelco:

$$\frac{M_E}{M_V} \geq 1,5 \rightarrow \frac{9608,20}{3855,90} = 2,49 \rightarrow \text{Verifica}$$

### 7. Verificación a la Excentricidad:

$$R = \sqrt{E_A^2 + P^2 + E_V^2 + E_S^2} = \sqrt{2207,04^2 + 5272,00^2 + 627,00^2 + 588,54^2} = 5779,66 \text{ Kg}$$

$$x_i = \frac{M_E - M_V}{R} = \frac{9608,20 - 3855,90}{5779,66} = 0,99 \text{ m}$$

$$\tan(\alpha) = \frac{E_T}{P} = \frac{2207,04 + 627,00 + 588,54}{5272,00} = 0,65 \rightarrow \alpha = \tan^{-1}(0,65) \rightarrow \alpha = 33^\circ$$

$$x_h = \frac{x_i}{\cos(\alpha)} = \frac{0,99}{\cos(33)} = 1,18 \text{ m}$$

$$e = \frac{L}{2} - x_h = \frac{2,55}{2} - 1,18 = 0,095 \text{ m}$$

$$\frac{1}{6} \times L = \frac{1}{6} \times 2,55 = 0,425 \rightarrow e < \frac{1}{6} \times L \rightarrow \text{Resultante pasa dentro del núcleo central}$$

### 8. Verificación al Deslizamiento:

$$F_D = E_A + E_V + E_S = 2207,04 + 627,00 + 588,54 = 3422,58 \text{ Kg}$$

$$F_R = \mu \times N = 0,30 \times 5272,00 = 1581,60 \text{ Kg}$$

$F_R < F_D \rightarrow$  Se deben colocar dientes

### 9. Esfuerzos para Solera:

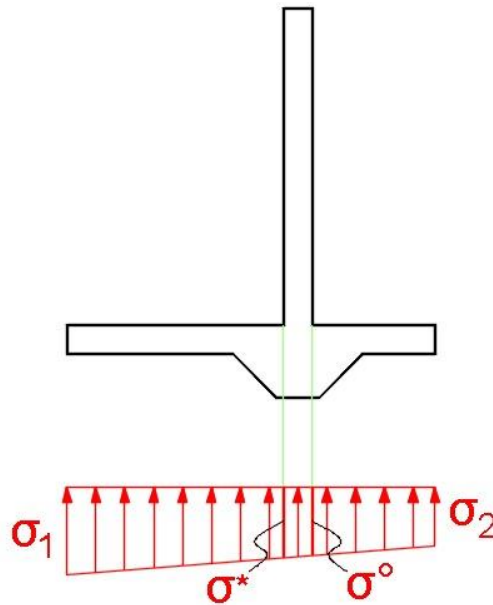


Ilustración 49 – Esquema de cálculo 2

$$\sigma_{1,2} = \frac{P}{A} \times \left( 1 \pm \frac{6 \times e}{l} \right)$$

$$\sigma_1 = \frac{5272,00}{1 \times 2,55} \times \left( 1 + \frac{6 \times 0,095}{2,55} \right) = 2529,58 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} < \sigma_{adm}$$

$$\sigma_2 = \frac{5272,00}{1 \times 2,55} \times \left( 1 - \frac{6 \times 0,095}{2,55} \right) = 1605,31 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} < \sigma_{adm}$$

$$\begin{aligned} \text{Por relación de triángulos } \sigma^* &= \frac{(\sigma_1 - \sigma_2) \times 1,05}{2,55} + \sigma_2 \\ &= \frac{(2529,58 - 1605,31) \times 1,05}{2,55} + 1605,31 = 1985,89 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Por relación de triángulos } \sigma^o &= \frac{(\sigma_1 - \sigma_2) \times 0,85}{2,55} + \sigma_2 \\ &= \frac{(2529,58 - 1605,31) \times 0,85}{2,55} + 1605,31 = 1913,40 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \end{aligned}$$

$$\sigma_{med\ TRASDOS} = \frac{\sigma^o + \sigma_2}{2} = \frac{1913,40 + 1605,31}{2} = 1759,35 \frac{Kg}{m^2}$$

$$\sigma_{med\ INTRADOS} = \frac{\sigma^* + \sigma_2}{2} = \frac{1985,89 + 2529,58}{2} = 2257,74 \frac{Kg}{m^2}$$

$$TRASDOS \left\{ \begin{array}{l} \text{Momento Voladizo Cara Inferior: } M_{Vci} = \frac{q \times l^2}{2} \\ = \frac{1759,35 \times 0,85^2}{2} = 635,56 \text{ Kgm} \\ \text{Momento Voladizo Cara Superior: } M_{Vcs} = \frac{2/3 \times H \times \gamma_t \times l^2}{2} \\ = \frac{2/3 \times 2,20 \times 1600 \times 0,85^2}{2} = 847,71 \text{ Kgm} \end{array} \right.$$

$$INTRADOS \left\{ \begin{array}{l} \text{Momento Voladizo Cara Inferior: } M_{Vci} = \frac{q \times l^2}{2} = \\ = \frac{2257,74 \times 1,50^2}{2} = 2539,95 \text{ Kgm} \end{array} \right.$$

### 10. Esfuerzos para Pantalla:

$$M_{f1} = E_A \times \frac{1}{3} \times H = 2207,04 \times \frac{1}{3} \times 2,20 = 1618,50 \text{ Kgm}$$

$$M_{f2} = E_V \times \frac{1}{2} \times H = 627 \times \frac{1}{2} \times 2,20 = 689,7 \text{ Kgm}$$

$$M_{f3} = E_S \times \frac{2}{3} \times H = 588,54 \times \frac{2}{3} \times 2,20 = 863,19 \text{ Kgm}$$

### 2° HIPÓTESIS:

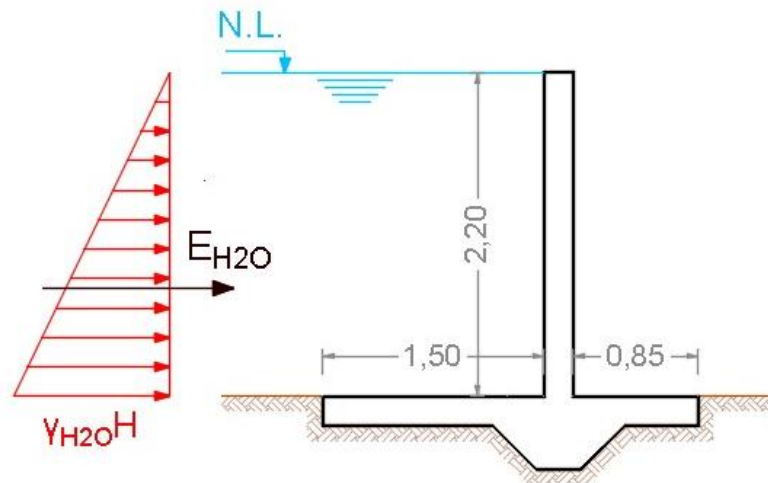


Ilustración 50 – Esquema de cálculo 3

**PROCESO DE CÁLCULO:**

**1. Empuje del Agua:**

$$E_{H_2O} = \gamma_{H_2O} \times \frac{H}{2} \times H = 1000 \times \frac{2,20}{2} \times 2,20 = 2420,00 \text{ Kg}$$

**2. Esfuerzos para Solera:**

$$M_f = E_{H_2O} \times \frac{1}{3} \times H = 2420,00 \times \frac{1}{3} \times 2,20 = 1774,67 \text{ Kgm}$$

**3. Esfuerzos para Pantalla:**

$$M_f = \frac{q \times l^2}{2} = \frac{1000 \times 2,2 \times 1,50^2}{2} = 2475,00 \text{ Kgm}$$

**RESUMEN DE ESFUERZOS Y COMBINACIONES DE CARGA:**

Elemento	Fibra traccionada	Mf1 (Kgm)	Mf2 (Kgm)	Mf3 (Kgm)	Combinaciones de carga			Mu máximo (Kgm)	Mu (KNm)
					1,2D+1,6L	1,2D+0,5L+1,0E	1,4D		
Muro	trasdos	1618,50	689,70	863,19	3045,72	3150,24	2265,89	3150,24	31,50
	intrados	1774,67			2129,60	2129,60	2484,54	2484,54	24,85
Solera intrados	inferior	2539,95			3047,94	3047,94	3555,93	3555,93	35,56
	superior	2475,00			2970,00	2970,00	3465,00	3465,00	34,65
Solera trasdos	inferior	635,56			762,67	762,67	889,78	889,78	8,90
	superior	847,71			1017,25	1017,25	1186,79	1186,79	11,87

Tabla 27 – Tabla de cálculo de esfuerzos y combinaciones de carga

El dimensionado de la estructura por medio del Cirsoc-FLEX \_ Desing and Verification – Estructuras de Hormigón Armado se puede apreciar en el ANEXO IV.

### VIII. CÓMPUTO Y PRESUPUESTO

Como ya se dijo anteriormente, el proyecto debe ser viable, real y ejecutable, por lo tanto se procedió al cómputo de los distintos materiales a utilizar en la obra para ejecutar un presupuesto que sea lo más bajo posible con la efectividad requerida.

El trabajo se realizó en una planilla de cálculo utilizando Microsoft Excel. Se separó en distintas pestañas:

- A. Cómputo y Presupuesto:** Se realizó una planilla en donde figuran los distintos ítems que consideramos que van a formar parte de la obra y que impactarán en el precio del proyecto propuesto, los cuales cada uno posee distintas unidades. Figura en el ANEXO V.

La planilla de cómputo funciona de la siguiente manera:

ITEM	DESIGNACION DE LAS OBRAS	U	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL	%
------	--------------------------	---	----------	-----------------	-------------	---

*Ilustración 51 – Planilla de cómputo y presupuesto*

- **Ítem:** Se establece la numeración de cada ítem de manera ascendente.
- **Designación de las obras:** Es el nombre de cada ítem, es decir la obra a realizar.
- **U:** Unidad, la unidad de medida de cada ítem, puede variar de ítem a ítem.
- **Cantidad:** Es la cantidad computada de cada ítem.
- **Precio Unitario:** Precio por unidad de medida de cada ítem, viene de la planilla de Análisis de Precios. Esta siempre en pesos.
- **Costo Total:** Se multiplica la casilla cantidad por precio unitario, de esta manera se obtiene el costo total de cada ítem.
- **%:** Es el porcentaje de incidencia de cada ítem sobre el costo total de la obra.

Los ítems que se tuvieron en cuenta en nuestro proyecto fueron 11:

1. Demolición y limpieza de muro existente
2. Demolición de alcantarillas existentes
3. Replanteo
4. Excavación para ejecución del canal
5. Compactación de suelo
6. H° de limpieza
7. H°A° para ménsula
8. Juntas para muros y solera
9. Construcción de alcantarillas nuevas
10. Limpieza general de obra
11. Documentación

En la parte final de la tabla se puede apreciar lo siguiente:

SUBTOTAL 1	
GASTOS GENERALES	1%
BENEFICIOS	10%
SUBTOTAL 2	
I.V.A. 21%	21%
COSTO TOTAL	

Ilustración 52 – Resultado de planilla de cómputo y presupuesto

- **Subtotal 1:** Es la suma bruta del costo de todos los ítems.
- **Subtotal 2:** Al subtotal 1 se le suma los gastos generales (gastos indirectos de la obra, se optó por un porcentaje del “subtotal 1” 1%) más los beneficios (ganancias por ejecución del proyecto, entre 10%-20% del “subtotal 1”).
- **Costo Total:** Es el precio final de la obra, aquí está contemplado el Impuesto al Valor Agregado, que en este caso es el 21% del “subtotal 2”.

**B. Análisis de Precios:** Es una planilla en donde se calcula el precio de cada ítem. Está relacionada con la planilla insumos, de donde se extraen los precios.

ANÁLISIS DE PRECIOS						A FECHA:
OBRA:						
ITEM: 01			UNIDAD:			
E Q U I P O S	DESIGNACION	U	CANTIDAD	\$ UNITARIOS	\$ TOTALES	
TOTAL A						
M A T E R I A L E S	DESIGNACION	U	CANTIDAD	\$ UNITARIOS	\$ TOTALES	
TOTAL B						
M O B R A	DESIGNACION	U	CANTIDAD	\$ UNITARIOS	\$ TOTALES	
TOTAL C						
COSTO DIRECTO (CD)			TOTAL D = A + B + C			

Ilustración 53– Planilla de análisis de precios

Por cada ítem tendremos equipos, materiales y mano de obra a utilizar en cada uno, en donde figura la unidad, cantidad y el precio por unidad de medida, y multiplicando los últimos dos obtendremos el precio. Se suma el total de cada y obtendremos el costo total del ítem por unidad medida.

Se puede apreciar nuestros análisis de precios en ANEXO V.

**C. Insumos:** Es una planilla simple en donde figuran los precios actualizados de cada material, equipo y mano de obra por unidad de medida.

OBRA: "Redimensionado del Canal Alberdi y Construcción de Canales para Desagües Pluviales en la Localidad de Rosario de la Frontera"			
INSUMOS			
Código	Denominación	Unidad	Precios Oferta (Julio/19)

Ilustración 54 – Planilla de insumos

La planilla se encuentra en ANEXO V.

- D. Plan de Trabajos:** El plan de trabajo nos permite establecer cuáles son los objetivos que queremos conseguir en un determinado periodo de tiempo. Para ello se confeccionó una tabla en donde figura cuanto se demorará estimativamente en realizar cada ítem y el precio de cada uno, para con estos datos trazar la curva de inversiones del proyecto.

PLAN DE TRABAJOS											
Monto Obra:											
N°	DESCRIPCION DEL ITEM	INC. %	MESES								
			01	02	03	04	05	06	07	08	

Ilustración 55 – Planilla de plan de trabajos

La curva de inversiones es la representación gráfica del porcentaje de inversión que tenemos de cada ítem con respecto al tiempo.

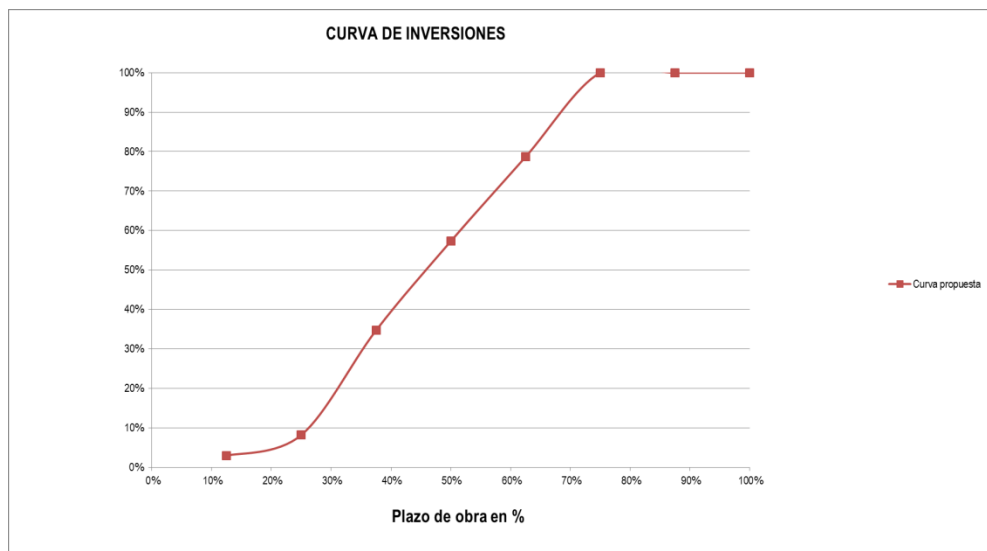


Ilustración 56 – Gráfico ejemplo de curva de inversiones

Se puede apreciar el Plan de Trabajos con la Curva de Inversiones en ANEXO V.



## **IX. CONCLUSIONES**

Luego de todo el estudio realizado en Rosario de la Frontera, se puede analizar que una de las grandes fallas fue la falta de mantenimiento del canal existente, ya que por más de no verificar los caudales requeridos por el análisis hidrológico, existen lugares con gran acumulación de sedimentos, basura que disminuyen la sección del canal.

Por otro lado, se logró establecer una solución relativamente económica para la problemática de inundación actual de la ciudad, agrandando la sección del canal existente, pudiendo conservar un muro y una parte de la solera, y verificando de esta manera el agua escurrida por las lluvias. Por lo tanto no hace falta construir canales auxiliares para la evacuación del agua, ya que con el redimensionado anteriormente mencionado es suficiente. De esta manera se puede decir que el estudio y solución proyectada fue satisfactoria.

En conclusión y como cierre del estudio, se recomienda realizar la obra y proyectar su mantenimiento para que los problemas antes mencionados no vuelvan a ocurrir.

**BIBLIOGRAFÍA:**

- [www.ciclohidrologico.com](http://www.ciclohidrologico.com)
- [www.geosoluciones.cl](http://www.geosoluciones.cl)
- Manual de Topografía – Altimetría – Ing. Sergio Navarro Hudiel
- [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)
- [www.inta.gob.ar](http://www.inta.gob.ar)
- Diapositivas de clases – Ing. Nieves - UCASAL
- [www.kolidainstrument.com](http://www.kolidainstrument.com)
- <http://eadic.com/blog/topocal-calculos-topograficos>.
- [http://eias.utralca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/manuales/b\\_modulo\\_IDF.pdf](http://eias.utralca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/manuales/b_modulo_IDF.pdf).
- <http://www.hypergeo.eu/spip.php?article300>.
- Apuntes de Hidrología - UCASAL - Ing. Francisco Ramos.
- <http://murosmensula.cype.es>
- <https://www.cursosgis.com/que-es-hec-ras-y-para-que-sirve>