

	Rehabilitación Integral Pista 02-20 AIR <b>MEMORIA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA</b>		 <small>AEROPUERTO INTERNACIONAL ROSARIO ISLAS MALVINAS</small>
	<b>REV. 00</b> AIR-RWY-HI-01-00	<b>Fecha Rev.</b> 22/7/2021	



**AEROPUERTO  
INTERNACIONAL  
ROSARIO**  
ISLAS MALVINAS

# **AEROPUERTO INTERNACIONAL DE ROSARIO "ISLAS MALVINAS"**

---

**PROYECTO:**

**Rehabilitación Integral Pista 02-20 AIR**

**MEMORIA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**

**Julio de 2021**

	Rehabilitación Integral Pista 02-20 AIR <b>MEMORIA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA</b>		
	<b>REV. 00</b> AIR-RWY-HI-01-00	<b>Fecha Rev.</b> 22/7/2021	

**AEROPUERTO INTERNACIONAL DE ROSARIO "ISLAS MALVINAS"**

**REHABILITACIÓN INTEGRAL PISTA 02-20 AIR**

**MEMORIA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**

	Rehabilitación Integral Pista 02-20 AIR <b>MEMORIA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA</b>		
	<b>REV. 00</b> AIR-RWY-HI-01-00	<b>Fecha Rev.</b> 22/7/2021	

<b>Capítulo 1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>4</b>
1.1	Documentos relacionados.....	4
1.2	Normativa .....	4
1.3	Fuentes bibliográficas .....	4
1.4	Antecedentes .....	5
1.5	Glosario .....	5
<b>Capítulo 2</b>	<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>5</b>
<b>Capítulo 3</b>	<b>SISTEMA PLUVIAL</b> .....	<b>6</b>
<b>Capítulo 4</b>	<b>ESTUDIO HIDROLOGICO</b> .....	<b>7</b>
4.1	Criterios de Diseño .....	7
4.2	Curvas IDF .....	7
4.3	Caudal de diseño .....	8
<b>Capítulo 5</b>	<b>ESTUDIO HIDRAULICO</b> .....	<b>12</b>
5.1	Alcantarillas .....	12
5.2	Cunetas .....	14
<b>Capítulo 6</b>	<b>SUBDRENES</b> .....	<b>15</b>
<b>Capítulo 7</b>	<b>AFECTACION DEL CANAL SALVAT</b> .....	<b>17</b>
7.1	Estudio Hidrológico .....	18
7.2	Estudio Hidráulico .....	20
<b>ANEXO 1. Modelación Hidráulica</b>		

	Rehabilitación Integral Pista 02-20 AIR <b>MEMORIA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA</b>		
	<b>REV. 00</b> AIR-RWY-HI-01-00	<b>Fecha Rev.</b> 22/7/2021	

## Capítulo 1 INTRODUCCIÓN

La presente documentación tiene por objeto desarrollar el Proyecto Fase II para la rehabilitación de la Pista 02-20 del Aeropuerto Internacional Rosario "Islas Malvinas".

La presente memoria contiene el desarrollo de los estudios hidrológico e hidráulico del sistema pluvial correspondiente al sector norte del aeropuerto, considerando que el sector sur se resolvió en el proyecto Rehabilitación de Plataforma Comercial y Rodajes - año 2017.

*Figura 1 – Imagen satelital del predio aeroportuario. Fuente: Google Maps 2019*



### 1.1 Documentos relacionados

La memoria se relaciona con información descrita en los siguientes documentos:

- AIR-RWY-HI-01 – Memoria de Ingeniería Hidráulica
- AIR-RWY-HI-A1-01 – Anexo Modelación Hidráulica
- AIR-RWY-HI-CUE-01 – Planimetría de Cuencas
- AIR-RWY-HI-ALC-01
- AIR-RWY-HI-OH-01
- AIR-RWY-HI-DRE-01

### 1.2 Normativa

Se han utilizado las siguientes normas y recomendaciones:

- FAA – AC 150/5320-5D. Airport Drainage Design

### 1.3 Fuentes bibliográficas

Se ha utilizado la siguiente fuente de consulta bibliográfica:

- Ven Te Chow et al, 1988 – Hidrología Aplicada (traducción 1994).

	Rehabilitación Integral Pista 02-20 AIR <b>MEMORIA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA</b>		
	<b>REV. 00</b> AIR-RWY-HI-01-00	<b>Fecha Rev.</b> <b>22/7/2021</b>	

- Basile et al, 2009 - Derivación De Curvas Intensidad-Duración-Recurrencia Unificadas Para La Ciudad De Rosario, Santa Fe, Argentina. XXII Congreso Nacional del Agua, Trelew, Chubut. 12 p. ISBN 978-987-25369-1-6. Trab. Nº 199.
- Manual de Carreteras de California, versión 2020.

## 1.4 Antecedentes

Para la presente evaluación de la estructura existente se recurrió a distintas documentaciones. Entre la se encuentra:

- "Remodelación del Aeropuerto Internacional Islas Malvinas, Rosario, Diseño Hidrológico Hidráulico, Estudio de Factibilidad Hidráulica (Desarrollado por Ing. Postiglione, año 2017)

## 1.5 Glosario

### 1.5.1 Entidades

- AIR      Aeropuerto Internacional Rosario "Islas Malvinas"
- FAA      Federal Aviation Administration, EEUU
- FHWA    Federal Highway Administration, EEUU
- IRAM    Instituto Argentino de Normalización y Certificación

### 1.5.2 Siglas

- IDF      Intensidad – Duración - Frecuencia

### 1.5.3 Definiciones

- Caudal de diseño: cantidad de agua que pasa por un punto específico en un sistema hidráulico en el tiempo de retorno de diseño.
- Tiempo de concentración: tiempo requerido por una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca.
- Tiempo de retorno: tiempo de recurrencia promedio entre eventos que igualen o excedan una magnitud especificada.

## Capítulo 2 METODOLOGÍA

En este capítulo se describe el procedimiento realizado para el estudio hidrológico e hidráulico del sistema pluvial del proyecto.

En el estudio hidrológico, a partir de los criterios de diseño y de las curvas IDF adoptados, se procede a determinar los caudales de diseño mediante el método racional.

Primero se deben definir las cuencas y sus características geométricas, según las curvas de nivel establecidas de acuerdo al diseño geométrico correspondiente a la ampliación de pista y al pavimento existente y el terreno natural. Luego, se calcula el coeficiente de

	Rehabilitación Integral Pista 02-20 AIR <b>MEMORIA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA</b>		 AEROPUERTO INTERNACIONAL ROSARIO ISLAS MALVINAS
	<b>REV. 00</b> AIR-RWY-HI-01-00	<b>Fecha Rev.</b> 22/7/2021	

escorrentía, de acuerdo a las características de la superficie del suelo, y el tiempo de recurrencia.

Posteriormente, se calcula la intensidad de cada cuenca, en función del tiempo de concentración y por último se determina el caudal de diseño.

En el estudio hidráulico, se define el correcto funcionamiento de las alcantarillas ubicadas bajo el camino perimetral, mediante el uso del programa de análisis de alcantarillas HY-8, desarrollado por la Federal Highway Administration.

### Capítulo 3 SISTEMA PLUVIAL

Todas las cuencas trazadas en el sector norte del Aeropuerto Internacional de Rosario escurren superficialmente hasta las cunetas del lado interno del camino perimetral, hacia alcantarillas emplazadas debajo del mismo, y el agua descarga en cunetas del lado externo para terminar de desaguar en el canal Salvat.

La cuenca 1 escurre en el lado Oeste del aeropuerto desde la divisoria de aguas respecto el sector sur, en la progresiva 1+325, aproximadamente, hasta la alcantarilla ubicada en el punto A.

La cuenca 2 se ubica en el sector noreste del aeropuerto, siendo alcanzada únicamente de cobertura vegetal, y descarga en la obra presente en el punto B.

Las cuencas 3 y 4 escurren en el lado este del aeropuerto, descargando en los puntos C y D, hacia la cuneta paralela al camino perimetral.

La cuenca 5 escurre en el lado este del aeropuerto, desde la divisoria de aguas entre el sector norte y sur. Entre la pista y el camino perimetral se encuentra una cuneta, que descarga en la alcantarilla emplazada en el punto E y desagua en la cuneta adyacente al camino perimetral para terminar en el canal Salvat.

*Figura 2 – Sentido de escurrimiento en el extremo norte del Aeropuerto Internacional de Rosario.*



	Rehabilitación Integral Pista 02-20 AIR <b>MEMORIA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA</b>		 AEROPUERTO INTERNACIONAL ROSARIO ISLAS MALVINAS
	<b>REV. 00</b> AIR-RWY-HI-01-00	<b>Fecha Rev.</b> 22/7/2021	

Figura 3 – Sentido de escurrimiento para la cuenca 4, en el Aeropuerto Internacional de Rosario.



Figura 4 – Descarga de la cuenca 5, en Aeropuerto Internacional de Rosario.



## Capítulo 4 ESTUDIO HIDROLOGICO

### 4.1 Criterios de Diseño

Para definir el caudal máximo de diseño se adoptan los siguientes criterios de diseño:

- Tiempo de retorno TR = 5 años, acorde a la Federal Aviation Administration (FAA).
- Tiempo de retorno TR = 100 años, según ley provincial 11.730
- Tiempo de concentración mínimo = 5 minutos.

### 4.2 Curvas IDF

Las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia corresponden a la serie 1935-2007 de la Estación Rosario Aeropuerto del SMN (Basile et al. 2009), para la ciudad de Rosario. La parametrización de las curvas IDF responden a:

$$I = \frac{A}{(t + B)^C}$$

Donde:

I: intensidad, en mm/h

t: tiempo de duración de la precipitación, en min

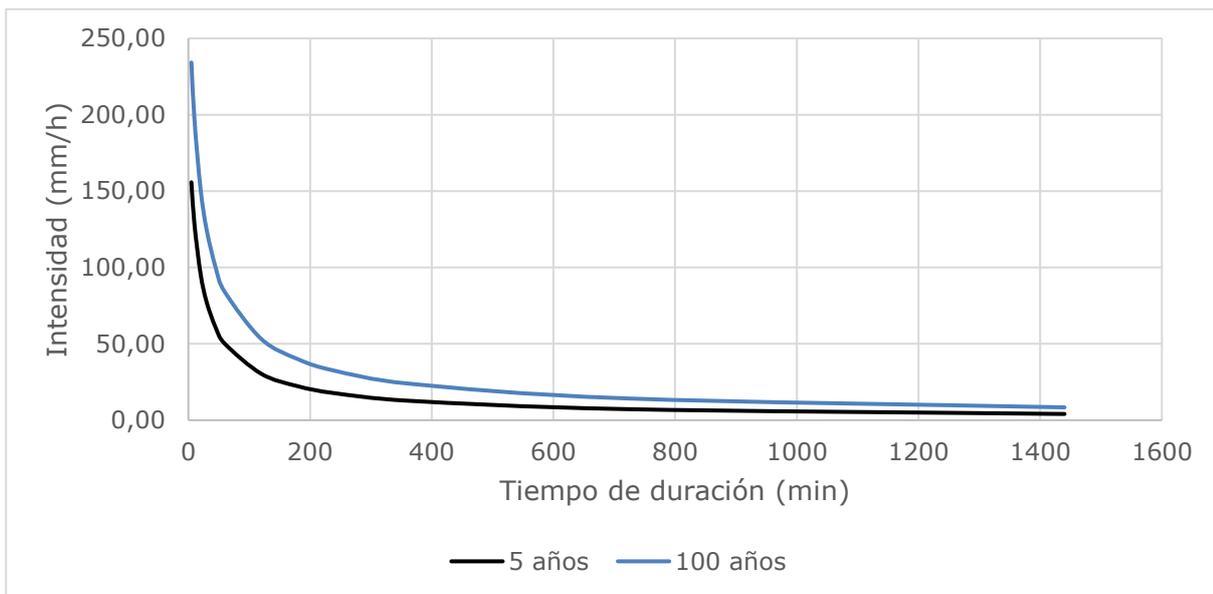
A, B, C: parámetros

Los parámetros correspondientes a periodo de retorno de cinco (5) y cien (100) años resultan:

Tabla 1 – Parámetros IDF

	<b>5 años</b>	<b>100 años</b>
<b>A</b>	1899,00	2400,00
<b>B</b>	14,35	15,004
<b>C</b>	0,844	0,777

Las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia presentan la siguiente forma:



### 4.3 Caudal de diseño

Para determinar el caudal de diseño para las cuencas dentro del predio del aeropuerto, se utiliza el método racional, cuya expresión es:

$$Q = \frac{A \times C \times I}{360}$$

Donde:

Q: caudal máximo de diseño, en m<sup>3</sup>/s

C: coeficiente de escorrentía

I: intensidad uniforme en toda la cuenca para una duración igual al tiempo de concentración, en mm/h

	Rehabilitación Integral Pista 02-20 AIR <b>MEMORIA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA</b>		 AEROPUERTO INTERNACIONAL ROSARIO ISLAS MALVINAS
	<b>REV. 00</b> AIR-RWY-HI-01-00	<b>Fecha Rev.</b> <b>22/7/2021</b>	

A: área de la cuenca, en Ha.

Suponiendo que se inicia una lluvia con intensidad constante y que ésta continúa en forma indefinida, el método racional considera que la escorrentía comienza a generarse en forma instantánea, incrementándose hasta llegar a un valor máximo en un tiempo crítico, igual al tiempo de concentración, instante a partir del cual toda la cuenca contribuye simultáneamente al caudal en la salida.

El método teóricamente asume que no hay almacenamiento temporario de agua en la cuenca y que la intensidad de precipitación es constante durante toda la tormenta y uniforme en toda la cuenca.

También asume que la recurrencia del caudal pico es la misma que la intensidad máxima.

El coeficiente de escorrentía representa la relación entre la parte de la precipitación que circula superficialmente y la precipitación total, entendiendo que la superficial es menor que la precipitación total al descontar la evaporación, infiltración y almacenamiento. La estimación del coeficiente de escorrentía constituye la mayor dificultad e incertidumbre en la aplicación del método, dado que este coeficiente debe tener en cuenta todos los factores que afectan al caudal máximo.

Los efectos de la precipitación y tamaño de la cuenca se tienen en cuenta explícitamente y las otras características físicas de la cuenca se consideran indirectamente en el tiempo de concentración y el coeficiente de escorrentía.

Estas hipótesis sólo pueden ser satisfechas en pequeñas áreas impermeables, donde no influyen ni la distribución espacio-temporal de la lluvia ni la condición de humedad antecedente del suelo.

Por lo tanto, su uso debe estar limitado a áreas no mayores a 80 ha, preferentemente impermeables. La aplicación del método a cuencas mayores al tamaño máximo aconsejado tiende a sobreestimar los caudales máximos.

#### 4.3.1 Trazado de Cuencas

La delimitación de las cuencas se realiza en base al diseño geométrico, el terreno natural y el sistema de drenaje. El plano con el trazado resultante se presenta en la documentación gráfica correspondiente (ver plano AIR-RWY-HI-CUE-01).

A continuación, se indican las áreas de las cuencas:

*Tabla 2 – Áreas de las cuencas*

<b>CUENCA</b>	<b>ÁREA (Ha)</b>
<b>1</b>	27,07
<b>2</b>	3,79
<b>3</b>	4,34
<b>4</b>	6,14
<b>5</b>	33,96

#### 4.3.2 Coeficiente de Escorrentía

El coeficiente de escorrentía,  $C$ , es la variable menos precisa del método racional. La proporción de la lluvia total que alcanzarán los drenajes depende del porcentaje de permeabilidad, de la pendiente y de las características de encharcamiento de la superficie.

El coeficiente de escorrentía también depende de las características y las condiciones de suelo. La tasa de infiltración disminuye a medida que la lluvia continúa y también es influida por las condiciones de humedad antecedentes del suelo.

El coeficiente de escorrentía es función de la cobertura del suelo y de otras características hidrológicas. Los valores típicos pueden observarse a continuación extraída de Hidrología Aplicada, Ven Te Chow.

Tabla 3 – Coeficientes de Escorrentía. Fuente: Ven Te Chow

Característica de la superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Áreas desarrolladas</b>							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
<b>Zonas verdes (jardines, parques, etc.)</b>							
<i>Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)</i>							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio (cubierta de pasto del 50% al 75% del área)</i>							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)</i>							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
<b>Áreas no desarrolladas</b>							
<b>Área de cultivos</b>							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
<b>Pastizales</b>							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<b>Bosques</b>							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

*Nota:* Los valores de la tabla son los estándares utilizados en la ciudad de Austin, Texas. Utilizada con autorización.

#### 4.3.3 Tiempo de concentración

De acuerdo a la Federal Aviation Administration (FAA), el tiempo de concentración es la suma del tiempo correspondiente al flujo laminar en superficies de poca pendiente ( $T_1$ ), el debido al flujo laminar concentrado, que depende de la velocidad y la pendiente ( $T_2$ ) y perteneciente al flujo que descarga en canales o tuberías, determinado según la ecuación de Chezy-Manning ( $T_3$ )

	Rehabilitación Integral Pista 02-20 AIR <b>MEMORIA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA</b>		 AEROPUERTO INTERNACIONAL ROSARIO ISLAS MALVINAS
	<b>REV. 00</b> AIR-RWY-HI-01-00	<b>Fecha Rev.</b> <b>22/7/2021</b>	

$$T_1 = \frac{K_c}{I^{0.4}} \times \left(\frac{n \times L}{\sqrt{S}}\right)^{0.6}$$

Donde

$T_1$ : tiempo de concentración, en min

$n$ : coeficiente de rugosidad de Manning, se adopta  $n = 0.013$

$L$ : longitud del flujo, en ft

$I$ : intensidad, en in/hr

$S$ : pendiente promedio de la cuenca, en ft/ft

$K_c$ : coeficiente empírico, igual a 0.933

$$T_2 = \frac{L_2}{V_2 \times 60 \times 3.28}$$

$$V_2 = 3.28 \times k \times S_p^{0.5}$$

Donde

$T_2$ : tiempo de concentración, en min

$L_2$ : longitud del flujo, en m

$V_2$ : velocidad, en ft/s

$k$ : coeficiente de intercepción, según Tabla 4

$S_p$ : pendiente, en %

Tabla 4 – Coeficiente de intercepción

Land Cover/Flow Regime	$k$
Forest with heavy ground litter; hay meadow (overland flow)	0.076
Trash fallow or minimum tillage cultivation; contour or strip cropped; woodland (overland flow)	0.152
Short grass pasture (overland flow)	0.213
Cultivated straight row (overland flow)	0.274
Nearly bare and untilled (overland flow); alluvial fans in western mountain regions	0.305
Grassed waterway (shallow concentrated flow)	0.457
Unpaved (shallow concentrated flow)	0.491
Paved area (shallow concentrated flow); small upland gullies	0.619

$$T_3 = \frac{L_3}{V_3 \times 60}$$

$$V_3 = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{0.5}$$

Donde

	Rehabilitación Integral Pista 02-20 AIR <b>MEMORIA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA</b>		 AEROPUERTO INTERNACIONAL ROSARIO ISLAS MALVINAS
	<b>REV. 00</b> AIR-RWY-HI-01-00	<b>Fecha Rev.</b> <b>22/7/2021</b>	

$T_3$ : tiempo de concentración, en min

$L_3$ : longitud del flujo, en m

$V_3$ : velocidad, en m/s

$n$ : coeficiente de rugosidad de Manning, se adopta  $n = 0.035$

$R$ : radio hidráulico, en m

$S$ : pendiente, en m/m

Como el tiempo de concentración se obtiene mediante iteración, se adopta como valor inicial treinta (30) minutos.

A continuación, se expresan los tiempos de concentración correspondiente a cada cuenca:

*Tabla 5 – Tiempo de concentración*

<b>CUENCA</b>	<b>T1 (min)</b>	<b>T2 (min)</b>	<b>T3 (min)</b>	<b>Tc</b>
<b>1</b>	0,34	5,96	222,24	228,53
<b>2</b>	0,00	28,79	23,60	52,39
<b>3</b>	0,31	10,89	52,97	64,18
<b>4</b>	0,34	11,00	129,07	140,41
<b>5</b>	0,42	4,38	174,21	179,00

#### 4.3.4 Caudales

Luego de la aplicación del Método Racional se obtuvieron los siguientes caudales de aporte asociados a cada cuenca:

*Tabla 6 – Caudales*

<b>CUENCA</b>	<b><math>Q_5</math> (<math>m^3/s</math>)</b>
<b>1</b>	0,47
<b>2</b>	0,13
<b>3</b>	0,13
<b>4</b>	0,11
<b>5</b>	0,49

## Capítulo 5 ESTUDIO HIDRAULICO

### 5.1 Alcantarillas

Se realiza la verificación del sistema hidráulico completo. Para la verificación del diseño hidráulico, se utiliza el software HY8 desarrollado por la FHWA.

Hay cinco (5) alcantarillas existentes en el sector norte a verificar.

Figura 5 – Ubicación de alcantarillas.



Las secciones existentes de las alcantarillas resultan:

Tabla 7 – Secciones de alcantarillas

	<b>Vano</b>	<b>Φ (m)</b>	<b>J (m)</b>
<b>A1</b>	1	0,60	10,40
<b>A2</b>	2	0,60	12,40
<b>A3</b>	1	0,60	12,20
<b>A4</b>	1	0,60	12,30
<b>A5</b>	3	0,50	10,00

En el anexo de la memoria (AIR-RWY-HI-A1-01) se presenta salida de las modelaciones realizadas para la verificación de las alcantarillas.

Luego de hacer la modelación, se observa que las alcantarillas verifican hidráulicamente, excepto la alcantarilla A1. En esta, se advierte que el nivel de agua supera el nivel del camino perimetral, en consecuencia, se debe incorporar a la alcantarilla dos (2) caños de hormigón de 0,60m, que responde al plano AIR-RWY-HI-ALC-01, resultando en total tres (3) vanos.

Por otro lado, la velocidad en la salida de las alcantarillas debe limitarse para evitar la socavación y erosión del cauce hacia aguas abajo. Los valores máximos recomendables se indican en la siguiente tabla:

Tabla 8 – Velocidad admisible

Boundary Category	Boundary Type	Permissible Shear Stress (lb/ft <sup>2</sup> )	Permissible Velocity (ft/s)
Soils <sup>(1)</sup>	Fine colloidal sand	0.03	1.5
	Sandy loam (noncolloidal)	0.04	1.75
	Clayey sands (cohesive, PI ≥ 10)	0.095	2.6
	Inorganic silts (cohesive, PI ≥ 10)	0.11	2.7
	Silty Sands (cohesive, PI ≥ 10)	0.072	2.4
	Alluvial silt (noncolloidal)	0.05	2
	Silty loam (noncolloidal)	0.05	2.25
	Finer than coarse sand - D <sub>75</sub> < 0.05 in. (non-cohesive)	0.02	1.3
	Firm loam	0.075	2.5
	Fine gravels	0.075	2.5
	Fine gravel (non-cohesive, D <sub>75</sub> = 0.3 in, PI<10)	0.12	2.8
	Gravel (D <sub>75</sub> = 0.6 in) (non-cohesive, D <sub>75</sub> = 0.6 in, PI<10)	0.24	3.7
	Inorganic clays (cohesive, PI ≥ 20)	0.14	2.9
	Stiff clay	0.25	4.5
	Alluvial silt (colloidal)	0.25	3.75
	Graded loam to cobbles	0.38	3.75
	Graded silts to cobbles	0.43	4
	Shales and hardpan	0.67	6
	Class A turf (Table 4.1, HEC	3.7	8

Por consiguiente, en base a los materiales presentes en el suelo de la zona, se recomienda, en toda alcantarilla cuya velocidad a la salida sea superior a 0.70 m/s, la implementación de colchonetas de piedra embolsada a efectos de disipar la energía y evitar el fenómeno de erosión. Como se observa en los resultados de la modelación en el anexo, no es necesario colocar protección contra la erosión.

## 5.2 Cunetas

La verificación hidráulica de las cunetas se realiza utilizando el programa Hydraulic Toolbox, desarrollado por la FHWA, que emplea la ecuación de Chezy-Manning:

$$Q = \frac{\Omega}{n} \times R^{2/3} \times S_o^{1/2}$$

Donde,

Q: caudal, en m<sup>3</sup>/s

Ω: sección hidráulica, en m<sup>2</sup>

n: coeficiente de rugosidad de Manning, se adopta n = 0,030

R: radio hidráulico, en m

S<sub>o</sub>: pendiente de la solera, en m/m

Las cunetas responden a la sección transversal triangular:

	Rehabilitación Integral Pista 02-20 AIR <b>MEMORIA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA</b>		 AEROPUERTO INTERNACIONAL ROSARIO ISLAS MALVINAS
	<b>REV. 00</b> AIR-RWY-HI-01-00	<b>Fecha Rev.</b> <b>22/7/2021</b>	

Figura 6 – Sección transversal de cunetas en las cuencas 1 y 5.

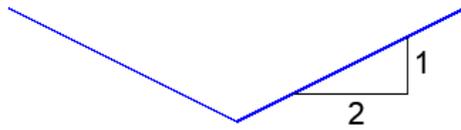
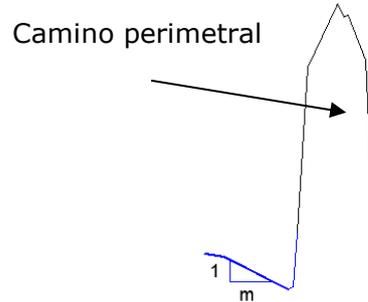


Figura 7 – Sección transversal de cunetas en las cuencas 2, 3 y 4.



Donde m varía entre 1.5 y 2.0.

La salida de la modelación se presenta en el anexo, donde se observa que la altura libre de las cunetas es suficiente para el tirante obtenido correspondiente a una recurrencia de diseño de cinco (5) años.

## Capítulo 6 SUBDRENES

Según las recomendaciones de la Federal Aviation Administration (FAA), Advisory Circular 150/5320-5D publicada en el año 2013 los drenes deben tener la capacidad de manejar el agua de la capa de drenaje, por lo tanto, se debe verificar que el caudal admisible en los conductos proyectados sea mayor que el caudal pico de diseño calculado para el mismo.

El caudal pico de diseño del dren colector se calcula a través de la siguiente expresión:

$$Q = 1000 \times H \times i \times k$$

Donde,

Q: caudal, en mm<sup>3</sup>/s/m

H: espesor de la capa de drenaje (en mm).

i: pendiente de la capa de drenaje (mm/mm).

k: permeabilidad del material en la capa de drenaje (en mm/s).

El coeficiente de permeabilidad (k) de arenas y materiales de grava, clasificado entre los límites generalmente establecidos para bases de pavimento y subbases, depende principalmente del porcentaje de partículas que pasan el tamiz de 0,075 mm (No. 200).

En la siguiente tabla se presentan estimaciones de la permeabilidad de estos materiales.

	Rehabilitación Integral Pista 02-20 AIR <b>MEMORIA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA</b>		
	<b>REV. 00</b> AIR-RWY-HI-01-00	<b>Fecha Rev.</b> <b>22/7/2021</b>	

Tabla 9 – Permeabilidad según el porcentaje pasante en el tamiz N<sup>o</sup>200, FAA

Percent by Weight Passing 0.075 mm (No. 200) Sieve	Permeability for Remolded Samples	
	mm/sec	ft/min
3	$5 \times 10^{-1}$	$10^{-1}$
5	$5 \times 10^{-2}$	$10^{-2}$
10	$5 \times 10^{-3}$	$10^{-3}$
15	$5 \times 10^{-4}$	$10^{-4}$
20	$5 \times 10^{-5}$	$10^{-5}$

El espesor de la capa de drenaje se calcula de manera que la capacidad de la capa de drenaje sea igual o mayor que la infiltración de la tormenta de diseño.

$$H = \frac{2 \times F \times R \times L \times t}{(1.7 \times n_e \times L) + (k \times i \times t)}$$

Donde:

H: espesor de la capa de drenaje, en m

F: coeficiente de infiltración

L: longitud de la ruta de drenaje, en m

R: intensidad de tormenta de diseño (R), en m/h

k: coeficiente de permeabilidad de la capa de drenaje, en m/h

t: duración de la tormenta de diseño (t), en h

i: pendiente de la capa de drenaje (mm/mm).

Se adopta una tormenta de diseño de una (1) hora de duración con un retorno esperado (R) correspondiente a una recurrencia de (2) años.

Los parámetros de la curva IDF correspondientes a periodo de retorno de dos (2) resultan:

Tabla 10 – Parámetros IDF

<b>2 años</b>	
<b>A</b>	2503,797
<b>B</b>	22,997
<b>C</b>	0,8896

El coeficiente de infiltración (F) varía a lo largo de la vida útil del pavimento dependiendo del tipo de pavimento, drenaje superficial, pavimento, por lo tanto, se admite un valor de 0,50 para el diseño.

Dado que la pendiente longitudinal de la pista es nula, se adopta como pendiente de los subdrenes colectores proyectados el valor mínimo determinado según la FAA (0,15%).

	Rehabilitación Integral Pista 02-20 AIR <b>MEMORIA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA</b>		 AEROPUERTO INTERNACIONAL ROSARIO ISLAS MALVINAS
	<b>REV. 00</b> AIR-RWY-HI-01-00	<b>Fecha Rev.</b> <b>22/7/2021</b>	

El subdren colector resulta ser de caño de PVC perforado. Para determinar el diámetro, se utiliza la expresión de Chezy-Manning, cuyo coeficiente de rugosidad de Manning es  $n = 0,011$ .

A continuación, se muestran los valores del espesor de la capa de drenaje, el caudal de diseño obtenido y la relación tirante/diámetro obtenidos:

*Tabla 11 – H, Q, h/D*

PK inicio	PK fin	Lado	H (mm)	Q (mm <sup>3</sup> /s/m)	D (m)	h/d
2400	2600	D	1960,69	310,45	0,15	0,211
		I	1960,69	294,12	0,15	0,211
2825	2600	D	1960,69	310,44	0,15	0,212
		I	1960,69	294,10	0,15	0,212
2825	2945	D	1960,69	294,10	0,15	0,209
		I	1960,76	290,85	0,15	0,209
3007	2945	D	1960,70	287,57	0,15	0,208
		I	1960,76	284,31	0,15	0,208

El diámetro adoptado para los drenes es de 0,15 m, coincidente con el diámetro mínimo recomendado para estructuras de este tipo.

Según las recomendaciones, la longitud máxima de colector entre cámaras de inspección es de 150m.

En las progresivas 2+600 y 2+945, se prevé la instalación de un dren de salida, de PVC no perforado, que desagüe al dren colector en la respectiva cuneta lateral. La pendiente en cada caso es la necesaria para que la cota de descarga sea superior a la cota del nivel de agua desarrollado en la cuneta donde desagua.

En la documentación gráfica AIR-RWY-HI-DRE-01, se puede observar la disposición de los drenes colectores, laterales y las cámaras de inspección.

Debido a las pendientes de los subdrenes que resultan ser muy pequeñas, se recomienda un mantenimiento constante de estos elementos para evitar la disminución de su capacidad hidráulica por la deposición de sedimentos.

## **Capítulo 7 AFECTACION DEL CANAL SALVAT**

Por tratarse de un aeropuerto internacional donde se requiere que la pista, aún durante la presentación de eventos extraordinarios, no sea alcanzada por el excedente de escurrimiento superficial del canal Salvat para una recurrencia de diseño de  $R = 100$  años.

	Rehabilitación Integral Pista 02-20 AIR <b>MEMORIA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA</b>		
	<b>REV. 00</b> AIR-RWY-HI-01-00	<b>Fecha Rev.</b> <b>22/7/2021</b>	

## 7.1 Estudio Hidrológico

### 7.1.1 Trazado de Cuenca

El trazado de la cuenca se realiza utilizando el Modelo de Elevación Digital (DEM) con resolución de 5m, obtenidas del Instituto Geográfico Nacional (IGN):

- ✓ 3360-14-1-c
- ✓ 3360-14-1-d
- ✓ 3360-14-2-c
- ✓ 3360-14-3-a
- ✓ 3360-14-3-b
- ✓ 3360-14-4-a

El plano con el trazado resultante se presenta en la documentación gráfica correspondiente (ver plano AIR-RWY-HI-CUE-02). A continuación, se indican las características de la cuenca considerada:

*Tabla 12 – Característica Cuenca Salvat*

<b>Cuenca</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>L (m)</b>	<b>S (%)</b>
<b>Salvat</b>	45,83	10.500	0,16

### 7.1.2 Número de Curva

De la precipitación total, existe una cierta cantidad para la cual no ocurrirá escorrentía (pérdidas).

A los fines de la estimación de las pérdidas esperables para los distintos eventos pluviométricos a simular, se realiza la caracterización de la cuenca según las recomendaciones del Soil Conservation Service (S.C.S.) y el método denominado del CN o Número de la Curva. El método permite calcular las abstracciones de la precipitación de una tormenta, y, de esta manera, definir las precipitaciones netas o efectivas, a partir de la clasificación del terreno según el tipo de suelos que lo componen, y su cobertura vegetal o usos específicos.

El S.C.S. ha generado una metodología para la determinación del Coeficiente CN o Número de la Curva, que define la capacidad del suelo de retener e infiltrar parte de la precipitación. El CN es un valor adimensional variable entre uno (1) y cien (100), que está tabulado para cuatro tipos de suelo de distinta capacidad para la infiltración, y para una gran variedad de usos agrícolas y urbanísticos, lo que modifica tal capacidad de infiltración. Los suelos del Grupo A, comprenden las arenas profundas, con muy poca arcilla y limo, o loes permeables. Los del Grupo B, comprenden los suelos arenosos poco profundos de deposición eólica y marga arenosa. Los del Grupo C, comprenden margas arcillosas, suelos con bajo contenido orgánico y altos contenidos de arcilla. Los suelos del Grupo D, comprenden arcillas expansivas y ciertos suelos salinos.

	Rehabilitación Integral Pista 02-20 AIR <b>MEMORIA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA</b>		
	<b>REV. 00</b> AIR-RWY-HI-01-00	<b>Fecha Rev.</b> <b>22/7/2021</b>	

Dentro de cada grupo, el número de curva varía según el uso del suelo, y sus valores se obtienen de "Hidrología Aplicada" de Ven Te Chow.

Es un suelo muy profundo desarrollado a partir de sedimentos loésicos franco limoso, con buena capacidad de almacenamiento de agua, moderadamente bien drenado, lenta permeabilidad que ha evolucionado en un paisaje de lomas extendidas planas (pendiente 0,5%) situadas en los departamentos Rosario y San Lorenzo, provincia de Santa Fe, dentro de la región pampeana húmeda. Es decir, que pertenece a grupo hidrológico B.

A continuación, se presentan los coeficientes ponderados de la cuenca, en condiciones antecedentes de humedad normal y húmedas:

*Tabla 13 - Número de curva, Cuenca Salvat*

<b>Cuenca</b>	<b>CN (II)</b>	<b>CN (III)</b>
<b>Salvat</b>	62,39	79,23

### 7.1.3 Tiempo de concentración

La elegida para este caso es la correspondiente a la Ecuación de Retardo de SCS:

$$T_c = \frac{100 \cdot L^{0.8} \cdot \left[ \left( \frac{1.000}{CN} \right) - 9 \right]^{0.7}}{1.900 \cdot S^{0.5}}$$

Donde:

Tc: tiempo de concentración, en minutos,

L: longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, en pies,

CN: número de curva SCS

S: pendiente promedio de la cuenca, en %.

El tiempo de concentración y el tiempo de retardo para la cuenca se muestran a continuación:

*Tabla 14 - Tiempo de concentración y de retardo, Cuenca Salvat*

<b>Cuenca</b>	<b>T<sub>c</sub> (min)</b>	<b>T<sub>lag</sub> (min)</b>
<b>Salvat</b>	1372,60	823,56

### 7.1.4 Precipitación de Diseño

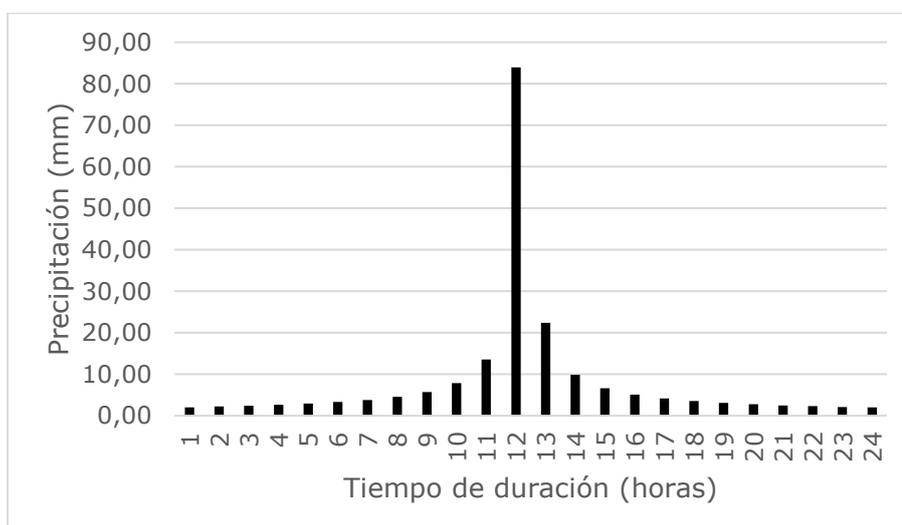
El hietograma de precipitación de diseño se obtiene de acuerdo al tiempo de concentración de la cuenca utilizando el método del bloque alternativo, una forma simple utilizando una curva-duración-frecuencia. Este método especifica la profundidad de precipitación en n intervalos de tiempo sucesivos de duración Δt, sobre una duración total de Td=n.Δt.

	Rehabilitación Integral Pista 02-20 AIR <b>MEMORIA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA</b>		
	<b>REV. 00</b> AIR-RWY-HI-01-00	<b>Fecha Rev.</b> <b>22/7/2021</b>	

Después de seleccionar el periodo de retorno de diseño, la intensidad es leída en una curva IDF para cada una de las duraciones  $\Delta t$ ,  $2\Delta t$ ,  $3\Delta t$ ,  $4\Delta t$ ,... y la profundidad de precipitación correspondiente se encuentra al multiplicar la intensidad y la duración. Tomando diferencias entre valores sucesivos de profundidad de precipitación, se encuentra la cantidad de precipitación que debe añadirse por cada unidad adicional de tiempo  $\Delta t$ . Estos incrementos o bloques se reordenan en una secuencia temporal de modo que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración requerida  $T_d$  y que los demás bloques queden en orden descendente alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central para formar el hietograma de diseño.

El tiempo de duración de precipitación de diseño se asume de acuerdo al tiempo de concentración. Por lo tanto, se adopta 24 horas como tiempo de duración.

Figura 8 – Hietograma



#### 7.1.5 Caudal de Diseño

El caudal de diseño se obtiene realizando la modelación hidrológica en el software HEC-HMS, desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos (USACE). El valor conseguido es  $85,31 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## 7.2 Estudio Hidráulico

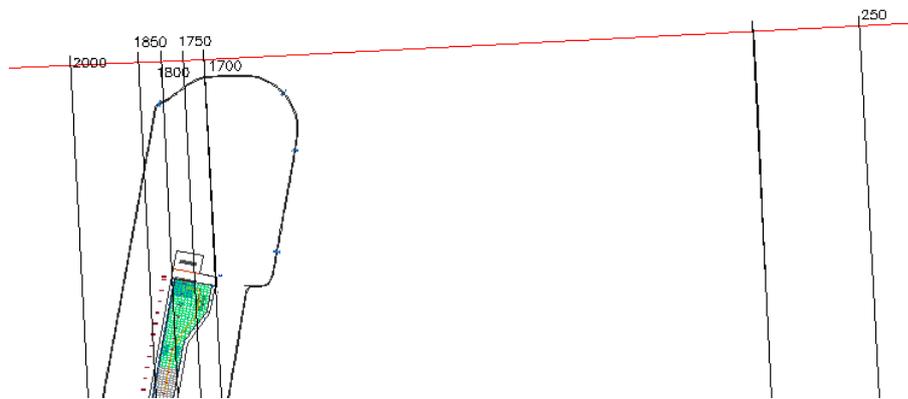
La modelación hidrodinámica se realiza utilizando el software HEC-RAS, desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos. El objeto es determinar los niveles de agua alcanzados en el cauce para el caudal de diseño, correspondiente a cien (100) años de recurrencia, el cual resulta ser de  $85,31 \text{ m}^3/\text{s}$ , según el estudio hidrológico.

El modelo requiere para la interpretación de la forma de la sección del cauce, la introducción de perfiles transversales al cauce con una extensión lateral tal que permita contener completamente el perfil del escurrimiento líquido, y ubicados correctamente en la progresiva del eje longitudinal de la corriente. La cantidad y separación de los perfiles puede variarse de acuerdo a la regularidad de la sección.

Los coeficientes de rugosidad de Manning adoptados son, para el cauce y para la planicie de inundación, igual a 0,035.

En la siguiente figura, se muestra los perfiles considerados para el análisis del canal Salvat, donde los perfiles 1750 y 1850, intersecan con la plataforma anti chorro y la plataforma de viraje:

Figura 9 – Perfiles



A continuación, se muestran los perfiles mencionados y el perfil longitudinal:

Figura 10 – Perfil 1750

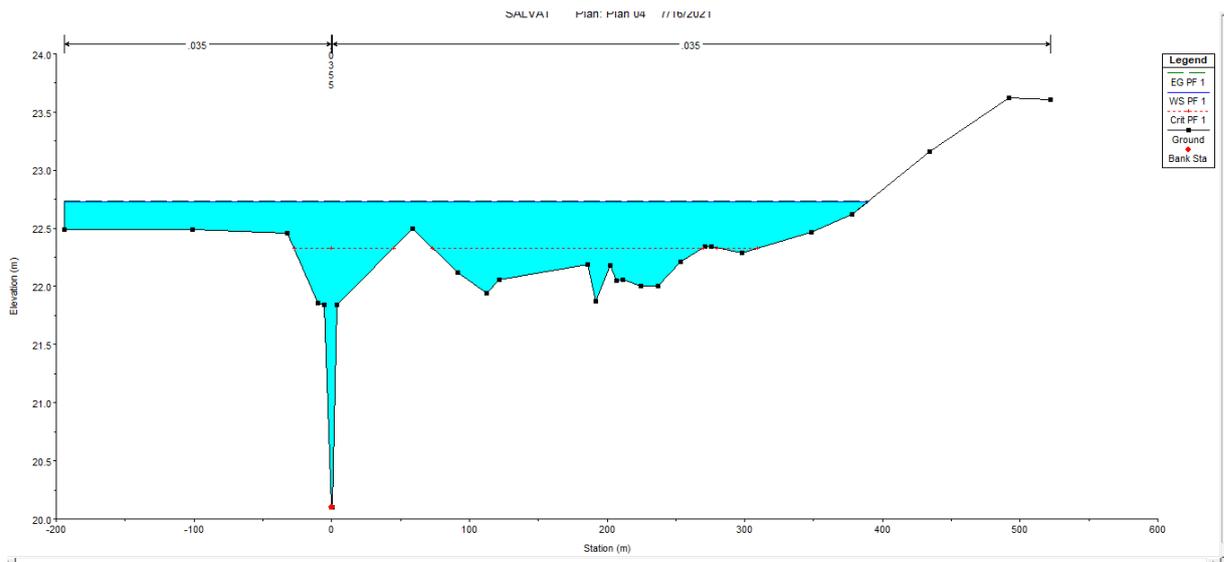


Figura 11 – Perfil 1800

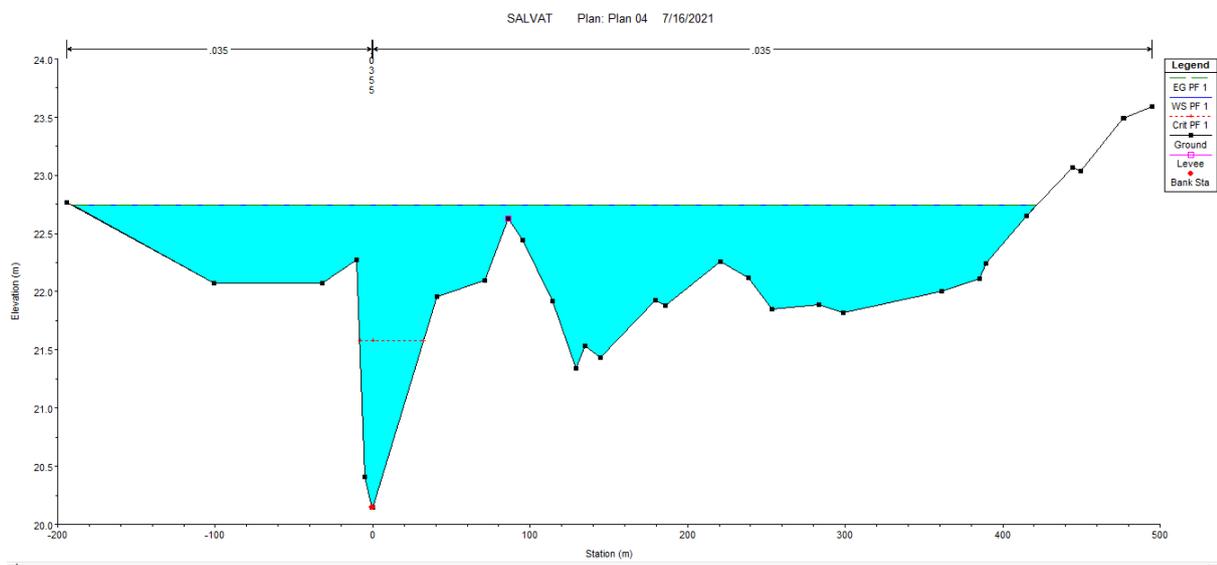
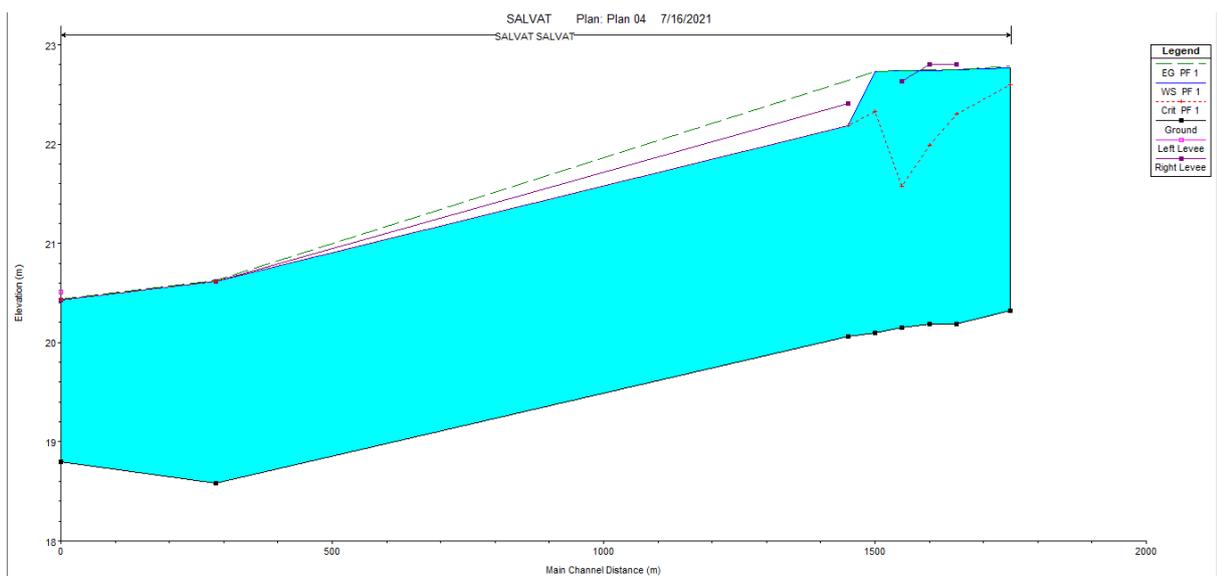


Figura 12 – Perfil longitudinal



Por lo que se observa en las imágenes, el nivel de agua alcanza 22,73m, donde los valores se mantienen por debajo de las cotas de las plataformas y de la pista, es decir no se encuentran afectados por el excedente del flujo correspondiente al canal Salvat.



República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional  
AÑO DE LA RECONSTRUCCIÓN DE LA NACIÓN ARGENTINA

**Hoja Adicional de Firmas**  
**Informe gráfico**

**Número:**

**Referencia:** HIDRÁULICA

---

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 22 pagina/s.