

## **ÍNDICE**

Informe Hidrológico e Hidráulico.....	2
Anexo de Informe Hidrológico e Hidráulico.....	41
Memoria Técnica.....	47
Anexo I de Memoria Técnica – Evaluación de Estado Superficial.....	58
Anexo II de Memoria Técnica – Tránsito.....	69
Anexo III de Memoria Técnica – Suelos.....	75
Anexo IV de Memoria Técnica – Deflexiones FWD.....	80
Anexo V de Memoria Técnica – Estructuras.....	84

---

# **Informe Hidrológico e Hidráulico**

---

# **INFORME HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICO**

**R.P. N°36**

**“REPAVIMENTACIÓN Y ENSANCHE  
RUTA PROVINCIAL NRO 36 –  
PROVINCIA DE BUENOS AIRES”  
TRAMO RP N°13 (AV. 520) - RP N°10 (AV. 66)**

**PARTIDO DE LA PLATA**

# HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA

## INTRODUCCIÓN.

En este informe nos abocamos a la verificación y diseño de las alcantarillas transversales para la futura construcción de una segunda calzada de la Ruta Provincial 36 en el tramo comprendido entre RP N°13 (AV. 520) - RP N°10 (AV. 66) en el partido de La Plata, provincia de Buenos Aires.



Imagen satelital de la zona de interés

## CARACTERÍSTICAS DE LA MODELACIÓN.

Para realizar el modelado del sistema hidrológico se utilizó el software HEC HMS, el cual es provisto por la United State Army Corps of Engineers de Estados Unidos, este software fue elegido para realizar esta labor por su reconocida trayectoria dentro del campo de la modelación hidrológica de cuencas urbanas, periurbanas y rurales.

El HEC HMS realiza sus cálculos y estimaciones en base a la teoría de tránsito dinámico de crecientes, considerando la actuación de tormentas de diseño únicas sobre el área de estudio en un espacio temporal del tipo discreto.

## PRECIPITACIONES

Para poder determinar el funcionamiento hidráulico e hidrológico sobre el proyecto a construir se hace necesario evaluar las precipitaciones sobre el área, ya que estas representan un hito dentro de la climatología de la zona y como lo que se pretende es el diseño de una red de desagües, representa el parámetro característico más importante.

Las precipitaciones en este caso fueron evaluadas a partir de la aplicación del concepto de curva Intensidad – Duración – Recurrencia, o como se las conoce popularmente, curvas IDF. Para obtener dichas curvas se utilizó la siguiente expresión

$$i = \frac{A}{(t + B)^c}$$

Dónde:

A, B y C: son constantes

I: Intensidad de la precipitación (mm/hora)

t: tiempo (minutos)

Para la determinación de la lluvia de diseño se realizó en base a las mediciones realizadas en las Estaciones Observatorio Villa Ortúzar y Aeropuerto de Ezeiza del Servicio Meteorológico Nacional, para las recurrencias dadas se determinó la relación Intensidad – Duración para las mismas.

Para ello, en base a la expresión antes señalada, se realizó un ajuste de las intensidades correspondientes a las precipitaciones incrementales señaladas en la tabla 1, según un ajuste por mínimos cuadrados, obteniéndose los valores de las constantes que componen dichas curvas Intensidad – Duración – Frecuencia mostrados en la tabla 2.

Duración minutos	Intervalo de recurrencia (años)						
	2	5	10	20	25	50	100
5	12	16	18	21	21,50	24	27
10	18	24	28	32	33,00	38	41
15	23	31	36	41	42,16	48	53
20	26	34	40	46	47,17	53	59
25	28	38	45	51	52,33	59	65
30	31	41	48	54	55,50	63	69
60	40	54	63	72	74,00	84	92
90	46	62	73	84	86,17	97	108
120	50	68	80	91	93,33	105	116
180	54	72	84	96	98,33	110	122
360	61	82	96	110	112,83	127	140
720	83	110	129	146	149,83	169	186
1440	88	117	136	155	159,00	179	197
2880	94	125	151	181	189,17	230	274
4320	103	140	172	209	219,17	270	326

**Tabla 1 – Precipitación para las distintas recurrencias, según serie actualizada datos Estación Observatorio (1937 – 2012) y Estación Ezeiza (1956 - 2011).**

Constantes	100 años	50 años	25años	20 años	10 años	5 años	2 años
A	2040,37	2096,84	1671,24	1589,8	1546,17	1136,13	869,05
B	7,06	8,31	7,35	7,13	8,39	6,45	6,55
C	0,74	0,77	0,74	0,74	0,76	0,73	0,74

#### Constantes curvas IDF

Considerando estas estimaciones se procedió a la determinación de las tormentas de diseño para evaluar y diseñar las aberturas hidráulicas en la ruta proyectada.

En este caso se consideró, por ser una ruta existente a ensanchar, que, para el diseño de la red de alcantarillas, sea una tormenta con una recurrencia de 25 años para 2.00 horas de duración, mientras que para su verificación se utilizó una tormenta de 50 años de recurrencia para las duraciones informadas anteriormente.

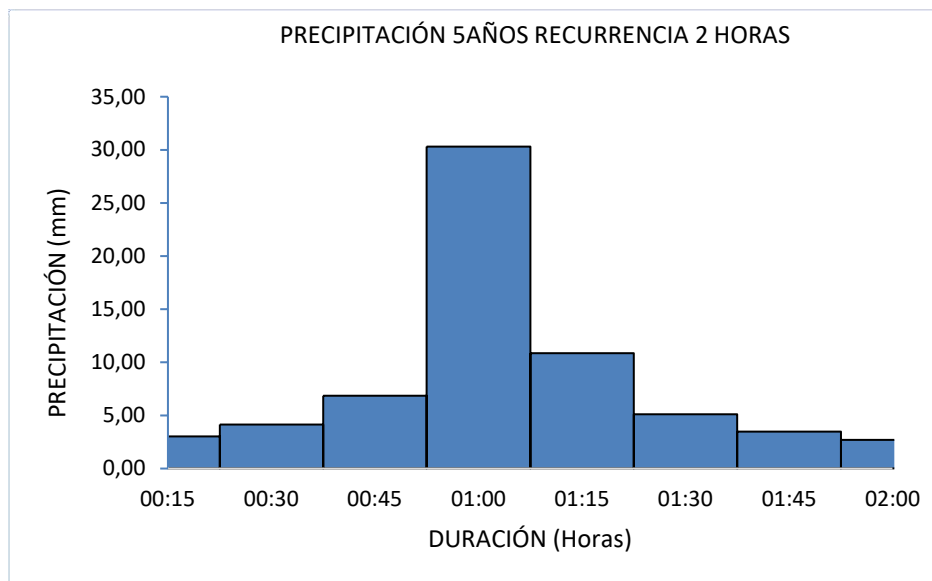
Se optó por esta configuración de análisis siguiendo los actuales criterios exigidos por los organismos provinciales que son autoridad de control en la materia.

El cálculo de estas tormentas de diseño puede observarse en las tablas siguientes.

#### TORMENTAS DE DISEÑO ZANJAS DE 2 AÑOS DE RECURRENCIA

RECURRENCIA 5 AÑOS		LLUVIA CABA	
A	1136,13		
B	6,45		
C	0,73		
Duración min	INTENSIDAD mm/h	Prec acum mm	Precipitación mm
15	121,20	30,30	30,30
30	82,30	41,15	10,85
45	63,99	47,99	6,84
60	53,09	53,09	5,10
75	45,76	57,20	4,11
90	40,45	60,67	3,47
105	36,40	63,69	3,02
120	33,19	66,38	2,69

Tormenta de diseño zanjas 5 años de recurrencia y 2.00 horas de duración



Hietograma tormenta de 5 años de recurrencia y 2.00 horas de duración en Bloques Alternos

**R=5 años - 2.00 Hs**

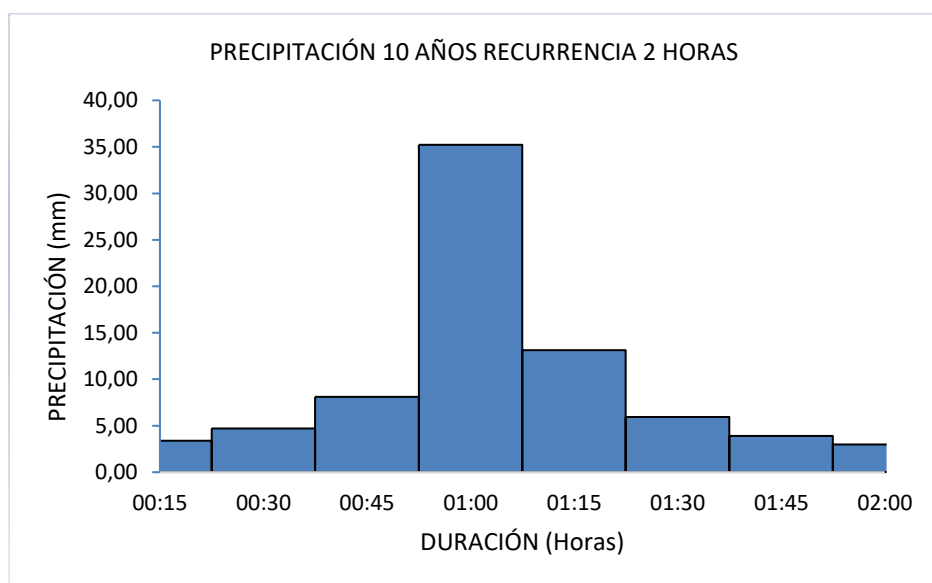
Tiempo HH:mm	Precipitacion mm
00:15	3,02
00:30	4,11
00:45	6,84
01:00	30,3
01:15	10,85
01:30	5,1
01:45	3,47
02:00	2,69

Hietograma de diseño 5 años de recurrencia y 2.00 horas de duración distribuida en Bloques Alternos

**TORMENTAS DE VERIFICACION ZANJAS DE 10 AÑOS DE RECURRENCIA**

RECURENCIA 10 AÑOS		LLUVIA CABA	
A	1546,17		
B	8,39		
C	0,76		
Duración min	INTENSIDAD mm/h	Prec acum mm	Precipitacion mm
15	140,86	35,22	35,22
30	96,66	48,33	13,11
45	75,23	56,42	8,09
60	62,33	62,33	5,90
75	53,61	67,01	4,68
90	47,27	70,91	3,90
105	42,44	74,27	3,36
120	38,62	77,23	2,96

Tormenta de verificación de zanjas 10 años de recurrencia y 2.00 horas de duración



Hietograma tormenta de 10 años de recurrencia y 2.00 horas de duración en Bloques Alternos



**R=10 años - 2.00 Hs**

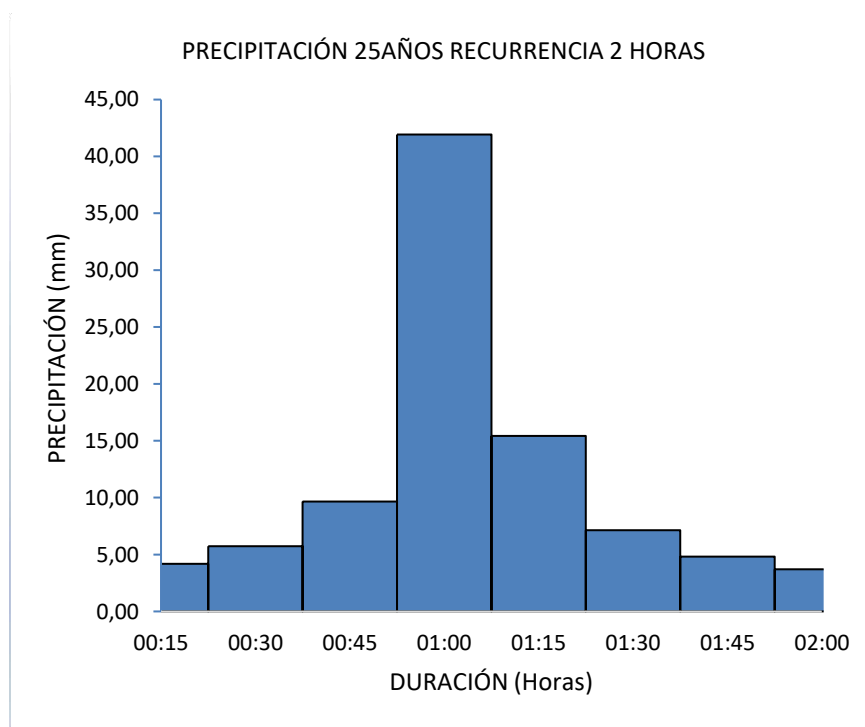
Tiempo HH:mm	Precipitación mm
00:15	3,36
00:30	4,68
00:45	8,09
01:00	35,22
01:15	13,11
01:30	5,9
01:45	3,9
02:00	2,96

Hietograma de diseño 10 años de recurrencia y 2.00 horas de duración distribuida en Bloques Alternos

**TORMENTAS DE DISEÑO DE 25 AÑOS DE RECURRENCIA**

RECURRENCIA 25 AÑOS		LLUVIA CABA		
A	1671.24			
B	7.35			
C	0.74			
Duración min	INTENSIDAD mm/h	Prec acum mm	Precipitación mm	Distr. Bl. Alteno mm
15	167.72	41.93	41.93	4.17
30	114.69	57.35	15.42	5.72
45	89.34	67.00	9.66	9.66
60	74.14	74.14	7.14	41.93
75	63.89	79.87	5.72	15.42
90	56.45	84.68	4.81	7.14
105	50.77	88.85	4.17	4.81
120	46.27	92.55	3.70	3.70

Tormenta de diseño 25 años de recurrencia y 2.00 horas de duración



Hietograma tormenta de 25 años de recurrencia y 2.00 horas de duración en Bloques Alternos

<b>R=25 años - 2.00 Hs</b>	
<b>Tiempo HH:mm</b>	<b>Precipitacion mm</b>
00:15	4.17
00:30	5.72
00:45	9.66
01:00	41.93
01:15	15.42
01:30	7.14
01:45	4.81
02:00	3.70

Hietograma de diseño 25 años de recurrencia y 2.00 horas de duración distribuida en Bloques Alternos

## TORMENTAS DE VERIFICACIÓN DE 50 AÑOS DE RECURRENCIA

RECURRENCIA 50 AÑOS		LLUVIA CABA		
A	2096.84			
B	8.31			
C	0.77			
Tc min	INTENSIDAD mm/h	Prec acum mm	Precipitación mm	Distr. Bl. Altern. mm
15	185.59	46.40	46.40	4.21
30	126.59	63.30	16.90	5.91
45	98.16	73.62	10.32	10.32
60	81.10	81.10	7.48	46.40
75	69.60	87.00	5.91	16.90
90	61.27	91.91	4.90	7.48
105	54.93	96.12	4.21	4.90
120	49.91	99.82	3.70	3.70

Tabla 7 – Tormenta de verificación 50 años de recurrencia y 2.00 horas de duración

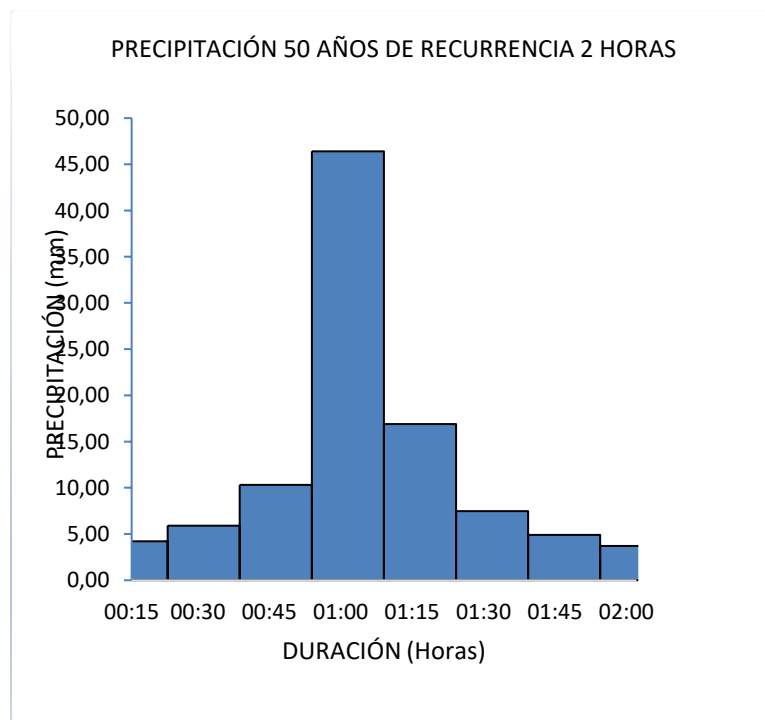


Gráfico 5 - Histograma tormenta de 50 años de recurrencia y 2.00 horas de duración en Bloques Alternos

<b>R=50 años - 2.00 Hs</b>	
<b>Tiempo</b>	<b>Precipitación</b>
<b>HH:mm</b>	<b>mm</b>
00:15	4.21
00:30	5.91
00:45	10.32
01:00	46.40
01:15	16.90
01:30	7.48
01:45	4.90
02:00	3.70

Tabla 8 – Hietograma de diseño 50 años de recurrencia y 2.00 horas de duración distribuidas en Bloques Alternos

## **CUENCAS**

Para el trazado de las cuencas hidrológicas se debe considerar la disposición general del terreno, teniendo en cuenta sus depresiones, puntos de estancamiento, puntos de vuelco, sectores llanos, etc. En este caso se hizo a través del análisis de Carta IGN – Villa Elisa – Hoja 3557-13-3 y Estación Gómez – Hoja 2557-19-2 - Escala 1:50.000 Equidistancia 1.25m.

A partir de la Carta IGN, se procedió a realizar el trazado de las cuencas aportantes a la red de drenaje proyectada.

Se deja aclarado que, en el inicio del tramo, los primeros 560m, pertenecen a la cuenca (A° Rodríguez) que aporta a una alcantarilla existente en la Av. 520, que se encuentra a 460m de la intersección de la RP N°13 y RPN°36 hacia la localidad de Abasto. La ruta de estudio, en este sector no recibe prácticamente aporte ya que está trazada sobre una divisoria de cuenca. En tal sentido, esta cuenca no es incluida en el presente estudio.

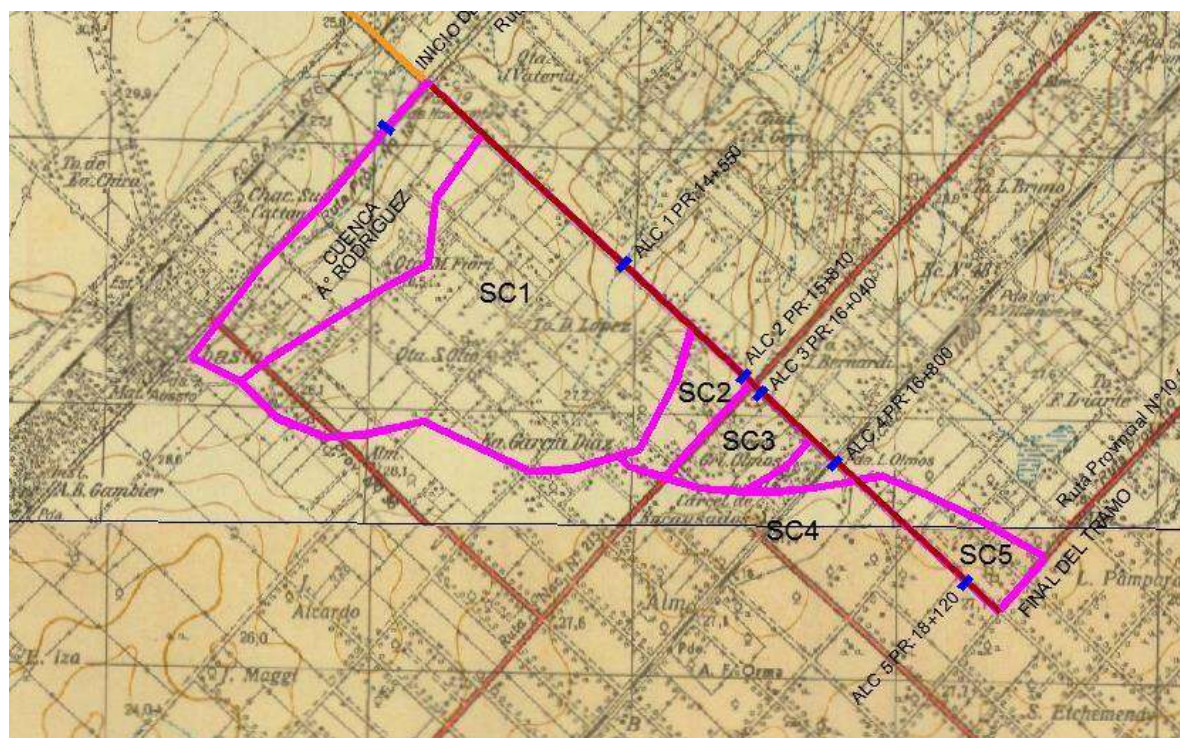
En la tabla siguiente podrá observarse las características geométricas consideradas para cada una de las cuencas, entre las que se encuentran área, pendiente media, ancho, y longitud, desde el punto más distante de la cuenca hasta su desembocadura.

El tramo de la ruta de estudio está interceptada por 5 aberturas hidráulicas a las cuales se la han trazado sus respectivas sub cuencas de aporte. Las primeras cuatro pertenecen a las nacientes del de la cuenca del arroyo El Gato, mientras que la cuenca que se encuentra más al Sureste (Av. 66) pertenece a la cuenca del arroyo El Pescado.

CARACTERISTICAS DE LAS CUENCAS							
SC	SUPERFICIE Ha	Lc m	C Sup	C Ini	H m	W	I %
A	460	3212	29	23	6	1432.13	0.19
B	44.1	1085	28	23	5	406.45	0.46
C	48.4	1200	28	23	5	403.33	0.42
D	15.2	714	28	26.6	1.4	212.89	0.20
E	50.7	1185	28	25.7	2.3	427.85	0.19
LC	Longitud de escurrimiento (m)						
Cota Sup	Cota IGN en divisoria aguas arriba						
Cota Inf	Cota IGN en descarga						
H	Desnivel en (m)						
W	Ancho de la cuenca (m)						
i	Pendiente longitudinal (m/m)						

Características de las cuencas

A continuación, pueden observarse las cuencas cuya determinación y evaluación se realizó teniendo en cuenta lo anteriormente explicado.



Cuencas sobre carta I.G.N –Moreno





Cuencas sobre Imagen satelital

Las cuencas de A, B, C y D, que incluye al tramo desde progresiva 12+550 a 17+700. Los escurrimientos de estas cuencas son en dirección SO a NE y son parte de la cuenca del arroyo El Gato.

Por otro lado, las cuencas de E, que incluye al tramo desde progresiva 17+700 a 18+570, los escurrimientos de estas cuencas son en dirección N a S y son parte de la cuenca del arroyo El Pescado.

Estas cuencas tienen características rurales, suburbanas con amanzanamientos, sobre todo en coincidencia con la RP N°215 (Av. 44) y el centro de Lisandro Olmos, áreas de explotación hortícola con incorporación de invernáculos y cultivos extensivos.

Sobre los frentes de la RP N° 36, en forma decreciente en densidad, desde la RP 215 a la RP 10 existen relleno y elevación de terrenos debido al emplazamiento de comercio, producen interrupción de los escurrimientos naturales siguiendo el desnivel del terreno.

La obstrucción intencional de alcantarillas, más las canalizaciones de desagües de chacras y campos, que vuelcan a la ruta, y el faltante de desagües públicos, producen que los excedentes pluviales tengan como vía de descarga a los préstamos de la ruta en estudio.

#### **DETERMINACIÓN DE ABSTRACCIONES Y USO DEL SUELO**

Se adoptó en el presente modelo, para poder obtener la escorrentía de las cuencas, la metodología ideada por el Soil Conservation Service de Estados Unidos (SCS) en la cual a partir de la consideración de las condiciones de uso y tipo de suelo de la cuenca se puede determinar un cierto

número de curva tipo que correlaciona la lluvia caída con la escorrentía directa, obteniendo esta última a partir de la consideración de la abstracción ocurrida.

Según el SCS, para analizar las abstracciones, puede considerarse los suelos como dentro de cuatro grupos principales, que son los siguientes:

- Grupo A: Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.
- Grupo B: Suelos poco profundos depositados por el viento, marga arenosa.
- Grupo C: Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla.
- Grupo D: Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

Lo que implicaría que, considerando una absorción media y condiciones de humedad normal, el suelo más representativo de la zona estaría dentro del Grupo B

El coeficiente CN (Curva Número de Soil Conservation Service), establece las características hidrológicas de la cuenca en base a las características del suelo y condiciones de la cubierta de la misma (uso y tipo de suelo).

Para el caso que nos ocupa y consideramos que las cuencas tienen un tipo de uso de suelo caracterizado por superficie de explotación intensiva, superficie de pastos naturales cobertura vegetal en buenas condiciones, superficies explotación hortícola en invernáculos y áreas urbanizadas con su respectivo porcentaje de impermeabilización.

Ahora bien, si tomamos una cuenca (100Ha) que representa a los casos más desfavorables respecto a los porcentajes de usos de suelo, respecto a las cuencas de estudio y considerando grupo hidrológico, como grupo B y C, se obtiene como valor de curva CN 84.

<b>DETERMINACION DE LA CURVA CN</b>						
<b>CUENCA</b> Ha	GR. HIDR.	USOS	SUPERFICIE		CN	PROM POND
			Ha	%		
100	B y C	FORESTACION	2	2%	63	126
		PASTIZALES	10	10%	77	770
		RURAL INTENSIVO	40	40%	80	3200
		INVERNACULOS	35	35%	93	3255
		RESIDENCIA	13	13%	84	1092
			100	100%	<b>84</b>	8443

Considerando los números de curva base para el método propuesto por el Soil Conservation Service de Estados Unidos (SCS), bajo condiciones antecedentes de humedad tipo II.

Se adopta como valor Curva Numero CN 84 considerando los usos descriptos para un suelo clase B y C.

El valor de CN adoptado se corresponde con los valores que fueron utilizados en el estudio hidráulico e hidrológico de la R.P 6 – Tramo RP215 - RP11, que son cuenca próximas o vecinas a las de estudio.

### TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Para el cálculo del tiempo de concentración se aplicó la ecuación de Graf Modificado siguiendo el siguiente instructivo.

El presente instructivo tiene como objetivo describir brevemente las ecuaciones y la metodología del Método de Graf Modificado que se utiliza en la estimación de los parámetros involucrados en el Hidrograma Unitario de Clark según la publicación "Equations for Estimating Clark Unit-Hydrograph Parameters for Small Rural Watersheds in Illinois (Timothy D. Straub, Charles S. Melching, and Kyle E. Kocher), 2000".

#### Ecuaciones Método de Graf Modificado

$$T_c = 1.54 L^{0.875} S^{-0.181}$$

$$R = 16.4 L^{0.342} S^{-0.790}$$

$$\alpha = R / (R+T_c)$$

Donde:

$T_c$ : tiempo de concentración

R: coeficiente de almacenamiento  $\alpha$ :  
factor regional

L: longitud del cauce medida a lo largo del canal principal desde el punto de control hasta la divisoria de la cuenca, en millas.

S: pendiente del canal principal, en pies/millas.

#### Metodología de uso según División de Hidrología e Hidráulica de la Dirección Nacional de Vialidad

1º.- Definidas las "n" subcuencas deberán obtenerse los valores de " $L_n$ " y " $S_n$ " correspondientes a cada una.

2º.- En función de los valores obtenidos en 1º se determinará " $T_{cn}$ " y " $R_n$ ".

3º.- En función de los valores obtenidos en 2º se determinará  $\alpha_n$ .

En esta instancia tendremos definidos los valores  $L_n$ ,  $S_n$ ,  $T_{cn}$ ,  $R_n$  y  $\alpha_n$ , para cada subcuenca.

4º.- A partir de los distintos  $\alpha_n$  deberá determinarse un factor regional único, cuyo valor se debe encontrar dentro de un rango comprendido entre 0,35 y 0,65.

$$\alpha = \alpha_m = (\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n) / n$$



5°.- Definido el factor regional medio  $\alpha_m$  se debe recalcularse el valor del coeficiente de almacenamiento para cada subcuenca  $R_n$ .

$$R_n = \alpha_m \cdot T_c / (1 - \alpha_m)$$

Cabe mencionar que en los casos en los cuales la subcuenca no cuente con un cauce definido, se deberá tener en consideración la dirección de escurrimiento preferencial.

### TORMENTA DE DISEÑO

Para cada cuenca se asignará una tormenta de diseño con duración acorde al tiempo de concentración de cada subcuenca. Será necesario que la duración de la tormenta sea como mínimo el tiempo necesario para que toda la cuenca escurra al punto de desembocadura, es decir, necesariamente la duración de la tormenta deberá ser como mínimo mayor al tiempo de concentración. Teniendo esto en cuenta y considerando una recurrencia de diseño de 25 y de verificación 50 años. Se asignan tormentas de 2.00 hs para todas las cuencas de estudio.

### PARÁMETROS PARA EL HIDROGRAMA UNITARIO

Se utilizó para la determinación de las pérdidas infiltración y abstracción el método de la curva CN, en este caso se utilizó CN=68 siguiendo los criterios expuestos anteriormente. Los parámetros característicos que requiere el método de Clark son el  $T_c$  (Hs) y el coeficiente de retención  $R_n$  (Hs).

En este caso para las sub cuencas involucradas arrojaron los parámetros característicos de cálculo fueron los siguientes.

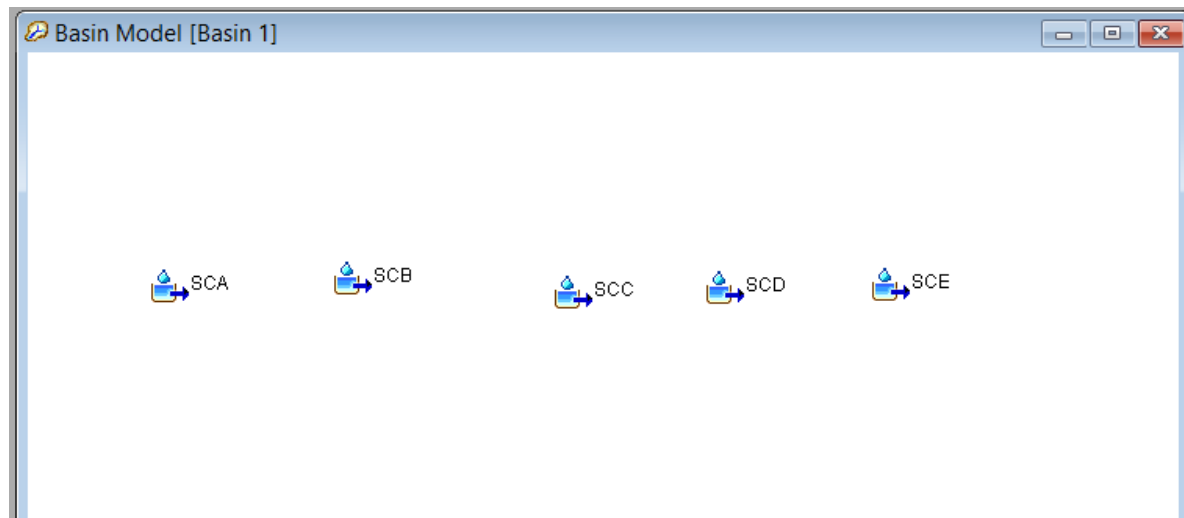
DETERMINACION DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN											
								CLARK			
SC	SUPERFICIE Ha	Lc m	C Sup	C Ini	H m	W	I %	Tc horas	R horas	$\alpha$	Rn
A	460	3212	29	23	6	1432.13	0.19	<b>1.86</b>	3.41	0.646	4.37
B	44.1	1085	28	23	5	406.45	0.46	<b>0.61</b>	1.15	0.653	1.43
C	48.4	1200	28	23	5	403.33	0.42	<b>0.68</b>	1.29	0.655	1.60
D	15.2	714	28	26.6	1.4	212.89	0.20	<b>0.50</b>	1.96	0.798	1.16
E	50.7	1185	28	25.7	2.3	427.85	0.19	<b>0.77</b>	2.35	0.752	1.81
										0.70092	
LC	Longitud de escurrimiento (m)										
Cota Sup	Cota IGN en divisoria aguas arriba										
Cota Inf	Cota IGN en descarga										
H	Desnivel en (m)										
W	Ancho de la cuenca (m)										
i	Pendiente longitudinal (m/m)										
Tc (Horas)	Tiempo de concentración										
R (Horas)	Coeficiente de Almacenamiento de c/cuenca										
$\alpha$	Factor Regional										
Rn (Horas)	Coeficiente de Almacenamiento										

Tc y Coeficiente de Retención según sub cuenca.

## DETERMINACIÓN DEL DERRAME MÁXIMO SUPERFICIAL

Para la modelación del sistema hídrico se empleó el programa sugerido por el Army Corps of Engineers de Estados Unidos denominado HEC – HMS, el cual posee herramientas con las metodologías antes explicadas para simular el comportamiento hidrológico de cada cuenca. La siguiente ilustración muestra el esquema general de simulación utilizado en el planteo del modelo al sistema informático.

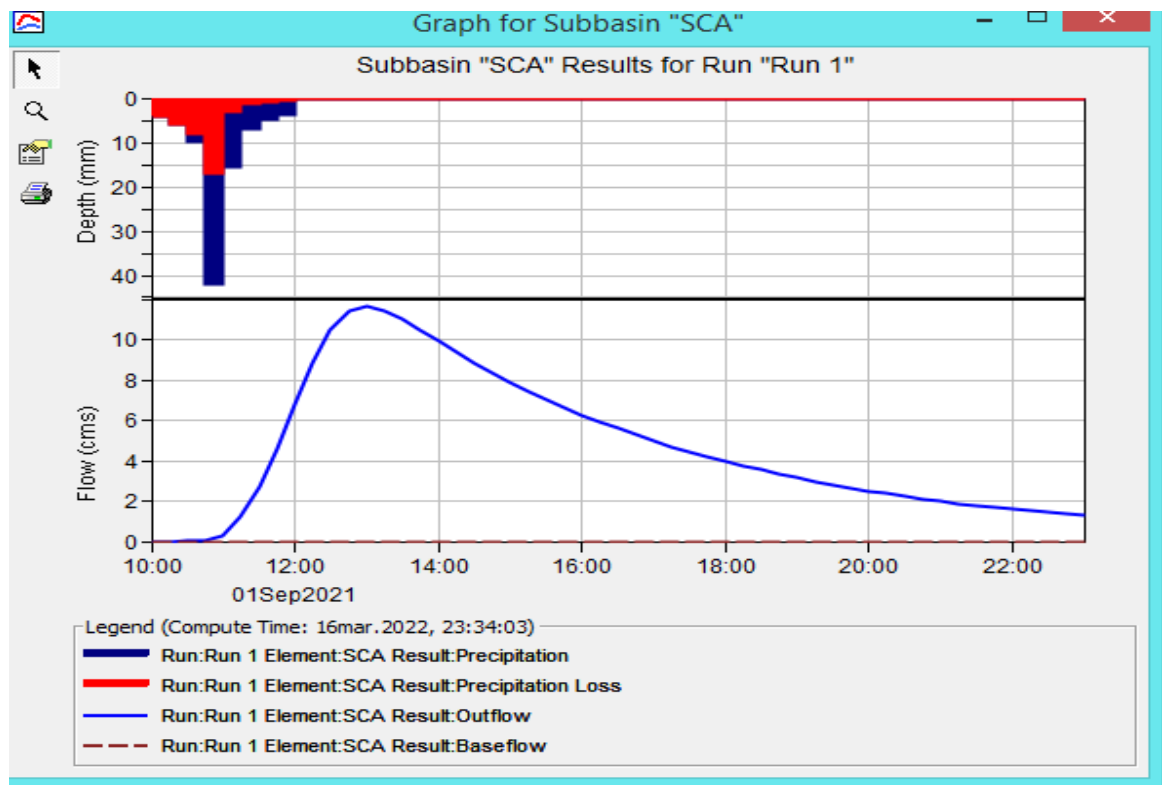
Dado el tamaño de cada cuenca y sus características se consideró cada cuenca en forma global y sin considerar subdivisiones ni traslados.



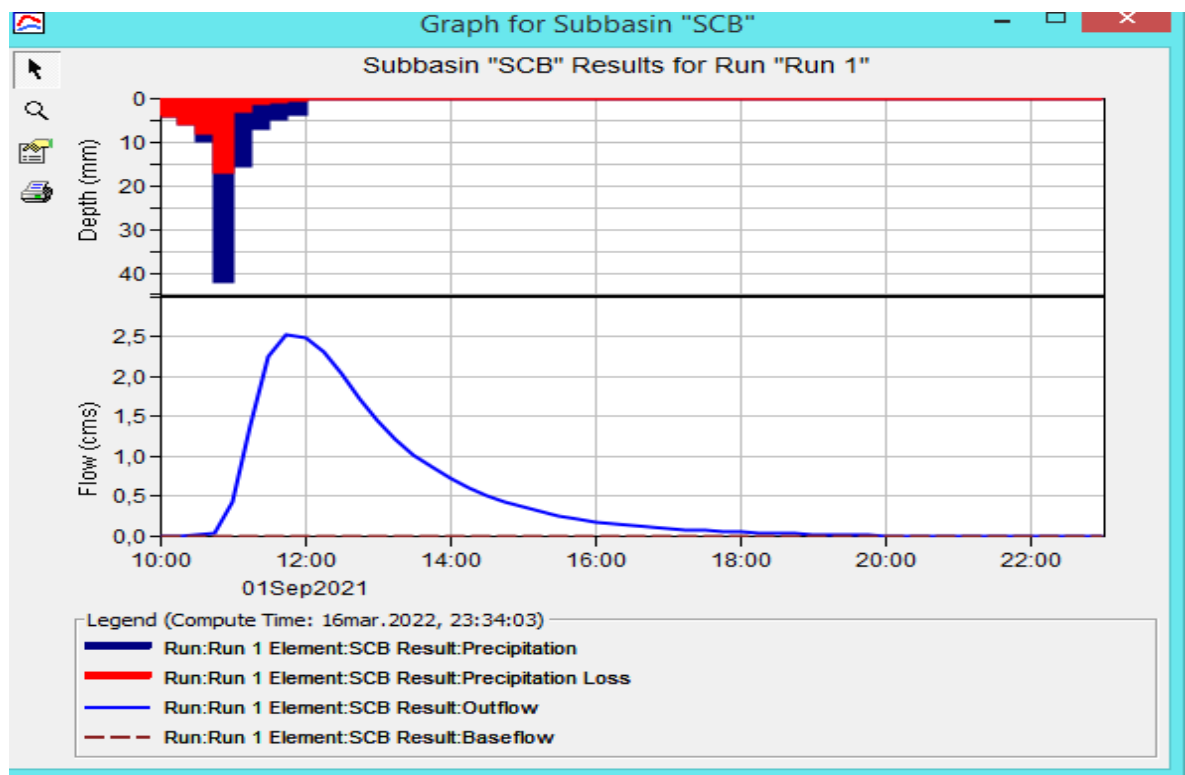
Esquema de modelación HEC – HMS

A continuación, se detallan los resultados del análisis hidrológico realizado, junto con sus parámetros característicos obtenidos.

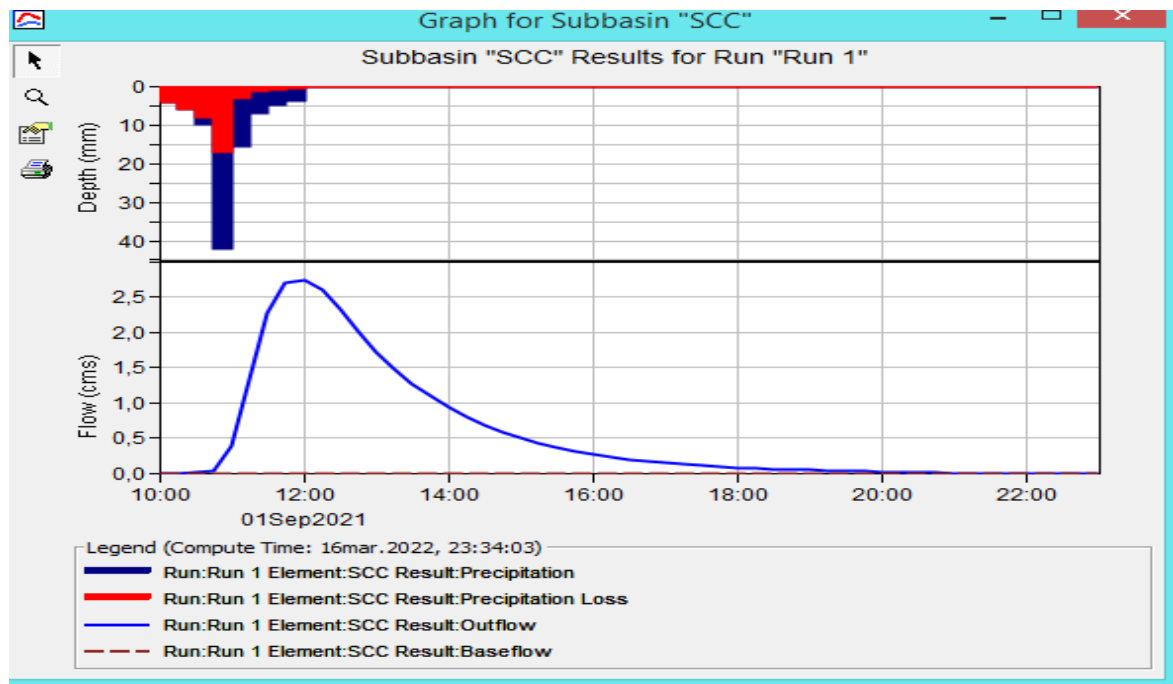
**Subcuenca A – Tormenta 25 años de recurrencia – 2.00 hs. de duración.**



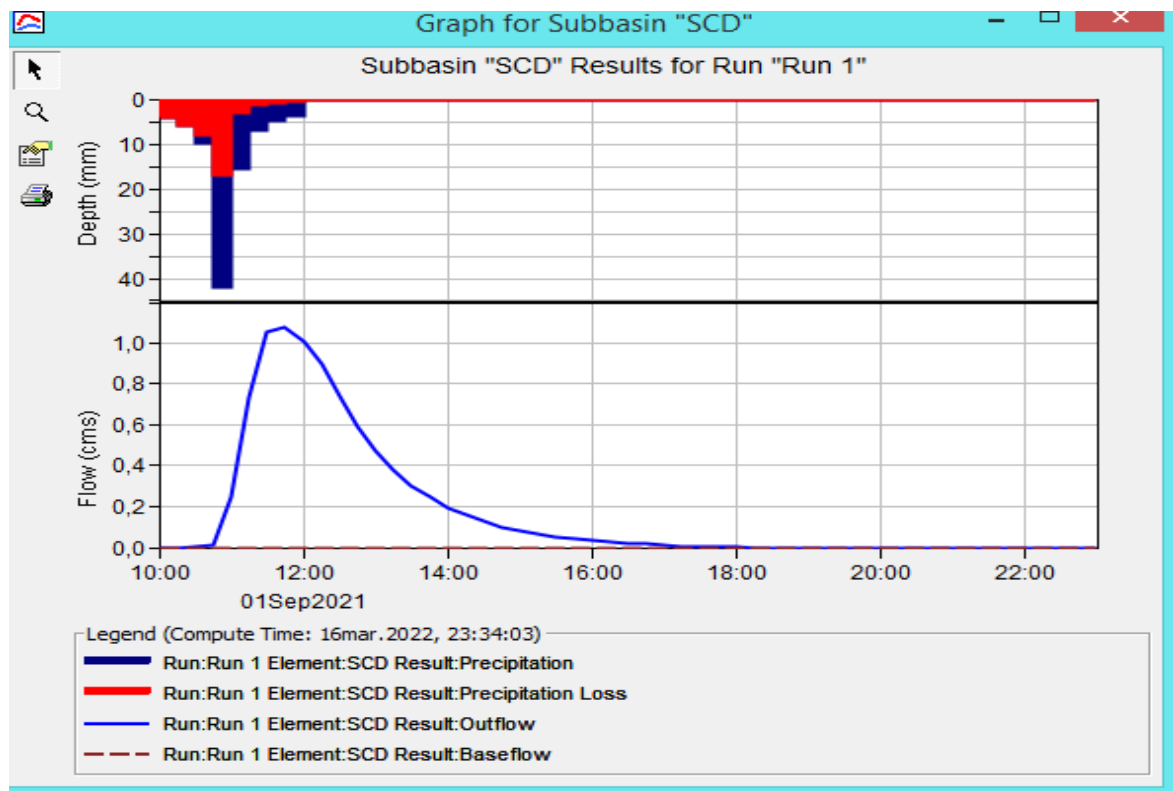
**Subcuenca B - Tormenta 25 años de recurrencia – 2.00 hs de duración.**



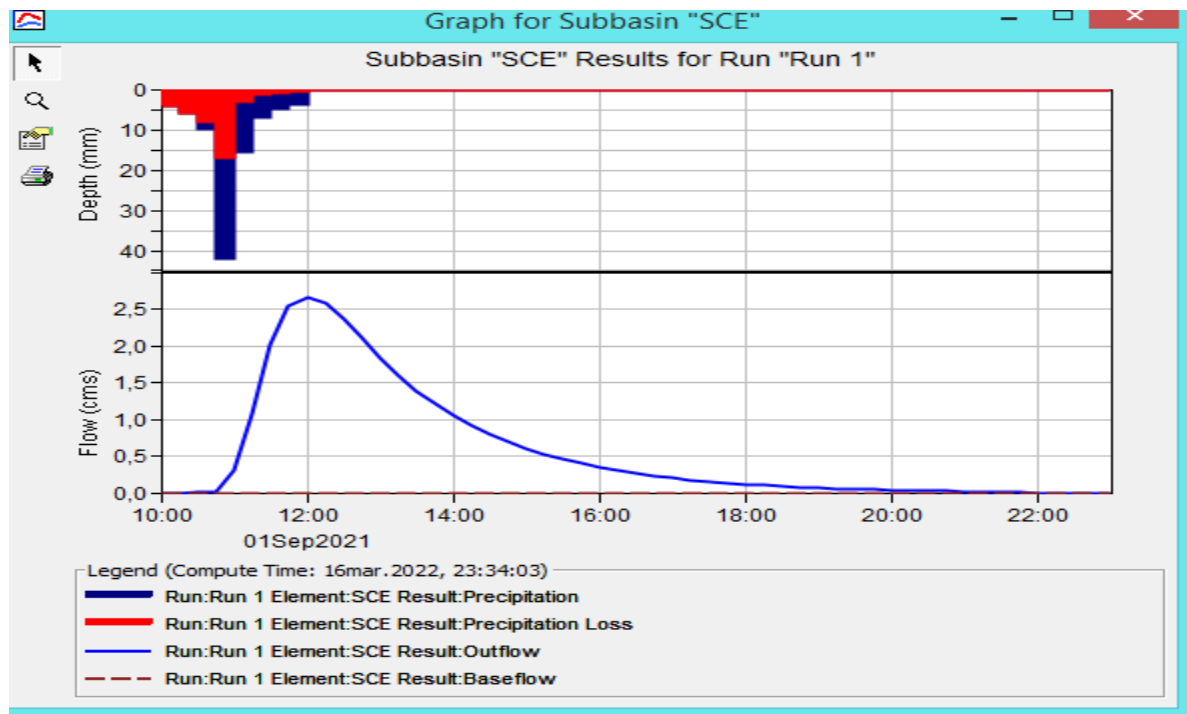
**Subcuenca C - Tormenta 25 años de recurrencia – 2.00 hs de duración.**



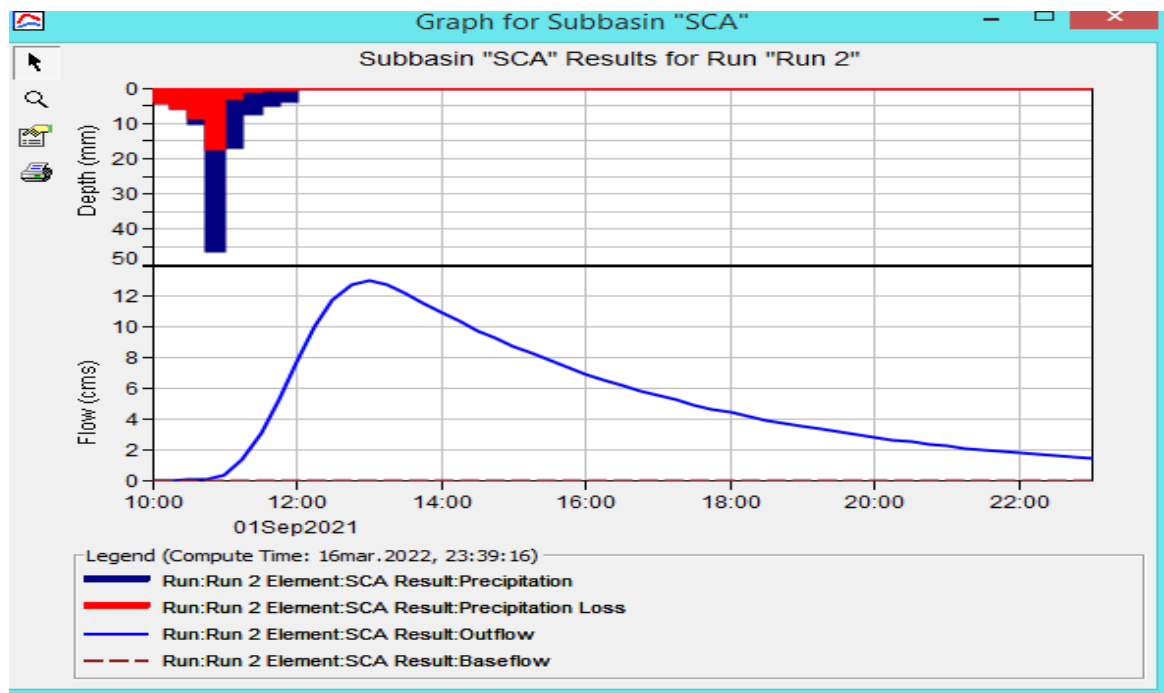
**Subcuenca D - Tormenta 25 años de recurrencia – 2.00 hs de duración.**



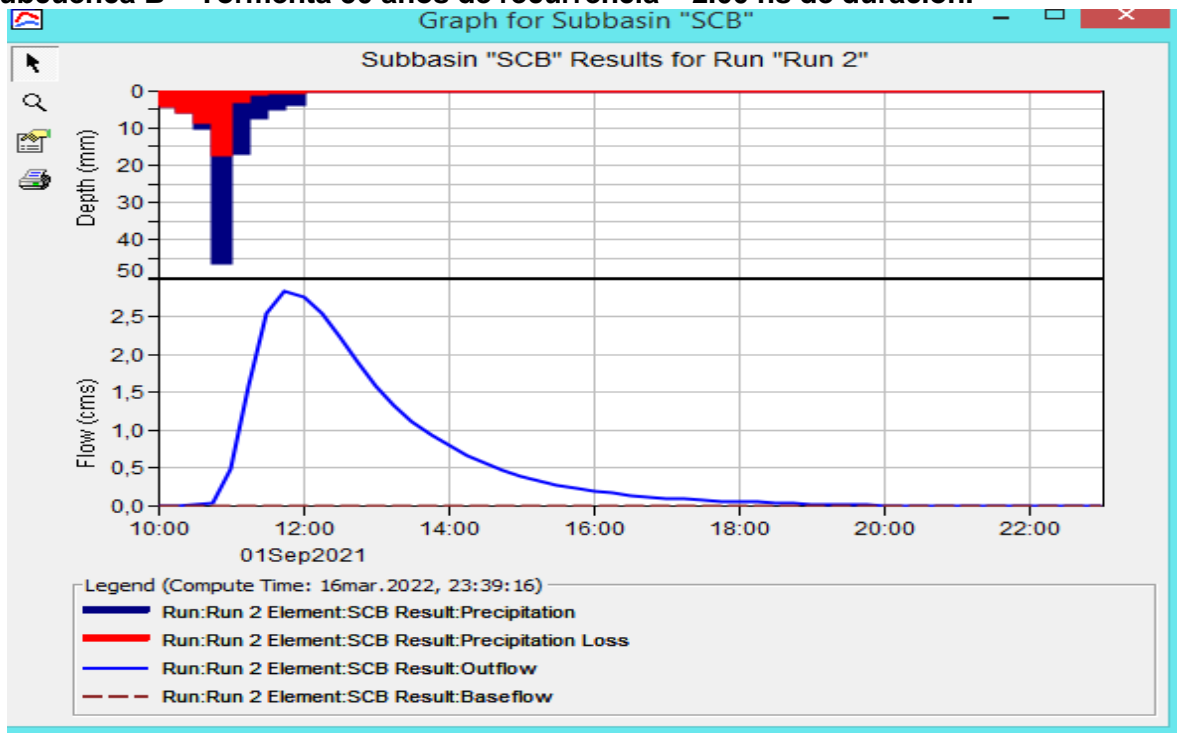
**Subcuenca E - Tormenta 25 años de recurrencia – 2.00 hs de duración.**



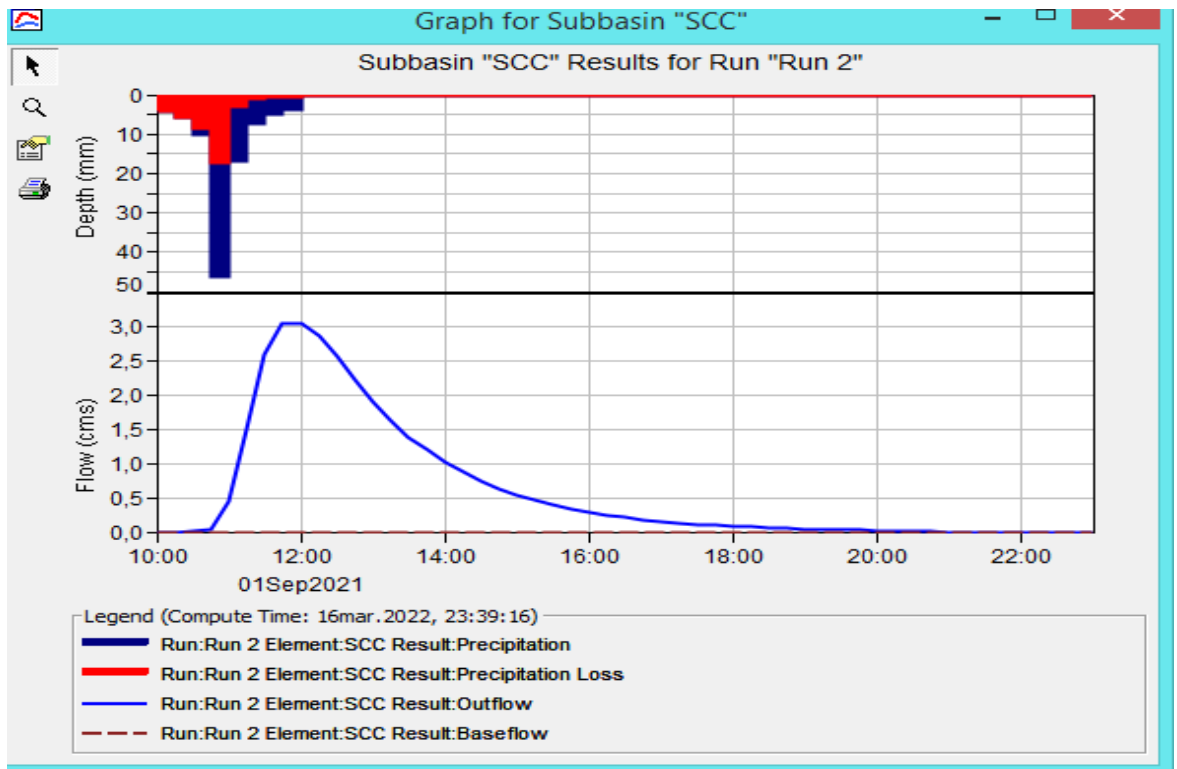
**Subcuenca A – Tormenta 50 años de recurrencia – 2.00 hs. de duración.**



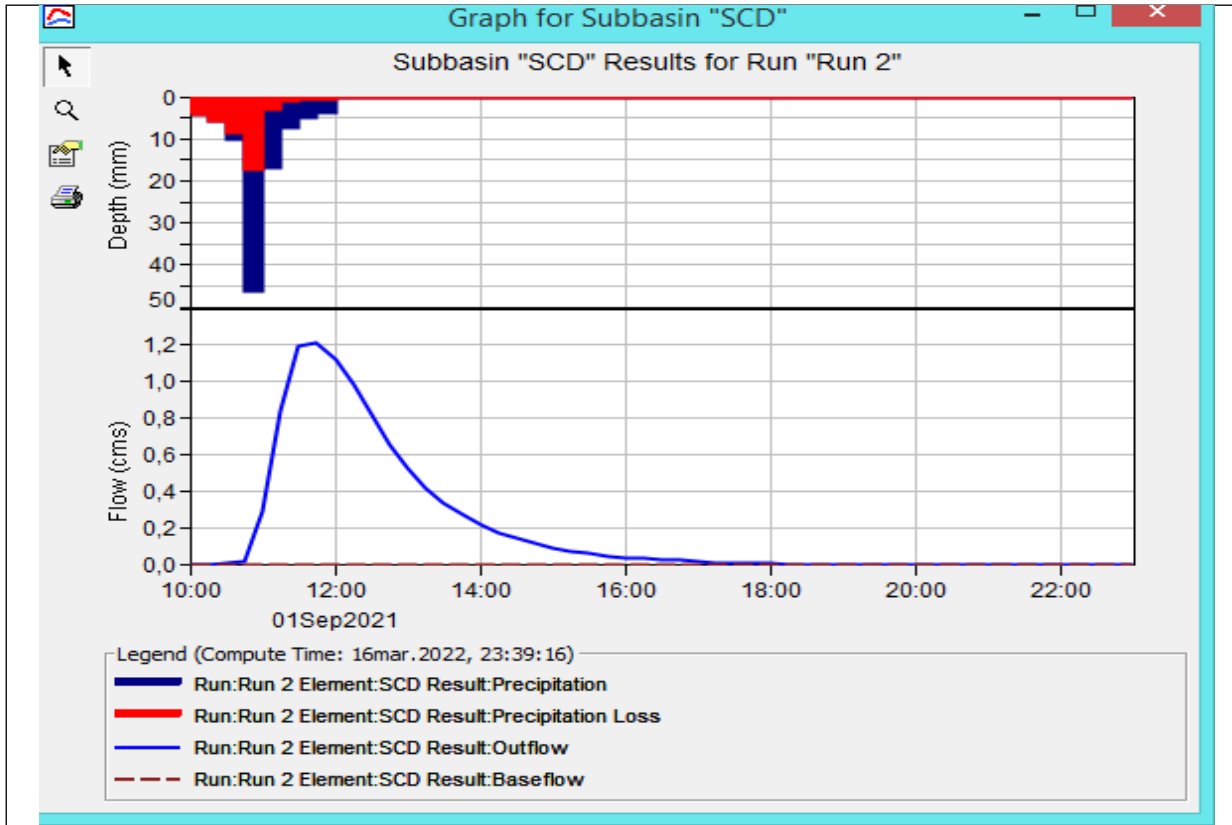
**Subcuenca B – Tormenta 50 años de recurrencia – 2.00 hs de duración.**



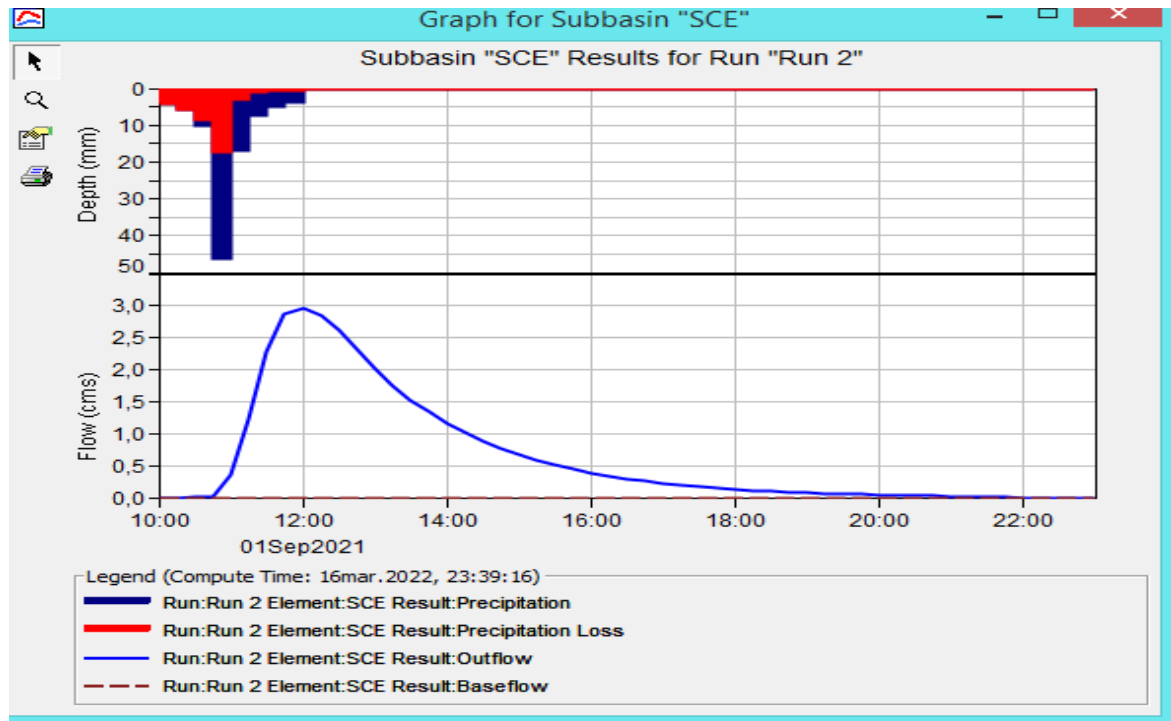
**Subcuenca C - Tormenta 50 años de recurrencia – 2.00 hs de duración.**



**Subcuenca D - Tormenta 50 años de recurrencia – 2.00 hs de duración.**



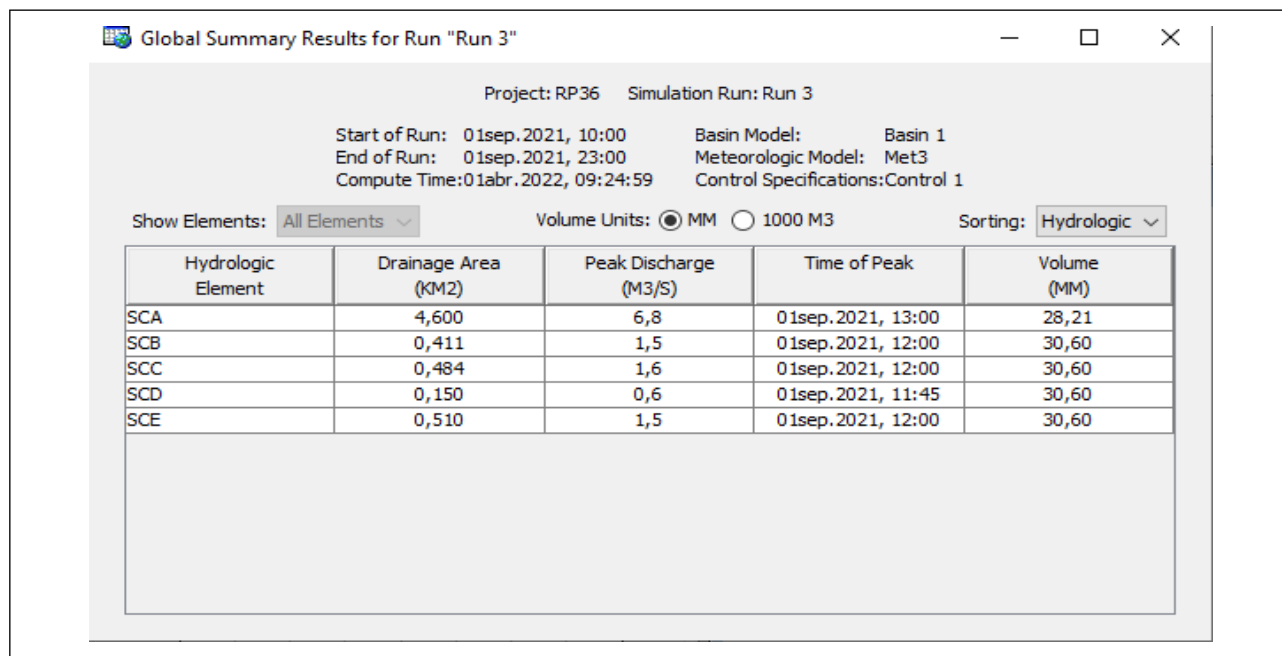
**Subcuenca E - Tormenta 50 años de recurrencia – 2.00 hs de duración.**



## DETERMINACION DE LOS CAUDALES DE PROYECTO

### Caudales obtenidos para los periodos de recurrencia

En la siguiente tabla se detallan los caudales obtenidos para las distintas recurrencias según las cuencas trazadas.



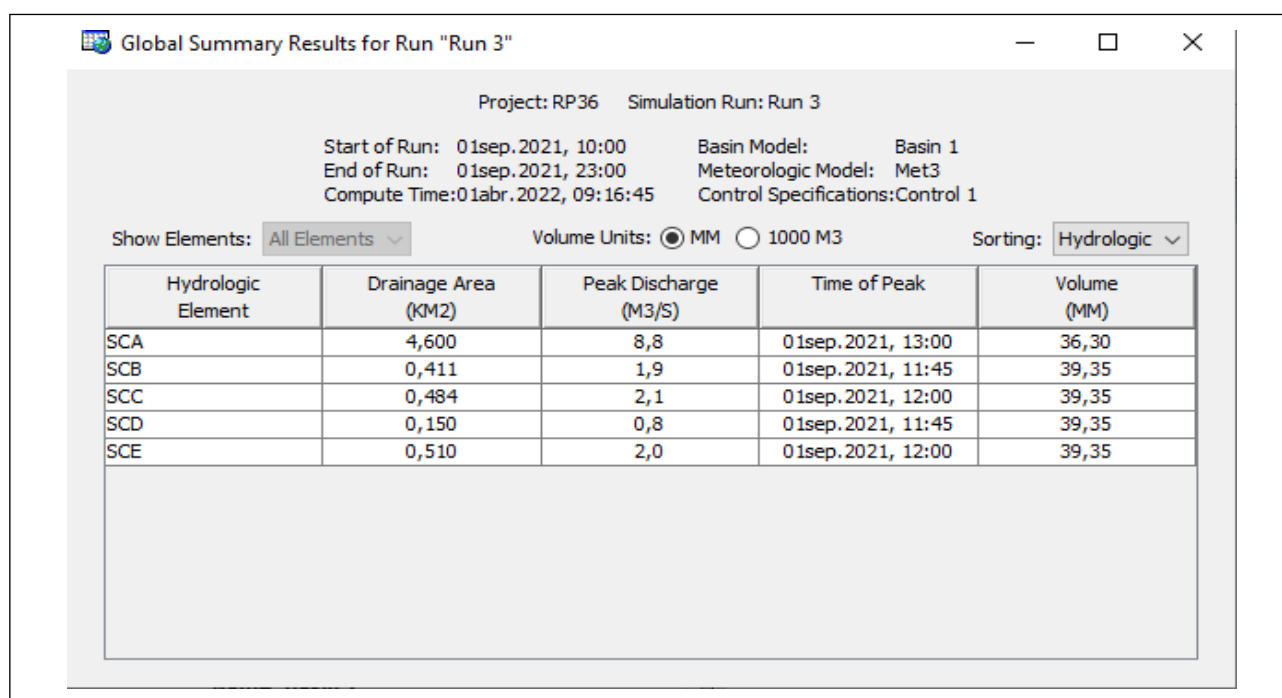
Project: RP36 Simulation Run: Run 3

Start of Run: 01sep.2021, 10:00 Basin Model: Basin 1  
 End of Run: 01sep.2021, 23:00 Meteorologic Model: Met3  
 Compute Time: 01abr.2022, 09:24:59 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units:  MM  1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
SCA	4,600	6,8	01sep.2021, 13:00	28,21
SCB	0,411	1,5	01sep.2021, 12:00	30,60
SCC	0,484	1,6	01sep.2021, 12:00	30,60
SCD	0,150	0,6	01sep.2021, 11:45	30,60
SCE	0,510	1,5	01sep.2021, 12:00	30,60

Resumen de los caudales – recurrencia 5 años



Project: RP36 Simulation Run: Run 3

Start of Run: 01sep.2021, 10:00 Basin Model: Basin 1  
 End of Run: 01sep.2021, 23:00 Meteorologic Model: Met3  
 Compute Time: 01abr.2022, 09:16:45 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units:  MM  1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
SCA	4,600	8,8	01sep.2021, 13:00	36,30
SCB	0,411	1,9	01sep.2021, 11:45	39,35
SCC	0,484	2,1	01sep.2021, 12:00	39,35
SCD	0,150	0,8	01sep.2021, 11:45	39,35
SCE	0,510	2,0	01sep.2021, 12:00	39,35

Resumen de los caudales – recurrencia 10 años



Global Summary Results for Run "Run 1"

Project: RP36 Simulation Run: Run 1

Start of Run: 01sep.2021, 10:00 Basin Model: Basin 1  
 End of Run: 01sep.2021, 23:00 Meteorologic Model: Met1  
 Compute Time: 16mar.2022, 23:46:35 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units:  MM  1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
SCA	4.600	11.7	01sep.2021, 13:00	48.27
SCB	0.411	2.5	01sep.2021, 11:45	52.33
SCC	0.484	2.7	01sep.2021, 12:00	52.33
SCD	0.150	1.1	01sep.2021, 11:45	52.33
SCE	0.510	2.7	01sep.2021, 12:00	52.33

Resumen de los caudales – recurrencia 25 años

Global Summary Results for Run "Run 2"

Project: RP36 Simulation Run: Run 2

Start of Run: 01sep.2021, 10:00 Basin Model: Basin 1  
 End of Run: 01sep.2021, 23:00 Meteorologic Model: Met2  
 Compute Time: 16mar.2022, 23:39:16 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units:  MM  1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
SCA	4.600	13.0	01sep.2021, 13:00	53.76
SCB	0.411	2.8	01sep.2021, 11:45	58.26
SCC	0.484	3.1	01sep.2021, 12:00	58.26
SCD	0.150	1.2	01sep.2021, 11:45	58.26
SCE	0.510	3.0	01sep.2021, 12:00	58.26

Resumen de los caudales – recurrencia 50 años

Tabla 2 – Caudales a desaguar según cuenca

## ALCANTARILLAS TRANSVERSALES

Para la verificación hidráulica de las alcantarillas se realizó con el programa HY-8 implementado por FWHA y desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EEUU.

A continuación, se detallan las alcantarillas principales transversales a la RP 24 para los caudales obtenidos según calculo.

### Listado de alcantarillas existentes principales

Para el diseño de las alcantarillas en las calzadas principales se utilizó una tormenta de diseños recurrencia de 25 años y para la verificación una tormenta de recurrencia de 50 años.

A continuación, se adjunta verificación hidráulica de las alcantarillas principales.

## SUBCUENCA A

### VERIFICACIÓN DE ALCANTARILLA EXISTENTE PR: 14+550

The screenshot shows the 'Crossing Data - ALC A Existente' dialog box in the HY-8 software. It is divided into two main sections: 'Crossing Properties' and 'Culvert Properties'.

**Crossing Properties:**

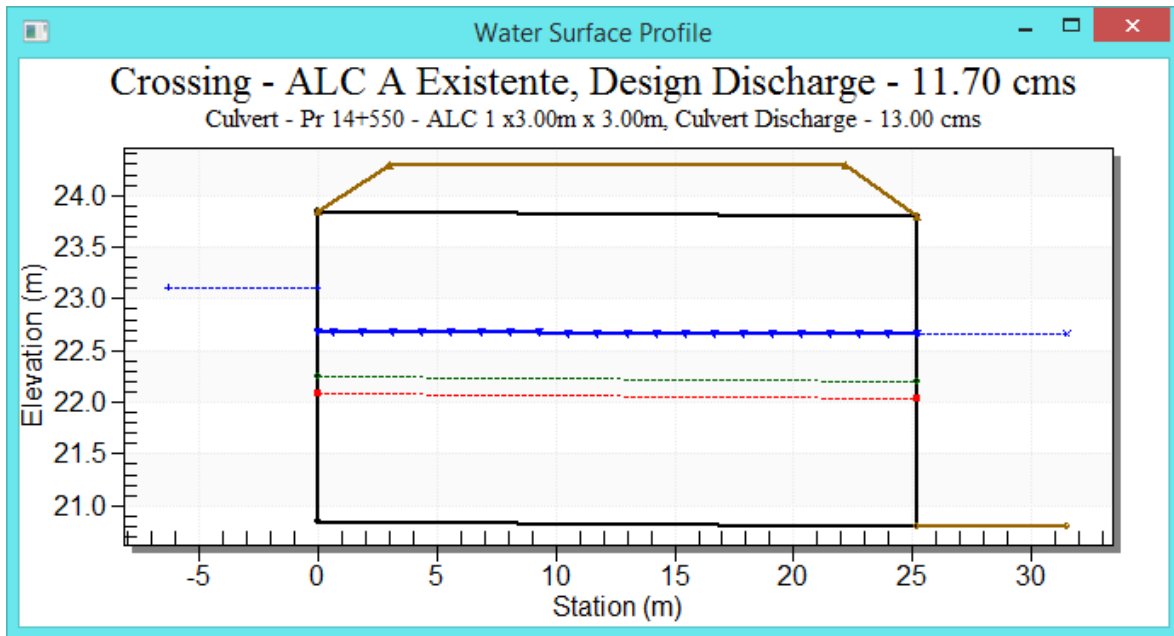
- Name: ALC A Existente
- DISCHARGE DATA:**
  - Discharge Method: Minimum, Design, and Maximum
  - Minimum Flow: 9.000 cms
  - Design Flow: 11.700 cms
  - Maximum Flow: 13.000 cms
- TAILWATER DATA:**
  - Channel Type: Trapezoidal Channel
  - Bottom Width: 3.000 m
  - Side Slope (H:V): 1:1
  - Channel Slope: 0.0020 m/m
  - Manning's n (channel): 0.033
  - Channel Invert Elevation: 20.800 m
  - Rating Curve: View...
- ROADWAY DATA:**
  - Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation
  - First Roadway Station: 0.000 m
  - Crest Length: 100.000 m
  - Crest Elevation: 24.290 m
  - Roadway Surface: Paved
  - Top Width: 19.200 m

**Culvert Properties:**

- Name: Pr 14+550 - ALC 1 x3.00m x
- Buttons: Add Culvert, Duplicate Culvert, Delete Culvert
- Parameter Table:**

Parameter	Value	Units
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	3000.000	mm
Rise	3000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.012	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (90°) Headwall	
Inlet Depression?	No	
<b>SITE DATA</b>		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	20.850	m
Outlet Station	25.200	m
Outlet Elevation	20.800	m
Number of Barrels	1	

Buttons at the bottom: Help, Click on any icon for help on a specific topic, Low Flow, AOP, Energy Dissipation, Analyze Crossing, OK, Cancel.



### Custom Table - Pr 14+550 - ALC 1 x3.00m x 3.00m

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
9.00	9.00	22.65	1.66	1.80	3-M1t	1.07	0.97	1.53	1.53	1.97	1.30
9.40	9.40	22.70	1.71	1.85	3-M1t	1.10	1.00	1.56	1.56	2.01	1.32
9.80	9.80	22.74	1.75	1.89	3-M1t	1.13	1.03	1.60	1.60	2.04	1.33
10.20	10.20	22.79	1.80	1.94	3-M1t	1.17	1.06	1.63	1.63	2.08	1.35
10.60	10.60	22.84	1.84	1.99	3-M1t	1.20	1.08	1.67	1.67	2.12	1.36
11.00	11.00	22.88	1.89	2.03	3-M1t	1.23	1.11	1.70	1.70	2.16	1.38
11.40	11.40	22.93	1.93	2.08	3-M1t	1.27	1.14	1.73	1.73	2.19	1.39
11.70	11.70	22.96	1.97	2.11	3-M1t	1.29	1.16	1.76	1.76	2.22	1.40
12.20	12.20	23.02	2.02	2.17	3-M1t	1.33	1.19	1.80	1.80	2.26	1.41
12.60	12.60	23.06	2.06	2.21	3-M1t	1.36	1.22	1.83	1.83	2.30	1.43
13.00	13.00	23.11	2.11	2.26	3-M1t	1.40	1.24	1.86	1.86	2.33	1.44

**Display**

Crossing Summary Table

Culvert Summary Table Pr 14+550 - ALC 1 x3.00m x 3.00m

Water Surface Profiles

Tapered Inlet Table

Customized Table Options...

**Geometry**

Inlet Elevation: 20.85 m

Outlet Elevation: 20.80 m

Culvert Length: 25.20 m

Culvert Slope: 0.0020

Inlet Crest: 0.00 m

Inlet Throat: 0.00 m

Outlet Control: Full Flow

**Plot**

## SUBCUENCA A

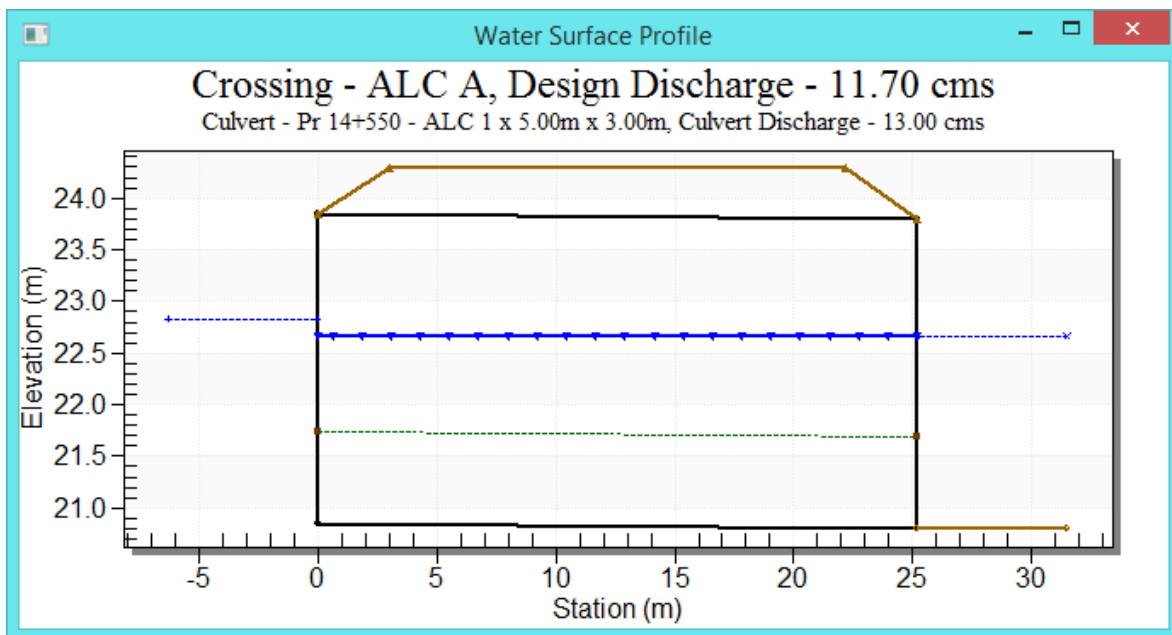
### VERIFICACIÓN DE ALCANTARILLA PROYECTADA PR: 14+550

Crossing Data - ALC A

Name:

Parameter	Value	Units
<b>DISCHARGE DATA</b>		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	9.000	cms
Design Flow	11.700	cms
Maximum Flow	13.000	cms
<b>TAILWATER DATA</b>		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	3.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.033	
Channel Invert Elevation	20.800	m
Rating Curve	View...	
<b>ROADWAY DATA</b>		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	100.000	m
Crest Elevation	24.290	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	19.200	m

Parameter	Value	Units
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	5000.000	mm
Rise	3000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.012	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (90°) Headwall	
Inlet Depression?	No	
<b>SITE DATA</b>		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	20.850	m
Outlet Station	25.200	m
Outlet Elevation	20.800	m
Number of Barrels	1	



Custom Table - Pr 14+550 - ALC 1 x 5.00m x 3.00m

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
9.00	9.00	22.44	1.18	1.59	3-M1t	0.70	0.69	1.53	1.53	1.18	1.30
9.40	9.40	22.48	1.22	1.63	3-M1t	0.72	0.71	1.56	1.56	1.20	1.32
9.80	9.80	22.52	1.25	1.67	3-M1t	0.74	0.73	1.60	1.60	1.23	1.33
10.20	10.20	22.56	1.29	1.71	3-M1t	0.76	0.75	1.63	1.63	1.25	1.35
10.60	10.60	22.60	1.32	1.75	3-M1t	0.78	0.77	1.67	1.67	1.27	1.36
11.00	11.00	22.64	1.35	1.79	3-M1t	0.80	0.79	1.70	1.70	1.29	1.38
11.40	11.40	22.67	1.39	1.82	3-M1t	0.81	0.81	1.73	1.73	1.32	1.39
11.70	11.70	22.70	1.41	1.85	3-M1t	0.83	0.82	1.76	1.76	1.33	1.40
12.20	12.20	22.75	1.45	1.90	3-M1t	0.85	0.85	1.80	1.80	1.36	1.41
12.60	12.60	22.78	1.48	1.93	3-M1t	0.87	0.86	1.83	1.83	1.38	1.43
13.00	13.00	22.82	1.51	1.97	3-M1t	0.89	0.88	1.86	1.86	1.40	1.44

Display:  Crossing Summary Table,  Culvert Summary Table (Pr 14+550 - ALC 1 x 5.00m x 3.00m),  Water Surface Profiles,  Tapered Inlet Table,  Customized Table (Options...)

Geometry: Inlet Elevation: 20.85 m, Outlet Elevation: 20.80 m, Culvert Length: 25.20 m, Culvert Slope: 0.0020, Inlet Crest: 0.00 m, Inlet Throat: 0.00 m, Outlet Control: Full Flow

Plot: Crossing Rating Curve, Culvert Performance Curve, Selected Water Profile, Water Surface Profile Data

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

Verifica.

## SUBCUENCA B

### VERIFICACIÓN DE ALCANTARILLA PROYECTADA PR: 15+810

Crossing Data - ALC B

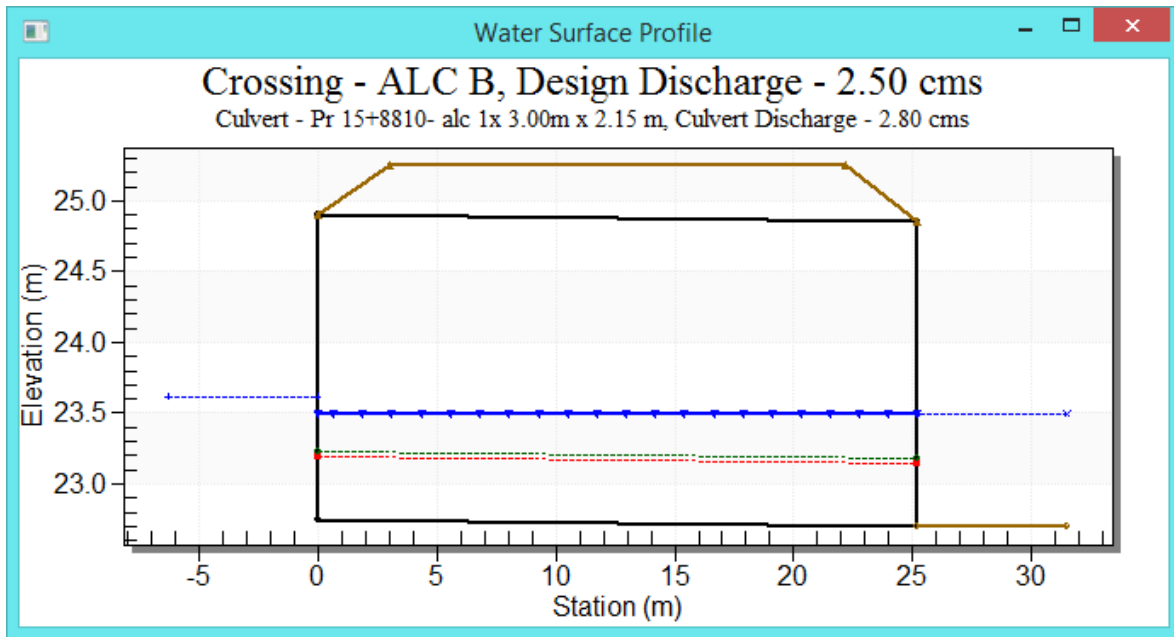
Crossing Properties: Name: ALC B

Parameter	Value	Units
<b>DISCHARGE DATA</b>		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	2.200	cms
Design Flow	2.500	cms
Maximum Flow	2.800	cms
<b>TAILWATER DATA</b>		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	3.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.033	
Channel Invert Elevation	22.700	m
Rating Curve	View...	
<b>ROADWAY DATA</b>		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	100.000	m
Crest Elevation	25.250	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	19.200	m

Culvert Properties: Pr 15+8810-alc 1x 3.00m x 2.15 m

Parameter	Value	Units
<b>CULVERT DATA</b>		
Name	Pr 15+8810-alc 1x 3.00m x 2.15 m	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	3000.000	mm
Rise	2150.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.012	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (90°) Headwall	
Inlet Depression?	No	
<b>SITE DATA</b>		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	22.750	m
Outlet Station	25.200	m

Buttons: Help, Click on any icon for help on a specific topic, Low Flow, AOP, Energy Dissipation, Analyze Crossing, OK, Cancel



**Custom Table - Pr 15+8810- alc 1x 3.00m x 2.15 m**

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
2.20	2.20	23.49	0.65	0.74	3-M1t	0.41	0.38	0.69	0.69	1.07	0.87
2.26	2.26	23.50	0.66	0.75	3-M1t	0.41	0.39	0.70	0.70	1.08	0.88
2.32	2.32	23.52	0.67	0.77	3-M1t	0.42	0.39	0.71	0.71	1.09	0.88
2.38	2.38	23.53	0.69	0.78	3-M1t	0.43	0.40	0.72	0.72	1.10	0.89
2.44	2.44	23.54	0.70	0.79	3-M1t	0.43	0.41	0.73	0.73	1.11	0.90
2.50	2.50	23.55	0.71	0.80	3-M1t	0.44	0.41	0.74	0.74	1.13	0.90
2.56	2.56	23.57	0.72	0.82	3-M1t	0.45	0.42	0.75	0.75	1.14	0.91
2.62	2.62	23.58	0.73	0.83	3-M1t	0.45	0.43	0.76	0.76	1.15	0.92
2.68	2.68	23.59	0.74	0.84	3-M1t	0.46	0.43	0.77	0.77	1.16	0.92
2.74	2.74	23.60	0.75	0.85	3-M1t	0.47	0.44	0.78	0.78	1.17	0.93
2.80	2.80	23.61	0.76	0.86	3-M1t	0.48	0.45	0.79	0.79	1.18	0.93

**Display**  
 Crossing Summary Table  
 Culvert Summary Table Pr 15+8810- alc 1x 3.00m x 2.15 m  
 Water Surface Profiles  
 Tapered Inlet Table  
 Customized Table Options...

**Geometry**  
 Inlet Elevation: 22.75 m  
 Outlet Elevation: 22.70 m  
 Culvert Length: 25.20 m  
 Culvert Slope: 0.0020  
 Inlet Crest: 0.00 m  
 Inlet Throat: 0.00 m  
 Outlet Control: Full Flow

**Plot**

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

**Verifica.**

## SUBCUENCA C

### VERIFICACIÓN DE ALCANTARILLA EXISTENTE PR: 16+040

Crossing Data - ALC C

**Crossing Properties**

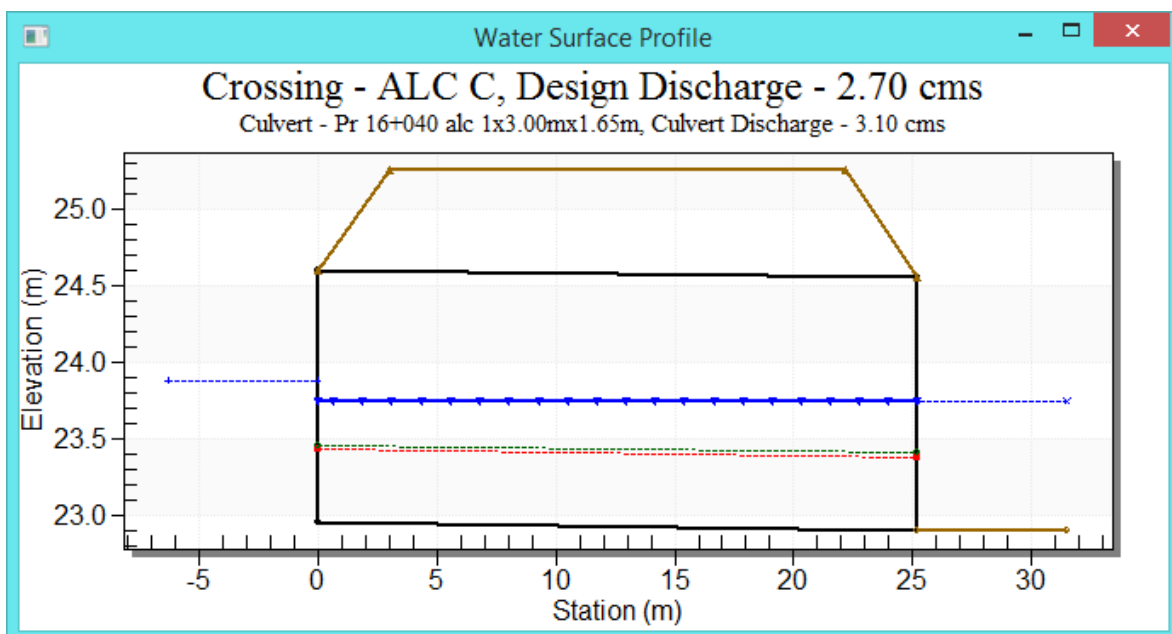
Name:

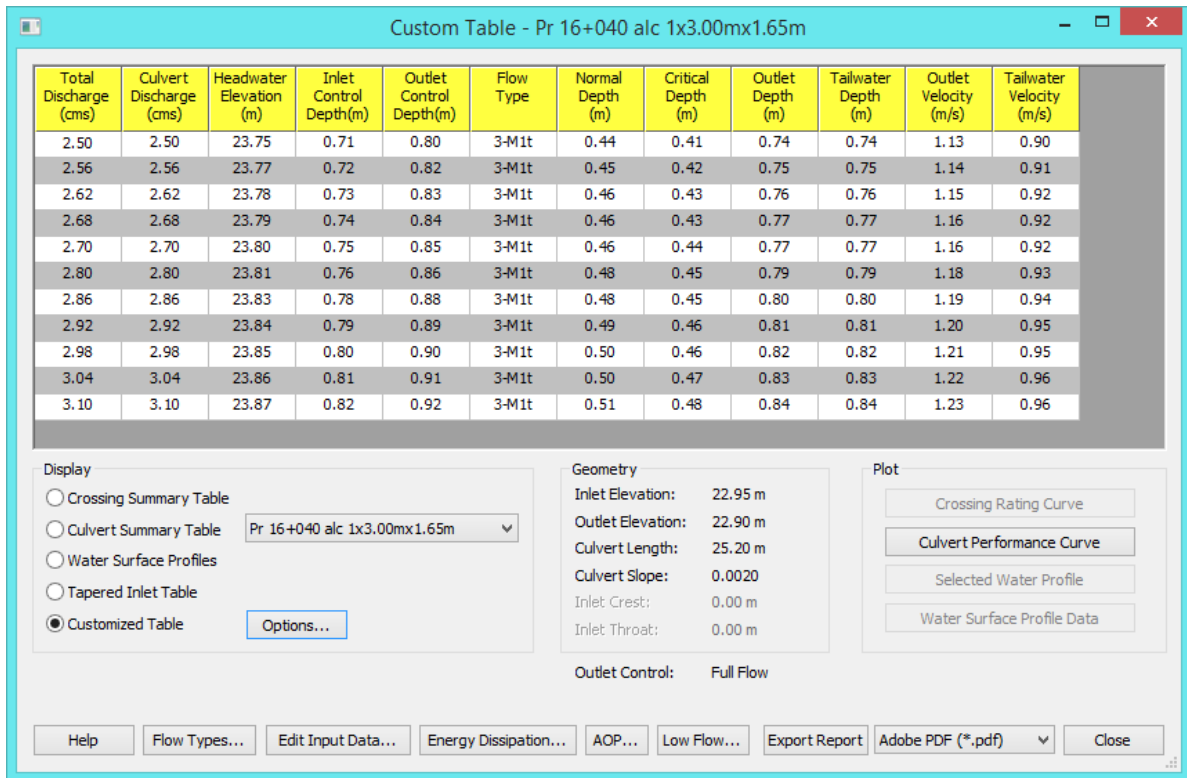
Parameter	Value	Units
<b>DISCHARGE DATA</b>		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	2.500	cms
Design Flow	2.700	cms
Maximum Flow	3.100	cms
<b>TAILWATER DATA</b>		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	3.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.033	
Channel Invert Elevation	22.900	m
Rating Curve	<a href="#">View...</a>	
<b>ROADWAY DATA</b>		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	25.250	m
Crest Elevation	25.250	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	19.200	m

**Culvert Properties**

Parameter	Value	Units
<b>CULVERT DATA</b>		
Name	Pr 16+040 alc 1x3.00mx1.65m	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	3000.000	mm
Rise	1650.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.012	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (90°) Headwall	
Inlet Depression?	No	
<b>SITE DATA</b>		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	22.950	m
Outlet Station	25.200	m

Click on any icon for help on a specific topic

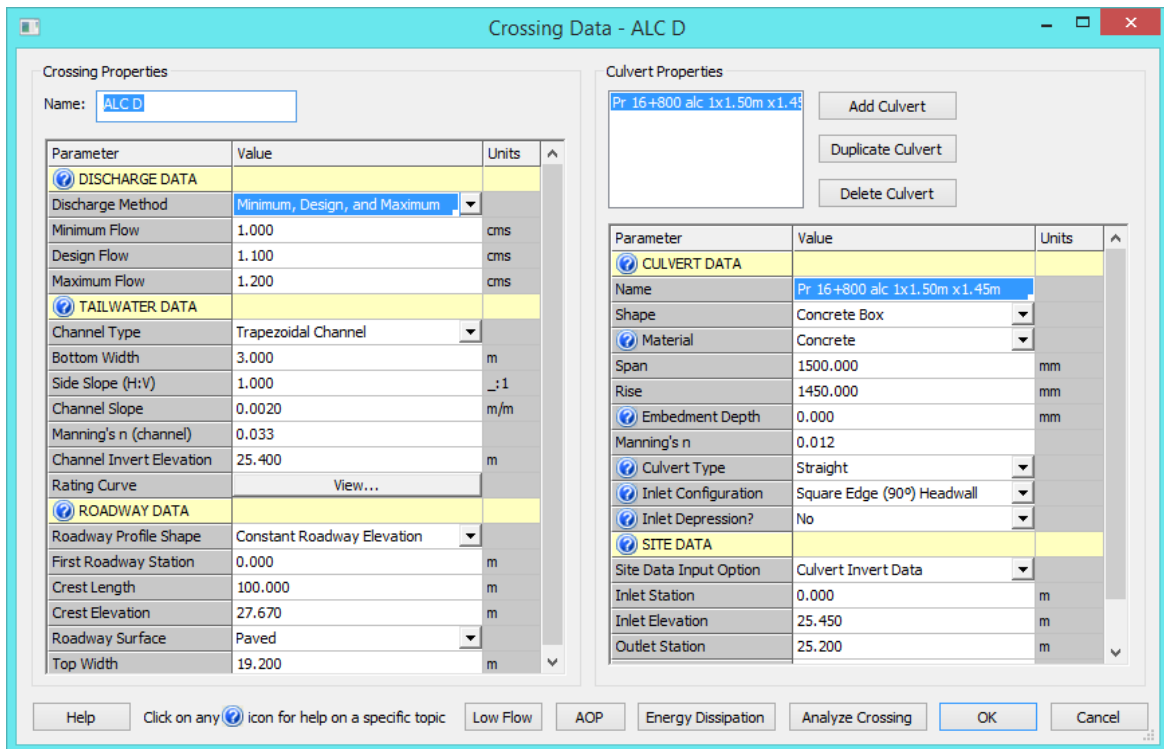




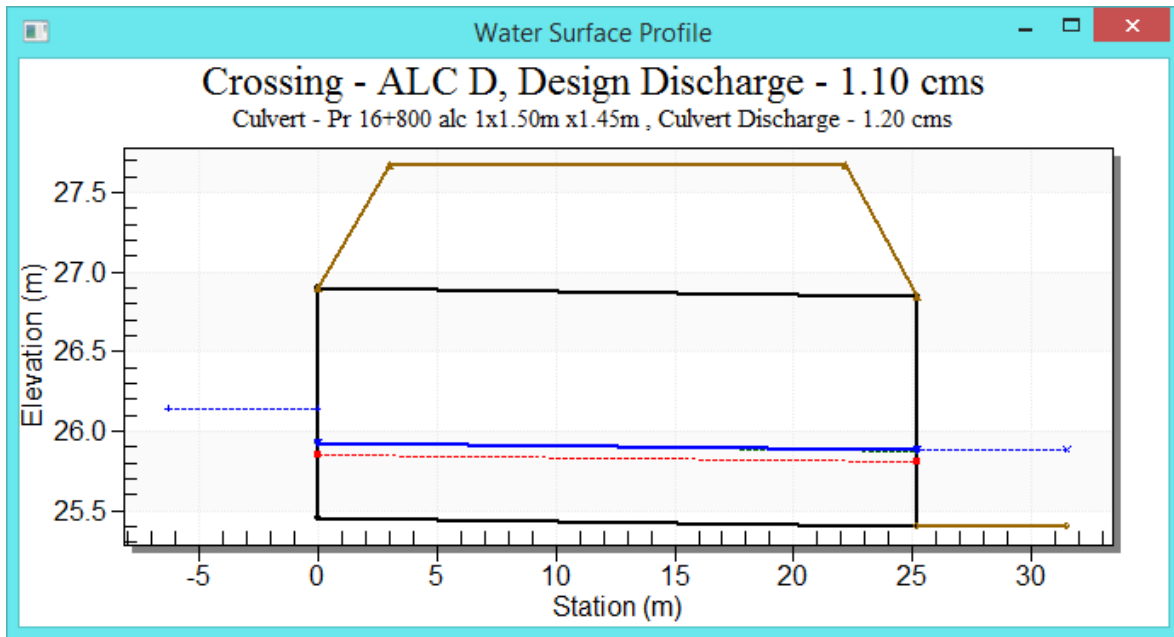
**Verifica**

**SUBCUENCA D**

**VERIFICACIÓN DE ALCANTARILLA PROYECTADA PR: 16+800**







**Custom Table - Pr 16+800 alc 1x1.50m x1.45m**

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
1.00	1.00	26.06	0.61	0.61	3-M1t	0.42	0.36	0.43	0.43	1.54	0.67
1.02	1.02	26.07	0.62	0.62	3-M1t	0.42	0.36	0.44	0.44	1.56	0.68
1.04	1.04	26.08	0.63	0.63	3-M1t	0.43	0.37	0.44	0.44	1.57	0.68
1.06	1.06	26.09	0.64	0.64	3-M1t	0.43	0.37	0.45	0.45	1.58	0.69
1.08	1.08	26.10	0.64	0.65	3-M1t	0.44	0.38	0.45	0.45	1.59	0.69
1.10	1.10	26.10	0.65	0.65	3-M1t	0.44	0.38	0.46	0.46	1.60	0.70
1.12	1.12	26.11	0.66	0.66	3-M1t	0.45	0.38	0.46	0.46	1.62	0.70
1.14	1.14	26.12	0.67	0.67	3-M1t	0.46	0.39	0.47	0.47	1.63	0.70
1.16	1.16	26.13	0.67	0.68	3-M1t	0.46	0.39	0.47	0.47	1.64	0.71
1.18	1.18	26.13	0.68	0.68	3-M1t	0.47	0.40	0.48	0.48	1.65	0.71
1.20	1.20	26.14	0.69	0.69	3-M1t	0.47	0.40	0.48	0.48	1.66	0.72

**Display**  
 Crossing Summary Table  
 Culvert Summary Table Pr 16+800 alc 1x1.50m x1.45m  
 Water Surface Profiles  
 Tapered Inlet Table  
 Customized Table Options...

**Geometry**  
 Inlet Elevation: 25.45 m  
 Outlet Elevation: 25.40 m  
 Culvert Length: 25.20 m  
 Culvert Slope: 0.0020  
 Inlet Crest: 0.00 m  
 Inlet Throat: 0.00 m  
 Outlet Control: Full Flow

**Plot**

Help Flow Types... Edit Input Data... Energy Dissipation... AOP... Low Flow... Export Report Adobe PDF (\*.pdf) Close

**Verifica.**

## SUBCUENCA E

### VERIFICACIÓN DE ALCANTARILLA EXISTENTE PR: 18+120

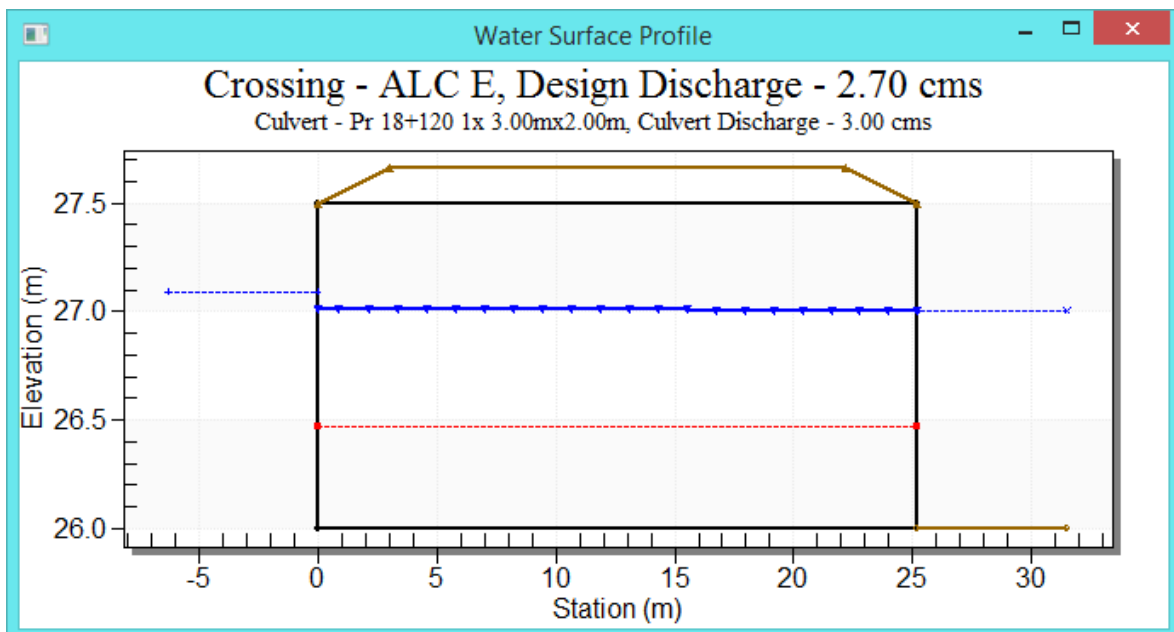
Crossing Data - ALC E

Name:

Parameter	Value	Units
<b>DISCHARGE DATA</b>		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	2.500	cms
Design Flow	2.700	cms
Maximum Flow	3.000	cms
<b>TAILWATER DATA</b>		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	3.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0010	m/m
Manning's n (channel)	0.033	
Channel Invert Elevation	26.000	m
Rating Curve	View...	
<b>ROADWAY DATA</b>		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	100.000	m
Crest Elevation	27.660	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	19.200	m

Parameter	Value	Units
<b>Pr 18+120 1x 3.00mx2.00m</b>		
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	3000.000	mm
Rise	1500.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.012	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (90°) Headwall	
Inlet Depression?	No	
<b>SITE DATA</b>		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	26.000	m
Outlet Station	25.200	m
Outlet Elevation	26.000	m
Number of Barrels	1	

Buttons: Help, Click on any icon for help on a specific topic, Low Flow, AOP, Energy Dissipation, Analyze Crossing, OK, Cancel



Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
2.50	2.50	26.98	0.71	0.98	7-H2t	NA	0.41	0.90	0.90	0.92	0.71
2.55	2.55	26.99	0.72	0.99	7-H2t	NA	0.42	0.91	0.91	0.93	0.71
2.60	2.60	27.00	0.73	1.00	7-H2t	NA	0.42	0.92	0.92	0.94	0.72
2.65	2.65	27.01	0.74	1.01	7-H2t	NA	0.43	0.93	0.93	0.94	0.72
2.70	2.70	27.02	0.75	1.02	7-H2t	NA	0.44	0.94	0.94	0.95	0.72
2.75	2.75	27.03	0.76	1.03	7-H2t	NA	0.44	0.95	0.95	0.96	0.73
2.80	2.80	27.04	0.77	1.04	7-H2t	NA	0.45	0.96	0.96	0.97	0.73
2.85	2.85	27.05	0.77	1.05	7-H2t	NA	0.45	0.97	0.97	0.97	0.74
2.90	2.90	27.06	0.78	1.06	7-H2t	NA	0.46	0.98	0.98	0.98	0.74
2.95	2.95	27.08	0.79	1.08	7-H2t	NA	0.46	0.99	0.99	0.99	0.74
3.00	3.00	27.09	0.80	1.09	7-H2t	NA	0.47	1.00	1.00	1.00	0.75

Display:  Crossing Summary Table,  Culvert Summary Table (Pr 18+120 1x 3.00mx2.00m),  Water Surface Profiles,  Tapered Inlet Table,  Customized Table (Options...)

Geometry: Inlet Elevation: 26.00 m, Outlet Elevation: 26.00 m, Culvert Length: 25.20 m, Culvert Slope: 0.0000, Inlet Crest: 0.00 m, Inlet Throat: 0.00 m, Outlet Control: Full Flow

Plot: , , ,

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

**Verifica.**

## VERIFICACION DE CANALES DE DESCARGAS

Los canales de descarga en el presente proyecto son las obras hidráulicas que concentran los escurrimientos que llegan a la ruta de estudio y son conducidos fuera de la zona de camino y se conectan con una descarga franca, en este caso son el arroyo El Gato y el arroyo El Pescado.

### Verificación canal de descarga Cuenca B

Este canal es el que se encuentra aguas debajo de la alcantarilla B - Pr: 15+810. Se desarrolla por el sector Norte de la intersección de la RP 36 y RP 215. Está previsto el perfilado y excavación de cuneta en Base de fondo de 3.00m con taludes 2H:1V, con pendiente longitudinal 0.0025 m/m. Este canal verifica para el caudal de 10 años  $Q = 1.90 \text{ m}^3/\text{s}$ . El pelo de agua alcanza 0.57m respecto al fondo para erogar el caudal informado.

Worksheet : CANAL DESCARGA CUENCA B

Uniform Flow | Gradually Varied Flow | Messages

Solve For: Discharge Friction Method: Manning Formula

Roughness Coefficient:	0.035		Flow Area:	2.36	m <sup>2</sup>
Channel Slope:	0.00250	m/m	Wetted Perimeter:	5.55	m
Normal Depth:	0.57	m	Hydraulic Radius:	0.43	m
Left Side Slope:	2.00	m/m (H:V)	Top Width:	5.28	m
Right Side Slope:	2.00	m/m (H:V)	Critical Depth:	0.32	m
Bottom Width:	3.00	m	Critical Slope:	0.01941	m/m
Discharge:	1.91	m <sup>3</sup> /s	Velocity:	0.81	m/s
			Velocity Head:	0.03	m
			Specific Energy:	0.60	m
			Froude Number:	0.39	
			Flow Type:	Subcritical	

Calculation Successful.

### Verificación canal de descarga Cuenca C y D

Este canal es el que se encuentra aguas debajo de la alcantarilla C - Pr: 16+040. Se desarrolla por el sector Este de la intersección de la RP 36 y RP 215. Está previsto el perfilado y excavación de cuneta en Base de fondo de 3.00m con taludes 2H:1V, con pendiente longitudinal 0.0046 m/m.

Los excedentes que recibe este canal de descarga son los caudales generados en la cuenca C desde el Sureste (Olmos) y desde la cuenca D, que toma los excedentes esta cuenca y los cruza a la cuneta izquierda en la alcantarilla de Pr: 16+800. Estos excedentes se decidió conducirlos por cuneta izquierda hacia la intersección de la RP36 y RP 215 ya que los escurrimientos se encuentran interrumpidos hacia aguas abajo por obstrucciones y tapones que impiden que los mismos escurran hacia un asentamiento ilegal en zona de vías y que deja de tener jurisdicción de esta D.V.B.A.

Este canal verifica para el caudal de 10 años  $Q = 2.90 \text{ m}^3/\text{s}$ . El pelo de agua alcanza 0.61m respecto al fondo para erogar el caudal informado.

Worksheet : CANAL DESCARGA CUENCA C Y D

Uniform Flow | Gradually Varied Flow | Messages

Solve For: Discharge Friction Method: Manning Formula

Roughness Coefficient:	0.035		Flow Area:	2.56	m <sup>2</sup>
Channel Slope:	0.00460	m/m	Wetted Perimeter:	5.71	m
Normal Depth:	0.61	m	Hydraulic Radius:	0.45	m
Left Side Slope:	2.00	m/m (H:V)	Top Width:	5.43	m
Right Side Slope:	2.00	m/m (H:V)	Critical Depth:	0.41	m
Bottom Width:	3.00	m	Critical Slope:	0.01817	m/m
Discharge:	2.90	m <sup>3</sup> /s	Velocity:	1.13	m/s
			Velocity Head:	0.07	m
			Specific Energy:	0.67	m
			Froude Number:	0.53	
			Flow Type:	Subcritical	

### Verificación canal de descarga Cuenca E

La cuenca escurre de Norte a Sur. Naturalmente los excedentes deberían continuar por el terreno siguiendo el desnivel natural del del mismo, como se observa en las curvas de nivel del plano de cuenca. Carta IGN. El relleno de los terrenos frentista para la construcción de edificaciones y canalización sin autorización, provocan que la alcantarilla de PR: 18+100 trabaje como niveladora, acumulándose el agua en la zona de camino. Los prestamos se mantienen inundados hasta que desbordan y continúan hacia la RP10 (Av. 66)

Está previsto rectificar ambas zanjas laterales hacia el Sureste hacia la alcantarilla de la RP 10 (Av.66) y perfilar ambas cunetas más allá del fin del proyecto (400m desde la intersección de RP36 y RP 10) para garantizar los escurrimientos hacia la alcantarilla existente que se encuentra a 1350 m aproximadamente de la intersección antes mencionada que se corresponde con las nacientes del arroyo El Pescado.

Está previsto el perfilado y excavación de cuneta en Base de fondo de 3.00m con taludes 2H:1V, con pendiente longitudinal 0.0008 m/m.

Este canal verifica para el caudal de 10 años  $Q= 1.00\text{m}^3/\text{s}$ . El pelo de agua alcanza 0.55m respecto al fondo para erogar el caudal informado.

Worksheet : CANAL DESCARGA CUENCA E

Uniform Flow **Gradually Varied Flow** Messages

Solve For: Discharge Friction Method: Manning Formula

Roughness Coefficient:	0.035		Flow Area:	2.23	m <sup>2</sup>
Channel Slope:	0.00080	m/m	Wetted Perimeter:	5.44	m
Normal Depth:	0.55	m	Hydraulic Radius:	0.41	m
Left Side Slope:	2.00	m/m (H:V)	Top Width:	5.18	m
Right Side Slope:	2.00	m/m (H:V)	Critical Depth:	0.21	m
Bottom Width:	3.00	m	Critical Slope:	0.02164	m/m
Discharge:	1.00	m <sup>3</sup> /s	Velocity:	0.45	m/s
			Velocity Head:	0.01	m
			Specific Energy:	0.56	m
			Froude Number:	0.22	
			Flow Type:	Subcritical	

### Verificación de conductos longitudinales

Se verificaron las conducciones para las condiciones de pendiente y aportes más desfavorables.

Caso conducto rectangular 1.50m x 1.50m y Cuneta derecha desde Pr: 16+040 a 16+800.

Esta zanja es la más solicitada (máximo aporte 2.10m<sup>3</sup>/s). La altura de agua prevista para estas conducciones. En el sector cercano a la descarga en Alcantarilla C Pr: 16+040, no alcanza los 0.65m

Worksheet : CONDUCTO 1.50 1.50m 0.36%

Uniform Flow **Gradually Varied Flow** Messages

Solve For: Discharge Friction Method: Manning Formula

Roughness Coefficient:	0.013		Flow Area:	0.93	m <sup>2</sup>
Channel Slope:	0.00360	m/m	Wetted Perimeter:	2.74	m
Normal Depth:	0.62	m	Hydraulic Radius:	0.34	m
Height:	1.50	m	Top Width:	1.50	m
Bottom Width:	1.50	m	Critical Depth:	0.58	m
Discharge:	2.10	m <sup>3</sup> /s	Percent Full:	41.5	%
			Critical Slope:	0.00427	m/m
			Velocity:	2.25	m/s
			Velocity Head:	0.26	m
			Specific Energy:	0.88	m
			Froude Number:	0.91	
			Discharge Full:	5.40	m <sup>3</sup> /s
			Slope Full:	0.02386	m/m
			Flow Type:	Subcritical	

Worksheet : CANAL 16+040 a 16+800

Uniform Flow | Gradually Varied Flow | Messages

Solve For: Discharge | Friction Method: Manning Formula

Roughness Coefficient:	0.035		Flow Area:	2.23	m <sup>2</sup>
Channel Slope:	0.00360	m/m	Wetted Perimeter:	5.44	m
Normal Depth:	0.55	m	Hydraulic Radius:	0.41	m
Left Side Slope:	2.00	m/m (H:V)	Top Width:	5.18	m
Right Side Slope:	2.00	m/m (H:V)	Critical Depth:	0.34	m
Bottom Width:	3.00	m	Critical Slope:	0.01910	m/m
Discharge:	2.11	m <sup>3</sup> /s	Velocity:	0.95	m/s
			Velocity Head:	0.05	m
			Specific Energy:	0.59	m
			Froude Number:	0.46	
			Flow Type:	Subcritical	

Calculation Successful.

Conductos rectangulares para zanja desde Pr:18+100 hasta fin de proyecto.

Worksheet : CONDUCTO 1.50 1.50m 0.08%

Uniform Flow | Gradually Varied Flow | Messages

Solve For: Discharge | Friction Method: Manning Formula

Roughness Coefficient:	0.013		Flow Area:	0.94	m <sup>2</sup>
Channel Slope:	0.00080	m/m	Wetted Perimeter:	2.75	m
Normal Depth:	0.63	m	Hydraulic Radius:	0.34	m
Height:	1.50	m	Top Width:	1.50	m
Bottom Width:	1.50	m	Critical Depth:	0.36	m
Discharge:	1.00	m <sup>3</sup> /s	Percent Full:	41.7	%
			Critical Slope:	0.00392	m/m
			Velocity:	1.06	m/s
			Velocity Head:	0.06	m
			Specific Energy:	0.68	m
			Froude Number:	0.43	
			Discharge Full:	2.55	m <sup>3</sup> /s
			Slope Full:	0.00523	m/m
			Flow Type:	Subcritical	

Finalmente se incorpora la verificación de los conductos de  $\phi=1000\text{mm}$ . El aporte es despreciable y la capacidad de conducción es superada.

Worksheet : Circular  $\phi=1000\text{mm}$

Uniform Flow | Gradually Varied Flow | Messages

Solve For: Discharge Friction Method: Manning Formula

Roughness Coefficient:	0.013		Flow Area:	0.77	m <sup>2</sup>
Channel Slope:	0.00500	m/m	Wetted Perimeter:	2.65	m
Normal Depth:	0.94	m	Hydraulic Radius:	0.29	m
Diameter:	1.00	m	Top Width:	0.47	m
Discharge:	1.82	m <sup>3</sup> /s	Critical Depth:	0.78	m
			Percent Full:	94.0	%
			Critical Slope:	0.00641	m/m
			Velocity:	2.38	m/s
			Velocity Head:	0.29	m
			Specific Energy:	1.23	m
			Froude Number:	0.60	
			Maximum Discharge:	1.82	m <sup>3</sup> /s
			Discharge Full:	1.70	m <sup>3</sup> /s
			Slope Full:	0.00579	m/m
			Flow Type:	SubCritical	

## CONCLUSIONES

Como puede observarse las secciones de las alcantarillas existente verifican desde el punto de vista hidráulico la capacidad de erogación de los caudales de diseño y verificación. No obstante, en función de la evaluación de estado de las mismas, se decidió el reemplazo de la alcantarilla de Pr: 14+550 y aumentar la luz a 5.00 m, considerando que a futuro aumente la impermeabilización. El resto de las alcantarillas se considera que se ampliarán hasta conseguir el ancho necesario de la obra vial proyectada.

La actual ruta es una ruta existente, su ampliación y repavimentación no prevén modificaciones sustanciales del el punto de vista hidráulico, más allá de la consecuente impermeabilización debido a la ampliación de las calzadas principales y la construcción de las colectoras. Por otro lado, se pretende corregir y mejorar los desagües longitudinales de forma de corregir las modificaciones que ha sufrido las cuencas de aportes debido a la modificación del terreno y al cambio del uso del suelo.

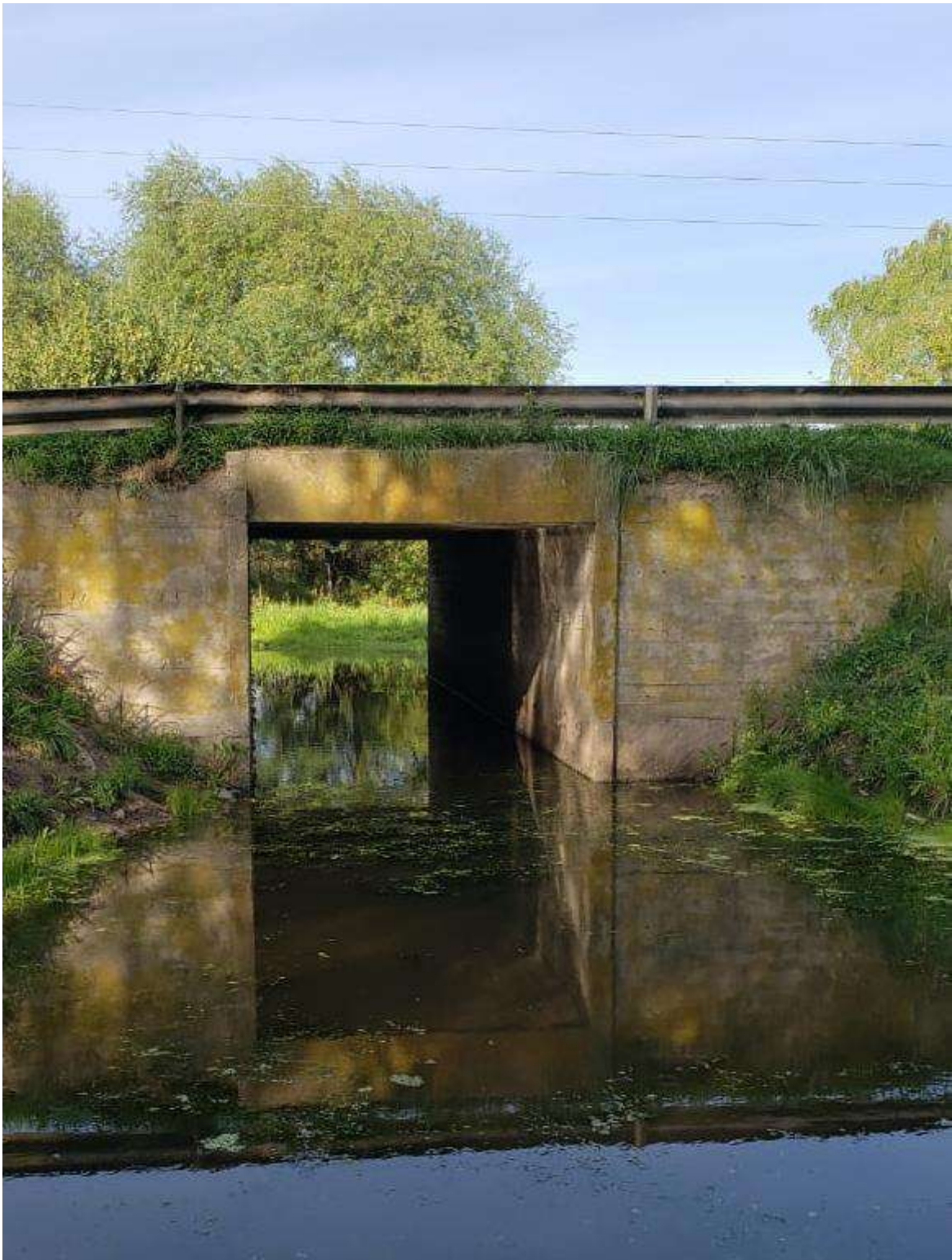


# **INFORME HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICO**

**R.P. N°36**

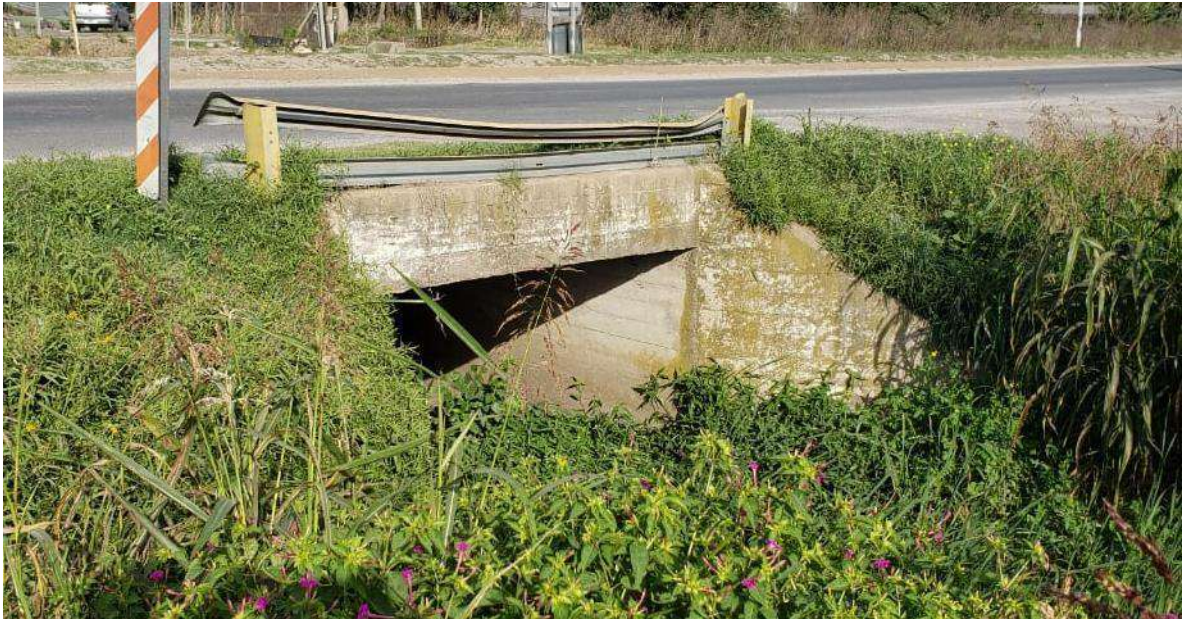
**ANEXO**

**IMÁGENES DE ALCANTARILLAS**



Alcantarilla Pr:14+550 aguas abajo.





Alcantarilla Pr: 15+810 aguas abajo

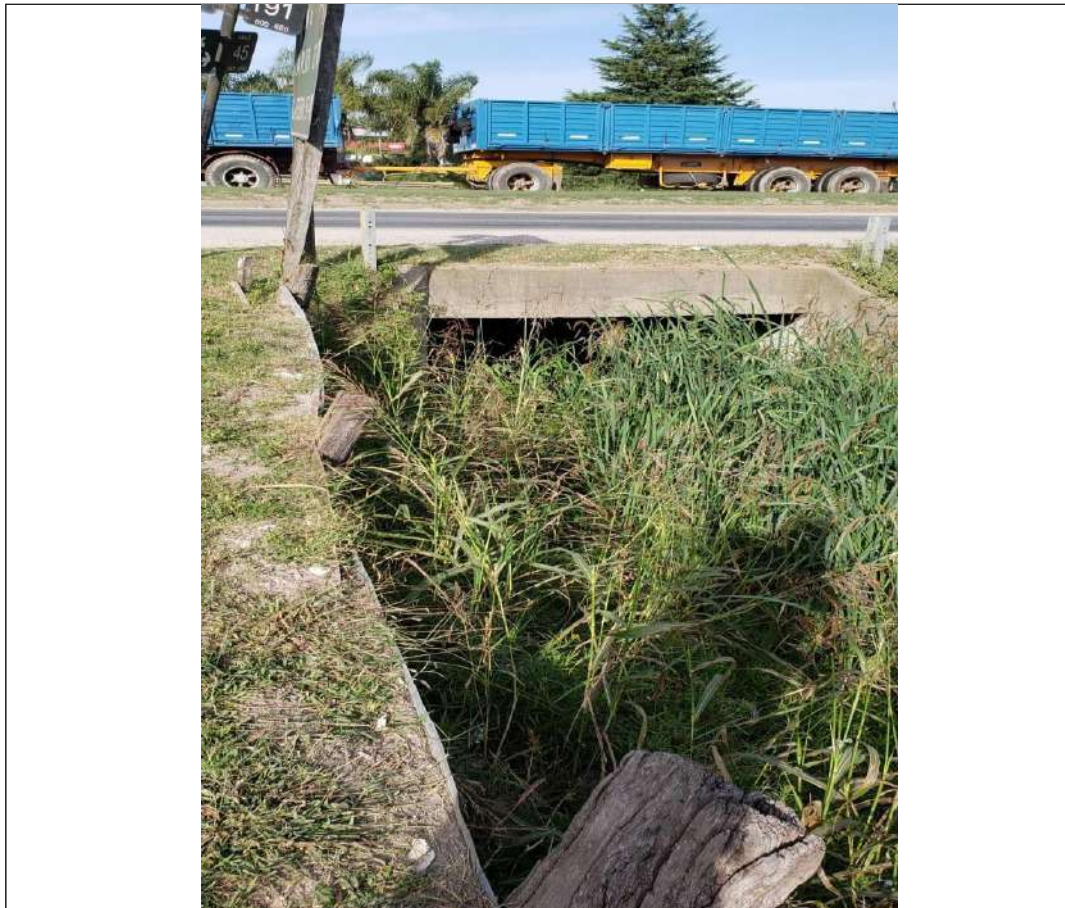




Alcantarilla Pr: 15+810 aguas arriba



Alcantarilla Pr:16+040 aguas arriba



Alcantarilla Pr: 16+040 aguas abajo.





Alcantarilla Pr:16+800 aguas arriba



Alcantarilla Pr:18+120 aguas arriba





Alcantarilla Av. 66 - Sur



Alcantarilla Av. 66 - Norte

---

# Memoria Técnica

---

**OBRA:**  
***Repavimentación y Ensanche Ruta Provincial  
Nro 36 – Provincia de Buenos Aires.***

*TRAMO: Desde R.P N°13 (Avenida 520) hasta EX R.P N°10 (Avenida 66)*

*LONGITUD: 6120 m*

*PARTIDO: La Plata*

**MEMORIA TÉCNICA**

---



# **ÍNDICE DE CONTENIDOS**

## **CAPÍTULO 1:**

### **INTRODUCCIÓN**

- 1.1 INTRODUCCIÓN  
OBJETIVO
- 1.3 ANTECEDENTES

## **CAPÍTULO 2: SITUACIÓN ACTUAL**

- 2.1 SITUACIÓN ACTUAL
- 2.2 ÍNDICE DE ESTADO(IE) - SERVICIABILIDAD PRESENTE
- 2.3 TRÁNSITO
- 2.4 REGISTRO DE ACCIDENTABILIDAD
- 2.5 ESTUDIOS DE SUELO Y ESTRUCTURA ACTUAL DEL PAVIMENTO

## **CAPÍTULO 3: PROPUESTA DE INTERVENCIÓN**

- 3.1 PERFILES TIPO DE OBRA BÁSICA                      ¡Error! Marcador no definido.3.2  
DIMENSIONAMIENTO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

ANEXO I MEMORIA TECNICA: EVALUACION DE ESTADO SUPERFICIAL

ANEXO II MEMORIA TECNICA: TRANSITO

ANEXO III MEMORIA TECNICA: SUELOS

ANEXO IV: MEMORIA TECNICA DEFLECCIONES

ANEXO V MEMORIA TECNICA: ESTRUCTURAS

# CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

## 1.1 INTRODUCCIÓN:

*La siguiente memoria analiza la infraestructura de la ruta provincial 36 en el tramo que se inicia en la Pr. 12+395 correspondiente a la intersección con la ruta provincial N°13 y finaliza en la progresiva PR. 18+520 correspondiente a la intersección con la Ruta Provincial RP N°10 en el partido de la plata .El sector a intervenir consta de 6.125 metros*

## 1.2 OBJETIVO:

*El objetivo del presente trabajo es realizar una propuesta de obras, debidamente justificada en base al análisis de antecedentes y de una visita de campo, para la mejora de las condiciones de operación y seguridad vial del tramo analizado. Esta propuesta será discriminada en tareas o ítem de obras, se efectuarán los cálculos métricos de cada uno de ellos y, en base a los precios unitarios, se determinará el presupuesto de obra.*

## 1.3 ANTECEDENTES:

*Entre los antecedentes disponibles, para la elaboración del presente documento, se utilizaron los siguientes documentos:*

- *Relevamiento Fotográfico*
- *Informe de Tránsito de la DVBA de la Ruta Provincial N°36*
- *Imágenes satelitales del tramo disponibles en la web.*

## **CAPITULO 2: SITUACIÓN ACTUAL**

### **2.1 SITUACIÓN ACTUAL**

*La Ruta Provincial N°36 es una carretera pavimentada de 155 km ubicada en el este de la Provincia de Buenos Aires, que comienza en el Riachuelo, Partido de Avellaneda y finaliza en la R.P.N°11, junto a la Bahía Samborombón a 7,000 km al sudeste de Pipinas.*

*Atraviesa los Partidos de Avellaneda, Quilmes, Berazategui, Florencio Varela, La Plata, Magdalena y Punta Indio, todos pertenecientes a la Provincia de Buenos Aires. Dentro de la traza de la Ruta Provincial No 36 en el tramo proyectado para la presente Etapa, se encuentran los accesos a las localidades de Melchor Romero, Olmos, ciudad de La Plata y Los Hornos, todas pertenecientes al Partido de La Plata.*

*Los sectores comprendidos en este tramo de la ruta, están emplazados en una zona de características suburbanas con uso residencial, comercial y servicios, y constituye una de las principales vías de infraestructura vial dentro del partido mencionado. En su recorrido presenta una calzada indivisa de 7,00 m de ancho, con dársenas y refugios para ascenso y descenso de pasajeros, accesos a Barrios, dársenas de giro precarias a la izquierda para su ingreso, banquetas sin pavimentar, iluminación y semaforización en las rotondas.*

*Los tramos a intervenir son los siguientes:*

Prog Inicial 12,450 ≈ 0+000 – Prog final 18,570 ≈ 6+120

Tramo I: 0+000 a 3+480

Tramo II: 3+480 - 6+120



*Inicio de Obra: Prog.12+450*



## 2.2 EVALUACION DE ESTADO

Sobre la base de los parámetros: Rugosidad, Ahuellamiento, Fisuración y Desprendimientos, se determinaron el Índice de Estado (I.E) y el Índice de Serviciabilidad Presente (I.S.P.).

El Índice de Estado (I.E.) surge de aplicar la fórmula combinada incluida en la metodología de Vialidad Nacional de acuerdo al instructivo para Evaluación de Pavimentos, fórmula que contempla los parámetros Rugosidad, Ahuellamiento, Fisuración y Desprendimientos a través de sus respectivos coeficientes de deterioro Di. Estos coeficientes resultan del procesamiento de los resultados obtenidos en campaña. El análisis se adjunta en Anexo I: Evaluación de Estado

## 2.3 TRÁNSITO

La información con la que se cuenta para alcanzar el objetivo es la siguiente:

TMDA 2016. Fuente: DVBA Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires, el análisis del tránsito, llevado al año 2019 por índices de actualización, adoptando como TMDA de diseño el año 2022, debido al ASPO, se adjunta Anexo II :Tránsito

En la siguiente tabla, se presenta el TMDA-Tránsito medio diario anual, para el año base 2022 en el tramo bajo evaluación.

autovía:	RP 13 (Av. 520)	RP 213 (Av. 44)	RP 218 Calle 66	
longitud	12,71 km	3,38 km	2,55 km	
TMDA 2016 (a)	7.995	11.273	9.455	
TMDA 2019 (b)	8.736	12.318	10.332	
TMDA 2022 (c)	<b>8.736</b> (*)	<b>12.318</b> (**)	<b>10.332</b> (***)	
clasificación	autos/ctas	camion liviano/buses	camión con acoplado	camión semirremolque
(*)	68%	13%	5%	14%
(**)	73%	9%	5%	13%
(***)	70%	3%	12%	15%

(a) tráfico medido  
(b) tráfico proyectado con crecimiento interanual 3%

## **2.4 REGISTRO DE ACCIDENTABILIDAD**

*El análisis de la siniestralidad vial es clave para deducir beneficios sociales a partir de este proyecto. Y decimos que es clave porque, más allá del análisis cuantitativo, a la hora de indicar cuál es la característica sobresaliente de la Ruta Provincial 36 muy particularmente en el tramo bajo evaluación, es la inseguridad vial para los automóviles, peatones y ciclistas. Por lo tanto, desde una mirada de conjunto de corredor, el análisis económico debe reflejar esta conclusión casi inmediata que surge tanto en usuarios como en la propia DVBA sobre la necesidad de conferir mayor seguridad vial a la RP 36 en sus tramos periurbanos de circunvalación a la Ciudad de La Plata, Berisso y Ensenada. Un estudio económico-social que no resalta esta característica no estaría correctamente enfocado porque los beneficios sociales de un proyecto deben reflejar la carencia que a la vista percibe tanto el usuario como quienes gestionan la ruta. Información precedente- análisis contamos con información detallada provista por la DVBA que indica las tasas de siniestralidad vial de la RP 36 en los tramos de interés, para los años 2016, 2017 y 2018.*

*La siguiente Tabla 7, se presentan los índices de siniestralidad en los tramos de interés de la RP 36 en los años 2016,2017,2018*

## **2.5 ESTUDIO DE SUELOS Y ESTRUCTURA ACTUAL DEL PAVIMENTO**

*Se realizó la extracción de 10 Testigos y 2 calicatas sobre la RP 36 en el tramo entre Av. 520 y Av. 66 con el fin de conocer el suelo existente a través de ensayos de identificación de las distintas capas, compactación y valor soporte, los mismos se adjuntan en el Anexo III:Suelos.*

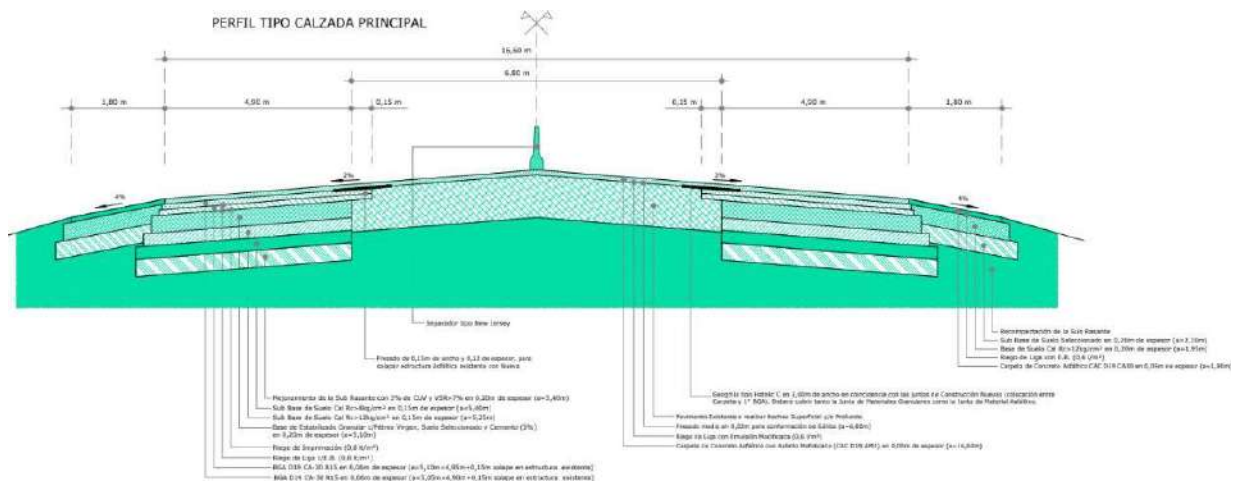
# CAPÍTULO 3: PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

## 3.1 PERFILES TIPO DE OBRA BÁSICA:

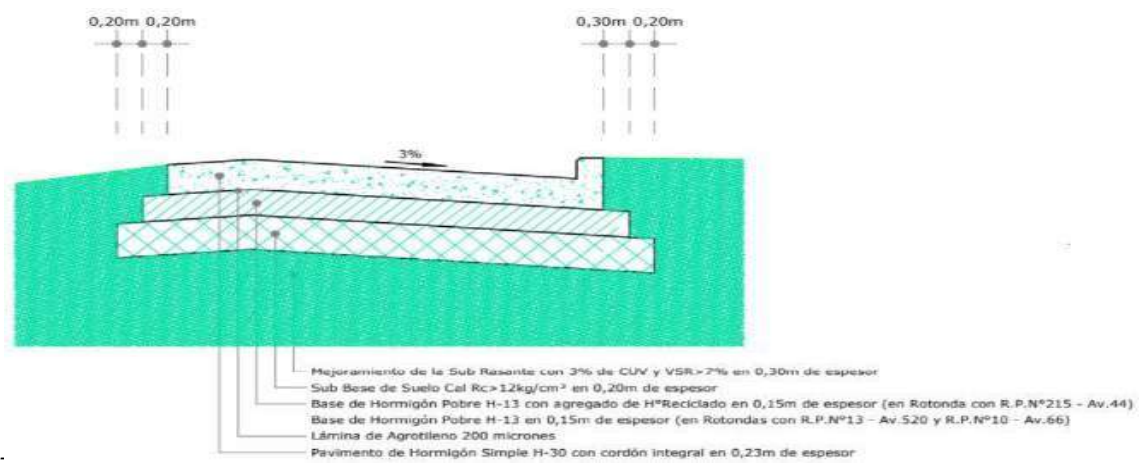
La obra comprende la ejecución de las siguientes tareas:

### 1. Repavimentación y Duplicación de la calzada principal

El ancho de coronamiento se conforma por banquetas de 3,00 m de ancho las cuales estarán pavimentadas 1,80 m de ancho con pendiente al 4%, y sin pavimentar de 1,20 de ancho, dos calzadas principales de 7,30 m con pendiente al 2 % separadas por New Jersey con zona de seguridad de 2 m entre ambas calzadas. La obra de duplicación de la calzada principal se realizará con el ensanche de la misma.

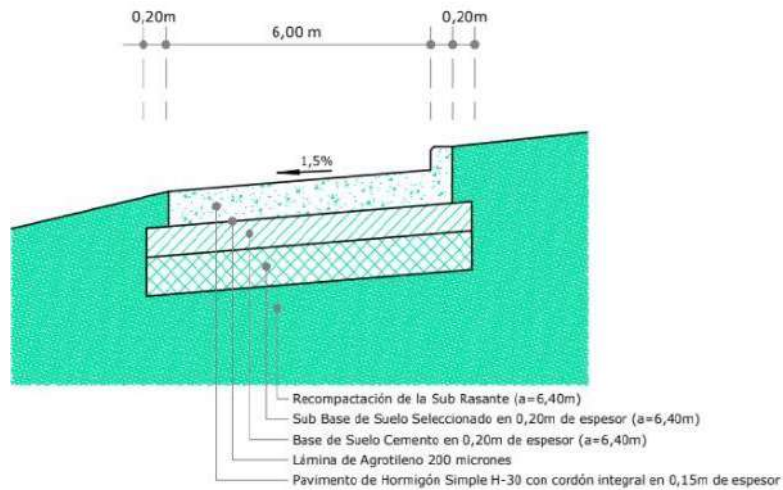


### 2. Reconstrucción de Rotondas conformadas en la intersección con las Rutas RP N° 13, RP N°215 y RP N°10



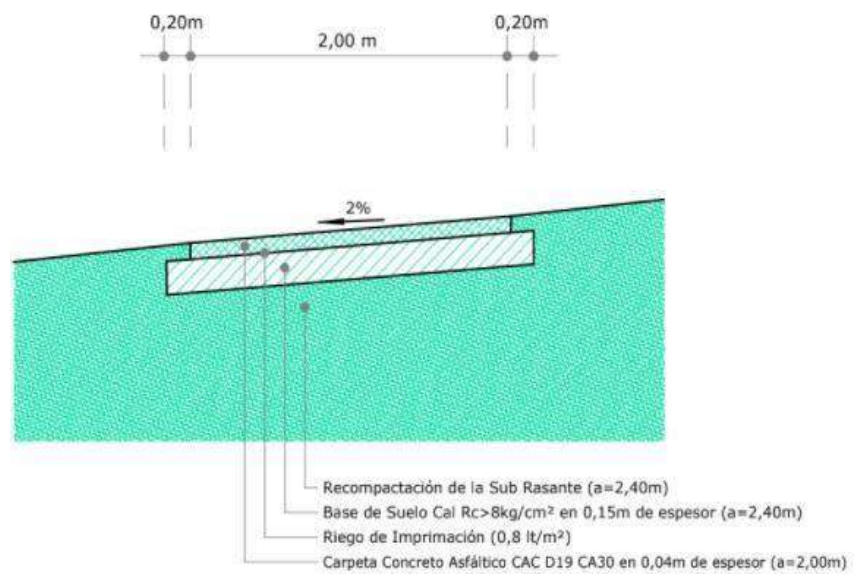


### 3. Construcción de Colectoras en el tramo entre RP N° 215 y RP N° 10:



### 4. Construcción de una ciclovía:

Está prevista la construcción de una biciesenda ó ciclovía del lado izquierdo de la RP N°36, la cual tendrá 2m de ancho. Comienza en la RP.N°13 Av.520 y termina en la RP N° 215 (Av.44) en donde empalma con la colectoras en la calle 45.





### **3.2 DIMENSIONAMIENTO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO**

*Se realiza la evaluación estructural de la calzada existente y el diseño de las estructuras en las diferentes obras nuevas, la misma se adjunta en **ANEXO IV: Deflexiones** y **ANEXO V: Estructura***

*ANEXO I MEMORIA TECNICA  
EVALUACION DE ESTADO SUPERFICIAL*

***OBRA:***  
***Repavimentación y Ensanche Ruta Provincial  
Nro 36 – Provincia de Buenos Aires.***

*TRAMO: Desde R.P N°13 (Avenida 520) hasta EX R.P N°10 (Avenida 66)*

*LONGITUD: 6120 m*

*PARTIDO: La Plata*

## **EVALUACION DE ESTADO SUPERFICIAL**

### **INTRODUCCIÓN**

*La apreciación global de la calidad de un camino pasa necesariamente por la calidad de la superficie. Mejorar la calidad de la superficie de la calzada, es mejorar la interface calzada/vehículo. Tener en cuenta el vehículo, es tener en cuenta al usuario, que recibe como percepción esencial de la ruta el estado de su superficie.*

*Esta calidad de la superficie se aprecia a través de parámetros tales como la uniformidad longitudinal (rugosidad) y transversal (ahuellamiento), la adherencia neumático - calzada y el ruido, propiedades a veces complementarias, a veces antagónicas, pero siempre estrechamente ligadas. Los distintos parámetros que conforman el Índice de Serviciabilidad Presente y el Índice de Estado de Comportamiento son: fisuras, ahuellamiento, deformación longitudinal, baches y desprendimientos.*

*La Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires cuenta con un equipo marca ROMDAS, equipo Multi-Función compuesto por un Rugosímetro laser utilizado para la determinación de la Rugosidad, TPL (transverse profile logger) por ultra sonido para medición de deformación transversal, sistema de cámaras de relevamiento del estado por imágenes, odómetro, GPS, Etc.*

*El Equipo Multifunción ROMDAS, desarrollado para auscultación y gestión de pavimentos, es un equipo computarizado montado sobre un vehículo, especialmente diseñado para la Evaluación de Pavimentos y el Inventario Vial. ROMDAS posee un robusto hardware para la toma de datos, mediante una computadora de tipo industrial apta para su empleo a bordo de un vehículo y capaz de actuar como centro de comando de los diferentes subsistemas que lo componen*

*Los umbrales de aceptación de serviciabilidad, nos permiten programar en el tiempo las distintas soluciones de mantenimiento, refuerzo o reconstrucción de un pavimento.*



### **EQUIPO MULTIFUNCIÓN DE ALTO RENDIMIENTO ROMDAS**

#### **INDICE DE ESTADO**

*Sobre la base de los parámetros: Rugosidad, Ahuellamiento, Fisuración y Desprendimientos, se determinaron el Índice de Estado (I.E) y el Índice de Serviciabilidad Presente (I.S.P.).*

*El Índice de Estado (I.E.) surge de aplicar la fórmula combinada incluida en la metodología de Vialidad Nacional de acuerdo al instructivo para Evaluación de Pavimentos, fórmula que contempla los parámetros Rugosidad, Ahuellamiento, Fisuración y Desprendimientos a través de sus respectivos coeficientes de deterioro  $D_i$ . Estos coeficientes resultan del procesamiento de los resultados obtenidos en campaña.*

*La expresión es la siguiente:*

$$I.E.= 10 \times e^{-(0.04 D1 + 0.05 D2 + 0.07 D3 + 0.04 D4)} \text{ (para pavimentos de mezcla asfáltica)}$$

*Donde:*

*D1: Deformación longitudinal*

*D2: Deformación transversal*

*D3: Fisuración*

*D4: Desprendimientos*

*Su clasificación es la siguiente:*

<i>RANGO I.E</i>	<i>CALIFICACIÓN</i>
<i>10 a 7</i>	<i>BUENO</i>
<i>7 a 4</i>	<i>REGULAR</i>
<i>4 a 0</i>	<i>MALO</i>

### **ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE**

*Por su parte el Índice de Serviabilidad Presente (ISP), está orientado mundialmente a mensurar el confort que brinda el camino al usuario.*

*A los efectos de la determinación del I.S.P. se utiliza la Metodología empleada por la Dirección Nacional de Vialidad de acuerdo al instructivo para Evaluación de Pavimentos, el cual tiene en cuenta las características presentes en la superficie de la vía, las cuales se detallan en el siguiente listado:*

- Ahuellamiento*
- Deformación Longitudinal (Rugosidad)*
- Desprendimientos / Pozos (baches).*

*El índice según la metodología de Vialidad Nacional, se calcula con la siguiente fórmula:*

$$I.S.P. = 5.03 - [1.91 \times \log (1+2.47 \text{ Rug}^2) + Ah^2 /480 + D4^2 /71]$$

*Donde:*

*ISP: Índice de serviabilidad presente*

*Rug: Rugosidad en m/Km*

*Ah: Ahuellamiento en mm*

*D4: nota que califica desprendimientos del pavimento*

*La clasificación según el rango es la siguiente:*

<i>Rango I.S.P.</i>	<i>Clasificación</i>
<i>5 a 3</i>	<i>Bueno</i>
<i>3 a 2</i>	<i>Regular</i>
<i>2 a 0</i>	<i>Malo</i>

## **MEDICIÓN DE PARÁMETROS**

*En enero de 2021, se realizó la campaña de medición de los parámetros establecidos para la determinación de los I.E e I.S.P. Los resultados obtenidos son los siguientes:*

- **RUGOSIDAD (D1)**

*Definimos a la regularidad longitudinal superficial (D1) como la característica de la carretera que produce o no movimientos verticales en los vehículos, los que ocasionan una conducción incómoda, insegura y antieconómica. Afectando directamente sobre la dinámica del vehículo, la calidad de circulación, cargas dinámicas y drenaje.*

*Empleando el Equipo Multifunción de Alto Rendimiento, se efectuó la medición de la Regularidad Dinámica Acumulada en unidades I.R.I. (International Roughness Index), mediante el Perfilómetro Inercial Laser montado sobre el mismo.*

*Este equipamiento, con tecnología láser, se instala en el exterior del vehículo de medición y releva automáticamente y en base a una referencia absoluta (empleando un*

acelerómetro) el Perfil Longitudinal de la calzada en coincidencia con la huella que se desea relevar (huella externa, para esta ocasión).

Atento a las posibilidades que brinda el equipo, la captura de datos en el camino se desarrolla a velocidades variables entre 30 y 120 km/h tomando una media de registro de 80 km/h, inmerso en el flujo general del tránsito y con mínimas interferencias sobre los demás vehículos.



**RUGOSÍMETRO LÁSER MONTADO SOBRE EQUIPO MULTIFUNCIÓN**

Dentro del Índice de Serviciabilidad, la rugosidad tiene un peso muy importante, de ahí la necesidad de evaluar la misma con total seguridad y objetividad.

Del conjunto de irregularidades que existen en la superficie del camino, aquellas que poseen una longitud de onda comprendida entre 1 y 45 m son las que incumben a la rugosidad y por lo tanto afectan al confort de circulación.

Según las frecuencias, sus amplitudes y el tipo de vehículo utilizado, los defectos de rugosidad son percibidos por los usuarios como oscilaciones factibles de ser descompuestas en movimientos vibratorios de diferentes gamas de frecuencias.

El sistema dinámico de los vehículos puede esquematizarse en forma simplificada como dos masas (suspendida: chasis y no suspendida: rueda) relacionadas entre sí por el sistema de suspensión (resorte y amortiguación), y apoyados sobre la calzada a través de un resorte (neumático).

Este sistema difiere de acuerdo al tipo de vehículo considerado y su respuesta puede ser analizada frente a diferentes frecuencias de excitación dando como resultado lo que se denomina función de la respuesta; que expresa en función de la frecuencia de

la irregularidad la amplificación y/o atenuación que sufre la misma traducida en el movimiento relativo entre el chasis y el neumático.

El usuario es sensible a cierto rango de frecuencias de irregularidades. Fuera de ese rango son fuertemente atenuadas. Por ejemplo, en el entorno de altas frecuencias, una elevada macro textura provoca ruido de circulación y no induce movimientos verticales apreciables del vehículo; y en el otro extremo de frecuencias, las curvas verticales correctamente diseñadas son circuladas produciendo confort en la circulación.

Según sea la velocidad de circulación de los vehículos es que se valoran distintas gamas de longitudes de onda, según la siguiente relación longitud de onda = Velocidad de circulación/frecuencia.

Otro factor muy importante a tener en cuenta es la influencia de la rugosidad sobre el costo de circulación. De las experiencias realizadas surge que los costos de circulación crecen con una tasa del 2 al 4 % por unidad de rugosidad en IRI (m/Km) con el incremento de la misma, con poca diferencia al variar el tipo de vehículo. En general, el rango de la variación de la rugosidad entre pavimentos de condición excelente y de condición pobre, en los costos es de aproximadamente del 15 %.

- **DEFORMACIÓN TRASVERSAL (D2)**

A efectos de valorar en detalle la magnitud de los Ahuellamientos y Hundimientos de las calzadas, se efectuó la medición de los mismos utilizando el perfilómetro transversal (TPL), que, montado sobre una movilidad, brinda un registro sistemático de la deformación del Perfil Transversal de la superficie, mientras se recorre cada sección dentro del flujo normal de tránsito.

El perfilómetro transversal (TPL), permite efectuar la medición del Perfil Transversal de un camino en forma automática y continua, cualquiera sea la estructura y la naturaleza del pavimento.

Posee un determinado número de sensores a láser con los cuales se digitaliza el perfil transversal de todo el ancho del carril. Estos sensores se ubican sobre una barra en la parte frontal del vehículo, que luego de la medición a través de un programa de procesamiento se obtiene el valor de ahuellamiento.



*Este equipo posibilita determinar los defectos de la Regularidad Transversal de un pavimento, tales como el Ahuellamiento y los hundimientos, inserto en el flujo normal del tránsito, reemplazando el relevamiento manual, altamente riesgoso y en parte, subjetivo.*

*El TPL es una barra transversal de 2,5 metros de longitud, dotada de sensores de ultrasonido láser que miden simultáneamente la distancia entre el pavimento y la barra. Para su operación, el equipo opera a una velocidad de hasta 80 km/h y efectúa la medición de un Perfil Transversal cada 1,00 metro. Para el almacenamiento y posterior procesamiento de las mediciones se emplea un sistema informático compuesto por hardware y software específicos. El sistema “de a bordo” permite además referenciar longitudinalmente los perfiles medidos.*



**EQUIPO TPL MONTADO SOBRE VEHÍCULO**

*El procesamiento en gabinete permite efectuar el cálculo del valor resultante del Ahuellamiento para una “base de referencia” de 1,20 metros (criterio de la “regla de 1,20 metros”, adoptado en la metodología de Evaluación de Estado de Pavimentos de la DNV).*

- **FISURACIÓN (D3) Y BACHES (D4)**

*Para la ejecución de esta tarea, se empleó el vehículo Multifunción ROMDAS, especialmente diseñado para ello.*

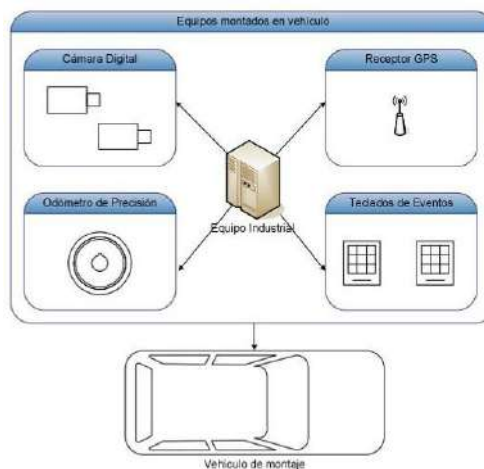
*El equipo dispone de tres cámaras digitales color de alta resolución, vinculadas a un odómetro de precisión y a un GPS y permite, circulando a una velocidad de hasta 100 km/h, obtener imágenes digitales en forma continua, que son automáticamente archivadas en el disco rígido de una computadora industrial de gran capacidad.*



#### **ODÓMETRO DE EQUIPO MULTIFUNCIÓN**

*El sistema está dotado de teclados codificadores, cada uno de los cuales cuenta con teclas adecuadamente configuradas según la naturaleza de la información a recoger. En una sola pasada del equipo por la vía, se produce la captura de los distintos elementos de la vía, su abscisa y los atributos que se prevé registrar.*

*Una vez efectuada la toma de datos e imágenes en campo, el inventario puede ser visualizado y revisado en la oficina. Pueden ingresarse nuevos eventos si se desea, como así también efectuar correcciones si correspondiere.*



#### **ESQUEMA DE COMPONENTES DEL EQUIPO MULTIFUNCIÓN**

De esta manera, se relevaron los distintos tipos de fisuras existentes clasificándolos de acuerdo al catálogo fotográfico de la publicación de la DNV “Evaluación de Pavimentos”, del cual se obtiene la fisura característica del tramo en estudio. Destacando el porcentaje de afectación, así como las Peladuras y los Baches descubiertos.

Éstas se catalogan de la siguiente manera:

*Fisura Tipo 2: Fisura longitudinal, aislada, con tendencia a ramificarse.*

*Fisura Tipo 4: Fisura ramificada con tendencia a formar malla generalizada en sectores de pavimentos.*

*Fisura Tipo 6: Fisura en forma de malla que abarca una superficie más amplia de pavimento y con tendencia a formar piel de cocodrilo.*

*Fisura Tipo 8: Fisura generalizada en forma de malla cerrada, de reticulado más chico, formando piel de cocodrilo. Con desprendimientos de material.*

*Fisura Tipo 10: Fisura totalmente generalizada con desprendimientos de panes de materiales y formación de Baches.*

De los desprendimientos/Pozos (Baches) se estima el porcentaje de superficie de camino afectada por el desprendimiento de agregados gruesos, en zonas localizadas de distintos tamaños.

La evaluación de este tipo de falla se realiza visualmente, teniendo en cuenta las peladuras, baches abiertos o en formación.

## **RESULTADOS FINALES:**

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos en la determinación de los Índices de Estado y de Serviciabilidad Presente.

Ruta:	36	Fecha:	6/10/2020
Tramo total:	EL Pato-RP 10	Operador:	gus-leo
Sub-tramo origen:	RP 36	Ancho de calzada:	6,6
Destino:	Calle 66	Ancho de banquina:	3 asf
Kilómetro inicial:	33,93	Ancho de zona de camino:	

PROG.		LONG.	IDA						VUELTA					
Parcial	Absoluta		Fisura		AHU.	RUG.	BACH.	Fisura		AHU.	RUG.	BACH.		
			Tipo	Area %	mm	m <sup>2</sup> /m	%	Tipo	Area %	mm	m <sup>2</sup> /m	%		
1,00	47,00	1,00	0	0	7,80	2,491	0,00	8	8	7,60	2,183	0,00		
2,00	48,00	1,00	4	0	22,40	2,489	0,00	8	8	3,60	1,933	0,00		
3,00	49,00	1,00	4	3	23,10	1,944	0,15	6	18	8,30	1,654	0,00		
4,00	50,00	1,00	4	2	13,40	3,821	17,52	6	9	5,90	2,507	0,30		
5,00	51,00	1,00	0	0	17,20	2,341	0,00	8	18	16,60	1,898	0,00		
6,00	52,00	1,00	0	0	22,10	2,547	0,00	4	8	9,10	5,311	0,00		
6,12	52,59	0,59	4	0	12,90	3,151	0,00	8	38	6,80	2,219	0,00		

		Valores Medios			
		IDA		VUELTA	
<b>Ruta:</b>	36	Fis :	2	Fis :	5
<b>Tramo total:</b>	EL Pato-RF	Ahu :	14,15	Ahu :	7,50
<b>Sub-tramo origen:</b>	RP 36	Rug :	2,054	Rug :	2,005
<b>Destino:</b>	calle 66	Bach:	1,76	Bach:	0,20
<b>Kilómetro inicial:</b>	33,93	I.C.:	7,11	I.C.:	6,32
		ISP :	3,32	ISP :	3,38

PROG.		LONG.	I.E.		I.S.P.	
Parcial	Absoluta		IDA IC	VTA. IC	IDA ISP	VTA. ISP
1,00	47,00	1,00	8,44	5,02	3,16	3,29
2,00	48,00	1,00	5,22	5,27	3,08	3,41
3,00	49,00	1,00	4,63	6,00	3,26	3,53
4,00	50,00	1,00	3,57	4,97	2,56	3,13
5,00	51,00	1,00	7,56	4,54	3,18	3,37
6,00	52,00	1,00	6,91	5,43	3,06	2,10
6,12	52,59	0,59	5,83	5,02	2,87	3,27
				BUENO		
				REGULAR		

*ANEXO II MEMORIA TECNICA  
TRANSITO*

***Repavimentación y Ensanche Ruta Provincial***

***Nro 36 – Provincia de Buenos Aires.***

*TRAMO: Desde R.P N°13 (Avenida 520) hasta EX R.P N°10 (Avenida 66)*

*LONGITUD: 6120 m*

*PARTIDO: La Plata*

## ESTUDIO DE SOLICITACIONES “TRÁNSITO”

### INFORMACIÓN DE TRÁNSITO

A los efectos de valorar la solicitud del tránsito en el tramo en cuestión, se ha recurrido al estudio realizado para determinar el T.M.D.A realizado por esta Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires, para el año 2019, y su correspondiente distribución vehicular para este tramo para el mismo año 2019. El año de adopción (2019) se debe a que en el año 2020/2021 existió una restricción de circulación vehicular debido al COVID, observándose en la publicación de referencia una baja del TMDA.

### CONSIDERACIONES GENERALES

El tramo en estudio prevé, la transformación de la R.P. n° 36 que en la actualidad es una ruta 1+1 en una multitrocha de 2+2, consistente la construcción de una calzada adosada a la estructura existente y la pavimentación de banquetas.

Complementariamente a la duplicación de la vía, se prevé también la ejecución de colectoras en sectores predefinidos.

Para el diseño estructural de las mismas, se siguen los lineamientos de la Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimentos en su edición 1993.

#### Estudio del Tránsito:

#### *TMDA y Clasificación del Tránsito en Ruta Provincial N°36*

<b>R.P N°36</b>	<b>RP N°13 a RP N°215 Av. 520 a Av. 44 (3,38 Km)</b>	<b>RP N° 215 a RP N°10 Av.44 a Av. 66 (2,55 Km)</b>
TMDA 2016 (a)	11.273	9.455
TMDA 2019(b)	12.318	10.332
TMDA 2022(c)	12.318 (**)	10.332(***)

Tramo	Tipo de Vehículo en %			
	<b>Autos/ Camionetas</b>	<b>Camión Liviano/ Buses</b>	<b>Acoplado Camión</b>	<b>Semirremolqu ee</b>
I (**)	73%	9%	5%	13%
II (***)	70%	3%	12%	15%

(a) Tránsito medido  
(b) Tránsito proyectado con crecimiento interanual 3%  
(c) Hipótesis TMDA 2019=2022, efecto pandemia COVID 19, recuperación del tráfico al 2022

El coeficiente de direccionalidad utilizado para los cálculos es de 0,50 y un factor de trocha de 0,80. Para la adopción de la composición porcentual de los tipos de vehículos circulantes por la ruta se tomaron los datos indicados a continuación:

### Cálculo de los Ejes Equivalentes:

Con el objetivo de ejemplificar el cálculo del número "N" de ejes equivalentes en efecto destructivo a ejes de 8,2 toneladas utilizado para el análisis, se sigue el procedimiento habitualmente utilizado por la Dirección Nacional de Vialidad. En este procedimiento se consideró como el TMDA de inicio para el cálculo el año 2019 considerándolo como año 2022, (año en que se evidencio la finalización total del Aislamiento Preventivo Social y Obligatorio transcurrió en el año 2020/2021) y los Factores "C" de conversión en efecto destructivo, equivalente a ejes de 10 TN de la DNV.

En la TABLA siguiente, se indica la determinación del Coeficiente de Efecto Destructivo para Ejes de 8,2 TN, correspondiente a cada tipo de vehículo.

A fin de establecer algún criterio de distribución, se han considerado los valores indicados en el trabajo "Ejes equivalentes para el diseño de Pavimentos Flexibles - 2ª parte" de los Ings. F. Lilli y J. Lockhart presentado en el 9º Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto en Asunción del Paraguay en Noviembre de 1997.

#### R.P. n° 36 TRAMO I: R.P. n° 13 – R.P. n° 215

Ruta Provincial N° 36 Tr: R.P. n° 13 - R.P. n° 215										
distribución	Descripción	Tipo	n° ejes a	Factor "C" b	Tramo: RP2 - RP 57	FE Promedio d=a*b*2,2	Total e	% Total f	FDCR g=c*d	FDCP h=f*g
1	Autos camionetas	11	2	0,01	100,00%	0,044	8992	73,00%	0,044	0,0321
2	ómnibus	11	2	0,07	100,00%	0,308	370	3,00%	0,308	0,0092
3	Camiones Livianos	11	2	0,60	50,00%	2,64	739	6,00%	2,574	0,1544
		12	3	0,38	50,00%	2,508				
4	Camiones C/ Acoplado	11-11	4	0,60	50,00%	5,28	616	5,00%	4,785	0,2393
		11-12	5	0,39	50,00%	4,29				
		12-11	5	0,47	0,00%	5,17				
		12-12	6	0,32	0,00%	4,224				
5	Semi Remolque	111	3	0,54	0,00%	3,564	1601	13,00%	4,235	0,5506
		112	4	0,45	50,00%	3,96				
		113	5	0,41	50,00%	4,51				
		122	5	0,35	0,00%	3,85				
		123	6	0,40	0,00%	5,28				
<b>TMDA 2019</b>							<b>12318</b>	<b>100%</b>		<b>0,986</b>

### CÁLCULO DEL FACTOR DESTRUCTIVO COMBINADO CT PARA EJES DE 8,2 TN

## R.P. n° 36 TRAMO I: R.P. n° 215 – R.P. n° 10

Ruta Provincial N° 36 Tr: R.P. n° 215 - R.P. n° 10										
distribución	Descripción	Tipo	n° ejes a	Factor "C" b	Tramo: RP2 - RP 57	FE Promedio d=a*b*2,2	Total e	% Total f	FDCR g=c*d	FDCP h=f*g
1	Autos camionetas	11	2	0,01	100,00%	0,044	7232	70,00%	0,044	0,0308
2	Ómnibus	11	2	0,07	100,00%	0,308	103	1,00%	0,308	0,0031
3	Camiones Livianos	11	2	0,60	50,00%	2,64	207	2,00%	2,574	0,0515
		12	3	0,38	50,00%	2,508				
4	Camiones C/ Acoplado	11-11	4	0,60	50,00%	5,28	1240	12,00%	4,785	0,5742
		11-12	5	0,39	50,00%	4,29				
		12-11	5	0,47	0,00%	5,17				
		12-12	6	0,32	0,00%	4,224				
5	Semi Remolque	111	3	0,54	0,00%	3,564	1550	15,00%	4,235	0,6353
		112	4	0,45	50,00%	3,96				
		113	5	0,41	50,00%	4,51				
		122	5	0,35	0,00%	3,85				
		123	6	0,40	0,00%	5,28				
<b>TMDA 2019</b>							<b>10332</b>	<b>100%</b>		<b>1,295</b>

### CÁLCULO DEL FACTOR DESTRUCTIVO COMBINADO CT PARA EJES DE 8,2 TN

Los factores adoptados para el cálculo del número "N" resulta:

$$\text{Número "N"}_{8,2 \text{ tn}} = \text{TMDA} * \text{Fd} * \text{Ld} * 365 * \text{FDCP}$$

Siendo:

**Fd:** Factor de direccionalidad del tránsito = **0,50**

**Ld:** Factor de distribución por trocha = **0.80 Calzada Lenta**

**Ld:** Factor de distribución por trocha = **0.20 Calzada Rápida**

**F.D.C.P.:** Coef. Ef. Destr. Eje 8,2 Tn = **0.986 Calzada Lenta**

**F.D.C.P.:** Coef. Ef. Destr. Eje 8,2 Tn = **1.295 Calzada Lenta**

$$\text{TMDA}_n = \text{TMDA}_0 * (1+\mu)^n$$

(n = año horizonte,  $\mu$  = tasa de crecimiento anual)

Por último, en base a adoptar una tasa de crecimiento del  $\mu = 3\%$  anual acumulativo (basado en las estadísticas propias de la Repartición y contrastada con las tasas de crecimiento de la DNV) y considerando como año de habilitación el 2023, se calculó la evolución del número "N" de diseño acumulado en 10 años. Así se obtiene.



**Cálculo del Numero de Ejes equivalentes  
Planillas de distribución año 2022**

**Ruta Provincial N° 36 Tr: R.P. n° 13 - R.P. n° 215**

Año		Tasa de Crecimiento	TMDA	N° ejes 8,2 tn Anuales	N° ejes 8,2 tn Acumulados
<b>2022</b>	<b>0</b>	<b>1,00%</b>	<b>12318</b>	<b>1825707</b>	
2023	1	3,00%	12688	1880478	1880478
2024	2	3,00%	13068	1936892	3817370
2025	3	3,00%	13460	1994999	5812369
2026	4	3,00%	13864	2054849	7867217
2027	5	3,00%	14280	2116494	9983712
2028	6	3,00%	14708	2179989	12163701
2029	7	3,00%	15150	2245389	14409090
2030	8	3,00%	15604	2312750	16721840
2031	9	3,00%	16072	2382133	19103973
2032	10	3,00%	16554	2453597	21557570
Factor de Direccionalidad <b>FD</b>					<b>0,50</b>
Factor de Carga <b>FC</b>					<b>0,80</b>
Factor de Carga Ponderado <b>FDCP</b>					<b>0,986</b>

Resumen de resultados del N<sub>8,2 tn</sub> de diseño

**Cálculo del Numero de Ejes equivalentes  
Planillas de distribución año 2022**

**Ruta Provincial N° 36 Tr: R.P. n° 215 - R.P. n° 10**

Año		Tasa de Crecimiento	TMDA	N° ejes 8,2 tn Anuales	N° ejes 8,2 tn Acumulados
<b>2022</b>	<b>0</b>	<b>1,00%</b>	<b>10332</b>	<b>2011780</b>	
2023	1	3,00%	10642	2072134	2072134
2024	2	3,00%	10961	2134298	4206431
2025	3	3,00%	11290	2198327	6404758
2026	4	3,00%	11629	2264276	8669034
2027	5	3,00%	11978	2332205	11001239
2028	6	3,00%	12337	2402171	13403409
2029	7	3,00%	12707	2474236	15877645
2030	8	3,00%	13088	2548463	18426108
2031	9	3,00%	13481	2624917	21051025
2032	10	3,00%	13885	2703664	23754689
Factor de Direccionalidad <b>FD</b>					<b>0,50</b>
Factor de Carga <b>FC</b>					<b>0,80</b>
Factor de Carga Ponderado <b>FDCP</b>					<b>1,295</b>

Resumen de resultados del N<sub>8,2 tn</sub> de diseño

## Calzada Lenta – Rápida – Tramo I y II

Se resume en el siguiente cuadro los Números de ejes Equivalentes para las dos calzadas y los dos tramos.

El período de diseño adoptado es de 10 años para obtener el “N” acumulado:

<b>ESALs aplicado Diseño a 10 años</b>			
	<b>Progresivas:</b>	<b>Calzada Rápida 20% TMDA</b>	<b>Calzada Lenta 80% TMDA</b>
<b>Tramo I</b>	<b>0+000 a 3+480</b>	5.178.617	21.557.570
<b>Tramo II</b>	<b>3+480 - 6+120</b>	5.701.125	23.754.689

ANEXO III MEMORIA TECNICA  
SUELOS

***Repavimentación y Ensanche Ruta Provincial***

***Nro 36 – Provincia de Buenos Aires.***

*TRAMO: Desde R.P N°13 (Avenida 520) hasta EX R.P N°10 (Avenida 66)*

*LONGITUD: 6120 m*

*PARTIDO: La Plata*

### **3.1 CONSIDERACIONES GENERALES**

Para el análisis de los suelos componentes de la estructura, se realizaron tareas de campaña con el objetivo de obtener muestras representativas de los suelos presentes en los distintos estratos y sectores de la traza. Y de este modo, se recopila la información suficiente para luego poder realizar el análisis correspondiente y el diseño de los paquetes estructurales.

### **3.2 SUELOS DE LA CALZADA EXISTENTE**

Particularmente para la caracterización de los suelos de las capas estructurales de la calzada existente, los trabajos principales ejecutados consistieron en:

- Reconocimiento preliminar de la zona del proyecto para determinar las condiciones generales.
- Determinación del tipo y ubicación específica de las perforaciones y estudios a realizar.
- Desarrollo de todos los ensayos de campo y toma de muestras de material para ensayos de laboratorio.
- Ejecución de los ensayos de laboratorio y evaluación de resultados.

#### **3.2.1 Trabajo de campo**

Se realizaron un total de 2 calicatas y 10 sondeos, distribuidos a lo largo de la calzada existente, tomando muestras a diferentes profundidades de investigación.

Las calicatas se realizaron en el pavimento con el fin de poder medir la estructura principal. Se identificó el espesor de asfalto y los diferentes estratos de las capas de las sub bases, luego se extrajo una muestra representativa de cada uno y se las ubicó en bolsas plásticas cerradas con cinta y atadas.

Por otro lado, los sondeos se realizaron sobre la calzada existente y en los mismos se extrajeron testigos de asfaltos y ensayos D.C.P.

A continuación, se expone una imagen con la ubicación de los sondeos y las calicatas efectuadas.



Los sondeos se realizaron cada 500 metros, comenzando en el kilómetro 13+000 desde la R.P. n° 13 (Av 520) y alternando entre el carril ascendente y descendente. A su vez, las calicatas 1 y 2 se realizaron en coincidencia con los sondeos 1 y 4 respectivamente.

Seguidamente, se resume el detalle de los espesores y capas hallados en cada uno de los cateos.

Ensayo	Prog	Material	Espesor (cm)	VS %
S1-A	300	CA	20	
		EG cem	25	
		SS	22	9
S2-A	1000	CA	28	
		EG cem	22	
		SS	23	11
S3-A	2000	CA	26	
		EG cem	20	
		SS	10	10
CALICATA1-A	3000	CA	23	
		EG cem	25	
		SS	18	13
S4-A	4000	CA	28	

		EG cem	25	
		SS	25	5
S5-A	5000	CA	25	
		EG cem	30	
		SS	20	7
<b>S6-D</b>	5500	CA	24.5	
		EG cem	30	
		SS	28	8
S7 -D	4500	CA	27	
		EG cem	25	
		SS	25	9
CALICATA 2-D	2500	CA	26	
		EG cem	29	
		SS	20	12
S8-D	3500	CA	27	
		EG cem	30	
		SS	18	10
S9-D	1500	CA	24	
		EG cem	32	
		SS	22	9
S10-D	500	CA	25	
		EG cem	27	
		SS	20	10

Siendo:

S-D= Sondeo -Sentido

CA= Cemento asfáltico

EG cem = Estabilizado Granular con Cemento

SS= Suelo Seleccionado

### 3.3 Tareas de laboratorio

Sobre el total de las muestras obtenidas se realizaron las siguientes determinaciones:

- Granulometría (Norma VN–E7).
- Límites de Consistencia: Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad (Norma VN-E2 y VN-E3).
- Clasificación e Índice de grupo según el sistema del Highway Research Board (Norma VN–E4).

Finalmente, sobre los suelos característicos se han efectuado el ensayo de compactación y valor soporte, empleado las siguientes normas:

- Ensayo de compactación Proctor (Norma VN E5 - 93).
- Ensayo de Valor Soporte e Hinchamiento (Norma VN E6 - 84), moldeado con la humedad óptima y en condición de embebido.

### 3.4 Resultados obtenidos

#### 3.4.1 Clasificación granulométrica

En los cuadros siguientes se resumen los resultados de la clasificación granulométrica:

Calicata Nº	Muestra	Desde	Hasta	%H	LL	IP	#4 (%)	#10 (%)	#40 (%)	#200 (%)	HRB
1	1-A	0.48	0.66	21,5	30,8	9,4	100%	100%	97%	93%	A-4 (8)
	1-B	0.66	1.00	30.5	44	13	100%	99%	96%	92%	A7-5(10)
2	2-A	0.55	0.75	18,5	31,8	9,2	100%	100%	98%	93%	A-4 (9)
	2-B	0.75	1.00	35.1	47	11	98%	97%	96%	84%	A7-5(10)

A partir de los ensayos efectuados se puede apreciar que los suelos de las capas No ligadas estructurales son del tipo A-4 Y A-7según la clasificación H.R.B., con índices de plasticidad que varían entre 9.2 A 13.0.

#### 3.4.1 Ensayos Proctor y Valor Soporte Relativo (VSR)

Calicata Nº	HRB	D in situ Kg/dm <sup>3</sup>	H %	VS emb
1-A	A-4 (8)	1,407	25.7	13,0
1-B	A7-5(10)	1,444	27,4	5,0
2-A	A-4 (9)	1,396	23,5	12,0
2-B	A7-5(10)	1,444	27,4	5,0




*ANEXO IV MEMORIA TECNICA  
DEFLEXIONES FWD*

***Repavimentación y Ensanche Ruta Provincial  
Nro 36 – Provincia de Buenos Aires.***


*TRAMO: Desde R.P N°13 (Avenida 520) hasta EX R.P N°10 (Avenida 66)  
LONGITUD: 6120 m -PARTIDO: La Plata*

---

# MEDICIÓN DE DEFLEXIONES

<b>DIRECCIÓN DE VIALIDAD PROVINCIA DE BUENOS AIRES</b>														
<b>MEDICIÓN DE DEFLEXIONES - PLANILLA DE RESULTADOS</b>														
<b>Ruta Provincial N° 36 - Tramo: El Pato (R.N.N° 2) - Pipinas</b>													<b>Fecha de Medición: Diciembre de 2021</b>	
<b>Calzada Bidireccional - Km. 0+000 - Km. 110+250</b>														
<b>Sub Tramo: Av 520 (R.N.N° 13) - Av 66 R.P. n° 10</b>														
<b>CARRIL ASCENDENTE</b>														

SECT.	Progr.		Carril	Observaciones	D0c (µm)	RCc (m)	D (°)						CA cm	F corr	Carga kN	T° Man. °C	Pulse time s/mil	Frec. Hz	
	(Km)	(m)					D (1) 0	D (2) 20	D (3) 30	D (4) 60	D (5) 90	D (6) 120							
1	12	513	ASC	ROT. R.P.N° 13 (12+395)	<b>658</b>	<b>176</b>	696	543	425	278	183	121	10	0,92	39	27,0	50	10	
1	13	6	ASC		<b>287</b>	<b>508</b>	308	241	213	158	120	90	10	0,92	39	27,0	50	10	
1	13	511	ASC		<b>251</b>	<b>1923</b>	268	256	243	175	132	95	10	0,92	39	27,0	50	10	
1	14	4	ASC		<b>250</b>	<b>2294</b>	268	258	247	181	140	104	10	0,92	39	27,0	50	10	
1	14	519	ASC		<b>392</b>	<b>1085</b>	416	407	372	277	208	148	10	0,92	39	27,0	50	10	
1	15	9	ASC		<b>358</b>	<b>455</b>	380	298	275	218	169	130	10	0,92	39	27,0	50	10	
1	15	528	ASC		ROT. R.P.N° 215 (15+701)	<b>237</b>	<b>2308</b>	255	245	234	167	125	94	10	0,91	39	28,0	50	10
1	16	11	ASC			<b>325</b>	<b>505</b>	350	283	254	194	146	107	10	0,91	39	28,0	50	10
1	16	510	ASC			<b>298</b>	<b>545</b>	318	254	230	180	137	104	10	0,92	39	27,0	50	10
1	17	12	ASC			<b>217</b>	<b>842</b>	235	196	177	140	109	85	10	0,91	39	28,0	50	10
1	17	513	ASC	<b>372</b>		<b>393</b>	400	311	277	205	150	111	10	0,91	39	28,0	50	10	
1	18	9	ASC	<b>355</b>		<b>416</b>	377	293	262	200	155	117	10	0,92	39	27,0	50	10	
1	18	520	ASC	<b>227</b>		<b>620</b>	247	190	168	129	98	71	10	0,91	40	28,0	50	10	

<b>DIRECCIÓN DE VIALIDAD PROVINCIA DE BUENOS AIRES</b>														
<b>MEDICIÓN DE DEFLEXIONES - PLANILLA DE RESULTADOS</b>														
<b>Ruta Provincial N° 36 - Tramo: El Pato (R.N.N° 2) - Pipinas</b>													<b>Fecha de Medición: Diciembre de 2021</b>	
<b>Calzada Bidireccional - Km. 0+000 - Km. 110+250</b>														
<b>Sub Tramo: Av 520 (R.N.N° 13) - Av 66 R.P. n° 10</b>														
<b>CARRIL DESCENDENTE</b>														

SECT.	Progr.		Carril	Observaciones	D0c (µm)	RCc (m)	D (°)						CA cm	F corr	Carga kN	T° Man. °C	Pulse time s/mil	Frec. Hz	
	(Km)	(m)					D (1) 0	D (2) 20	D (3) 30	D (4) 60	D (5) 90	D (6) 120							
1	12	622	DESC	ROT. R.P.N° 13 (12+395)	<b>538</b>	<b>267</b>	690	553	474	315	204	133	10	0,74	38	42,0	50	10	
1	13	121	DESC		<b>493</b>	<b>301</b>	630	512	439	287	184	119	10	0,74	38	42,0	50	10	
1	13	552	DESC		<b>528</b>	<b>223</b>	687	544	424	233	147	100	10	0,73	38	43,0	50	10	
1	14	122	DESC		<b>723</b>	<b>194</b>	919	749	624	363	202	114	10	0,74	38	42,0	50	10	
1	14	619	DESC		<b>472</b>	<b>412</b>	610	538	469	337	244	174	10	0,74	38	42,0	50	10	
1	15	122	DESC		<b>232</b>	<b>748</b>	308	258	228	169	122	89	10	0,73	39	43,0	50	10	
1	15	494	DESC		ROT. R.P.N° 215 (15+705)	<b>327</b>	<b>317</b>	433	310	245	165	117	85	10	0,73	39	43,0	50	10
1	16	121	DESC			<b>241</b>	<b>702</b>	312	246	229	184	145	110	10	0,74	38	42,0	50	10
1	16	622	DESC			<b>773</b>	<b>159</b>	987	777	625	354	213	142	10	0,74	38	42,0	50	10
1	17	120	DESC			<b>367</b>	<b>494</b>	487	412	366	264	186	125	10	0,73	39	43,0	50	10
1	17	619	DESC	<b>502</b>		<b>252</b>	657	511	423	273	185	128	10	0,73	38	43,0	50	10	
1	18	87	DESC	<b>286</b>		<b>519</b>	363	296	253	176	124	88	10	0,75	38	41,0	50	10	
1	18	618	DESC	<b>385</b>		<b>451</b>	505	417	374	262	182	123	10	0,73	38	43,0	50	10	

## ANALISIS DEFLECTOMÉTRICO

<b>RP 36 Tr: AV 520 RP 13 A AV 66 RP 10</b>				
<b>Calzada Ascendente</b>				
				dic-21
<b>Estudio deflectométrico</b>				
KM	DC´	RC´	MRc (PSI)	S <sub>Neff</sub>
12513	658	176	5982	3,8
13060	287	508	8042	5,6
13511	251	1923	7619	6,2
14040	250	2294	6959	6,4
14519	392	1085	4890	5,3
15090	358	455	5567	5,4
15528	237	2308	7700	6,4
16011	325	505	5919	5,4
16510	298	545	6089	5,7
17012	217	842	7451	6,5
17513	372	393	5705	5,1
18090	355	416	5413	5,3
18520	227	620	8920	6,0

<b>RP 36 Tr: AV 520 RP 13 A AV 66 RP 10</b>					
<b>Calzada Ascendente</b>					
<b>Parámetros Estadísticos</b>					
					dic-21
TRAMO	Deflexiones Parametros estadísticos				
	MEDIA	DESVIO	COV	P80	Max
SUB TRAMO I	296	59	20	393	392
SUB TRAMO II	299	59	20	397	372
TRAMO	Parámetros Estructurales				
	Mrc	Ep	S <sub>Neff</sub>	S <sub>nec</sub>	Rc
SUB TRAMO I	6680	169751	5,34	4,70	1250
SUB TRAMO II	6583	170717	5,32	4,85	553

**RP 36 Tr: AV 520 RP 13 A AV 66 RP 10  
Calzada Descendente**

dic-21

**Estudio deflectométrico**

KM	DC´	RC´	MRc (PSI)	SNeff
12513	511	146	5442	3,8
13060	466	169	6082	4,3
13511	508	140	7238	4,0
14040	680	118	6349	3,5
14519	451	278	4160	3,9
15090	228	400	8132	6,1
15528	320	163	8515	5,0
16011	231	303	6580	5,7
16510	730	95	5097	3,5
17012	360	267	5790	5,1
17513	486	137	5654	4,3
18090	269	299	8225	5,5
18520	374	227	5884	5,0

**RP 36 Tr: AV 520 RP 13 A AV 66 RP 10  
Calzada Descendente**

**Parámetros Estadísticos**

dic-21

TRAMO	Deflexiones Parametros estadísticos				
	MEDIA	DESVIO	COV	P80	Max
SUB TRAMO I	442	143	32	678	680
SUB TRAMO II	408	165	41	681	730

TRAMO	Parámetros Estructurales				
	Mrc	Ep	SNeff	SNnec	Rc
SUB TRAMO I	6560	85355	4,71	4,70	202
SUB TRAMO II	6205	111511	5,76	4,85	221

*ANEXO V MEMORIA TECNICA*  
*ESTRUCTURAS*

# **PAVIMENTO**

Ruta Provincial N °36

Obra: Repavimentación y Ensanche Ruta Provincial Nro 36 –  
Provincia de Buenos Aires.

Prog Inicial 12,450 ≈ 0+000 – Prog final 18,570 ≈ 6+120

Tramo I: 0+000 a 3+480

Tramo II: 3+480 - 6+120

## CONSIDERACIONES GENERALES

El tramo en estudio prevé, la transformación la R.P. n° 36 que en la actualidad es una ruta 1+1 en una multitrocha de 2+2, consistente la construcción de una calzada adosada a la estructura existente y la pavimentación de banquetas.

Complementariamente a la duplicación de la vía, se prevé la ejecución de colectoras en sectores predefinidos.

En el presente Capítulo se realiza la evaluación estructural de la calzada existente y el diseño de las estructuras en las diferentes obras nuevas.

Para el diseño estructural de las mismas, se siguen los lineamientos de la Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimentos en su edición 1993.

### Estudio del Tránsito (Anexo Tránsito):

El coeficiente de direccionalidad utilizado para los cálculos es de 0.5 y un factor de trocha de 0.80. Para la adopción de la composición porcentual de los tipos de vehículos circulantes por la ruta se tomaron los datos indicados a continuación:

R.P N°36	RP N°13 a RP N°215	RP N° 215 a RP N°10		
	Av. 520 a Av. 44 (3,38 Km)	Av.44 a Av. 66 (2,55 Km)		
TMDA 2016 (a)	11.273	9.455		
TMDA 2019(b)	12.318	10.332		
TMDA 2022(c)	12.318 (**)	10.332(***)		
Tramo	Tipo de Vehículo en %			
	Autos/ Camionetas	Camión Liviano/ Buses	Acoplado Camión	Semirremolque
I (**)	73%	9%	5%	13%
II (***)	70%	3%	12%	15%
(a) Tránsito medido				
(b) Tránsito proyectado con crecimiento interanual 3%				
(c) Hipótesis TMDA 2019=2022, efecto pandemia COVID 19, recuperación del tráfico al 2022				

## **TMDA y Clasificación del Tránsito en Ruta Provincial N°36**

### **Cálculo de los Ejes Equivalentes:**

<b>ESALs aplicado Diseño a 10 años</b>			
	<b>Progresivas:</b>	<b>Calzada Rápida 20% TMDA</b>	<b>Calzada Lenta 80% TMDA</b>
<b>Tramo I</b>	<b>0+000 a 3+480</b>	5.178.617	21.557.570
<b>Tramo II</b>	<b>3+480 - 6+120</b>	5.701.125	23.754.689

### **1. Estudios de Suelo (Anexo Suelos):**

Se adopta un valor de Módulo Resiliente de Subrasante según tabla siguiente

<b>TRAMO</b>	<b>Progresivas</b>	<b>Módulo Resiliente de la Subrasante</b>	
		<b>Calzada Rápida</b>	<b>Calzada Lenta</b>
<b>I</b>	0+000 a 3+480	6560 psi	9800 psi
<b>II</b>	3+480 - 6+120	6205 psi	9800 psi

### **Nota:**

Para las calzadas Rápidas, se tuvo en cuenta el estudio deflectométrico (FWD), calcatas a cielo abierto y ensayos de penetración DCP.

Para las calzadas Rápidas se adoptó un MR equivalente a un VS > 10 %, el cual deberá cumplir con las exigencias constructivas del ítem (Subrasante con cal con compactación especial VS > 10%)

### **2. Confiabilidad:**

Se adoptó una confiabilidad de 90 %. Niveles de confiabilidad bajos, dan como resultado pavimentos más económicos, pero con un alto costo de mantenimiento en su periodo de servicio; en cambio un nivel de confiabilidad alto, implica un pavimento más costoso y por lo tanto mayores costos iniciales, pero mucho menor costo de mantenimiento en el tiempo.

### **3. Desvío Estándar: 0.44**



El método de diseño recomienda como valor de desvío estándar para pavimentos nuevos y una variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores importantes en el tránsito.

**4. Pérdida de serviciabilidad (PSI) = 4,2 – 2,5 = 1.7**

La serviciabilidad, es la capacidad superficial del pavimento para brindar el servicio al usuario a un determinado costo de circulación; cuanto menor sea la serviciabilidad final adoptada (Pf), mayor será el costo para el usuario y por consiguiente requerirá un mayor costo de mantenimiento y recuperación de la estructura para una futura intervención.

**5. Coeficiente de drenaje (mi) = 1,00**

Por otra parte, para la adopción de los coeficientes de drenaje “mi” de las capas no ligadas se tiene:

Se clasifica al sistema de drenaje como Good (Guía de Diseño Tabla 2.4.). Las pendientes de cunetas y el sistema de alcantarillas es el suficiente como para desalojar el agua de las precipitaciones en no más de un día.

Calidad de drenaje	50 % de saturación en:	85 % de saturación en:
Excelente	2 horas	2 horas
Buena	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	Más de 10 horas
Muy pobre	El agua no drena	Mucho más de 10 horas

**Tabla 2.4. Calidad del drenaje, según AASHTO**

Se asume un tiempo en el cual la estructura está expuesta a humedades con niveles próximos a la saturación del orden del 5 a 25%. Ingresando a la TABLA 2.4.1. de la Guía de Diseño, se adopta mi = 1,0, en el límite inferior de estos valores.

Calidad de drenaje	Porcentaje de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	< 1 %	1 a 5 %	5 a 25 %	> 25 %
Excelente	1,40 a 1,35	1,35 a 1,30	1,30 a 1,20	1,20
Buena	1,35 a 1,25	1,25 a 1,15	1,15 a 1,00	1,00
Regular	1,25 a 1,15	1,15 a 1,05	1,00 a 0,80	0,80
Pobre	1,15 a 1,05	1,05 a 0,80	0,80 a 0,60	0,60

Muy pobre	1,05 a 0,95	0,95 a 0,75	0,75 a 0,40	0,40
-----------	-------------	-------------	-------------	------

**Tabla 2.4.1. Coeficientes de drenaje, según AASHTO**

### Aplicación del método AASHTO '93

El análisis se desarrolla contemplando los lineamientos que se describen en la Parte II-cap. III, punto 3.1.5. y la Figura 3.2 del método de diseño. Se aplican las siguientes hipótesis de diseño de acuerdo a lo indicado en el Art. 68, Anexo III, del PETG del contrato.

Confiabilidad R %	Factor Confiabilidad $Z_R$	Desv. St. $S_o$	$PSI_o$	$PSI_F$	DPSI
90 %	-1,209	0,44	4,2	2,5	1,7

$PSI_o$ : Índice de Serviciabilidad Inicial.  $PSI_F$ : Índice de Serviciabilidad Final.  
**DPSI**: Consumo del Índice de Serviciabilidad a lo largo de la vida estructural.

A continuación, se describen las estructuras propuestas y sus correspondientes verificaciones según tramo.

### Calzada Rápida

Tramo	Progresivas	$SN_{EFECTIVO}$	
		Calzada Rápida (Ascendente)	Calzada Rápida (Descendente)
I	0+000 a 3+480	$(5.34+0,86) = 6.2$	$(3.85+0.86) =4.71$
II	3+480 - 6+120	$(5.32+0.86) = 6.1$	$(4.67+0.86) =5,53$

Tramo	Progresivas	$SN_{NECESARIO}$	
		Calzada Rápida (Ascendente)	Calzada Rápida (Descendente)
I	0+000 a 3+480	4.70	4.70
II	3+480 - 6+120	4.85	4.85

$SN_{(Efectivo)} > SN_{(Necesario)}$	<b>VERIFICA</b>
--------------------------------------	-----------------

Estructura propuesta en Calzada Rápida (existente) en ambos tramos y para ambos sentidos de circulación:

Capas estructurales	Espesor Cm	Coefficiente Aporte	SN i
CAC D19	5.0	0.173	0.87
Estructura existente (Fresado Corrector)			5.34
<b>SN efectivo =</b>			<b>6.21</b>

**Calzada Lenta (A construir)**

	Progresivas	SN <sub>Efectivo</sub>	
		<b>Calzada Lenta (Ascendente)</b>	<b>Calzada Lenta (Descendente)</b>
Tramo I	0+000 a 3+480	5.38	5.38
Tramo II	3+480 - 6+120	5.38	5.38

	Progresivas	SN <sub>Necesario</sub>	
		<b>Calzada Lenta (Ascendente)</b>	<b>Calzada Lenta (Descendente)</b>
Tramo I	0+000 a 3+480	5.04	5.04
Tramo II	3+480 - 6+120	5.11	5.11

$SN_{(Efectivo)} > SN_{(Necesario)}$	<b>VERIFICA</b>
--------------------------------------	-----------------

Estructura propuesta en Calzada Lenta (A construir) en ambos tramos y para ambos sentidos de circulación:

<b>Capas estructurales</b>	<b>Espesor Cm</b>	<b>Coefficiente Aporte</b>	<b>SN i</b>
CAC D19 AM3	5.0	0.173	0.87
BGA D19 CA 30	6.0	0.169	1.01
BGA D19 CA 30	6.0	0.169	1.01

E. G con Cto RC >30 kg/cm <sup>2</sup>	20.0	0.065	1.30
Suelo Cal RC>12 kg/cm <sup>2</sup>	15.0	0.043	0.64
Suelo Cal RC>8 kg/cm <sup>2</sup>	15.0	0.037	0.55
Subrasante con 3% CUV VS >10%			
<b>SN efectivo=</b>			<b>5.38</b>

## CALCULO ESTRUCTURAL (DARWIN)

### Calzada Rápida

#### Tramo I

Description:  
RP 36 Calzada Rapida  
Tramo I:  
Partido La Plata

18-kip ESALs Over Initial Performance Period: 5,178,617

Initial Serviceability: 4.2

Terminal Serviceability: 2.5

Reliability Level (%): 90

Overall Standard Deviation: 0.44

Roadbed Soil Resilient Modulus: 6,560 psi

Number of Construction Stage: 1

Design Structural Number: 4.70 in

SN nec = 4.70

#### Tramo II

Description:  
RP 36 Calzada Rapida  
Tramo II:  
Partido La Plata

18-kip ESALs Over Initial Performance Period: 5,701,125

Initial Serviceability: 4.2

Terminal Serviceability: 2.5

Reliability Level (%): 90

Overall Standard Deviation: 0.44

Roadbed Soil Resilient Modulus: 6,205 psi

Number of Construction Stage: 1

Design Structural Number: 4.85 in

SN nec = 4.85

### Calzada Rápida

#### Tramo I

Description:  
RP n° 36  
Tramo I:  
Pdo La Plata

18-kip ESALs Over Initial Performance Period: 21,557,570

Initial Serviceability: 4.2

Terminal Serviceability: 2.5

Reliability Level (%): 90

Overall Standard Deviation: 0.44

Roadbed Soil Resilient Modulus: 9,800 psi

Number of Construction Stage: 1

Design Structural Number: 5.04 in

#### Tramo II

Description:  
RPN° 36  
Tramo II:  
Partido La Plata

18-kip ESALs Over Initial Performance Period: 23,754,689

Initial Serviceability: 4.2

Terminal Serviceability: 2.5

Reliability Level (%): 90

Overall Standard Deviation: 0.44

Roadbed Soil Resilient Modulus: 9,800 psi

Number of Construction Stage: 1

Design Structural Number: 5.11 in

SN nec = 5.04

SN nec = 5.11

## **ESTRUCTURA ROTONDAS**

Estructura propuesta en Rotondas (A construir):

<b>Capas estructurales</b>	<b>Espesor Cm</b>
Hormigón Simple H30	22
Hormigón H13	15
Subrasante con 3% CUV VS >10%	

## **ESTRUCTURA COLECTORAS**

Estructura propuesta en Colectoras (A construir):

<b>Capas estructurales</b>	<b>Espesor Cm</b>
Hormigón Simple H30	15
Suelo Cemento RC > 25 kg/cm <sup>2</sup>	15
Subrasante con 3% CUV VS >10%	

# DISEÑO ROTONDAS

**Diseño de Pavimentos de Hormigón**  
**Método de la Portland Cement Association PCA**

---

**Proyecto:** Ejemplo  
**Tipo de carretera:** RP 36 TRAMO RP 13 - RP 10 ROTONDA  
**Número de carriles por sentido:** 1  
**Bermas de hormigón:** No  
**Barras pasajuntas:** Si  
**Tipo de subbase:** Tratada con cemento  
**Observaciones adicionales:** Base de Hormigón H13

**Periodo de diseño:** 20 años  
**Tipo de distribución de cargas de tráfico:** Sobrecargado  
**% camiones que circulan sobre el borde del pavimento:** 8,0 % (Método PCA considera el 6%)  
**Factor de seguridad de cargas:** 1,2

**T.P.D.A. (incluyendo vehículos livianos)=** 10.318,00 vehículos/día  
**Porcentaje de vehículos pesados en el tráfico:** 27,0%  
**Tasa de crecimiento anual:** 3,0% Cálculo de espesor por Fatiga  
**Factor de distribución por carril:** 1,00  
**Factor direccional:** 50% Cálculo de espesor por Erosión

**Tráfico de diseño (solo camiones pesados):** 13.661.421 (vehículos de más de cuatro llantas)

**PLANILLA DE CÁLCULO DE ESPESORES**

<b>Valor CBR subrasante:</b> 5 %			<b>Espesor losa de Hormigón:</b> 22,8 cm
Módulo k de subrasante: 29,1 MPa/m 107,4 pci			
Módulo k combinado: 109,7 MPa/m 404,8 pci			
Módulo de rotura: 4,4819 Mpa 650,0 psi			<b>Espesor subbase:</b> 15,0 cm
Varianza de resistencia: 20% (Método considera 15%)			

Carga por eje (Ton)	Corrección carga por LSF	Repeticiones en el periodo de diseño	Análisis por fatiga		Análisis por erosión	
			Repeticiones admisibles	Acumulación de fatiga	Repeticiones admisibles	Acumulación erosión
<b>EJES SENCILLOS</b>						
Esfuerzo equivalente:		1,3 MPa	194,7 psi			
Relación de esfuerzos:		0,300				
15,4	18,5	2.596	8379	31,0%	550095	0,5%
14,5	17,4	7.377	22699	32,5%	779509	0,9%
13,6	16,3	8.607	61727	13,9%	1135640	0,8%
12,7	15,3	24.317	171343	14,2%	1711831	1,4%
11,8	14,2	48.088	667465	7,2%	2694321	1,8%
10,9	13,1	56.832	7269330	0,8%	4489791	1,3%
10,0	12,0	132.379	Ilimitadas		8103110	1,6%
9,1	10,9	571.321	Ilimitadas		16510729	3,5%
8,2	9,8	932.665	Ilimitadas		41585247	2,2%
7,3	8,7	779.657	Ilimitadas		171045037	0,5%
6,4	7,6	-	Ilimitadas		Ilimitadas	
5,4	6,5	-	Ilimitadas		Ilimitadas	
4,5	5,4	-	Ilimitadas		Ilimitadas	
3,6	4,4	-	Ilimitadas		Ilimitadas	
2,7	3,3	-	Ilimitadas		Ilimitadas	
1,8	2,2	-	Ilimitadas		Ilimitadas	
<b>EJES TANDEM</b>						
Esfuerzo equivalente:		1,1 MPa	163,2 psi			
Relación de esfuerzos:		0,251				
27,2	32,7	7.787	2105885	0,4%	559384	1,4%
25,4	30,5	14.618	46444746	0,0%	832214	1,8%
23,6	28,3	24.454	Ilimitadas		1284410	1,9%
21,8	26,2	41.394	Ilimitadas		2077213	2,0%
20,0	24,0	48.088	Ilimitadas		3574887	1,3%
18,2	21,8	277.463	Ilimitadas		6717280	4,1%
16,3	19,6	1.068.187	Ilimitadas		14460936	7,4%
14,5	17,4	1.496.472	Ilimitadas		39819039	3,8%
12,7	15,3	1.308.628	Ilimitadas		204652428	0,6%
10,9	13,1	972.147	Ilimitadas		Ilimitadas	
9,1	10,9	-	Ilimitadas		Ilimitadas	
7,3	8,7	-	Ilimitadas		Ilimitadas	
5,4	6,5	-	Ilimitadas		Ilimitadas	
3,6	4,4	-	Ilimitadas		Ilimitadas	
1,8	2,2	-	Ilimitadas		Ilimitadas	
			<b>Total Fatiga =</b>	<b>100,0%</b>	<b>Total Erosión =</b>	<b>38,7%</b>

**NOTA IMPORTANTE:** En esta versión del método de la Asociación del Cemento Portland de los EE.UU. no se consideraron los efectos del clima sobre los materiales de las diferentes capas del pavimento, por lo tanto, no se incluyen variaciones de humedad y temperatura en la subrasante, subbase y losa de hormigón. El modelo de elementos finitos empleado para el desarrollo de este método consideraba solamente losas planas totalmente apoyadas y sin alabeo, y en embargo una gran cantidad de estudios verificaron que las tensiones generadas por alabeo combinado con cargas de tráfico son mucho mayores debido a la falta de soporte que se produce por la curvatura de las losas.

# DISEÑO COLECTORAS

## Diseño de Pavimentos de Hormigón Método de la Portland Cement Association PCA

**Proyecto:** Ejemplo  
**Tipo de carretera:** RP 36 TRAMO RP 13 - RP 10 ROTONDA  
**Número de carriles por sentido:** 1  
**Bermas de hormigón:** Si  
**Barras pasajuntas:** Si  
**Tipo de subbase:** Tratada con cemento  
**Observaciones adicionales:** Base de Hormigón H13

**Periodo de diseño:** 20 años  
**Tipo de distribución de cargas de tráfico:** Mediano  
**% camiones que circulan sobre el borde del pavimento:** 2,0 % (Método PCA considera el 6%)  
**Factor de seguridad de cargas:** 1,2

**T.P.D.A. (incluyendo vehículos livianos)=** 2.065,00 vehículos/día  
**Porcentaje de vehículos pesados en el tráfico:** 18,0%  
**Tasa de crecimiento anual:** 3,0%  
**Factor de distribución por carril:** 1,00 Cálculo de espesor por Fatiga  
**Factor direccional:** 50% Cálculo de espesor por Erosión

**Tráfico de diseño (solo camiones pesados):** 1.822.759 (vehículos de más de cuatro llantas)

PLANILLA DE CÁLCULO DE ESPESORES			
Valor CBR subrasante:	5 %		
Módulo k de subrasante:	29,1 MPa/m	107,4 pci	<b>Espesor losa de Hormigón: 14,6 cm</b>
Módulo k combinado:	109,7 MPa/m	404,8 pci	
Módulo de rotura:	4,4819 Mpa	650,0 psi	<b>Espesor subbase: 15,0 cm</b>
Varianza de resistencia:	20% (Método considera 15%)		

Carga por eje (Ton)	Corrección carga por LSF	Repeticiones en el periodo de diseño	Análisis por fatiga		Análisis por erosión	
			Repeticiones admisibles	Acumulación de fatiga	Repeticiones admisibles	Acumulación erosión
<b>EJES SENCILLOS</b>						
Esfuerzo equivalente:		1,9 MPa	276,3 psi			
Relación de esfuerzos:		0,425				
15,4	18,5	-	4	0,0%	19674	0,0%
14,5	17,4	-	18	0,0%	27736	0,0%
13,6	16,3	-	76	0,0%	40097	0,0%
12,7	15,3	-	316	0,0%	59754	0,0%
11,8	14,2	128	1322	9,7%	92457	0,1%
10,9	13,1	2.916	5568	52,4%	150111	1,9%
10,0	12,0	4.739	23622	20,1%	259937	1,8%
9,1	10,9	12.085	101005	12,0%	493465	2,4%
8,2	9,8	30.276	605747	5,0%	1082562	2,8%
7,3	8,7	43.527	44136689	0,1%	3108875	1,4%
6,4	7,6	87.055	Ilimitadas		18663824	0,5%
5,4	6,5	212.825	Ilimitadas		Ilimitadas	
4,5	5,4	260.108	Ilimitadas		Ilimitadas	
3,6	4,4	425.796	Ilimitadas		Ilimitadas	
2,7	3,3	-	Ilimitadas		Ilimitadas	
1,8	2,2	-	Ilimitadas		Ilimitadas	
<b>EJES TANDEM</b>						
Esfuerzo equivalente:		1,6 MPa	233,6 psi			
Relación de esfuerzos:		0,359				
27,2	32,7	-	2526	0,0%	60065	0,0%
25,4	30,5	-	8430	0,0%	90160	0,0%
23,6	28,3	-	28279	0,0%	141024	0,0%
21,8	26,2	-	95391	0,0%	232779	0,0%
20,0	24,0	2.114	386406	0,5%	413781	0,5%
18,2	21,8	14.145	4612446	0,3%	821148	1,7%
16,3	19,6	70.705	Ilimitadas		1960857	3,6%
14,5	17,4	99.814	Ilimitadas		6935565	1,4%
12,7	15,3	80.985	Ilimitadas		143580489	0,1%
10,9	13,1	56.032	Ilimitadas		Ilimitadas	
9,1	10,9	82.024	Ilimitadas		Ilimitadas	
7,3	8,7	107.998	Ilimitadas		Ilimitadas	
5,4	6,5	166.144	Ilimitadas		Ilimitadas	
3,6	4,4	85.688	Ilimitadas		Ilimitadas	
1,8	2,2	-	Ilimitadas		Ilimitadas	
			<b>Total Fatiga =</b>	<b>100,0%</b>	<b>Total Erosión =</b>	<b>18,4%</b>

NOTA IMPORTANTE: En esta versión del método de la Asociación del Cemento Portland de los EE.UU. no se consideraron los efectos del clima sobre los materiales de las diferentes capas del pavimento, por lo tanto no se incluyen variaciones de humedad y temperatura en la subrasante, subbase y losa de hormigón. El modelo de elementos finitos empleado para el desarrollo de este método consideraba solamente losas planas totalmente apoyadas y sin alabeo, sin embargo una gran cantidad de estudios verificaron que las tensiones generadas por alabeo combinado con cargas de tráfico son mucho mayores debido a la falta de soporte que se produce por la curvatura de las losas.





República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional  
1983/2023 - 40 AÑOS DE DEMOCRACIA

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

**Número:**

**Referencia:** 07 - PBA - INFORMES DE INVESTIGACIÓN

---

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 93 pagina/s.