



HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA SECTOR ATACO, TOLIMA. K24 + 800 ATACO - PLANADAS INFORME HIDRÁULICO - VERSIÓN 0

CONTRATO DE OBRA PÚBLICA -290-2021

OCTUBRE DE 2023

Página 1 de 23

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	4
2. ALCANCE DEL ESTUDIO	4
2.1. OBJETIVO GENERAL	4
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	4
3. ALCANCE.....	5
4. LOCALIZACIÓN GENERAL.....	5
4. ESTUDIO HIDROLÓGICO	6
4.1. INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA	6
4.2. INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA.....	6
4.3. POLIGONOS DE THIESSEN	6
4.4. CURVAS INTENSIDAD- DURACIÓN – FRECUENCIA	7
4.5. ÁREAS DE DRENAJE	10
4.6. PERIODO DE RETORNO	12
4.7. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	12
4.8. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	13
4.9. CAUDALES DE DISEÑO.....	14
4.9.1.ESTIMACIÓN Y ANÁLISIS DE CAUDALES SUPERFICIAL.....	14
4.9.2.ESTIMACIÓN Y ANÁLISIS DE CAUDALES SUBSUPERFICIALES.....	15
5. ESTUDIO HIDRÁULICO.....	17
5.1. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE	17
7. RESULTADOS.....	19
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estaciones hidrometereológicas ubicadas en el área de influencia de la zona de estudio. .	6
Tabla 2. Valores máximos multianuales de precipitación en 24h – Estación EL CONDOR.....	8
Tabla 3. Datos curvas IDF estación EL CONDOR.	9
Tabla 4. Áreas de las hojas hidrográficas para las obras transversales.....	11
Tabla 5. Ecuación empelada para el cálculo del tiempo de concentración.	14
Tabla 6. Caudales superficiales de diseño para obras de drenaje.	15
Tabla 7. Caudales subsuperficiales de diseño para obras de drenaje.	16
Tabla 8. Inventario de la obra de drenaje existente.	17
Tabla 9 Funcionamiento hidráulico del Box culvert.....	19

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización sector Ataco - Planadas.	5
Ilustración 2. Polígonos de Thiessen.....	7
Ilustración 3. Áreas de drenaje del sector.....	11
Ilustración 4. Periodo de retorno recomendado.	12
Ilustración 5. Valores de coeficientes de escorrentía en áreas rurales.	13
Ilustración 6. Valores de escorrentía en áreas urbanas.	13
Ilustración 7. Esquema flujo en canales escalonados.	18
Ilustración 8. Disposición cunetas.....	19
Ilustración 9. Dimensión filtro francés.	20
Ilustración 10. Disposición canal escalonad en planta y perfil de la abscisa K24+800	20
Ilustración 11. Disposición canal escalonado en planta y perfil de la abscisa K24+864.	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curvas Intensidad -Duración – Frecuencia.....	10
Figura 2. Capacidad de la cuneta Tipo 1.....	18

1. INTRODUCCIÓN

El siguiente documento se desarrolla en el marco del cumplimiento del contrato No 290-2021 cuyo objeto comprende el “MEJORAMIENTO E LA VÍA ATACO - PLANADAS EN EL DEPARTAMENTO DE TOLIMA”.

En el presente informe se plantea el diseño de las obras de drenaje transversales y longitudinales requeridas para garantizar el correcto funcionamiento de la vía y su vida útil, sobre el corredor vial Ataco – Planadas a la altura del sitio crítico del K24+800.

El estudio hidrológico se orientó a la obtención de caudales de diseño para la implementación de las obras requeridas, adicional, los parámetros climatológicos de lluvias para determinación de las intensidades, necesarios para la cuantificación de los caudales de diseño se han obtenido aplicando metodologías ampliamente conocidas y con un grado de aceptación alto en el medio.

Las soluciones se proponen con el fin de conducir adecuadamente los flujos, evitando problemas relacionados con erosión y socavación a la salida de las obras transversales, gestionar el drenaje superficial del terreno aledaño para no comprometer su estabilidad.

En cada capítulo se realiza una explicación de la metodología empleada, presentando consecuentemente los resultados de acuerdo con el orden cronológico escogido.

2. ALCANCE DEL ESTUDIO

2.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio de hidrología y análisis hidráulico para las obras de drenaje superficial y subsuperficial requeridas en el sector localizado en el K23+990 del corredor vial Ataco – Planadas.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar análisis hidrológico para la estimación de los caudales máximos de diseño a la altura del sector del sitio crítico denominado como k23+990 de la vía vial Ataco – Planadas.
- Ejecutar el análisis hidráulico para identificar las obras de drenaje necesarias, con el propósito de manejar tanto la escorrentía superficial como subsuperficial en la zona crítica.

3. ALCANCE

La realización de este estudio está enfocada en llevar a cabo un análisis hidrológico e hidráulico para la comprobación y diseño de obras de drenaje transversal que permitan llevar los flujos de manera controlada a través de la vía y evitar la infiltración excesiva en el talud inferior. Para esto, se propone reemplazar la alcantarilla existente ubicada en el K24+800 por un box culvert, así como la construcción de un canal escalonado para su descole y las cunetas que drenan longitudinalmente antes y después del box; adicional se propone un canal escalonado, para la alcantarilla existente de 36", ubicada en la abscisa K24+864.

La solución se propone con el fin de gestionar la escorrentía del talud superior del terreno aledaño a la vía para no comprometer la integridad y estabilidad de la misma. Teniendo en cuenta lo anterior, el desarrollo de este trabajo está encaminado a realizar el diseño detallado de la solución propuesta.

4. LOCALIZACIÓN GENERAL

El proyecto vial entre Ataco y Planadas se encuentra localizado en el departamento del Tolima, el punto de intervención se encuentra en la abscisa K24+800. Tiene incidencia el río Atá, corriente permanente que nace en la cordillera Central en los límites de los departamentos de Tolima, Cauca y Huila; esta corriente corre paralela a la vía entre Ataco y Planadas.

En este punto se busca realizar la intervención a una alcantarilla existente de 36" la cual se encuentra en mal estado. En la Ilustración 1 se puede observar la ubicación del sector objeto de estudio del presente informe.



Ilustración 1. Localización sector Ataco - Planadas.

Fuente: Elaboración propia.

4. ESTUDIO HIDROLÓGICO

4.1. INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

La cartografía disponible corresponde a la plancha 301 AG a escala 1:100000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC. Al no contar con cartografía detallada, se toman como insumos la topografía e imágenes satelitales obtenidas de Google Earth y ArcGIS.

4.2. INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA

En la zona objeto de estudio se identificaron 3 estaciones cercanas y que se encuentran en funcionamiento, dichas estaciones se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Estaciones hidrometeorológicas ubicadas en el área de influencia de la zona de estudio.

Código	22020050	22027010	22020070
Nombre	SANTIAGO PEREZ	EL CONDOR	EL CONDOR
Categoría	Pluviométrica	Limnigráfica	Pluviométrica
Estado	Activa	Activa	Activa
Altitud	732	757	755
Latitud	3.3952	3.328278	3.328167
Longitud	-75.6045	-75.61311	-75.613056
Depto	Tolima	Tolima	Tolima
Municipio	Ataco	Ataco	Ataco

Fuente: Catálogo_Estaciones_IDEAM.xlsx

4.3. POLIGONOS DE THIESSEN

En la Ilustración 2 se presentan los polígonos de Thiessen utilizados para determinar la estación hidrometeorológica que tiene influencia sobre la zona de estudio. A pesar de que la estación EL CONDOR [22027010], presenta mayor influencia en la zona de estudio, al ser de tipo limnigráfica no brinda la información que se requiere por lo que se escoge entre las estaciones SANTIAGO PEREZ [22020050] y EL CONDOR [22020070]; siendo escogida la segunda estación debido a que se encuentra a 3.3 Km del sitio crítico mientras que la primera se encuentra ligeramente más distanciada (4 Km). En el Anexo 1 se incluyen los datos crudos del IDEAM de la estación utilizada en el presente estudio (EL CONDOR [22020070]).

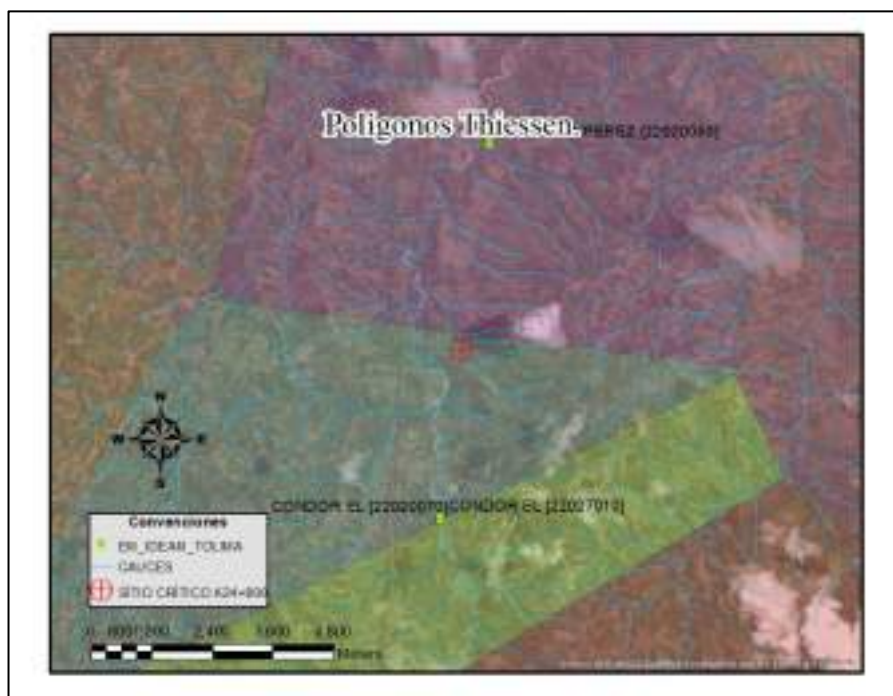


Ilustración 2. Polígonos de Thiessen

Fuente: Elaboración propia.

4.4. CURVAS INTENSIDAD- DURACIÓN – FRECUENCIA

Para determinar los caudales de diseño de cada una de las obras, se requiere calcular la intensidad de la precipitación. Para la utilización del método racional se requieren las curvas IDF. Dichas curvas se calculan mediante el método simplificado, especificado en el manual de drenaje del INVIAS, debido a la inexistencia de datos históricos de precipitación de corta duración.

Para Colombia se propone el método que se presenta en el Estudio "Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad-Duración-Frecuencia". En este estudio se dedujeron curvas intensidad-duración-frecuencia por correlación con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas, el número promedio de días de lluvia al año, la precipitación total media anual y la elevación de la estación¹.

La mejor correlación obtenida, sin embargo, fue la que se obtuvo con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas en una estación, y es la que se propone para los estudios.

¹ VARGAS M.R., DÍAZ-GRANADOS O.M. Universidad de los Andes, «Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad Duración Frecuencia para Colombia», Bogotá, 1998.

Como no se cuenta con datos históricos de lluvias para pluviógrafos en el área de proyecto, se calcularon las curvas intensidad - duración - frecuencia tomando en cuenta la siguiente ecuación:

$$I = a \times \frac{T^b}{t^c} \times M^d$$

Ecuación 1. Ecuación de intensidad.

En donde:

I: Intensidad de precipitación, mm/h.

T: Periodo de retorno, años.

t: Duración de la lluvia, horas.

M: Promedio de la precipitación máxima anual en 24 horas, mm.

La zona de proyecto se encuentra en la Región 1 (Andina), cuyos parámetros *a, b, c* y *d* son iguales, respectivamente, a 0.94, 0.18, 0.66 y 0.83.

De esta manera, la ecuación anterior queda:

$$I = 0.94 \times \frac{T^{0.18}}{t^{0.66}} \times M^{0.83}$$

Adicionalmente, teniendo en consideración los datos históricos a nivel promedio multianual de la precipitación en 24 h para la estación seleccionada, se ha calculado un valor promedio de la precipitación máxima anual en 24 horas igual a 87.64 mm. En la Tabla 2 se presentan los valores máximos multianuales de precipitación, información descargada de la página del IDEAM.

El dato obtenido del año 2014 no cuenta con la capacidad de presentar iguales características a las del conjunto de datos, lo que traduce a que, no cuenta con la representatividad necesaria para ser tenido en cuenta, por lo anterior, es excluido al momento de determinar el promedio.

Tabla 2. Valores máximos multianuales de precipitación en 24h – Estación EL CONDOR.

Precipitación maxima multiannual en 24h Estación EL CONDOR			
Año	Precipitación Máxima (mm)	Año	Precipitación Máxima (mm)
1980	80	2002	90
1981	102	2003	126
1982	88	2004	84
1983	73	2005	129
1984	56	2006	85
1985	78	2007	80
1986	60	2008	120
1987	77	2009	97
1988	70	2010	89

Precipitación maxima multiannual en 24h Estación EL CONDOR			
Año	Precipitación Máxima (mm)	Año	Precipitación Máxima (mm)
1989	90	2011	96
1990	80	2012	96
1991	71	2013	80
1992	115	2014	96
1993	119	2015	72
1994	89	2016	70
1995	57	2017	88
1996	47	2018	80
1997	90	2019	110
1998	136	2020	73
1999	68	2021	69
2000	67	2022	119
2001	115	Precipitación media máxima mensual multianual.	87.64

Fuente: Elaboración propia.

Con estos valores se han calculado las curvas intensidad - duración - frecuencia, las cuales se presentan en la Tabla 3 y en la Figura 1.

Tabla 3. Datos curvas IDF estación EL CONDOR.

Datos curvas IDF, estación EL CONDOR.							
Duración	TR 2	TR 5	TR 10	TR 20	TR 25	TR 50	TR 100
5	224.92	265.25	300.50	340.43	354.38	401.47	454.82
10	142.35	167.87	190.18	215.45	224.28	254.08	287.85
15	108.92	128.46	145.53	164.86	171.62	194.43	220.26
20	90.09	106.24	120.36	136.35	141.94	160.80	182.17
25	77.75	91.69	103.88	117.68	122.50	138.78	157.23
30	68.94	81.30	92.10	104.34	108.62	123.05	139.40
35	62.27	73.43	83.19	94.25	98.11	111.15	125.92
40	57.01	67.24	76.17	86.30	89.83	101.77	115.29
45	52.75	62.21	70.48	79.84	83.11	94.16	106.67
50	49.21	58.03	65.74	74.48	77.53	87.83	99.50
55	46.21	54.49	61.73	69.94	72.80	82.48	93.44
60	43.63	51.45	58.29	66.03	68.74	77.87	88.22
65	41.38	48.80	55.29	62.64	65.20	73.87	83.68
70	39.41	46.47	52.65	59.65	62.09	70.34	79.69
75	37.65	44.41	50.31	56.99	59.33	67.21	76.14
80	36.08	42.55	48.21	54.61	56.85	64.41	72.97
85	34.67	40.88	46.32	52.47	54.62	61.88	70.10
90	33.38	39.37	44.60	50.53	52.60	59.59	67.51

Datos curvas IDF, estación EL CONDOR.							
Duración	TR 2	TR 5	TR 10	TR 20	TR 25	TR 50	TR 100
95	32.21	37.99	43.04	48.76	50.76	57.50	65.14
100	31.14	36.73	41.61	47.14	49.07	55.59	62.97
105	30.16	35.56	40.29	45.64	47.51	53.83	60.98
110	29.24	34.49	39.07	44.26	46.08	52.20	59.13
115	28.40	33.49	37.94	42.98	44.74	50.69	57.43
120	27.61	32.56	36.89	41.79	43.50	49.29	55.83
125	26.88	31.70	35.91	40.68	42.35	47.98	54.35
130	26.19	30.89	34.99	39.64	41.27	46.75	52.96
135	25.55	30.13	34.13	38.67	40.25	45.60	51.66
140	24.94	29.41	33.32	37.75	39.30	44.52	50.43
145	24.37	28.74	32.56	36.88	38.40	43.50	49.28
150	23.83	28.10	31.84	36.07	37.55	42.54	48.19
155	23.32	27.50	31.16	35.30	36.74	41.63	47.16
160	22.84	26.93	30.51	34.56	35.98	40.76	46.18

Fuente: Elaboración propia.

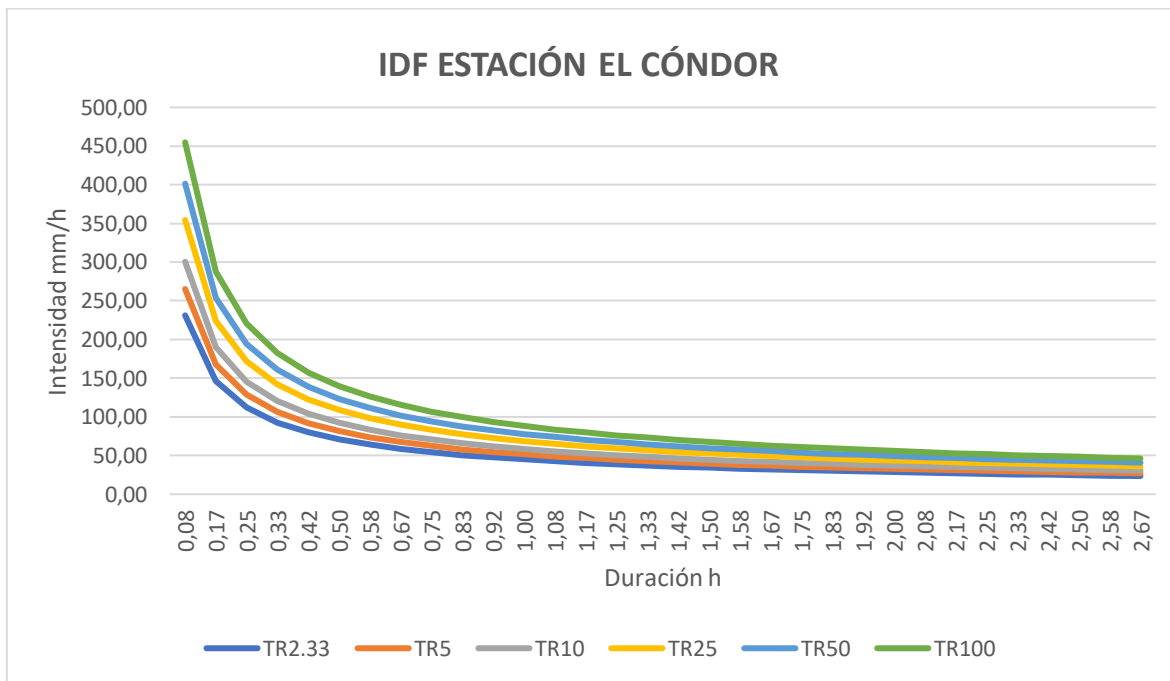


Figura 1. Curvas Intensidad -Duración – Frecuencia.

Fuente: Elaboración propia.

4.5. ÁREAS DE DRENAJE

El tramo de interés se encuentra entre dos quebradas: la quebrada Cacao y El Paujil. Haciendo uso de las herramientas topográficas e hidrológicas de ArcGIS se determinó el área de drenaje para cada una de estas quebradas encontrando un área intermedia

entre estas que correspondería al área de drenaje del área de estudio. El área de drenaje resultante para el sitio crítico se dividió en tres (3) partes, la parte central corresponde a la zona del caño existente en donde se localiza una alcantarilla de 36" a reemplazar y las áreas adyacentes corresponden a áreas de drenaje que descargarán en las cunetas que se encuentran antes y después del box y que se localizan en puntos bajos del terreno.

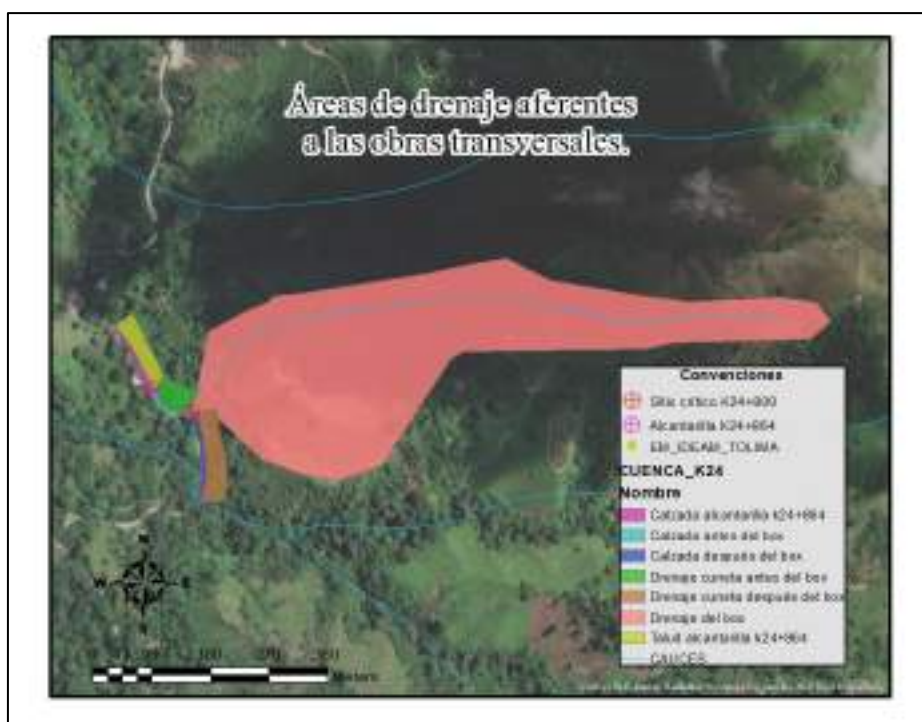


Ilustración 3. Áreas de drenaje del sector.

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4 se describe el área de cada hoya hidrográfica.

Tabla 4. Áreas de las hoyas hidrográficas para las obras transversales.

Hoyas hidrográficas	Área m2
Drenaje cuneta después del box	4488,21
Drenaje del box	140927,38
Drenaje cuneta antes del box	2277,27
Calzada después del box	1036,64
Calzada antes del box	568,00
Talud alcantarilla K24+864	2886,36
Calzada alcantarilla K24+864	830,70

Fuente: Elaboración propia.

4.6. PERIODO DE RETORNO

Los períodos de retorno recomendados en el Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS son los que se presentan y resaltan en la Ilustración 4, para las obras longitudinales a implementar como lo son cunetas se tienen un TR de 5 años, para el drenaje subsuperficial se usa un TR de 2 años, por el contrario, las obras transversales se evaluarán con TR 20 años para alcantarillas mayores a 0.90m y TR10 años para alcantarillas de 0.90m.

TIPO DE OBRA	PERIODO DE RETORNO (AÑOS) ¹
Cunetas	5
Zanjas de Coronación ²	10
Estructuras de Calda ²	10
Alcantarillas de 0.90 m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 0.90 m de diámetro	20
Puentes menores (luz menor a 10 m)	25
Puentes de luz mayor o igual a 10 m y menor a 50 m	50
Puentes de luz mayor o igual a 50 m	100
Drenaje subsuperficial	2

Ilustración 4. Periodo de retorno recomendado.

Fuente: Manual de drenaje para carreteras, INVIAS.

4.7. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

Para adoptar los coeficientes de escorrentía requeridos en el cálculo de caudal, se emplean valores recomendados por el Manual de drenaje de vías, en donde dicta que, para Bosques en topografía montañosa, con suelo Franco limo arcilloso es de 0.50, y para calzadas y alamedas un coeficiente de 0.80, en la Ilustración 5 se muestran los coeficientes adoptados.

VEGETACIÓN Y TOPOGRAFÍA Y	TEXTURA DEL SUELO		
	FRANCO ARENOSO	FRANCO LIMO ARCILLOSO	ARCILLOSO
BOSQUES			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.25	0.35	0.50
Montañoso	0.30	0.50	0.60
PASTOS			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.18	0.36	0.55
Montañoso	0.22	0.42	0.60
TIERRAS CULTIVADAS			
Plano	0.50	0.50	0.50
Ondulado	0.40	0.60	0.70
Montañoso	0.52	0.72	0.82

Nota: Plano (pendiente 0 - 3%); Ondulado (pendiente 3 - 10%); Montañoso (pendiente 10 - 30%). Para valores mayores al 30 %, a falta de datos, utilizar los valores para pendientes entre el 10 y el 30 %.

Ilustración 5. Valores de coeficientes de escorrentía en áreas rurales.

Fuente: Manual de drenaje para carreteras, INVIAS.

TIPO DE ÁREA DE DRENAJE	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA C
PRADOS	
Suelos arenosos, planos, 3%	0.05 - 0.10
Suelos arenosos, promedio 2-7%	0.15 - 0.20
Suelos pesados (arcillosos), planos, 3%	0.15 - 0.17
Suelos pesados (arcillosos), promedio 2-7%	0.15 - 0.22
Suelos pesados (arcillosos), pendientes 7%	0.20 - 0.25
DISTRITOS COMERCIALES	
Áreas de centro de ciudad	0.70 - 0.90
Áreas vecinas	0.50 - 0.70
RESIDENCIAL	
Casas individuales separadas	0.30 - 0.50
Casas multifamiliares separadas	0.40 - 0.60
Casas multifamiliares unidas	0.50 - 0.70
Suburbano	0.25 - 0.40
Áreas de apartamentos de vivienda	0.70 - 0.70
INDUSTRIAL	
Áreas limpias	0.50 - 0.60
Áreas pesadas	0.80 - 0.80
PARCQUES CEMENTEROS	0.10 - 0.25
CAMPES DE ALFAROS	0.20 - 0.30
ÁREAS DE BATIDOS DE FERROCARRILES	0.30 - 0.40
ÁREAS NO DESARROLLADAS	0.10 - 0.30
CALLES	
Asfalto	0.70 - 0.95
Cemento	0.80 - 0.85
Leante	0.70 - 0.85
GRUTAS Y ALBERGAS	0.10 - 0.60
TERRAZAS	0.75 - 0.85

Ilustración 6. Valores de escorrentía en áreas urbanas.

Fuente: Manual de drenaje para carreteras, INVIAS.

Teniendo en cuenta la ubicación del sitio crítico, e imágenes satelitales de ArcGIS y Google Earth, se adopta como cobertura de suelos: bosques, ya que no hay variabilidad de cobertura en la zona.

4.8. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

El tiempo de concentración es el tiempo que toma el agua superficial en llegar desde el punto más alejado de la cuenca hasta el sitio de interés, es decir la obra transversal. Este parámetro fue calculado únicamente con la ecuación de Kirpich, siguiendo las

recomendaciones consignadas en el Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS en el cual se especifica “Se requiere que se utilice, desde el punto de vista de la seguridad en relación con menores tiempos de concentración (mayores intensidades de precipitación y/o histogramas de lluvias más concentrados), la fórmula de Kirpich”. En la Tabla 6 se presenta la ecuación básica para el cálculo del tiempo de concentración.

Tabla 5. Ecuación empelada para el cálculo del tiempo de concentración.

Fórmula	Ecuación	Parámetros
Kirpich	$T_c = 0,06628 \left(\frac{L_D}{S^{0.5}} \right)^{0.77}$ <i>Ecuación 2. Estimación de tiempo de concentracion método Kirpich</i>	T_c = Tiempo de concentración de la cuenca (h) L = Longitud del cauce principal (km) S = Pendiente media del cauce principal (m/m)

Fuente: Manual de drenaje para carreteras, INVIAS.

4.9. CAUDALES DE DISEÑO

4.9.1. ESTIMACIÓN Y ANÁLISIS DE CAUDALES SUPERFICIAL

El cálculo de los caudales de diseño se realizó teniendo en cuenta el área de drenaje aferente a las obras. Para cuencas con áreas menores de 2.5 km² se utilizó el método racional para el cálculo de los caudales de diseño. El método Racional considera como elemento hidrológico la intensidad de la precipitación y el tiempo de concentración de la lluvia y como parámetros fisiográficos el área de drenaje y la cobertura vegetal de la cuenca.

El caudal viene expresado por la siguiente ecuación:

$$Q(m^3/s) = 0.278 \times C \times I \times A$$

Ecuación 3. Estimación de caudal método racional.

Donde:

C: Coeficiente de escorrentía

A: Área de drenaje, km²

I: Intensidad de la lluvia para un tiempo de retorno, mm/h.

Q: Caudal, m³/s.

4.9.1.1. CAUDALES SUPERFICIALES PARA OBRAS DE DRENAJE

En la Tabla 6 se presenta las variables y resultados del cálculo realizado para el caudal superficial de las áreas aferentes a las obras de drenaje.

Tabla 6. Caudales superficiales de diseño para obras de drenaje.

OBRA DE DRENAJE	ÁREA AFERENTE	Periodo de retorno	Tiempo de concentración	Intensidad mm/h	Área efectiva m ²	C	Caudal de diseño $\frac{m^3}{s}$
OBRA BOX K24+800	CUENCA BOX	20 años	10 min	215,45	140927,38	0,50	4,44
	TALUD				2277,27		
	CALZADA				284,00		
CUNETAS ANTES DEL BOX K24+800	TALUD	5 años	15 min	128,46	2277,27	0,62	0,06
	CALZADA				284,00		
CUNETAS DESPUÉS DEL BOX K24+800	TALUD	5 años	15 min	128,46	4488,21	0,59	0,11
	CALZADA				518,32		
OBRA DESCOLE K24+864	TALUD	10 años	15 min	145,53	2886,36	0,54	0,07
	CALZADA				415,35		

Fuente: Elaboración propia.

4.9.2. ESTIMACIÓN Y ANÁLISIS DE CAUDALES SUBSUPERFICIALES.

Con el fin de dimensionar los filtros subsuperficiales para las cunetas se emplean las ecuaciones del manual de drenajes de carretera 2009, para el cálculo de tasa de infiltración, caudal de infiltración y caudal de abatimiento.

- Tasa de infiltración y caudal por infiltración**

El caudal de infiltración es la tasa de infiltración por el área de la cuenca. En la siguiente Ecuación 4 se encuentran las variables para hallar la tasa:

$$q = 0.024 * C * R$$

Ecuación 4. Tasa de infiltración.

Donde;

q: tasa de infiltración
C: relación de infiltración
R: tasa de lluvia

- Caudal por abatimiento**

Para el cálculo de abatimiento, se emplea un coeficiente de permeabilidad de 1 para el talud, y para la calzada de 0,5. En la Ecuación 5 se presentan las variables:

$$Qa = K i Aa$$

Ecuación 5. Caudal por abatimiento.

$$i = \frac{N_d - N_f}{B}$$

Ecuación 6. Gradiente hidráulico.

$$A_a = (N_d - N_f) * L$$

Ecuación 7. Área efectiva para el abatimiento.

Donde;

Qa: caudal de abatimiento.
K: coeficiente de permeabilidad.
I: gradiente hidráulico.
Aa: área efectiva para el abatimiento.
Nd: nivel inferior del subdren.
Nf: nivel superior del nivel freático.
B: ancho superficial.
L: longitud de drenaje.

4.9.2.1. Caudales subsuperficiales para obras de drenaje

En la Tabla 7 se aprecian las variables y cálculos para la obtención del caudal subsuperficial para las obras de drenaje.

Tabla 7. Caudales subsuperficiales de diseño para obras de drenaje.

OBRA DE DRENAJE	ÁREA AFERENTE	Periodo de retorno	Tasa de lluvia mm/h	Longitud de drenaje m	Relación de infiltración C	Caudal por infiltración L/s	Caudal por abatimiento L/s	Caudal de diseño L/s
FILTROS ANTES DEL BOX K24+800	TALUD	2 años	44,84	60,00	0,50	14,18	4,29	43,82
	CALZADA				0,10	0,35	25,00	
FILTROS DESPUÉS DEL BOX K24+800	TALUD	2 años	44,84	135,00	0,50	27,95	11,25	96,10
	CALZADA				0,10	0,65	56,25	

Fuente: Elaboración propia.

5. ESTUDIO HIDRÁULICO

A continuación, se presentan la evaluación de las obras hidráulicas tanto existentes como proyectadas en la zona objeto de diseño.

5.1. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE

Se encuentran dos obras transversales existentes en el tramo a analizar, las cuales corresponden a una alcantarilla en mal estado de 36" en la abscisa K24+800 y una alcantarilla en buen estado en la abscisa K24+864, también de 36". A continuación, en la Tabla 8 se presentan las características principales de la obra.

Tabla 8. Inventario de la obra de drenaje existente.

Abscisa	Estructura	Tratamiento
K24+800	Alcantarilla sencilla Ø 36" en mal estado	- Reemplazar por Box culvert. - Proponer obra para descole.
K24+864	Alcantarilla sencilla Ø 36" en buen estado	- Proponer obra para descole.

Fuente: K24+800-ortofoto.dwg

La obra de la abscisa k24+800 se encuentra en mal estado, por lo tanto, se propone su reemplazo.

6. DIMENSIONAMIENTO DE OBRAS.

De acuerdo a las características de las obras requeridas, se describen a continuación las metodologías propuestas para su dimensionamiento.

6.1. OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL

El box culvert se dimensiona aceptando una altura o nivel de agua en la entrada (Hw) de 1,20 veces el diámetro (por ejemplo 1,08 m para las alcantarillas mínimas de diámetro 90 cm). Así, tomando un valor máximo de 1,2 Hw se asegura que la entrada de la alcantarilla funciona sin sumergirse, es decir, la lámina de agua se encuentra por debajo de la cota clave, o lo que es lo mismo a flujo libre.

La carga a la entrada, Hw depende del tipo de flujo con que funcione el box culvert, existiendo dos tipos principales de flujo: flujo con control a la entrada o flujo con control a la salida.

Flujo del box culvert con control a la entrada: en esta condición, el flujo sufre una contracción severa en la entrada, con lo que la capacidad de la tubería es mayor que la capacidad de la estructura de entrada, siendo las características de la entrada (tipo y forma) y no la de la tubería (sección, rugosidad, área, longitud, pendiente) las que determinan la capacidad de la misma. El box se comporta como un vertedero si no existe sumergencia en la entrada y como un orificio si se presenta sumergencia,

existiendo una zona de transición pobremente definida entre ambos tipos de comportamiento, por lo que emplean ecuaciones de regresión.

6.2. OBRAS DE DRENAJE LONGITUDINAL

Las obras de drenaje longitudinal se proponen a partir de su capacidad total y el caudal de diseño, procurando siempre que este último sea inferior a su aforo total. Para esto, se construyen curvas de capacidad en función de la pendiente longitudinal de la vía.

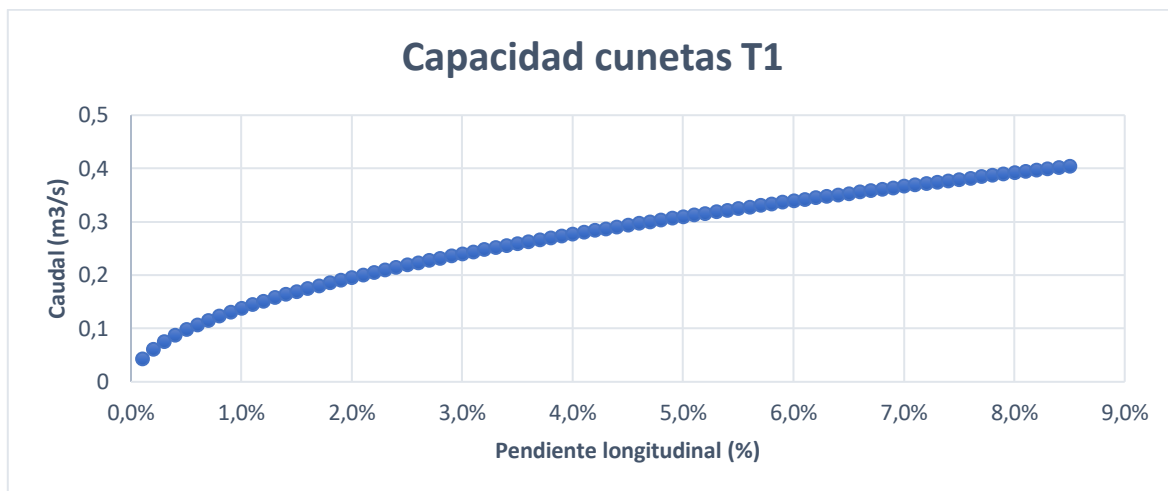


Figura 2. Capacidad de la cuneta Tipo 1.

Fuente: Elaboración propia.

6.3. OBRAS DE DISIPACIÓN

Los canales escalonados se diseñaron según la metodología planteada por Ven Te Chow, en la cual se suponen los valores de las contrahuellas (h) y el ancho (b):

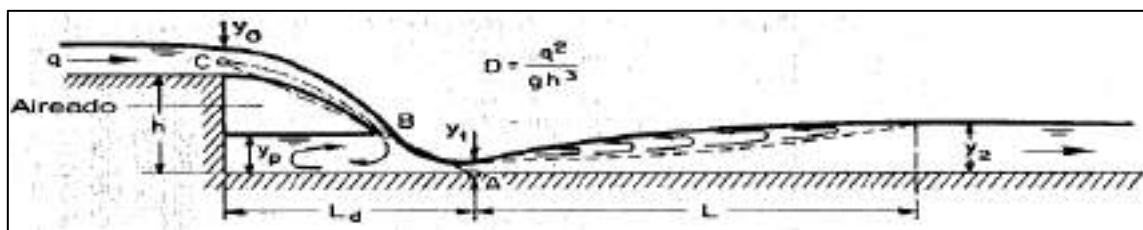


Ilustración 7. Esquema flujo en canales escalonados.

Fuente: Manual de drenaje para vías

7. RESULTADOS

De acuerdo al estudio hidrológico y análisis hidráulico realizado se proponen las siguientes obras de drenaje:

7.1. OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL

De acuerdo a las necesidades de rehabilitación del proyecto y la estimación de caudales realizada, se propone sustituir la alcantarilla existente en el k24+800 por un box culvert de 2.0m x 1.5m. En la Tabla 9 Funcionamiento hidráulico del Box culvert se presenta el funcionamiento hidráulico para el box, donde se puede observar que, para el caudal de diseño estimado de 4,57 m³/s, la relación H_w/h se encuentra por debajo de 1.2. En este orden cuenta con la capacidad requerida.

Tabla 9 Funcionamiento hidráulico del Box culvert

FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DEL BOX CULVERT 2.0m X 1.5m A UNA PENDIENTE DE 1%														
ABSCISA	y	Dh	V	Q	yc	A	P	R	T	Dh	Vc	Hw	Hw/h<1.2	C
	m	m	m/s	m ³ /s	m	m ²	m	m	m	m	m/s			
K24+800	0,56	0,56	3,89	4,35	0,78	1,57	3,57	0,44	2,00	0,78	2,77	1,37	0,92	1,58
	0,58	0,58	3,94	4,57	0,81	1,62	3,62	0,45	2,00	0,81	2,82	1,42	0,95	1,66

Fuente: Elaboración propia.

7.2. OBRAS DE DRENAJE LONGITUDINAL

Se plantean obras de drenaje subsuperficial, para este caso las cunetas en ambos lados de la calzada:

- **Diseño de cunetas**

Se propone una cuneta triangular de 1.0m x 0.25m, teniendo en cuenta su curva de capacidad, la cual se encuentra en la Ilustración 8, en esa curva se estima que para pendientes de 8.3% tiene la capacidad de un caudal de 400 L/s y para pendientes de 2.6% tiene la capacidad de un caudal de 224 L/s, concluyendo que esta cuneta es capaz de drenar los caudales del talud y calzada antes y después de la obra.

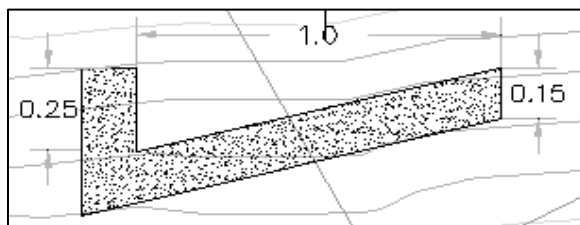


Ilustración 8. Disposición cunetas.

Fuente: Elaboración propia.

- **Diseño de filtro Frances**

Se propone el diseño del filtro francés, antes y después de la abscisa K24+800 ubicado únicamente al costado de la izquierda de la carretera en dirección al flujo, en la

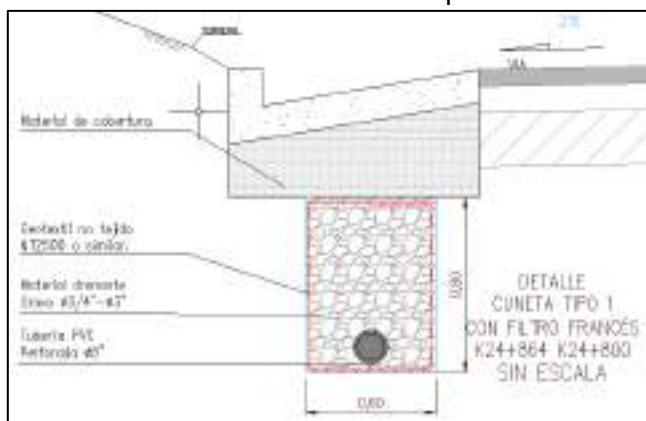


Ilustración 9 se aprecia las dimensiones para el filtro.

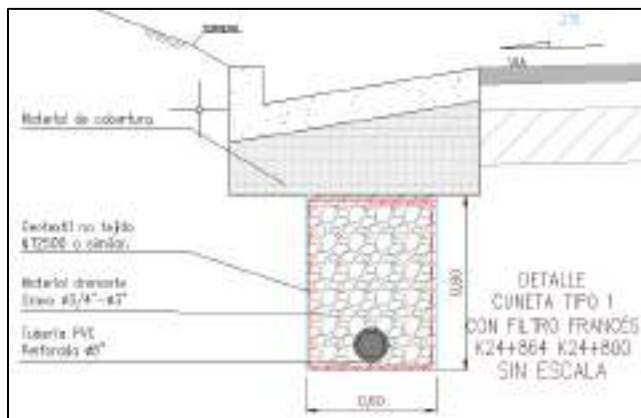


Ilustración 9. Dimensión filtro francés.

Fuente: Elaboración propia.

7.3. OBRAS DE DISIPACIÓN

Se propone un canal escalonado para el box culvert de la abscisa K24+800y un canal escalonado para la alcantarilla existente en la abscisa K24+864. Se proyecta que los canales se mantengan sobre el talud inferior, con el fin de evitar la infiltración y deterioro en el mismo, como se puede apreciar en la Ilustración 10 y Ilustración 11:

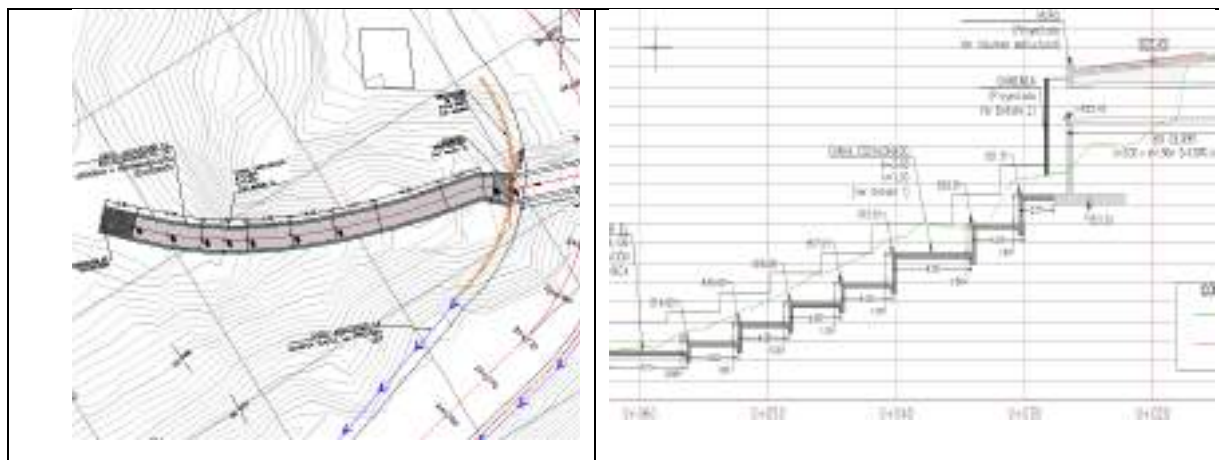


Ilustración 10. Disposición canal escalonado en planta y perfil de la abscisa K24+800

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 11. Disposición canal escalonado en planta y perfil de la abscisa K24+864.

Fuente: Elaboración propia.

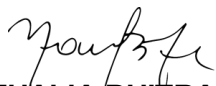
El box culvert y los canales escalonados para el descole se propone en concreto. Las dimensiones de los canales escalonados pueden apreciarse en el ANEXO 2 – Planos de diseño.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con el estudio de hidrología e hidráulica de las obras de drenaje transversal y longitudinal de la vía ATACO-PLANADAS se concluye lo siguiente:

- Según el estudio hidrológico, se obtuvo un caudal de diseño para la obra principal de $3.9 \text{ m}^3/\text{s}$ para TR10 y $4.4 \text{ m}^3/\text{s}$ para TR20.
- Respecto a las obras de drenaje transversal propuestas para la zona del proyecto, se propone reemplazar la alcantarilla de 36", ubicada en el K24+800, por un box culvert de 2.0m x 1.5m al 1% de pendiente.
- Respecto a las obras drenaje longitudinales, se proponen cunetas triangulares de 1.0m x 0.25m, conforme a los planos de diseño (ANEXO 3).
- Los canales escalonados deben mantenerse sobre el talud inferior con el fin de evitar la infiltración y deterioro en el mismo.

Cordialmente,



NATHALIA BUITRAGO MEDINA.
Especialista en Hidrología e Hidráulica.
M.P. 25202147745 CND

ANEXOS

ANEXO 1 – memoria hidrología e hidráulica de diseño

ANEXO 2 – productos cartográficos

ANEXO 3 – planos de diseño