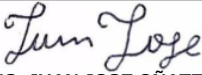


 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 03GLO	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL CENTRO EDUCATIVO LUIS ALBERTO BADILLO — BESOTE, LA GLORIA, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 25/JUN/2026
			Página.: 1/23	

MEMORIA DE CÁLCULO **RED DE AGUAS LLUVIAS** **CENTRO EDUCATIVO LUIS ALBERTO BADILLO — BESOTE, LA GLORIA,** **CESAR**

NTC 1500 / RAS 2000 Título D / Curva IDF Bell-Chen IDEAM Región 2

Campo	Descripción
Proyecto	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.
Municipio	La Gloria, Cesar
Documento N°	03GLO
Revisión	0A
Fecha	25 de junio de 2026
Elaboró	Juan José Oñate Arzuaga
M.P.	091037 – 0661809 CND
FIRMA	 ING. JUAN JOSE OÑATE ARZUAGA M.P. 091037 – 0661809 CND Especialista en Gerencia de Construcciones

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 03GLO	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL CENTRO EDUCATIVO LUIS ALBERTO BADILLO — BESOTE, LA GLORIA, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 25/JUN/2026
			Página.: 2/23	

Tabla de contenido

1.	INTRODUCCIÓN	4
2.	OBJETIVOS.....	4
2.1.	Objetivo General	4
2.2.	Objetivos Específicos.....	4
3.	ALCANCE.....	5
4.	NORMATIVIDAD DE REFERENCIA	5
5.	PARÁMETROS DE DISEÑO.....	5
5.1.	Generalidades.....	5
6.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE	6
6.1.	Subsistema de cubiertas	6
6.2.	Subsistema de colectores horizontales	6
6.3.	Subsistema de aguas superficiales	7
7.	ÁLISIS HIDROLÓGICO — CURVA IDF	7
7.1.	Generalidades.....	7
7.2.	Selección de la estación pluviométrica.....	7
7.3.	Serie histórica de precipitación	8
7.4.	Determinación de la precipitación media multianual	9
7.5.	Determinación de las intensidades de precipitación.....	10
7.6.	Construcción de las curvas Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF).....	10
7.7.	Selección de la intensidad de diseño	12
7.8.	Resumen del análisis hidrológico	12
8.	DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE	13
8.1.	Determinación de los caudales de diseño	13
8.2.	Criterio de capacidad hidráulica.....	14
8.3.	Resultados del dimensionamiento de bajantes	14
9.	DISEÑO HIDRÁULICO DE COLECTORES HORIZONTALES	15
9.1.	Generalidades.....	15
9.2.	Parámetros de diseño hidráulico	16
9.3.	Cálculo hidráulico	16

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 03GLO	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL CENTRO EDUCATIVO LUIS ALBERTO BADILLO — BESOTE, LA GLORIA, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 25/JUN/2026
			Página.: 3/23	

9.4.	Verificación hidráulica.....	17
9.5.	Esfuerzo tractivo.....	18
9.6.	Resultados del diseño	18
10.	DISEÑO HIDRÁULICO DE CANALES A CIELO ABIERTO	19
10.1.	Generalidades.....	19
	Parámetros de diseño	19
10.2.	Aportes de caudal al canal	19
10.3.	Cálculo hidráulico	20
10.4.	Resultados del diseño	22
11.	MANEJO DE LAS AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL.....	22
12.	CONCLUSIONES	23

Tablas

Tabla 5-1.	Parámetros generales de diseño.....	6
Tabla 7-1.	Datos de la estación pluviométrica.....	8
Tabla 7-2.	Serie histórica 2007–2025. ESTACIÓN 23210120 VEGA LA, Fuente: IDEAM-DHIME. Variable: Precipitación total anual (mm).....	9
Tabla 7-3.	Parámetros del modelo Bell-Chen — Región 2.	10
Tabla 7-4.	Intensidades de precipitación.....	11
Tabla 7-5.	Resumen de parámetros hidrológicos.....	13
Tabla 8-1.	Dimensionamiento de bajantes	15
Tabla 9-1.	Parámetros globales de diseño	16
Tabla 9-2.	Dimensionamiento hidráulico de colectores.....	18
Tabla 10-1.	Parámetros globales de diseño de canales.	19
Tabla 10-2.	Aportes de caudal por canal.....	20
Tabla 10-3.	Dimensionamiento hidráulico de canales a cielo abierto.....	22
Tabla 10-4.	Geometrías adoptadas para los canales a cielo abierto.....	22

Figuras

Figura 7-1.	Ubicación estación pluviométrica La Gloria, identificada con código 23210120.....	8
Figura 7-2.	Curvas Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF).	12

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 03GLO	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL CENTRO EDUCATIVO LUIS ALBERTO BADILLO — BESOTE, LA GLORIA, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 25/JUN/2026
			Página.: 4/23	

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde a la memoria de cálculo del sistema de drenaje de aguas lluvias proyectado para el **Centro Educativo Luis Alberto Badillo de Besote del municipio de La Gloria, departamento del Cesar**. Su finalidad es sustentar técnicamente el dimensionamiento de los elementos encargados de captar, conducir y evacuar las aguas provenientes de las cubiertas y de las áreas exteriores de la institución, garantizando un funcionamiento hidráulico adecuado durante los eventos de lluvia considerados en el diseño.

El sistema fue concebido para operar mediante gravedad y está conformado por cuatro componentes principales: bajantes de cubierta, canales a cielo abierto, colectores horizontales enterrados y drenaje superficial de las áreas libres. El dimensionamiento de estos elementos se fundamenta en el análisis hidrológico de la zona de estudio, utilizando información oficial del IDEAM y las metodologías establecidas en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), complementadas con los criterios de la NTC 1500 para instalaciones hidrosanitarias.

El documento presenta la metodología empleada para la obtención de las intensidades de lluvia de diseño, el cálculo de los caudales generados por las diferentes áreas tributarias, el dimensionamiento hidráulico de las redes y la verificación del cumplimiento de los criterios normativos aplicables.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Desarrollar el análisis hidrológico e hidráulico del sistema de drenaje de aguas lluvias, determinando las condiciones de diseño y verificando la capacidad de los elementos proyectados para garantizar una evacuación eficiente de las escorrentías generadas en el proyecto.

2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la precipitación media multianual a partir de la información oficial del IDEAM.
- Construir las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) mediante el método Bell-Chen.
- Definir la intensidad de lluvia de diseño conforme al periodo de retorno adoptado.
- Calcular los caudales de diseño mediante el Método Racional.
- Dimensionar hidráulicamente los bajantes y colectores del sistema de drenaje.
- Verificar la capacidad hidráulica del sistema mediante los criterios establecidos en la reglamentación vigente.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 03GLO	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL CENTRO EDUCATIVO LUIS ALBERTO BADILLO — BESOTE, LA GLORIA, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 25/JUN/2026
			Página.: 5/23	

3. ALCANCE

La presente memoria comprende el análisis hidrológico e hidráulico del sistema de drenaje de aguas lluvias proyectado para la infraestructura del **Centro Educativo Luis Alberto Badillo de Besote**.

Dentro de su alcance se incluyen:

- Selección de la estación pluviométrica del IDEAM.
- Procesamiento de la serie histórica de precipitaciones.
- Determinación de la precipitación media multianual.
- Construcción de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF).
- Selección de la intensidad de lluvia de diseño.
- Cálculo de caudales mediante el Método Racional.
- Dimensionamiento de bajantes de cubierta.
- Dimensionamiento de colectores horizontales.
- Verificación hidráulica de los elementos proyectados.
- Dimensionamiento de canales.

No hacen parte de esta memoria el diseño de redes públicas de alcantarillado pluvial, estructuras mayores de drenaje urbano, obras de regulación hidráulica ni sistemas externos de manejo de inundaciones.

4. NORMATIVIDAD DE REFERENCIA

- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2000, Título B - Obtención de intensidades de precipitación mediante el método Bell-Chen.
- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, Título D - Diseño hidráulico de sistemas de drenaje pluvial.
- NTC 1500 – Código Colombiano de Fontanería - Dimensionamiento de bajantes y redes pluviales interiores.
- Resolución 0330 de 2017 - Parámetros técnicos para sistemas de acueducto y alcantarillado.
- IDEAM - Información hidrológica oficial para el desarrollo de curvas IDF.

5. PARÁMETROS DE DISEÑO

5.1. Generalidades

Los parámetros de diseño corresponden a las condiciones hidrológicas, hidráulicas y normativas adoptadas para el desarrollo de los cálculos presentados en esta memoria.

Estos valores constituyen la base para la determinación de las intensidades de lluvia, los caudales de diseño y el dimensionamiento de cada uno de los componentes del sistema de drenaje.

Parámetro	Valor
Fuente de información hidrológica	IDEAM
Estación pluviométrica	VEGA LA [23210120]
Longitud de la serie histórica	19 años
Método hidrológico	Bell-Chen
Método de cálculo de caudales	Método Racional
Método hidráulico	Manning
Material de tuberías	PVC Sanitario
Período de retorno adoptado	10 años
Tiempo de concentración adoptado	10 minutos
Intensidad de diseño	214.76mm

Tabla 5-1. Parámetros generales de diseño.

6. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE

6.1. Subsistema de cubiertas

Las cubiertas de todos los bloques del Centro Educativo desaguan mediante bajantes verticales de PVC de 4", dimensionados con el Método Racional y el caudal correspondiente al período de retorno de diseño ($T_r = 10$ años). Cada bajante entrega su caudal a una caja de inspección o canal desde donde parte el colector horizontal enterrado.

6.2. Subsistema de colectores horizontales

Los colectores horizontales conectan las cajas de inspección entre sí y concentran los caudales acumulados de cada bloque hasta los puntos de descarga en la vía pública. Las tuberías son PVC sanitaria ($n = 0,009$), diámetros 4" y 6", con pendiente del 1,0 %. Los colectores se diseñaron verificando Manning, fuerza tractiva y relaciones hidráulicas parcialmente llenas.

Los puntos de descarga son tres:

- Calle 3A — recibe el colector principal, tramo C.ALL 6 → SALIDA CLL 3A.
- Carrera 8A — recibe los colectores de Bloques Aulas y Biblioteca, tramos C.ALL 9 y C.ALL 13.
- Parqueadero — recibe los colectores de las áreas de estacionamiento, tramos C.ALL 10, C.ALL 11 y C.ALL 12.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 03GLO	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL CENTRO EDUCATIVO LUIS ALBERTO BADILLO — BESOTE, LA GLORIA, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 25/JUN/2026
			Página.: 7/23	

6.3. Subsistema de aguas superficiales

El área libre interior del predio (zonas verdes, patios y circulaciones) evacuará las aguas lluvias superficiales mediante pendientes mínimas controladas del 0,3 % dirigidas hacia el cerramiento perimetral en la zona oriental. Este cerramiento dispone de pasantes de tubería PVC de 2" instalados cada 2,0 m lineales al nivel del terreno, los cuales permiten el flujo libre de las aguas hacia el espacio público en la vía colindante:

- Carrera 8A — costado oriental del predio.

7. ÁLISIS HIDROLÓGICO — CURVA IDF

7.1. Generalidades

La lluvia de diseño constituye el parámetro hidrológico fundamental para el dimensionamiento del sistema de drenaje de aguas lluvias. Su determinación se realizó a partir de información oficial del Centro Educativo de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), empleando la metodología Bell–Chen para regiones donde no existen curvas Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF) desarrolladas específicamente para el sitio del proyecto.

El procedimiento comprende la recopilación de la información pluviométrica, el cálculo de la precipitación media multianual de veinticuatro (24) horas, la determinación de las intensidades de precipitación para diferentes períodos de retorno y tiempos de duración, y la construcción de las curvas IDF que servirán de base para el cálculo de los caudales de diseño.

7.2. Selección de la estación pluviométrica

Para el desarrollo del análisis hidrológico se utilizó la información registrada por la estación pluviométrica **La Gloria**, identificada con código **23210120**, administrada por el IDEAM.

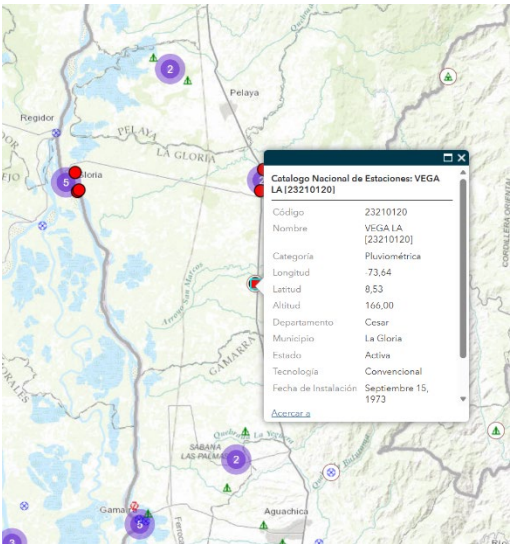


Figura 7-1. Ubicación estación pluviométrica La Gloria, identificada con código 23210120.

La serie histórica utilizada comprende el período **2007–2025**, correspondiente a diecinueve (19) años de registros de precipitación, información considerada suficiente para la determinación de la precipitación media multianual empleada en el método Bell–Chen. Los datos generales de la estación utilizada se presentan en la siguiente tabla.

Parámetro	Dato
Estación	VEGA LA [23210120]
Entidad	IDEAM — DHIME
Latitud / Longitud	8.5319166670 / -73.64147222
Elevación	166 m s.n.m.
Departamento / Municipio	Cesar / La Gloria
Variable registrada	Precipitación total anual (mm)
Período de la serie	2007 – 2025 (19 años)
Precipitación media multianual (M)	1.885,53 mm

Tabla 7-1. Datos de la estación pluviométrica.

7.3. Serie histórica de precipitación

A partir de la estación seleccionada se recopiló la serie histórica de precipitaciones máximas anuales correspondiente al período de análisis.

La información fue organizada cronológicamente y posteriormente utilizada para determinar la precipitación media multianual de veinticuatro (24) horas, parámetro requerido por el método Bell–Chen.

La serie histórica utilizada se presenta en la siguiente tabla.

Año	P_anual (mm)
2007	1.838,1
2008	1.457,5
2009	1.462,7
2010	2.410,2
2011	2.554,3
2012	1.741,3
2013	1.584,1
2014	2.003,8
2015	1.343,0
2016	1.859,1
2017	1.956,8
2018	1.743,7
2019	1.706,6
2020	1.626,7
2021	2.417,5
2022	2.907,2
2023	1.761,6
2024	2.072,2
2025	1.378,7

Tabla 7-2. Serie histórica 2007–2025. ESTACIÓN 23210120 VEGA LA, Fuente: IDEAM-DHIME. Variable: Precipitación total anual (mm).

7.4. Determinación de la precipitación media multianual

La precipitación media multianual de veinticuatro (24) horas se determinó mediante el promedio aritmético de las precipitaciones máximas anuales registradas por la estación seleccionada.

Ecuación 7.1. Precipitación media multianual

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

Donde:

- M : Precipitación media multianual de 24 horas (mm)
- P_i : Precipitación máxima anual registrada (mm)
- n : Número de años analizados

Sustituyendo los valores obtenidos de la serie histórica:

$$M = \frac{\sum P_i}{19}$$

Se obtiene:

$$M = 1885.53 \text{ mm}$$

Este valor representa la precipitación media multianual de referencia para la estación La Gloria y constituye el parámetro principal del modelo Bell–Chen

7.5. Determinación de las intensidades de precipitación

Las intensidades de lluvia se determinaron mediante el modelo Bell–Chen, recomendado por el RAS 2000 para regiones donde no se dispone de curvas IDF desarrolladas experimentalmente.

Ecuación 7.2. Modelo Bell–Chen

$$i = \frac{a T^b M^d}{\left(\frac{t}{60}\right)^c}$$

Donde:

- i : Intensidad de precipitación (mm/h)
- T : Período de retorno (años)
- M : Precipitación media multianual (mm)
- t : Duración de la lluvia (mm)
- a, b, c, d : Coeficientes regionales Bell–Chen

Para el presente proyecto se adoptaron los coeficientes correspondientes a la **Región Hidrológica No. 2**, de acuerdo con la regionalización del IDEAM.

La intensidad de precipitación se calcula con la expresión regionalizada del IDEAM para la Región 2 — Zona Caribe:

Parámetro	Símbolo	Valor	Descripción
Coef. regional	a	24,85	Tabla IDEAM — Región 2, Zona Caribe
Exp. período de retorno	b	0,22	Tabla IDEAM — Región 2
Exp. duración	c	0,50	Tabla IDEAM — Región 2
Exp. precipitación	d	0,10	Tabla IDEAM — Región 2
Precip. media multianual	M	1.885,53 mm	Media de la serie 2007–2025
Período de retorno diseño	T	10 años	Seleccionado

Tabla 7-3. Parámetros del modelo Bell–Chen — Región 2.

7.6. Construcción de las curvas Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF)

Aplicando la Ecuación (7.2) se calcularon las intensidades de precipitación para períodos de retorno de **2, 5, 10, 25, 50 y 100 años**, considerando duraciones comprendidas entre **10 y 360 minutos**.

Los resultados obtenidos se presentan en la **Tabla 7-4**, mientras que la representación gráfica de dichas intensidades corresponde a la **Figura 7-2**.

t (min)	Tr = 2 años	Tr = 5 años	Tr = 10 años	Tr = 25 años	Tr = 50 años	Tr = 100 años
10	150.72	184.38	214.76	262.72	306.00	356.41
20	106.58	130.38	151.86	185.77	216.37	252.02
30	87.02	106.45	123.99	151.68	176.67	205.77
40	75.36	92.19	107.38	131.36	153.00	178.20
50	67.40	82.46	96.04	117.49	136.85	159.39
60	61.53	75.27	87.67	107.25	124.92	145.50
70	56.97	69.69	81.17	99.30	115.66	134.71
80	53.29	65.19	75.93	92.89	108.19	126.01
90	50.24	61.46	71.59	87.57	102.00	118.80
100	47.66	58.31	67.91	83.08	96.77	112.71
110	45.44	55.59	64.75	79.21	92.26	107.46
120	43.51	53.23	61.99	75.84	88.33	102.89
130	41.80	51.14	59.56	72.87	84.87	98.85
140	40.28	49.28	57.40	70.21	81.78	95.25
150	38.92	47.61	55.45	67.83	79.01	92.02
160	37.68	46.10	53.69	65.68	76.50	89.10
170	36.56	44.72	52.09	63.72	74.22	86.44
180	35.53	43.46	50.62	61.92	72.12	84.01
190	34.58	42.30	49.27	60.27	70.20	81.77
200	33.70	41.23	48.02	58.75	68.42	79.69
210	32.89	40.24	46.86	57.33	66.77	77.77
220	32.13	39.31	45.79	56.01	65.24	75.99
230	31.43	38.45	44.78	54.78	63.81	74.32
240	30.77	37.64	43.84	53.63	62.46	72.75
250	30.14	36.88	42.95	52.54	61.20	71.28
260	29.56	36.16	42.12	51.52	60.01	69.90
270	29.01	35.48	41.33	50.56	58.89	68.59
280	28.48	34.84	40.59	49.65	57.83	67.35
290	27.99	34.24	39.88	48.79	56.82	66.18
300	27.52	33.66	39.21	47.97	55.87	65.07
310	27.07	33.12	38.57	47.19	54.96	64.01
320	26.64	32.59	37.96	46.44	54.09	63.00
330	26.24	32.10	37.38	45.73	53.27	62.04
340	25.85	31.62	36.83	45.06	52.48	61.12
350	25.48	31.17	36.30	44.41	51.72	60.24
360	25.12	30.73	35.79	43.79	51.00	59.40

Tabla 7-4. Intensidades de precipitación.

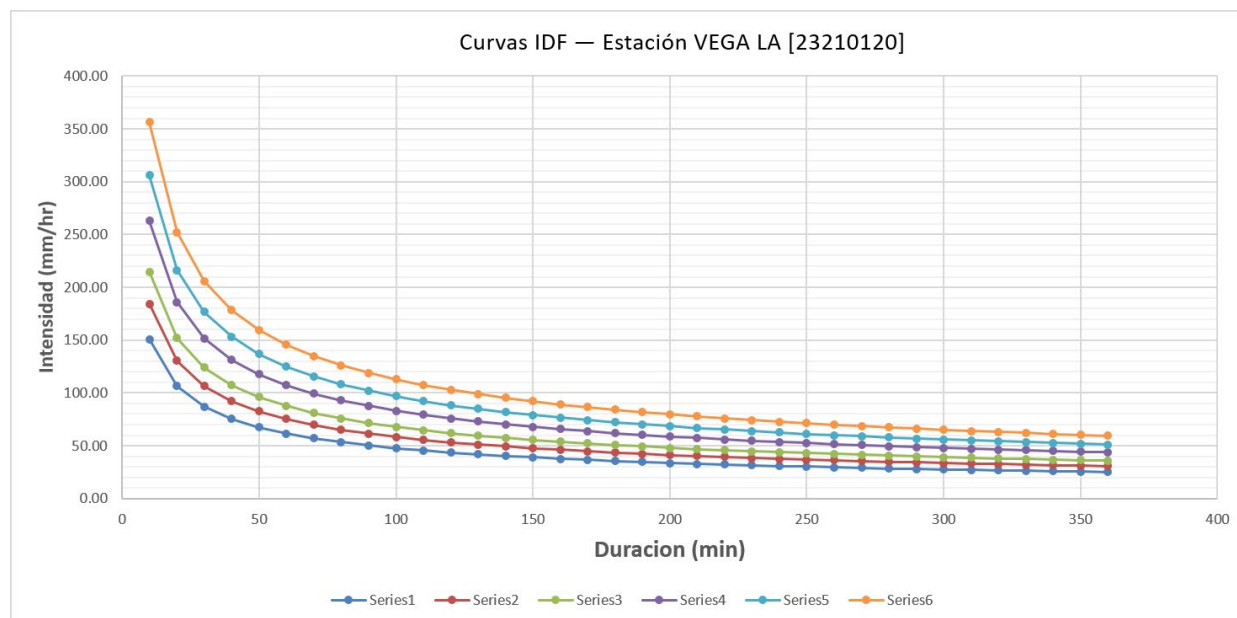


Figura 7-2. Curvas Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF).

Del análisis de las curvas se observa el comportamiento esperado del fenómeno hidrológico, evidenciándose una disminución de la intensidad conforme aumenta la duración del evento y un incremento de la intensidad para mayores períodos de retorno.

7.7. Selección de la intensidad de diseño

Para el dimensionamiento hidráulico de los elementos del sistema de drenaje se adoptó la intensidad correspondiente a un **período de retorno de 10 años** y una **duración de 10 minutos**, criterio empleado para edificaciones institucionales de las características del proyecto.

La intensidad de diseño obtenida es:

Ecuación 7.3. Intensidad de diseño adoptada

$$i = 214.76 \text{ mm/h}$$

Este valor constituye el parámetro de entrada para el cálculo de los caudales de escorrentía mediante el Método Racional, desarrollado en el capítulo siguiente.

7.8. Resumen del análisis hidrológico

Como resultado del procedimiento desarrollado se obtuvieron los parámetros hidrológicos que servirán de base para el diseño hidráulico del sistema de drenaje.

Parámetro	Valor
Estación IDEAM	VEGA LA (23210120)
Serie histórica	2007–2025
Precipitación media multianual	1885.53 mm
Método empleado	Bell–Chen
Período de retorno	10 años
Duración adoptada	10 min
Intensidad de diseño	214.76 mm/h

Tabla 7-5. Resumen de parámetros hidrológicos.

8. DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE

El dimensionamiento hidráulico del sistema de drenaje de aguas lluvias comprende la determinación de los caudales generados por cada área tributaria y la verificación de la capacidad hidráulica de los elementos encargados de su captación y conducción.

El procedimiento de cálculo se desarrolló en dos etapas:

- Determinación del caudal de diseño mediante el Método Racional.
- Dimensionamiento hidráulico de bajantes y colectores de aguas lluvias.

Los resultados obtenidos para cada componente fueron posteriormente verificados de acuerdo con los criterios establecidos por la NTC 1500 y el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS).

8.1. Determinación de los caudales de diseño

El caudal generado por cada superficie de captación se determinó mediante el Método Racional, considerando el coeficiente de escorrentía correspondiente al tipo de superficie, la intensidad de precipitación obtenida en el análisis hidrológico y el área tributaria asociada a cada punto de captación.

Ecuación 8.1. Método Racional

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3600}$$

Donde:

- Q: caudal de diseño [L/s];
- C: coeficiente de escorrentía (0,85)
- I: intensidad [mm/h]
- A: área tributaria [m²].

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 03GLO	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL CENTRO EDUCATIVO LUIS ALBERTO BADILLO — BESOTE, LA GLORIA, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 25/JUN/2026
			Página.: 14/23	

Para las cubiertas del proyecto se adoptó un coeficiente de escorrentía correspondiente a superficies impermeables, conforme a los criterios establecidos en el RAS.

8.2. Criterio de capacidad hidráulica

Una vez determinado el caudal de diseño, se verificó que el diámetro seleccionado para cada bajante presentara una capacidad hidráulica suficiente para transportar el flujo calculado.

La condición de diseño adoptada corresponde a:

Ecuación 8.2. Verificación hidráulica

$$Q_d \leq 0.85 Q_u$$

donde:

Q_d : Caudal de diseño

Q_u : Capacidad hidráulica de la tubería a flujo lleno (L/s)

Equivalentemente, la condición puede expresarse como:

Ecuación 8.3

$$\frac{Q_d}{Q_u} \leq 0.85$$

Esta verificación garantiza que la tubería opere en régimen de flujo parcialmente lleno, manteniendo capacidad hidráulica disponible para absorber variaciones del caudal y favoreciendo condiciones adecuadas de ventilación, operación y mantenimiento.

8.3. Resultados del dimensionamiento de bajantes

Los resultados obtenidos para cada bajante se presentan en la **Tabla 8.1**, indicando el área tributaria, el caudal de diseño, el diámetro adoptado y la capacidad hidráulica disponible.

Bajante	Ubicación	Área (m²)	C	I (mm/h)	Q_dis (L/s)	Ø	D_int (mm)	Q_II (L/s)	Q/Q_II	Verif.
BALL-1	Bloque Aulas 1	104,0	0,85	214,76	5,27	4"	107,4	20,10	0,262	✓
BALL-2	Bloque Aulas 1	104,0	0,85	214,76	5,27	4"	107,4	20,10	0,262	✓
BALL-3	Bloque Aulas 1	104,0	0,85	214,76	5,27	4"	107,4	20,10	0,262	✓
BALL-4	Bloque Aulas 1	104,0	0,85	214,76	5,27	4"	107,4	20,10	0,262	✓
BALL-5	Bloque Aulas 1	104,0	0,85	214,76	5,27	4"	107,4	20,10	0,262	✓
BALL-6	Bloque Aulas 1	104,0	0,85	214,76	5,27	4"	107,4	20,10	0,262	✓

Bajante	Ubicación	Área (m²)	C	I (mm/h)	Q_dis (L/s)	Ø	D_int (mm)	Q_II (L/s)	Q/Q_II	Verif.
BALL-7	Bloque Aulas 2	82,5	0,85	214,76	4,18	4"	107,4	20,10	0,208	✓
BALL-8	Bloque Aulas 2	82,5	0,85	214,76	4,18	4"	107,4	20,10	0,208	✓
BALL-9	Bloque Aulas 2	165,0	0,85	214,76	8,37	4"	107,4	20,10	0,416	✓
BALL-10	Bloque Aulas 2	82,5	0,85	214,76	4,18	4"	107,4	20,10	0,208	✓
BALL-11	Administrativo	100,7	0,85	214,76	5,10	4"	107,4	20,10	0,254	✓
BALL-12	Administrativo	201,3	0,85	214,76	10,21	4"	107,4	20,10	0,508	✓
BALL-13	Administrativo	302,0	0,85	214,76	15,31	4"	107,4	20,10	0,762	✓
BALL-14	Cafetería	294,0	0,85	214,76	14,91	4"	107,4	20,10	0,742	✓
BALL-15	Garita	26,5	0,85	214,76	1,34	4"	107,4	20,10	0,067	✓
BALL-16	Garita	26,5	0,85	214,76	1,34	4"	107,4	20,10	0,067	✓
BALL-17	Bloque Aulas 3	111,0	0,85	214,76	5,63	4"	107,4	20,10	0,280	✓
BALL-18	Bloque Aulas 3	55,5	0,85	214,76	2,81	4"	107,4	20,10	0,140	✓
BALL-19	Bloque Aulas 3	111,0	0,85	214,76	5,63	4"	107,4	20,10	0,280	✓
BALL-20	Bloque Aulas 3	55,5	0,85	214,76	2,81	4"	107,4	20,10	0,140	✓
BALL-21	Bloque Aulas 3	62,0	0,85	214,76	3,14	4"	107,4	20,10	0,156	✓
BALL-22	Bloque Aulas 3	62,0	0,85	214,76	3,14	4"	107,4	20,10	0,156	✓
BALL-23	Bloque Aula Niños	35,0	0,85	214,76	1,77	4"	107,4	20,10	0,088	✓
BALL-24	Bloque Aula Niños	70,0	0,85	214,76	3,55	4"	107,4	20,10	0,177	✓
BALL-25	Bloque Aula Niños	35,0	0,85	214,76	1,77	4"	107,4	20,10	0,088	✓
BALL-26	Bloque Aula Niños	70,0	0,85	214,76	3,55	4"	107,4	20,10	0,177	✓
BALL-27	Bloque Biblioteca	170,0	0,85	214,76	8,62	4"	107,4	20,10	0,429	✓
BALL-28	Bloque Biblioteca	340,0	0,85	214,76	17,24	6"	160,2	57,80	0,298	✓
BALL-29	Bloque Biblioteca	510,0	0,85	214,76	25,86	6"	160,2	57,80	0,447	✓

Tabla 8-1. Dimensionamiento de bajantes

Del análisis de los resultados se observa que todos los bajantes proyectados cumplen la condición de diseño adoptada, presentando capacidades hidráulicas superiores al caudal de cálculo y garantizando una adecuada evacuación de las aguas lluvias provenientes de las cubiertas.

9. DISEÑO HIDRÁULICO DE COLECTORES HORIZONTALES

9.1. Generalidades

Los colectores horizontales tienen como función recibir los caudales provenientes de los bajantes y conducirlos por gravedad hasta el punto de descarga del sistema. Su dimensionamiento se realizó

considerando las condiciones de flujo parcialmente lleno, de manera que la tubería mantenga capacidad hidráulica disponible durante la operación y permita una adecuada ventilación del sistema.

El análisis hidráulico se desarrolló mediante la ecuación de Manning, verificando para cada tramo la capacidad de conducción, la velocidad de circulación, el porcentaje de llenado y el esfuerzo tractivo, garantizando que las condiciones de operación sean compatibles con los criterios establecidos por el RAS y las especificaciones técnicas del proyecto.

9.2. Parámetros de diseño hidráulico

Para el dimensionamiento de los colectores se adoptaron los parámetros indicados en la Tabla 9.1.

Parámetro	Valor	Unidad	Referencia
Período de retorno (Tr)	10	años	Infraestructura educativa — RAS 2000
Duración de diseño (t _{baj})	10	min	Tiempo de concentración en cubiertas
Intensidad de diseño (i)	214,76	mm/h	Curva IDF, Tr=10 a, t=10 min
Coefficiente de escorrentía (C)	0,85	—	Cubierta impermeable — RAS 2000 Tabla D.4.1
Coefficiente de Manning (n)	0,009	adim.	PVC/Novafort — RAS 2000 Título D
Esfuerzo tractivo mínimo (τ)	1,0	Pa	Art. 141, Res. 0330 de 2017
Relación y/D máxima	0,85	—	Art. 143, Res. 0330 de 2017
Velocidad mínima	0,60	m/s	NTC 1500
Velocidad máxima	5,00	m/s	NTC 1500

Tabla 9-1. Parámetros globales de diseño

Estos parámetros fueron empleados en la totalidad de los tramos que conforman la red de drenaje de aguas lluvias.

9.3. Cálculo hidráulico

El cálculo de la capacidad hidráulica de los colectores se realizó mediante la ecuación de Manning para flujo uniforme.

Ecuación 9.1. Velocidad de flujo

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

- V : Velocidad media del flujo (m/s)
- n : Coeficiente de Manning
- R : Radio hidráulico (m)
- S : Pendiente hidráulica (m/m)

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 03GLO	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL CENTRO EDUCATIVO LUIS ALBERTO BADILLO — BESOTE, LA GLORIA, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 25/JUN/2026
			Página.: 17/23	

La capacidad hidráulica de cada tramo se obtuvo mediante la ecuación de continuidad.

Ecuación 9.2. Continuidad

$$Q = A \cdot V$$

Donde:

- Q : Caudal (m³/s)
- A : Área hidráulica (m²)
- V : Velocidad (m/s)

El área hidráulica de la tubería a flujo lleno está dada por:

Ecuación 9.3. Área hidráulica

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Donde:

- D : Diámetro interno (m)
- A : Área hidráulica (m²)

Para tuberías circulares trabajando a flujo lleno, el radio hidráulico se obtiene mediante:

Ecuación 9.4. Radio hidráulico

$$R = \frac{D}{4}$$

Sin embargo, dado que los colectores del proyecto operan a **flujo parcialmente lleno**, las propiedades hidráulicas (área mojada, perímetro mojado, radio hidráulico y velocidad relativa) fueron determinadas mediante las relaciones geométricas para tuberías circulares parcialmente llenas, incorporadas en la hoja de cálculo de diseño.

9.4. Verificación hidráulica

Con el fin de garantizar el adecuado funcionamiento del sistema, cada tramo fue evaluado verificando el cumplimiento de los siguientes criterios:

- Capacidad hidráulica disponible superior al caudal de diseño.
- Grado máximo de llenado igual o inferior al 85 %.
- Velocidad suficiente para evitar sedimentación.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 03GLO	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL CENTRO EDUCATIVO LUIS ALBERTO BADILLO — BESOTE, LA GLORIA, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 25/JUN/2026
			Página.: 18/23	

- Ausencia de flujo a presión.
- Condiciones adecuadas para operación y mantenimiento.

Adicionalmente, se verificó el esfuerzo tractivo desarrollado en cada tramo para garantizar la capacidad de autolimpieza de la red.

9.5. Esfuerzo tractivo

El esfuerzo tractivo representa la fuerza ejercida por el flujo sobre la superficie interior de la tubería y constituye uno de los principales parámetros para verificar la capacidad de transporte de sedimentos.

La expresión empleada corresponde a:

Ecuación 9.5. Esfuerzo tractivo

$$\tau = \gamma RS$$

Donde:

- τ : Esfuerzo tractivo (N/m²)
- γ : Peso específico del agua (N/m³)
- R : Radio hidráulico (m)
- S : Pendiente hidráulica (m/m)

Los valores obtenidos para cada tramo fueron comparados con los criterios mínimos de diseño, verificando que el sistema posea capacidad suficiente para transportar el material fino eventualmente incorporado al flujo.

9.6. Resultados del diseño

Los resultados del dimensionamiento hidráulico de los colectores se presentan en la **Tabla 9.2**, donde se incluyen el caudal de diseño, diámetro adoptado, pendiente, velocidad, porcentaje de llenado, esfuerzo tractivo y condición de cumplimiento para cada tramo.

Tramo	Q_dis (L/s)	Ø (pulg)	D_int (mm)	D_int (m)	n	Pend. (%)	S (m/m)	A_II (m²)	V_II (m/s)	Q_II (m³/s)	τ_II (kg/m²)	q/Q	v/V	V_ef (m/s)	y/D	τ_ef (kg/m²)
C.ALL 1→C.ALL 2	5.273	4"	107.40	0.1074	0.009	1.00	0.0100	0.00906	0.996	0.009026	0.2685	0.5843	0.902	0.898	0.617	1.126
C.ALL 2→C.ALL 3	9.457	6"	160.20	0.1602	0.009	1.00	0.0100	0.02016	1.301	0.026216	0.4005	0.3607	0.782	1.018	0.470	0.960
C.ALL 3→C.ALL 4	14.730	6"	160.20	0.1602	0.009	1.00	0.0100	0.02016	1.301	0.026216	0.4005	0.5619	0.892	1.160	0.603	1.113
C.ALL 4→C.ALL 5	18.913	6"	160.20	0.1602	0.009	1.00	0.0100	0.02016	1.301	0.026216	0.4005	0.7214	0.956	1.243	0.706	1.188
C.ALL 5→CANAL 2	24.187	8"	182.00	0.1820	0.009	1.00	0.0100	0.02602	1.416	0.036841	0.4550	0.6565	0.932	1.319	0.664	1.162
CANAL 2→C.ALL 6	116.016	14"	327.00	0.3270	0.009	1.00	0.0100	0.08398	2.093	0.175766	0.8175	0.6601	0.933	1.953	0.666	1.164
C.ALL 7→C.ALL 6	15.313	8"	182.00	0.1820	0.009	1.00	0.0100	0.02602	1.416	0.036841	0.4550	0.4157	0.816	1.156	0.507	1.009
C.ALL 6→SALIDA CLL 3A	131.329	14"	327.00	0.3270	0.009	1.00	0.0100	0.08398	2.093	0.175766	0.8175	0.7472	0.966	2.021	0.722	1.196
C.ALL 8→C.ALL 9	13.995	6"	160.20	0.1602	0.009	1.00	0.0100	0.02016	1.301	0.026216	0.4005	0.5338	0.879	1.143	0.585	1.089
C.ALL 9→SALIDA CRR 8A	19.623	6"	160.20	0.1602	0.009	1.00	0.0100	0.02016	1.301	0.026216	0.4005	0.7485	0.966	1.257	0.723	1.197
C.ALL 10→C.ALL 11	3.549	4"	107.40	0.1074	0.009	1.00	0.0100	0.00906	0.996	0.009026	0.2685	0.3933	0.803	0.800	0.492	0.990
C.ALL 11→C.ALL 12	3.549	4"	107.40	0.1074	0.009	1.00	0.0100	0.00906	0.996	0.009026	0.2685	0.3933	0.803	0.800	0.492	0.990
C.ALL 12→Parqueadero	3.549	4"	107.40	0.1074	0.009	1.00	0.0100	0.00906	0.996	0.009026	0.2685	0.3933	0.803	0.800	0.492	0.990
C.ALL 13→SALIDA CRR 8A	25.860	8"	182.00	0.1820	0.009	1.00	0.0100	0.02602	1.416	0.036841	0.4550	0.7019	0.949	1.343	0.693	1.182

Tabla 9-2. Dimensionamiento hidráulico de colectores.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 03GLO	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL CENTRO EDUCATIVO LUIS ALBERTO BADILLO — BESOTE, LA GLORIA, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 25/JUN/2026
			Página.: 19/23	

El análisis de los resultados evidencia que todos los tramos proyectados presentan capacidad hidráulica suficiente para transportar los caudales de diseño, manteniendo condiciones de flujo parcialmente lleno y cumpliendo los criterios hidráulicos adoptados para el proyecto.

10. DISEÑO HIDRÁULICO DE CANALES A CIELO ABIERTO

10.1. Generalidades

Las áreas de cubierta de mayor extensión del proyecto generan caudales que, por su magnitud, no pueden ser absorbidos eficientemente por colectores enterrados de diámetro comercial. Para estos casos se proyectaron dos canales rectangulares a cielo abierto, construidos en concreto liso ($n = 0,013$), que recogen los aportes provenientes de los bajantes y de las áreas impermeables adyacentes, conduciéndolos por gravedad hasta los puntos de descarga.

El dimensionamiento hidráulico se realizó mediante la ecuación de Manning para flujo uniforme en sección rectangular, verificando el tirante normal, la velocidad de flujo, el número de Froude y la energía específica, garantizando operación en régimen subcrítico, de conformidad con el RAS 2000 Título D y los criterios de Ven Te Chow (1959).

Parámetros de diseño

Los parámetros globales empleados en el diseño de los canales son los mismos adoptados para bajantes y colectores, complementados con el coeficiente de rugosidad de Manning para concreto liso, conforme a Ven Te Chow (1959).

Parámetro	Valor	Unidad	Referencia
Período de retorno (Tr)	10	años	Infraestructura educativa — RAS 2000
Intensidad de diseño (i)	214,76	mm/h	Curva IDF, Tr=10 a, t=10 min
Coeficiente de escorrentía (C)	0,85	—	Cubierta impermeable — RAS 2000 Tabla D.4.1
Coeficiente de Manning (n)	0,013	adim.	Concreto liso — Ven Te Chow (1959), Tabla 5-1
Pendiente de diseño (S)	0,005	m/m	Proyecto
Base del canal (b)	0,40	m	Sección adoptada
Velocidad mínima (V_min)	0,60	m/s	RAS 2000 / NTC 1500
Condición de flujo	$Fr < 1,0$	—	Flujo subcrítico — RAS 2000 Título D

Tabla 10-1. Parámetros globales de diseño de canales.

10.2. Aportes de caudal al canal

Cada canal recibe aportes de dos fuentes: bajantes de cubierta directamente conectados y áreas superficiales impermeables adyacentes. El caudal superficial adicional se calculó mediante el Método

Racional con la intensidad de diseño y el coeficiente de escorrentía adoptados. La Tabla 10-2 presenta el resumen de aportes por canal.

Canal	Bajantes conectados	Q bajantes (L/s)	Área sup. adicional (m²)	Q superficial (L/s)	Q TOTAL DISEÑO (L/s)
CANAL 1	BALL-1, BALL-2, BALL-3	15,82	1.113	56,44	72,26
CANAL 2 (*)	BALL-4, BALL-5, BALL-6, BALL-7, BALL-8	24,19	386	19,57	116,02

Tabla 10-2. Aportes de caudal por canal.

(*) El caudal total de CANAL 2 (116,02 L/s) incluye sus aportes directos (43,76 L/s) más el caudal entregado por CANAL 1 aguas arriba (72,26 L/s).

10.3. Cálculo hidráulico

Área hidráulica

$$A = b \cdot y_n$$

Espejo de agua

$$T = b$$

Perímetro mojado

$$P = b + 2y_n$$

Radio hidráulico

$$R = \frac{A}{P}$$

Ecuación de Manning (velocidad)

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

donde:

- V = velocidad media del flujo (m/s)
- n = coeficiente de rugosidad de Manning
- R = radio hidráulico (m)

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 03GLO	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL CENTRO EDUCATIVO LUIS ALBERTO BADILLO — BESOTE, LA GLORIA, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 25/JUN/2026
			Página.: 21/23	

- S = pendiente hidráulica (m/m)

Caudal

$$Q = A \cdot V$$

o sustituyendo Manning,

$$Q = A \left(\frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \right)$$

Número de Froude

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g y_n}}$$

donde:

- $g = 9.81 \text{ m/s}^2$
- y_n = tirante normal (m)

Energía específica

$$E = y_n + \frac{V^2}{2g}$$

Tirante normal

El tirante normal y_n se obtiene resolviendo iterativamente la ecuación de Manning, de manera que:

$$Q_{\text{diseño}} = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

siendo para una sección rectangular:

$$A = b y_n$$

$$R = \frac{b y_n}{b + 2y_n}$$

Por tanto, la ecuación que se resuelve es:

 GOVERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 03GLO	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL CENTRO EDUCATIVO LUIS ALBERTO BADILLO — BESOTE, LA GLORIA, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 25/JUN/2026
			Página.: 22/23	

$$Q_{\text{diseño}} = \frac{1}{n} (b y_n) \left(\frac{b y_n}{b + 2y_n} \right)^{2/3} S^{1/2}$$

Esta última ecuación es la que se utiliza en el método de bisección (o cualquier método iterativo) para determinar el valor del tirante normal y_n .

10.4. Resultados del diseño

Los resultados del dimensionamiento hidráulico de los canales se presentan en la Tabla 10-3, indicando el tirante normal, velocidad efectiva, número de Froude y energía específica para cada canal proyectado.

	DATOS DE ENTRADA				CAUDAL DISEÑO		TIRANTE	GEOMETRÍA HIDRÁULICA				VERIF. Q		HIDRÁULICA			FLUJO
Canal / Descripción	Material del canal (selector ▼)	n Manning	b Base (m)	S Pendiente (m/m)	Q_dis (L/s)	Q_dis (m³/s)	y_n (*) Tirante normal (m)	A = b·y Área (m²)	T = b Espejo agua (m)	P = b+2y Perímetro (m)	R = A/P Radio hid. (m)	Q_Manning (m³/s)	ΔQ (%)	V = Q/A Velocidad (m/s)	Fr Froude (-)	E = y+V²/2g Energía esp. (m)	Tipo de flujo
CANAL 1	Concreto (liso / encofrado)	0.013	0.400	0.00500	72.26	0.072256	0.164901	0.065960	0.4000	0.729802	0.090381	0.072256	0.00	1.0955	0.8613	0.2261	Subcrítico
CANAL 2	Concreto (liso / encofrado)	0.013	0.400	0.00500	116.02	0.116016	0.235045	0.094018	0.4000	0.870091	0.108056	0.116016	0.00	1.2340	0.8126	0.3127	Subcrítico

Tabla 10-3. Dimensionamiento hidráulico de canales a cielo abierto.

Ambos canales operan en régimen subcrítico ($Fr < 1,0$) con velocidades superiores al mínimo de autolimpieza ($V \geq 0,60$ m/s). Las geometrías adoptadas se presentan en la Tabla 10-4.

Canal	b — Base (m)	h — Altura (m)	L — Longitud (m)	S — Pendiente (m/m)	Material
CANAL 1	0,40	0,30	53	0,005	Concreto liso
CANAL 2	0,40	0,30	50	0,005	Concreto liso

Tabla 10-4. Geometrías adoptadas para los canales a cielo abierto.

La altura total adoptada ($h = 0,30$ m) incluye un borde libre de aproximadamente 0,065 m sobre el tirante normal máximo (CANAL 2: $y_n = 0,235$ m), garantizando capacidad adicional ante variaciones de caudal y asegurando el correcto funcionamiento del sistema.

11. MANEJO DE LAS AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL

El drenaje de las aguas lluvias que caen sobre las áreas libres del predio (zonas verdes, circulaciones y patios) se resuelve mediante flujo superficial controlado, sin tuberías adicionales, bajo los siguientes criterios:

- Pendiente mínima de 0,3 % en todas las zonas de piso y zona verde, orientada hacia el cerramiento perimetral del predio.
- Cerramiento perimetral con pasantes de tubería PVC de 2" ($\varnothing = 60$ mm), instalados cada 2,0 m lineales al nivel del terreno terminado (NPT), a fin de permitir el paso libre del flujo superficial hacia la vía pública.
- Las aguas se evacuan hacia las vías colindantes: Calle 3A (costado occidental), Carrera 8A (costado oriental) y Parqueadero (zona interior).

Parámetro	Especificación	Referencia
Pendiente mínima de zonas exteriores	0,3 % (mínimo)	Criterio constructivo
Dirección del flujo	Hacia cerramiento perimetral	Diseño de nivelación
Tubería pasante en cerramiento	PVC 2" (Ø_int = 50 mm)	NTC 1500
Separación entre pasantes	2,0 m lineales	Criterio de distribución uniforme
Altura de instalación	Nivel de terreno terminado (NPT)	Proyecto
Descarga — Costado occidental	Calle 3A	Plano topográfico
Descarga — Costado oriental	Carrera 8A	Plano topográfico
Descarga — Zona interior	Parqueadero	Plano topográfico

Tabla 11-1. Especificaciones del sistema de aguas superficiales.

12. CONCLUSIONES

Como resultado del análisis hidrológico desarrollado con información oficial del IDEAM, se determinó la lluvia de diseño mediante la metodología Bell–Chen, obteniendo una intensidad de precipitación de **214.76 mm/h** para un período de retorno de **10 años** y una duración de **10 minutos**, valor que constituye la base para el dimensionamiento hidráulico del sistema de drenaje de aguas lluvias.

Los caudales de diseño fueron calculados mediante el Método Racional para cada una de las áreas tributarias del proyecto, permitiendo dimensionar los bajantes y colectores de acuerdo con las condiciones de operación previstas y garantizando la capacidad de evacuación requerida.

El dimensionamiento hidráulico de los colectores se realizó mediante la ecuación de Manning para flujo parcialmente lleno, verificando la capacidad hidráulica, las velocidades de circulación, el esfuerzo tractivo y el porcentaje de utilización de cada tramo, obteniéndose resultados compatibles con los criterios de diseño adoptados.

La verificación hidráulica confirma que los conductos proyectados operan con una **utilización máxima del 85 % de su capacidad hidráulica**, manteniendo una reserva suficiente para garantizar un funcionamiento estable, facilitar la ventilación de la red y absorber variaciones temporales de caudal durante eventos de precipitación.

El sistema de drenaje superficial aprovecha las pendientes naturales y proyectadas del terreno para conducir las escorrentías hacia los puntos de descarga previstos, evitando la acumulación de agua en las áreas funcionales de la institución y reduciendo la necesidad de infraestructura adicional de conducción.

En conjunto, los resultados obtenidos permiten concluir que el sistema de drenaje de aguas lluvias proyectado posee la capacidad hidráulica necesaria para atender las condiciones de diseño establecidas para el proyecto, garantizando una evacuación segura y eficiente de las aguas pluviales y cumpliendo los criterios técnicos adoptados en la presente memoria de cálculo.