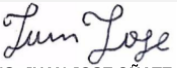


 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE AULAS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA EL COLEGIO SAN JUAN BOSCO — PAILITAS, CESAR	Doc. N°: 03PAI
	MEMORIA DE CÁLCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL COLEGIO SAN JUAN BOSCO — PAILITAS, CESAR	Rev.: 0A — Fecha: 16/JUL/2026
		Página 1 de 13

MEMORIA DE CÁLCULO **RED DE AGUAS LLUVIAS** **COLEGIO SAN JUAN BOSCO — MUNICIPIO DE PAILITAS, CESAR**

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

Campo	Descripción
Proyecto	CONSTRUCCIÓN DE AULAS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA EL COLEGIO SAN JUAN BOSCO EN EL MUNICIPIO DE PAILITAS, DEPARTAMENTO DEL CESAR.
Municipio	Pailitas, Cesar
Dirección	Carrera 8 No. 5-60 — Casco urbano
Documento N°	03PAI
Revisión	0A
Fecha	16 de julio de 2026
Plano de referencia	SAN-105 — Manejo de Aguas Lluvias
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 AULAS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA EL COLEGIO SAN JUAN BOSCO — PAILITAS, CESAR	Doc. N°: 03PAI
	MEMORIA DE CÁLCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL COLEGIO SAN JUAN BOSCO — PAILITAS, CESAR	Rev.: 0A — Fecha: 16/JUL/2026
		Página 2 de 13

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN	3
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo General	3
2.2. Objetivos Específicos	3
3. ALCANCE	3
4. NORMATIVIDAD DE REFERENCIA	4
5. PARÁMETROS DE DISEÑO	4
5.1. Generalidades	4
6. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE	4
6.1. Subsistema de cubiertas	5
6.2. Subsistema de rejillas y colectores horizontales	5
6.3. Subsistema de aguas superficiales	5
7. ANÁLISIS HIDROLÓGICO — CURVA IDF	5
7.1. Generalidades	5
7.2. Selección de la estación pluviométrica	5
7.3. Serie histórica de precipitación	6
7.4. Determinación de la precipitación media multianual	7
7.5. Determinación de las intensidades de precipitación	7
7.6. Construcción de las curvas Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF)	7
7.7. Selección de la intensidad de diseño	8
7.8. Resumen del análisis hidrológico	9
8. DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE	9
8.1. Determinación de los caudales de diseño	9
8.2. Áreas tributarias de cubierta	9
8.3. Criterio de capacidad hidráulica	9
8.4. Resultados del dimensionamiento de bajantes	10
8.5. Rejillas de captación de aguas superficiales	10
9. DISEÑO HIDRÁULICO DE COLECTORES HORIZONTALES	10
9.1. Generalidades	10
9.2. Parámetros de diseño hidráulico	10
9.3. Cálculo hidráulico	11
9.4. Verificación hidráulica y esfuerzo tractivo	11
9.5. Resultados del diseño	11
10. MANEJO DE LAS AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL	12
11. CONCLUSIONES	12

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE AULAS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA EL COLEGIO SAN JUAN BOSCO — PAILITAS, CESAR	Doc. N°: 03PAI
	MEMORIA DE CÁLCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL COLEGIO SAN JUAN BOSCO — PAILITAS, CESAR	Rev.: 0A — Fecha: 16/JUL/2026
		Página 3 de 13

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde a la memoria de cálculo del sistema de drenaje de aguas lluvias proyectado para el Colegio San Juan Bosco del municipio de Pailitas, departamento del Cesar, en el marco del proyecto de Construcción de Aulas y Obras Complementarias. 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 proyecto arquitectónico comprende un bloque principal de dos (2) niveles en forma de "L" (altura de piso 1 a piso 2 de 4,15 m y de piso 2 a cubierta de 4,00 m, para una cota de cubierta de +8,15 m) y un bloque menor de un (1) nivel de geometría rectangular regular (cota de cubierta +4,15 m), conforme a la vista en planta de cubiertas del plano SAN-105. El sistema fue concebido para operar por gravedad y está conformado por tres componentes principales: bajantes de cubierta, colectores horizontales enterrados con rejillas de captación en patios y circulaciones, y drenaje superficial de las áreas libres, con descarga final hacia la Carrera 9.

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 (NTC 1500, RAS Título D y Resolución 0330 de 2017).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Desarrollar el análisis hidrológico e hidráulico del sistema de drenaje de aguas lluvias del Colegio San Juan Bosco de Pailitas, 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 período 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.

3. ALCANCE

La presente memoria comprende el análisis hidrológico e hidráulico del sistema de drenaje de aguas lluvias proyectado para la infraestructura del Colegio San Juan Bosco de Pailitas. 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).

 GOVERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE AULAS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA EL COLEGIO SAN JUAN BOSCO — PAILITAS, CESAR	Doc. N°: 03PAI
	MEMORIA DE CÁLCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL COLEGIO SAN JUAN BOSCO — PAILITAS, CESAR	Rev.: 0A — Fecha: 16/JUL/2026
		Página 4 de 13

- Selección de la intensidad de lluvia de diseño.
- Cálculo de caudales mediante el Método Racional.
- Dimensionamiento de bajantes de cubierta.
- Dimensionamiento de colectores horizontales y rejillas de captación.
- Verificación hidráulica de los elementos proyectados.
- Definición del manejo de las aguas de escorrentía superficial.

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	COLEGIO AGROPECUARIO — PAILITAS
Longitud de la serie histórica	19 años (2007–2025)
Método hidrológico	Bell–Chen (Región 2 — Zona Caribe)
Método de cálculo de caudales	Método Racional
Método hidráulico	Manning
Material de tuberías	PVC Sanitario (n = 0,009)
Período de retorno adoptado	10 años
Tiempo de concentración adoptado	10 minutos
Intensidad de diseño	214,89 mm/h

Tabla 5-1. Parámetros generales de diseño.

6. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE AULAS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA EL COLEGIO SAN JUAN BOSCO — PAILITAS, CESAR	Doc. N°: 03PAI
	MEMORIA DE CÁLCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL COLEGIO SAN JUAN BOSCO — PAILITAS, CESAR	Rev.: 0A — Fecha: 16/JUL/2026
		Página 5 de 13

6.1. Subsistema de cubiertas

Las cubiertas de los dos bloques del Colegio 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). Las cubiertas presentan pendientes del 1,0 % conforme al plano SAN-105. El bloque principal de dos niveles, en forma de "L" (ala norte de 34,36 m × 7,35–7,65 m y ala oriental de 7,35 m × 17,29 m; cota de cubierta +8,15 m), se drena mediante tres (3) bajantes; el bloque menor de un nivel (7,04 m × 17,08 m; cota de cubierta +4,15 m) se drena mediante un (1) bajante. Cada bajante entrega su caudal a una caja de inspección desde donde parte el colector horizontal enterrado.

6.2. Subsistema de rejillas y colectores horizontales

Los colectores horizontales reciben el caudal de cada bajante en su respectiva caja de inspección, junto con los aportes de siete (7) rejillas de captación ubicadas en los puntos bajos del patio central y de los andenes, y lo conducen por gravedad hasta la vía pública. Toda la red de colectores es de PVC sanitaria de 4" ($n = 0,009$) con pendiente del 1,0 %, conformando cuatro (4) redes independientes, conforme al plano SAN-105. Los colectores se diseñaron verificando Manning, fuerza tractiva y relaciones hidráulicas parcialmente llenas. Los puntos de descarga son cuatro, todos sobre la Carrera 9 (costado norte del predio, conforme a la topografía y al plano SAN-105):

- Salida 1 — Carrera 9 (tramo C.ALL 2 → SALIDA 1, ALL 4", L = 29,82 m): recibe el bajante BALL-4 del bloque de un nivel y las rejillas R-1 y R-2.
- Salida 2 — Carrera 9 (tramo C.ALL 4 → SALIDA 2, ALL 4", L = 26,56 m): recibe el bajante BALL-1 del ala norte (sector occidental) y las rejillas R-3 y R-4.
- Salida 3 — Carrera 9 (tramo C.ALL 6 → SALIDA 3, ALL 4", L = 26,55 m): recibe el bajante BALL-2 del ala norte (sector oriental) y las rejillas R-5 y R-6.
- Salida 4 — Carrera 9 (tramo C.ALL 8 → SALIDA 4, ALL 4", L = 28,42 m): recibe el bajante BALL-3 del ala oriental y la rejilla R-7.

6.3. Subsistema de aguas superficiales

El área libre restante del predio (zonas verdes, cancha y circulaciones no conectadas a rejillas) evacuará las aguas lluvias superficiales mediante pendientes mínimas controladas del 0,3 % dirigidas hacia el cerramiento perimetral. El 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 las vías colindantes (Carrera 9 al norte y Carrera 8 al sur).

7. ANÁLISIS 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 Instituto 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

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE AULAS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA EL COLEGIO SAN JUAN BOSCO — PAILITAS, CESAR	Doc. N°: 03PAI
	MEMORIA DE CÁLCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL COLEGIO SAN JUAN BOSCO — PAILITAS, CESAR	Rev.: 0A — Fecha: 16/JUL/2026
		Página 6 de 13

Para el desarrollo del análisis hidrológico se utilizó la información registrada por la estación pluviométrica Colegio Agropecuario, localizada en el casco urbano del municipio de Pailitas y administrada por el IDEAM, por ser la estación con registro pluviométrico más cercana y representativa del sitio del proyecto.

Parámetro	Valor
Estación	COLEGIO AGROPECUARIO — PAILITAS
Entidad	IDEAM — DHIME
Latitud / Longitud	8°58' N / 73°39' O
Elevación	50 m s.n.m.
Departamento / Municipio	Cesar / Pailitas
Variable registrada	Precipitación total anual (mm)
Período de la serie	2007 – 2025 (19 años)
Precipitación media multianual (M)	1.897,30 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 correspondiente al período de análisis. La información fue organizada cronológicamente y posteriormente utilizada para determinar la precipitación media multianual, parámetro requerido por el método Bell–Chen. La serie utilizada se presenta en la siguiente tabla.

Año	P_anual (mm)
2007	1.745,2
2008	2.103,6
2009	1.512,4
2010	2.486,9
2011	2.382,5
2012	1.834,7
2013	1.698,3
2014	1.590,8
2015	1.355,2
2016	1.988,4
2017	2.045,6
2018	1.876,9
2019	1.745,8
2020	2.110,3
2021	2.298,7
2022	2.205,1
2023	1.620,4
2024	1.902,6
2025	1.545,3

Tabla 7-2. Serie histórica 2007–2025. Estación Colegio Agropecuario — Pailitas. Fuente: IDEAM-DHIME. Variable: precipitación total anual (mm).

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE AULAS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA EL COLEGIO SAN JUAN BOSCO — PAILITAS, CESAR	Doc. N°: 03PAI
	MEMORIA DE CÁLCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL COLEGIO SAN JUAN BOSCO — PAILITAS, CESAR	Rev.: 0A — Fecha: 16/JUL/2026
		Página 7 de 13

Nota: los valores de la serie corresponden a información de referencia procesada para efectos de esta memoria; previa emisión definitiva del diseño, la serie deberá validarse contra la descarga oficial de la plataforma IDEAM-DHIME.

7.4. Determinación de la precipitación media multianual

La precipitación media multianual se determinó mediante el promedio aritmético de las precipitaciones anuales registradas por la estación seleccionada:

$$M = (\sum P_i) / n$$

Donde M es la precipitación media multianual (mm); P_i la precipitación anual registrada (mm); y n el número de años analizados ($n = 19$). Sustituyendo los valores de la serie histórica se obtiene:

$$M = 1.897,30 \text{ mm}$$

Este valor representa la precipitación media multianual de referencia para la estación Colegio Agropecuario de Pailitas 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:

$$i = a \cdot T^b \cdot M^d / (t/60)^c$$

Donde i es la intensidad de precipitación (mm/h); T el período de retorno (años); M la precipitación media multianual (mm); t la duración de la lluvia (min); y a, b, c, d los coeficientes regionales Bell–Chen. Para el presente proyecto se adoptaron los coeficientes correspondientes a la Región Hidrológica No. 2 (Zona Caribe), de acuerdo con la regionalización del IDEAM.

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	1.897,30 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 del modelo Bell–Chen 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 se presentan en la Tabla 7-4.

t (min)	Tr = 2 años	Tr = 5 años	Tr = 10 años	Tr = 25 años	Tr = 50 años	Tr = 100 años
10	150,81	184,50	214,89	262,88	306,19	356,63
20	106,64	130,46	151,95	185,89	216,51	252,17
30	87,07	106,52	124,07	151,78	176,78	205,90
40	75,41	92,25	107,44	131,44	153,09	178,31
50	67,45	82,51	96,10	117,56	136,93	159,49
60	61,57	75,32	87,73	107,32	125,00	145,59
70	57,00	69,73	81,22	99,36	115,73	134,79

80	53,32	65,23	75,97	92,94	108,25	126,09
90	50,27	61,50	71,63	87,63	102,06	118,88
100	47,69	58,34	67,95	83,13	96,83	112,78
110	45,47	55,63	64,79	79,26	92,32	107,53
120	43,54	53,26	62,03	75,89	88,39	102,95
130	41,83	51,17	59,60	72,91	84,92	98,91
140	40,31	49,31	57,43	70,26	81,83	95,31
150	38,94	47,64	55,48	67,88	79,06	92,08
160	37,70	46,12	53,72	65,72	76,55	89,16
170	36,58	44,75	52,12	63,76	74,26	86,50
180	35,55	43,49	50,65	61,96	72,17	84,06
190	34,60	42,33	49,30	60,31	70,24	81,82
200	33,72	41,25	48,05	58,78	68,47	79,74
210	32,91	40,26	46,89	57,37	66,82	77,82
220	32,15	39,33	45,81	56,05	65,28	76,03
230	31,45	38,47	44,81	54,81	63,84	74,36
240	30,78	37,66	43,86	53,66	62,50	72,80
250	30,16	36,90	42,98	52,58	61,24	71,33
260	29,58	36,18	42,14	51,56	60,05	69,94
270	29,02	35,51	41,36	50,59	58,93	68,63
280	28,50	34,87	40,61	49,68	57,86	67,40
290	28,01	34,26	39,90	48,82	56,86	66,22
300	27,53	33,68	39,23	48,00	55,90	65,11
310	27,09	33,14	38,60	47,22	54,99	64,05
320	26,66	32,61	37,99	46,47	54,13	63,04
330	26,25	32,12	37,41	45,76	53,30	62,08
340	25,86	31,64	36,85	45,08	52,51	61,16
350	25,49	31,19	36,32	44,44	51,76	60,28
360	25,14	30,75	35,81	43,81	51,03	59,44

Tabla 7-4. Intensidades de precipitación (mm/h).

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:

$$i = 214,89 \text{ mm/h}$$

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

Parámetro	Valor
Estación IDEAM	COLEGIO AGROPECUARIO — PAILITAS
Serie histórica	2007–2025 (19 años)
Precipitación media multianual	1.897,30 mm
Método empleado	Bell–Chen — Región 2
Período de retorno	10 años
Duración adoptada	10 min
Intensidad de diseño	214,89 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. Los resultados obtenidos fueron verificados de acuerdo con los criterios establecidos por la NTC 1500 y el 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:

$$Q = C \cdot I \cdot A / 3600$$

Donde Q es el caudal de diseño (L/s); C el coeficiente de escorrentía (0,85 — superficies impermeables, RAS 2000 Tabla D.4.1); I la intensidad (mm/h); y A el área tributaria (m²).

8.2. Áreas tributarias de cubierta

A partir de la vista en planta de cubiertas (plano SAN-105) se establecieron las siguientes áreas: bloque principal de dos niveles en "L": ala norte de 34,36 m × 7,50 m (promedio entre 7,35 m y 7,65 m) = 257,7 m², y ala oriental de 7,35 m × 17,29 m = 127,1 m², para un total de 384,8 m²; bloque menor de un nivel: 7,04 m × 17,08 m = 120,2 m². El área total de cubiertas es de 505,0 m².

8.3. 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:

$$Q_d \leq 0,85 \cdot Q_{II} \quad \Leftrightarrow \quad Q_d / Q_{II} \leq 0,85$$

Donde Q_d es el caudal de diseño y Q_{II} la capacidad hidráulica de la tubería (L/s). 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.

8.4. 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 2 pisos — Ala norte (occ.)	128,9	0,85	214,89	6,54	4"	107,4	20,10	0,325	✓
BALL-2	Bloque 2 pisos — Ala norte (or.)	128,8	0,85	214,89	6,54	4"	107,4	20,10	0,325	✓
BALL-3	Bloque 2 pisos — Ala oriental	127,1	0,85	214,89	6,45	4"	107,4	20,10	0,321	✓
BALL-4	Bloque 1 piso — Ala occidental	120,2	0,85	214,89	6,10	4"	107,4	20,10	0,303	✓

Tabla 8-1. Dimensionamiento de bajantes (Q_{II} de bajante vertical de 4" según NTC 1500 = 20,10 L/s).

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.

8.5. Rejillas de captación de aguas superficiales

Dado que la totalidad de la red de colectores es de 4", las rejillas se limitan a captar los puntos bajos localizados del patio central y de los andenes adyacentes a los bajantes (área total captada de 76,0 m²), de manera que el caudal acumulado en cada red no supere el 85 % de la capacidad de la tubería de 4". El resto de las superficies duras del patio y de las circulaciones drena superficialmente conforme al capítulo 10. Los aportes se calcularon con el Método Racional ($C = 0,85$; $i = 214,89$ mm/h):

Rejilla	Superficie captada	Área (m²)	Q _{dis} (L/s)	Red
R-1 / R-2	Puntos bajos patio — sector occidental	20,0	1,01	Red 1
R-3 / R-4	Puntos bajos patio — sector central	18,0	0,91	Red 2
R-5 / R-6	Puntos bajos patio y andén — sector oriental	18,0	0,91	Red 3
R-7	Andén oriental — ala de 2 pisos	20,0	1,01	Red 4

Tabla 8-2. Aportes superficiales captados mediante rejillas.

9. DISEÑO HIDRÁULICO DE COLECTORES HORIZONTALES

9.1. Generalidades

Los colectores horizontales tienen como función recibir los caudales provenientes de los bajantes y de las rejillas de captación, y conducirlos por gravedad hasta los cuatro (4) puntos de descarga del sistema sobre la Carrera 9, mediante cuatro redes independientes de 4". 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.

9.2. Parámetros de diseño hidráulico

Parámetro	Valor	Unidad	Referencia
Período de retorno (Tr)	10	años	Infraestructura educativa — RAS 2000
Duración de diseño (t)	10	min	Tiempo de concentración en cubiertas
Intensidad de diseño (i)	214,89	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
Pendiente de diseño (S)	1,0	%	Plano SAN-105
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.

9.3. Cálculo hidráulico

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

$$V = (1/n) \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad Q = A \cdot V$$

Donde V es la velocidad media del flujo (m/s); n el coeficiente de Manning; R el radio hidráulico (m); S la pendiente hidráulica (m/m); Q el caudal (m³/s) y A el área hidráulica (m²). Para la tubería a flujo lleno, $A = \pi D^2/4$ y $R = D/4$. Dado que los colectores del proyecto operan a flujo parcialmente lleno, las propiedades hidráulicas (área mojada, perímetro mojado, radio hidráulico y velocidad efectiva) fueron determinadas mediante las relaciones geométricas para tuberías circulares parcialmente llenas.

9.4. Verificación hidráulica y esfuerzo tractivo

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; ausencia de flujo a presión; y 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:

$$\tau = \gamma \cdot R \cdot S$$

Donde τ es el esfuerzo tractivo (N/m²); γ el peso específico del agua (9.810 N/m³); R el radio hidráulico (m); y S la pendiente hidráulica (m/m).

9.5. Resultados del diseño

Los resultados del dimensionamiento hidráulico de los colectores se presentan en la Tabla 9-2, donde se incluyen los aportes, el caudal de diseño, el diámetro adoptado (4" en la totalidad de los tramos), la longitud, la capacidad a flujo lleno, la relación de utilización, el porcentaje de llenado, la velocidad efectiva y el esfuerzo tractivo para cada tramo ($S = 1,0$ %; $n = 0,009$).

Tramo	Aportes	Ø	D _{int} (mm)	L (m)	Q _{dis} (L/s)	Q _{ll} (L/s)	Q/Q _{ll}	y/D	V _{ef} (m/s)	τ (Pa)
C.ALL 1 → C.ALL 2	BALL-4	4"	107,4	11,34	6,10	9,03	0,676	0,602	1,07	2,93
C.ALL 2 → SALIDA 1 CRA 9	C.ALL 1 + R-1, R-2	4"	107,4	29,82	7,11	9,03	0,788	0,669	1,10	3,07
C.ALL 3 → C.ALL 4	BALL-1	4"	107,4	7,55	6,54	9,03	0,725	0,631	1,09	3,00
C.ALL 4 → SALIDA 2 CRA 9	C.ALL 3 + R-3, R-4	4"	107,4	26,56	7,45	9,03	0,826	0,693	1,11	3,11
C.ALL 5 → C.ALL 6	BALL-2	4"	107,4	5,10	6,54	9,03	0,724	0,631	1,09	3,00
C.ALL 6 → SALIDA 3 CRA 9	C.ALL 5 + R-5, R-6	4"	107,4	26,55	7,45	9,03	0,825	0,692	1,11	3,11
C.ALL 7 → C.ALL 8	BALL-3	4"	107,4	3,90	6,45	9,03	0,714	0,625	1,08	2,98
C.ALL 8 → SALIDA 4 CRA 9	C.ALL 7 + R-7	4"	107,4	28,42	7,46	9,03	0,827	0,693	1,11	3,11

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE AULAS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA EL COLEGIO SAN JUAN BOSCO — PAILITAS, CESAR	Doc. N°: 03PAI
	MEMORIA DE CÁLCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL COLEGIO SAN JUAN BOSCO — PAILITAS, CESAR	Rev.: 0A — Fecha: 16/JUL/2026
		Página 12 de 13

Tabla 9-2. Dimensionamiento hidráulico de colectores.

El análisis de los resultados evidencia que todos los tramos proyectados presentan capacidad hidráulica suficiente para transportar los caudales de diseño ($Q/Q_{II} \leq 0,85$), con velocidades efectivas entre 0,60 y 5,00 m/s, esfuerzos tractivos superiores a 1,0 Pa y condiciones de flujo parcialmente lleno, cumpliendo los criterios hidráulicos adoptados para el proyecto.

10. MANEJO DE LAS AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL

El drenaje de las aguas lluvias que caen sobre las áreas libres del predio (zonas verdes, cancha, patio central y circulaciones no captadas por rejillas) 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" ($\varnothing_{int} = 50$ 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: Carrera 9 (costado norte) y Carrera 8 (costado sur), aprovechando la pendiente natural del terreno registrada en la topografía (cotas 757,84 a 760,59 m s.n.m.).

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" ($\varnothing_{int} = 50$ 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 norte	Carrera 9	Plano topográfico
Descarga — Costado sur	Carrera 8	Plano topográfico

Tabla 10-1. Especificaciones del sistema de aguas superficiales.

11. CONCLUSIONES

Como resultado del análisis hidrológico desarrollado con información oficial del IDEAM (estación Colegio Agropecuario — Pailitas), se determinó la lluvia de diseño mediante la metodología Bell–Chen, obteniendo una intensidad de precipitación de 214,89 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 (505,0 m² de cubiertas y 76,0 m² de superficies duras captadas por rejillas), permitiendo dimensionar los cuatro (4) bajantes de 4", las siete (7) rejillas de captación y las cuatro (4) redes independientes de colectores de 4" de acuerdo con las condiciones de operación previstas.

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. La verificación 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.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE AULAS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA EL COLEGIO SAN JUAN BOSCO — PAILITAS, CESAR	Doc. N°: 03PAI
	MEMORIA DE CÁLCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL COLEGIO SAN JUAN BOSCO — PAILITAS, CESAR	Rev.: 0A — Fecha: 16/JUL/2026
		Página 13 de 13

El sistema descarga por gravedad en cuatro (4) puntos sobre la Carrera 9, todos mediante tubería de 4" con pendiente del 1,0 %, conforme al plano SAN-105, y el drenaje superficial aprovecha las pendientes naturales y proyectadas del terreno para conducir las escorrentías de las áreas libres hacia las vías colindantes, evitando la acumulación de agua en las áreas funcionales de la institución.

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

JUAN JOSÉ OÑATE ARZUAGA
Ingeniero — Diseño Hidrosanitario y RCI
M.P. 091037 – 0661809 CND