MEMORIA DE CÁLCULO

SISTEMA DE SUMINISTRO Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA

COLEGIO SAN JUAN BOSCO — MUNICIPIO DE PAILITAS, CESAR

NTC 1500:2023 / RAS 2000 Título B / Método de Hunter / Hazen–Williams

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°	01PAI
Revisión	0A
Fecha	16 de julio de 2026
Planos de referencia	HID-101 a HID-105 — Red Hidráulica
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**

Contenido

1. INTRODUCCIÓN 3
2. OBJETO 3
3. NORMATIVIDAD DE REFERENCIA 3
4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA 4
4.1. Esquema general 4
4.2. Presiones de operación del equipo de presión 4
4.3. Balance de energía 4
5. PARÁMETROS DE DISEÑO 5
5.1. Consideraciones generales 5
5.2. Parámetros de dotación (RAS 2000, Tabla B.2.8) 5
5.3. Volumen de almacenamiento instalado 6
6. UNIDADES DE ABASTO — MÉTODO DE HUNTER 6
6.1. Inventario de aparatos (NTC 1500:2023, Tabla 1A — Tipo Tanque) 6
6.2. Caudal de diseño 7
7. ACOMETIDA Y MEDIDOR 7
7.1. Generalidades 7
7.2. Verificación de la acometida 8
8. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO 8
8.1. Configuración del almacenamiento 8
8.2. Justificación del almacenamiento 8
9. EQUIPO DE PRESIÓN (BOMBA + HIDROACUMULADOR) 8
9.1. Configuración 8
9.2. Condiciones de diseño de la bomba 9
10. DISEÑO HIDRÁULICO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN 9
10.1. Hipótesis de cálculo 9
10.2. Ecuación de Hazen-Williams 10
10.3. Velocidad del flujo 10
11. CÁLCULO HIDRÁULICO DE LA RUTA CRÍTICA 10
11.1. Definición de la ruta crítica 10
11.2. Cálculo de pérdidas por tramo 10
12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 11

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde a la memoria de cálculo hidráulico del sistema de suministro y distribución de agua del Colegio San Juan Bosco, ubicado en la Carrera 8 No. 5-60 del casco urbano del municipio de Pailitas, departamento del Cesar, en el marco del proyecto de Construcción de Aulas y Obras Complementarias.

La memoria tiene como finalidad sustentar técnicamente el diseño del sistema hidráulico interior destinado al abastecimiento de los aparatos sanitarios de la institución educativa, verificando que las condiciones de caudal, presión, velocidades y pérdidas de carga cumplen con los criterios establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 1500:2023 y en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, Título B.

Conforme a los planos HID-101 a HID-105, el proyecto utiliza un esquema de abastecimiento presurizado: el agua es conducida desde la red de acueducto municipal, a través de una acometida con medidor de ½", hasta un tanque subterráneo de almacenamiento ubicado en el cuarto de máquinas (2,90 m × 2,60 m × 2,25 m; volumen útil de 8,25 m³ con lámina de agua de 1,50 m), desde donde un equipo de presión conformado por bomba centrífuga e hidroacumulador de membrana distribuye el agua hacia los diferentes puntos de consumo de la edificación, incluyendo el montante de 1" que abastece las baterías sanitarias del segundo piso (altura entre piso 1 y piso 2 de 4,15 m).

La presente memoria desarrolla de forma detallada los criterios de diseño, los parámetros adoptados, el cálculo de la demanda, la determinación del caudal probable mediante el Método de Hunter, la verificación de la acometida y del almacenamiento, la selección del equipo de presión, el análisis hidráulico de la red de distribución, la evaluación de las pérdidas de carga mediante la ecuación de Hazen-Williams y la verificación de la presión residual disponible en el aparato hidráulicamente más desfavorable.

2. OBJETO

El objeto de la presente memoria es desarrollar el diseño hidráulico del sistema de suministro y distribución de agua del Colegio San Juan Bosco de Pailitas, verificando que la infraestructura proyectada garantiza el suministro de agua requerido por los aparatos sanitarios mediante un sistema presurizado con tanque de almacenamiento subterráneo, bomba e hidroacumulador.

El documento tiene como propósito demostrar que los diámetros de tubería, el almacenamiento proyectado, la acometida, el medidor, el equipo de presión y la red de distribución satisfacen las condiciones de funcionamiento exigidas por la NTC 1500:2023 y el RAS – Título B, garantizando condiciones adecuadas de presión, velocidad y continuidad del servicio.

3. NORMATIVIDAD DE REFERENCIA

- NTC 1500:2023 — Código Colombiano de Fontanería. Unidades de abasto (UA), caudales de diseño por el Método de Hunter, presiones mínimas en aparatos, velocidades admisibles y diámetros de tuberías.
- RAS 2000, Título B — Sistemas de recolección, evacuación y distribución. Dotaciones según uso (Tablas B.2.3 a B.2.10). Artículos 141 y 145.
- PAVCO — Catálogo de tuberías PVC-P para instalaciones a presión. Coeficiente de Hazen-Williams C = 150.
- Ecuación de Hazen–Williams — Cálculo de pérdidas de carga por fricción.
- Método de Hunter — Determinación del caudal máximo probable.

4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

4.1. Esquema general

Conforme a los planos hidráulicos del proyecto (HID-101 a HID-105), el sistema se estructura de la siguiente manera:

- Punto de conexión: red de acueducto municipal de Pailitas.
- Acometida y medidor: tubería y medidor volumétrico de ½", con válvula de corte y válvula de flotador para el llenado del tanque.
- Almacenamiento: tanque subterráneo en concreto de 2,90 m × 2,60 m × 2,25 m (dimensiones exteriores), con volumen útil de 8,25 m³ (2,50 m × 2,20 m de sección interior y lámina útil de 1,50 m), localizado en el cuarto de máquinas.
- Equipo de presión: bomba centrífuga con hidroacumulador de membrana, con presiones de operación de 30 psi (arranque) y 50 psi (parada).
- Red de distribución: tuberías PVC Presión RDE 9 (C = 150) en diámetros de 1½", 1", ¾" y ½", conforme a los planos HID-101 y HID-102.
- Montante de 1" que conduce el suministro al segundo piso (Δz = 4,15 m) para abastecer la batería sanitaria y bebederos del bloque nuevo (HID-103).
- Zonas abastecidas: baterías sanitarias de piso 1 y piso 2, baño de docentes y sala de profesores, aulas de preescolar, cocina-comedor, cuartos de aseo y bebederos.

4.2. Presiones de operación del equipo de presión

El equipo bomba–hidroacumulador mantiene la red presurizada dentro del rango de operación definido por el presostato. La condición crítica de verificación corresponde a la presión mínima (presión de arranque de la bomba):

Parámetro	Valor
Presión de arranque (mínima)	30 psi = 21,09 mca
Presión de parada (máxima)	50 psi = 35,16 mca
Precarga del hidroacumulador	28 psi
Presión mínima requerida en aparatos (NTC 1500)	15 psi = 10,55 mca

Tabla 4-1. Presiones de operación del sistema.

4.3. Balance de energía

El funcionamiento hidráulico del sistema se fundamenta en el principio de conservación de la energía. La energía disponible para la circulación del agua corresponde a la presión entregada por el equipo de presión en el cuarto de máquinas. Durante el recorrido del agua por la red se presentan pérdidas por fricción y pérdidas localizadas por accesorios (codos, tees, válvulas y reducciones), además de la pérdida de carga estática asociada al desnivel del montante hacia el segundo piso. La presión disponible en cualquier punto de la red se obtiene descontando estas pérdidas de la presión inicial, conforme a la ecuación general del balance de energía:

$$H_f = H_i - \Sigma h_f - \Delta z$$

Donde H_i es la carga disponible al inicio del tramo (mca); H_f la carga disponible al final del tramo (mca); Σh_f las pérdidas acumuladas por fricción y accesorios (m); y Δz el desnivel geométrico del tramo (m). Este procedimiento permite verificar la presión residual disponible en cada punto de la red

y comprobar que el aparato hidráulicamente más desfavorable mantiene condiciones adecuadas de funcionamiento.

5. PARÁMETROS DE DISEÑO

5.1. Consideraciones generales

El diseño hidráulico del sistema de suministro de agua se desarrolló considerando las condiciones reales de operación de la institución educativa, las características del sistema de abastecimiento municipal y los lineamientos establecidos en la NTC 1500:2023 y el RAS – Título B. Los parámetros adoptados para el diseño se presentan en la siguiente tabla:

Parámetro	Valor
Sistema de abastecimiento	Presurizado (bomba + hidroacumulador)
Fuente de agua	Red de acueducto municipal
Acometida / Medidor	½" / ½"
Material de tubería	PVC Presión RDE 9
Coeficiente Hazen-Williams	C = 150
Almacenamiento	Tanque subterráneo — V útil = 8,25 m³ (8.250 L)
Presiones de operación	30 – 50 psi
Método de cálculo de caudal	Hunter (NTC 1500:2023, Tabla 1A — tipo tanque)
Método de pérdidas	Hazen-Williams + longitudes equivalentes

Tabla 5-1. Parámetros generales de diseño.

5.2. Parámetros de dotación (RAS 2000, Tabla B.2.8)

Por tratarse de un establecimiento de educación elemental, la dotación se toma de la Tabla B.2.8 del RAS 2000, correspondiente al uso escolar, con nivel de complejidad Medio alto y clima Cálido. Se adopta una dotación de D = 20 L/alumno·jornada.

La población de diseño se estableció a partir del programa arquitectónico del proyecto (seis aulas de primaria de 66,32 m² con capacidad de 35 alumnos y dos aulas de preescolar de 40,50 m² con capacidad de 25 alumnos):

$$N = 6 \times 35 + 2 \times 25 = 260 \text{ alumnos}$$

Por tanto, el consumo diario es:

$$V_d = N \times D = 260 \times 20 = 5.200 \text{ L/día} = 5{,}20 \text{ m³/día}$$

Parámetro	Valor	Unidad	Referencia
Tipo de uso	Escolar	—	Datos del proyecto
Tabla RAS aplicada	B.2.8	—	RAS 2000 Título B
Tipo de instalación	Educación elemental	—	Tabla B.2.8
Dotación unitaria	20	l/alumno/jornada	Tabla B.2.8
Número de alumnos (N)	260	und	Programa arquitectónico
Consumo diario total (Vd)	5.200	litros/día	Vd = N × dotación
Consumo diario total (Vd)	5,20	m³/día	—

Tabla 5-2. Cálculo de la dotación y demanda diaria.

5.3. Volumen de almacenamiento instalado

El proyecto dispone de un tanque subterráneo con volumen útil de 8,25 m³ (sección interior de 2,50 m × 2,20 m y lámina útil de 1,50 m). El porcentaje de almacenamiento respecto a la demanda diaria es:

$$\%V = 8.250 / 5.200 \times 100 = 158,7\ \%$$

La capacidad instalada supera el consumo diario total, lo que garantiza autonomía superior a 24 horas y reserva adicional ante cortes del suministro. El tanque se encuentra alimentado permanentemente desde la red municipal a través de la acometida con válvula de flotador, por lo que opera como almacenamiento regulador, asegurando la continuidad del servicio en condiciones normales y ante eventuales interrupciones o intermitencias de la red pública.

6. UNIDADES DE ABASTO — MÉTODO DE HUNTER

6.1. Inventario de aparatos (NTC 1500:2023, Tabla 1A — Tipo Tanque)

El caudal máximo probable de la instalación no corresponde a la suma de los caudales máximos individuales de todos los aparatos sanitarios, debido a que resulta estadísticamente improbable que todos operen simultáneamente. Con el fin de representar este comportamiento se empleó el Método de Hunter, adoptado por la NTC 1500:2023 para el dimensionamiento de redes interiores de distribución. Este método asigna a cada aparato sanitario un número de Unidades de Abasto (UA), las cuales representan la probabilidad de utilización simultánea. El inventario de aparatos del proyecto, tomado de los planos HID-101, HID-102 y HID-103, es el siguiente:

Aparato sanitario	UA unit. (tanque)	Cantidad	Total UA
Inodoro de tanque	3,0	14	42,0
Orinal	2,0	4	8,0
Lavamanos	1,0	14	14,0
Ducha	2,0	1	2,0
Lavaplatos (cocina)	2,0	3	6,0
Lavadero / poceta de aseo	2,0	2	4,0
Bebedero	0,5	4	2,0
TOTAL UNIDADES DE ABASTO (UA)	—	—	**78**

Tabla 6-1. Inventario de aparatos sanitarios y unidades de abasto.

La curva de caudal máximo probable según el Método de Hunter, para aparatos alimentados mediante tanque y mediante fluxómetro, se presenta a continuación:

CAUDAL MÁXIMO PROBABLE SEGÚN MÉTODO DE HUNTER											
GPM	LPS	TANQUE	FLUX.	GPM	LPS	TANQUE	FLUX.	GPM	LPS	TANQUE	FLUX.
1	0.06	0	-	45	2.84	107	37	145	9.15	611	521
2	0.13	1	-	46	2.90	111	39	150	9.46	638	559
3	0.19	3	-	47	2.96	115	42	155	9.78	665	596
4	0.25	4	-	48	3.03	119	44	160	10.09	692	631
5	0.32	6	-	49	3.09	123	46	165	10.41	719	666
6	0.38	7	-	50	3.15	127	48	170	10.72	748	700
7	0.44	8	-	51	3.22	130	50	175	11.04	778	739
8	0.50	10	-	52	3.28	135	52	180	11.36	809	775
9	0.57	12	-	53	3.34	141	54	185	11.67	840	811
10	0.63	13	-	54	3.41	146	57	190	11.99	874	850
11	0.69	15	-	55	3.47	151	60	200	12.62	945	931
12	0.76	16	-	56	3.53	155	63	210	13.25	1018	1009

13	0.82	18	-	57	3.60	160	66	220	13.88	1091	1091
14	0.88	20	-	58	3.66	165	69	230	14.51	1173	1173
15	0.95	21	-	59	3.72	170	73	240	15.14	1254	1254
16	1.01	23	-	60	3.79	175	76	250	15.77	1335	1335
17	1.07	24	-	62	3.91	185	82	260	16.40	1418	1418
18	1.14	26	-	64	4.04	195	88	270	17.03	1500	1500
19	1.20	28	-	66	4.16	205	95	280	17.66	1583	1583
20	1.26	30	-	68	4.29	215	102	290	18.29	1668	1668
21	1.32	32	-	70	4.42	225	108	300	18.93	1755	1755
25	1.58	42	8	78	4.92	264	140	340	21.45	2110	2110
26	1.64	44	9	80	5.05	275	148	350	22.08	2204	2204
27	1.70	46	10	82	5.17	284	158	360	22.71	2298	2298
28	1.77	49	11	84	5.30	294	168	370	23.34	2388	2388
29	1.83	51	12	86	5.43	305	176	380	23.97	2480	2480
30	1.89	54	13	88	5.55	315	186	390	24.60	2575	2575
31	1.96	56	14	90	5.68	326	195	400	25.23	2670	2670
32	2.02	58	15	92	5.80	337	205	410	25.86	2765	2765
33	2.08	60	16	94	5.93	348	214	420	26.50	2862	2862
34	2.14	63	18	96	6.06	359	223	430	27.13	2960	2960
35	2.21	66	20	98	6.18	370	234	440	27.76	3060	3060
36	2.27	69	21	100	6.31	380	245	450	28.39	3150	3150
37	2.33	74	23	105	6.62	406	270	500	31.54	3620	3620
38	2.40	78	25	110	6.94	431	295	550	34.70	4070	4070
39	2.46	83	26	115	7.25	455	329	600	37.85	4480	4480
40	2.52	86	28	120	7.57	479	365	700	44.16	5380	5380
41	2.59	90	30	125	7.89	506	396	800	50.47	6280	6280
42	2.65	95	31	130	8.20	533	430	900	56.78	7280	7280
43	2.71	99	33	135	8.52	559	460	1000	63.08	8300	8300
44	2.78	103	35	140	8.83	585	490	1075	67.81	9000	9000

Tabla 6-2. Caudal máximo probable según método de Hunter.

6.2. Caudal de diseño

A partir de las 78 Unidades de Abasto del proyecto y empleando la curva de Hunter para aparatos alimentados mediante tanque, se obtiene de forma directa (78 UA ↔ 38 GPM):

$$Q_H = 2{,}40\ L/s\ =\ 8{,}63\ m^3/h\ =\ 38{,}0\ GPM$$

Este caudal constituye el caudal de diseño para el dimensionamiento del equipo de presión y del tramo principal de la red.

Parámetro	Valor	Unidad
Total UA del proyecto	78	UA
Tipo de sanitario	Tanque	—
Caudal de diseño (Q_Hunter)	2,40	L/s
Caudal de diseño (Q_Hunter)	8,63	m³/h
Caudal de diseño (Q_Hunter)	38,0	GPM

Tabla 6-3. Caudal máximo probable.

7. ACOMETIDA Y MEDIDOR

7.1. Generalidades

El abastecimiento de agua para el Colegio San Juan Bosco se realiza mediante una acometida de ½" derivada de la red de acueducto municipal, con medidor volumétrico de ½" y válvula de corte, conforme

al plano HID-101. La acometida no alimenta directamente los aparatos sanitarios: su única función es el llenado del tanque subterráneo de almacenamiento a través de una válvula de flotador, por lo que su dimensionamiento responde a la demanda media diaria y no al caudal máximo probable.

7.2. Verificación de la acometida

Con un caudal medio de suministro de la red municipal de aproximadamente 0,25 L/s a través de la acometida de ½", el tiempo de recuperación del volumen equivalente a la demanda diaria es:

$$t = 5.200\ L / 0{,}25\ L/s \approx 5{,}8\ horas$$

El tiempo de llenado resulta muy inferior a 24 horas, lo que garantiza que el tanque recupera diariamente el volumen consumido y que el sistema dispone permanentemente de la reserva de diseño. La separación hidráulica entre la red pública y la red interior mediante el tanque de almacenamiento protege además la red municipal contra reflujos y desacopla la presión de servicio interior de las fluctuaciones de presión de la red pública.

8. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO

8.1. Configuración del almacenamiento

El almacenamiento del proyecto está conformado por un tanque subterráneo en concreto reforzado localizado en el cuarto de máquinas, con dimensiones exteriores de 2,90 m × 2,60 m y profundidad de 2,25 m, sección interior de 2,50 m × 2,20 m y lámina útil de agua de 1,50 m, para un volumen útil de:

$$V_T = 2{,}50 \times 2{,}20 \times 1{,}50 = 8{,}25\ m^3 = 8.250\ L$$

Componente	Volumen útil	Demanda diaria	Cobertura (Vd)
Tanque subterráneo — cuarto de máquinas	8.250 L	5.200 L/día	158,7 %

Tabla 8-1. Almacenamiento instalado y cobertura de la demanda.

8.2. Justificación del almacenamiento

El sistema de almacenamiento cumple una doble función dentro de la instalación hidráulica. En primer lugar, actúa como elemento regulador entre la red de abastecimiento municipal y la red de distribución interna, amortiguando las variaciones e intermitencias del suministro público y permitiendo mantener un abastecimiento continuo hacia los diferentes puntos de consumo. En segundo lugar, constituye la fuente de succión del equipo de presión, garantizando carga positiva permanente sobre la bomba y protegiéndola contra el funcionamiento en seco mediante los controles de nivel previstos.

La cobertura del 158,7 % de la demanda diaria garantiza una autonomía superior a 24 horas ante suspensiones del servicio público, condición apropiada para una edificación educativa de carácter institucional.

9. EQUIPO DE PRESIÓN (BOMBA + HIDROACUMULADOR)

9.1. Configuración

El equipo de presión, localizado en el cuarto de máquinas junto al tanque subterráneo (plano HID-101), está conformado por una bomba centrífuga y un hidroacumulador de membrana precargado, gobernados por presostato con presiones de arranque y parada de 30 y 50 psi respectivamente. El

hidroacumulador amortigua los ciclos de arranque de la bomba y mantiene la red presurizada ante demandas pequeñas.

9.2. Condiciones de diseño de la bomba

La bomba se dimensiona para entregar el caudal máximo probable del proyecto a la presión de parada del sistema, considerando la succión desde el nivel mínimo del tanque subterráneo y las pérdidas internas del cuarto de máquinas:

$$TDH = H_{parada} + H_{succión} + h_{f,interna} = 35{,}16 + 2{,}30 + 0{,}85 \approx 38{,}3 \text{ mca}$$

$$P = \gamma \cdot Q \cdot TDH / \eta = (9{,}81 \times 2{,}40 \times 38{,}3) / (1.000 \times 0{,}60) \approx 1{,}50 \text{ kW} \approx 2{,}0 \text{ HP}$$

Parámetro	Valor	Unidad
Caudal de diseño (Q_Hunter)	2,40	L/s
Altura dinámica total (TDH)	38,3	mca
Eficiencia global adoptada (η)	60	%
Potencia calculada	1,50	kW
Potencia comercial adoptada	2,0	HP
Hidroacumulador de membrana	100 (precarga 28 psi)	L
Presostato (arranque / parada)	30 / 50	psi

Tabla 9-1. Parámetros de selección del equipo de presión.

La condición crítica de verificación de la red corresponde al instante en que el hidroacumulador se encuentra en su presión mínima (30 psi = 21,09 mca), inmediatamente antes del arranque de la bomba; si la presión residual en el aparato más desfavorable resulta suficiente en esa condición, en cualquier otro instante de operación la red dispondrá de presiones iguales o superiores.

10. DISEÑO HIDRÁULICO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

La red de distribución fue diseñada para garantizar el suministro continuo de agua hacia todos los aparatos sanitarios. El análisis hidráulico considera la condición de mayor demanda del proyecto, correspondiente a la ruta comprendida entre el equipo de presión y la batería sanitaria del segundo piso del bloque nuevo, la cual concentra la mayor longitud hidráulica de la red (tramos de 1½" de 25,49 m, montante de 1" y ramales de 1", ¾" y ½", conforme a los planos HID-101 y HID-103) y el mayor desnivel geométrico (Δz = 4,15 m).

10.1. Hipótesis de cálculo

- Flujo permanente.
- Agua a temperatura ambiente.
- Tuberías de PVC Presión RDE 9.
- Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams: C = 150.
- Tuberías completamente llenas. Flujo a presión.
- Pérdidas localizadas incorporadas mediante longitudes equivalentes (factor 1,20 sobre la longitud real de cada tramo).
- Presión inicial: presión mínima del hidroacumulador (30 psi = 21,09 mca) en el cuarto de máquinas.
- Presión mínima requerida en el aparato más desfavorable: 15 psi = 10,55 mca (NTC 1500).

10.2. Ecuación de Hazen-Williams

Las pérdidas continuas por fricción fueron determinadas mediante la ecuación de Hazen-Williams para flujo permanente en tuberías a presión:

$$h_f = 10{,}67 \cdot L \cdot Q^{1{,}852} / (C^{1{,}852} \cdot D^{4{,}871})$$

Donde h_f es la pérdida de carga (m); L la longitud total del tramo incluyendo longitudes equivalentes (m); Q el caudal (m³/s); C el coeficiente de Hazen-Williams; y D el diámetro interno (m).

10.3. Velocidad del flujo

La velocidad máxima de diseño debe ser de 2,00 m/s para tubería de diámetro inferior a 75 mm. La velocidad media del agua en cada tramo se determinó mediante la ecuación de continuidad, V = Q / A, con A = πD²/4. Esta verificación garantiza que las velocidades obtenidas sean compatibles con una operación adecuada de la red, evitando velocidades excesivas que incrementen las pérdidas de carga o generen ruido y golpe de ariete.

11. CÁLCULO HIDRÁULICO DE LA RUTA CRÍTICA

11.1. Definición de la ruta crítica

La ruta crítica corresponde al recorrido hidráulico comprendido entre el equipo de presión del cuarto de máquinas y el sanitario más alejado de la batería sanitaria del segundo piso del bloque nuevo. Este recorrido representa la condición de diseño más exigente debido a que concentra la mayor longitud hidráulica de la red, incluye el desnivel geométrico del montante (Δz = 4,15 m) y presenta la mayor acumulación de pérdidas de carga. En consecuencia, si la presión residual resulta suficiente en esta condición, se considera que el resto de la red operará bajo condiciones iguales o más favorables.

11.2. Cálculo de pérdidas por tramo

Las pérdidas de carga fueron determinadas para cada tramo considerando el caudal acumulado obtenido mediante el Método de Hunter y la longitud total equivalente de la tubería (longitudes reales según planos HID-101 y HID-103, incrementadas en 20 % por accesorios). La presión inicial corresponde a la presión mínima del hidroacumulador (21,09 mca):

Tramo	UA	Q (L/s)	Ø	L Total (m)	V (m/s)	hf (m)	Δz (m)	P inicial (mca)	P residual (mca)
Bomba → Nodo 2	78	2,397	1½"	30,59	1,60	1,795	0,00	21,090	19,295
Nodo 2 → Nodo 3	58	2,019	1½"	5,84	1,35	0,249	0,00	19,295	19,046
Nodo 3 → Nodo 4	28	1,199	1½"	4,34	0,80	0,071	0,00	19,046	18,975
Nodo 4 → Montante	28	1,199	1"	3,98	1,88	0,521	0,00	18,975	18,454
Montante 1er→2do piso	28	1,199	1"	6,01	1,88	0,787	4,15	18,454	13,516
Nodo 6 → Nodo 7 (P2)	15	0,694	1"	6,95	1,09	0,331	0,00	13,516	13,186
Nodo 7 → Nodo 8 (P2)	6	0,315	¾"	3,40	0,84	0,137	0,00	13,186	13,049
Nodo 8 → Sanitario	3	0,189	½"	2,27	0,87	0,135	0,00	13,049	12,914

Tabla 11-1. Ruta crítica — equipo de presión a batería sanitaria del segundo piso.

La tabla anterior evidencia que la presión disponible disminuye progresivamente a medida que el agua circula por la red, como consecuencia de las pérdidas de energía por fricción y accesorios y del desnivel del montante hacia el segundo piso.

La presión inicial disponible en el equipo de presión, en su condición mínima de operación, corresponde a 21,09 mca (30 psi). Después de descontar las pérdidas acumuladas de la ruta crítica (Σhf = 4,03 m) y el desnivel geométrico (Δz = 4,15 m), la presión residual obtenida en el aparato

hidráulicamente más desfavorable es de 12,91 mca, equivalente a 18,4 psi, valor superior a la presión mínima requerida de 15 psi (10,55 mca) establecida por la NTC 1500.

El resultado obtenido demuestra que el aparato hidráulicamente más desfavorable dispone de presión suficiente para su operación aun en la condición mínima del hidroacumulador. En consecuencia, el diseño garantiza que todos los aparatos ubicados aguas arriba dispondrán de una presión igual o superior a la obtenida en el punto de cálculo, asegurando el funcionamiento adecuado de la totalidad de la red. Todas las velocidades de la ruta crítica se encuentran entre 0,80 y 1,88 m/s, cumpliendo el límite de 2,00 m/s.

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Con base en los cálculos desarrollados y en las verificaciones hidráulicas efectuadas, se concluye que el sistema de abastecimiento proyectado para el Colegio San Juan Bosco de Pailitas es técnicamente viable y satisface las condiciones de operación previstas para una red de distribución presurizada mediante bomba e hidroacumulador.
- La demanda diaria de agua fue determinada conforme a las dotaciones establecidas para edificaciones educativas (RAS 2000, Tabla B.2.8), obteniéndose un consumo de diseño de 5,20 m³/día para una población de 260 alumnos, valor que constituye la base para el dimensionamiento del almacenamiento y de la acometida.
- El caudal máximo probable fue calculado mediante el Método de Hunter para 78 Unidades de Abasto tipo tanque, obteniéndose un gasto de diseño de 2,40 L/s (38 GPM) para la condición de mayor simultaneidad de consumo. Este caudal fue empleado para la selección del equipo de presión y para la evaluación hidráulica de la ruta crítica.
- El tanque subterráneo de almacenamiento (volumen útil de 8,25 m³) cubre el 158,7 % de la demanda diaria, garantizando autonomía superior a 24 horas; la acometida de ½" con medidor de ½" recupera el volumen diario consumido en aproximadamente 5,8 horas.
- El equipo de presión seleccionado corresponde a una bomba centrífuga de 2,0 HP (Q = 2,40 L/s; TDH ≈ 38,3 mca) con hidroacumulador de membrana de 100 L, presostato calibrado a 30–50 psi y precarga de 28 psi.
- La red de distribución fue diseñada utilizando tuberías de PVC Presión RDE 9 y analizada mediante la ecuación de Hazen-Williams, incorporando las pérdidas continuas y las pérdidas localizadas mediante el método de longitudes equivalentes (factor 1,20).
- La ruta crítica fue evaluada entre el equipo de presión y la batería sanitaria del segundo piso, por corresponder al recorrido con mayor longitud hidráulica, mayor desnivel (Δz = 4,15 m) y condición hidráulica más exigente del proyecto.
- Los resultados muestran que la presión residual disponible en el aparato hidráulicamente más desfavorable es de 12,91 mca (18,4 psi) en la condición mínima de operación del hidroacumulador, valor superior al mínimo normativo de 15 psi, con velocidades en todos los tramos inferiores a 2,00 m/s.
- Durante la construcción deberá verificarse que las cotas del tanque subterráneo, del equipo de presión y del montante correspondan a las consideradas en el presente diseño, y que el presostato quede calibrado en el rango 30–50 psi indicado.
- Las tuberías deberán instalarse respetando los diámetros definidos en la presente memoria y en los planos HID-101 a HID-105, evitando reducciones no contempladas en el diseño, puesto que estas incrementan las pérdidas de carga y disminuyen la presión residual disponible en los puntos de consumo.

- El equipo de bombeo deberá contar con protección contra marcha en seco (control de nivel en el tanque subterráneo), válvula de cheque en la impulsión y juntas flexibles, siguiendo las recomendaciones del fabricante.
- Antes de la puesta en funcionamiento del sistema deberá realizarse una prueba hidráulica de estanqueidad y funcionamiento, verificando que las presiones de arranque y parada del equipo y la presión disponible en los puntos más desfavorables sean consistentes con los valores previstos en la presente memoria de cálculo.

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