“ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL ESTABLECIMIENTO EDUCATIVO OFICIAL LOS LAURELES, DE LA ZONA RURAL, DEL DISTRITO DE BARRANCABERMEJA SANTANDER”



ESP. LUIS EDUARDO FORERO DOMINGUEZ

MP 25202-321347 CND

DISTRITO ESPECIAL DE BARRANCABERMEJA

SANTANDER

JUNIO 2025

TABLA DE CONTENIDO

1 OBJETIVOS 6

1.1 OBJETIVO GENERAL 6

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS 6

2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 7

3 INFORMACIÓN GENERAL DEL DISTRITO 9

3.1 ECONOMIA 9

3.2 TEMPERATURA 10

3.3 CLIMA 10

3.4 HIDROGRAFIA 10

4 PARAMETROS DE DISEÑO 11

4.1 Periodos de diseño 11

4.2 Dotación 11

4.2.1 Dotación neta 11

4.2.2 Dotación bruta 12

4.3 Caudal de diseño 13

4.3.1 CAUDAL PARA USO ESCOLAR 13

5 DISEÑO DE INSTALACIONES HIDRAULICAS 14

5.1 Redes internas 14

5.1.1 Selección de diámetro interno 15

5.1.2 Cálculo de presión necesaria para la red interna 16

5.1.3 Recomendaciones de instalaciones 21

5.1.4 Respecto a la instalación de aparatos 22

5.2 Tanque de almacenamiento para consumo 22

5.2.1 Diámetro de Acometida 23

5.2.2 Tiempo de llenado 24

5.2.3 Presión mínima para el llenado del tanque 25

5.3 Modelación del sistema de Red interna de distribución – Software EPANET 25

5.3.1 Tuberias 25

5.3.2 Nodos 29

5.3.3 Sistema de Bombeo 31

5.3.4 Selección de diámetros 32

5.3.5 Selección de bomba 33

6 CONCLUSIONES 34

7 ANEXO 35

LISTADO DE TALBAS

Tabla 1. Dotación neta máxima 12

Tabla 2. Consumo de agua – Uso escolar 13

Tabla 3. Valores de carga asignados para los aparatos en las redes internas 14

Tabla 4. Presión referida al piso mínima por aparato 19

Tabla 5 Alturas de instalación de aparato 22

Tabla 6. Volumen almacenamiento 23

Tabla 7. Datos Tubería Impulsión 32

Tabla 8. Velocidad máxima de succión según el diámetro 32

Tabla 9. Tabla de succión 33

Tabla 10. Datos modelación – Piso 1 35

Tabla 11. Datos modelación – Piso 2 39

Tabla 12. Modelación – Tubería diámetro 18.18 mm Piso 1 41

Tabla 13. Modelación - Tubería diámetro 30.20 mm Piso 1 43

Tabla 14. Modelación - Tubería diámetro 82.8 mm Piso 1 45

Tabla 15. Modelación - Tubería diámetro 54.58 mm Piso 1 45

Tabla 16. Modelación - Tubería diámetro 66.07 mm Piso 1 46

Tabla 17. Modelación - Tubería diámetro 80.42 mm Piso 1 47

Tabla 18. Modelación - Tubería diámetro 18.18 mm Piso 2 47

Tabla 19. Modelación - Tubería diámetro 30.20 mm Piso 2 47

Tabla 20. Modelación - Tubería diámetro 54.58 mm Piso 2 48

Tabla 21. Modelación - Tubería diámetro 82.8 mm Piso 2 49

LISTADO DE IMÁGENES

Figura 1. Localización del Distrito de Barrancabermeja, Santander. 8

Figura 2. Localización del proyecto – Institución educativa Los Laureles 8

Figura 3. Longitudes equivalentes para accesorios 18

Figura 4. Dotaciones Instalaciones Hidrosanitarias, de gas y aprovechamiento de aguas 20

Figura 5. Esquema de recomendación para instalación de Tee’s hidráulicas 21

Figura 6. Alturas de instalación de aparatos (h.inst) 22

Figura 7. Diámetro de tubería seleccionado 23

Figura 8. Tuberías Piso 1 - Velocidad 26

Figura 9. Tuberías Piso 1 - Caudal 27

Figura 10. Tuberías Piso 2 - Velocidad 28

Figura 11. Tuberías Piso 2 - Caudal 29

Figura 12. Modelación nodos Piso 1 – Variación de presión por diámetro 30

Figura 13. Modelación nodos Piso 2 – Variación de presión por diámetro 31

Figura 14. Longitudes equivalentes para válvula de compuerta abierta 50

Figura 15. Longitudes equivalentes para válvula de globo abierta 50

Figura 17. Pérdidas por válvulas de retención 51

Figura 18. Bomba Red contra incendio 52

1 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

- Realizar el diseño de la red de distribución de agua potable, para el Establecimiento Educativo Oficial Los Laureles, que cumpla con las normas vigentes y garantice el acceso y un servicio eficiente de agua potable ubicado en la zona rural del Distrito de Barrancabermeja, Santander.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Desarrollar el modelado de la red diseñada empleando un modelo matemático apropiado, integrando los datos recolectados y cumpliendo con los establecidos por las normativas vigentes.
- Verificar el correcto funcionamiento de la red diseñada mediante el uso de software especializado, evaluando el desempeño con base en el modelo desarrollado.

2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

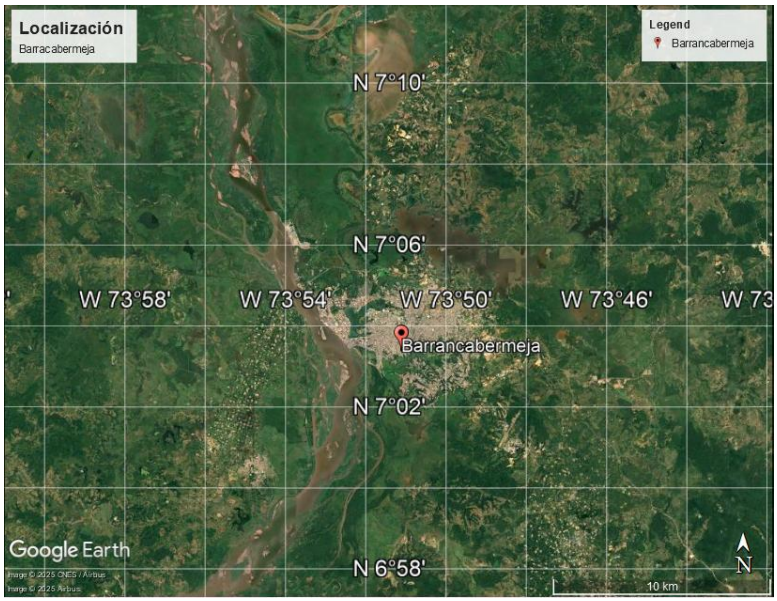
El presente proyecto tiene como objetivo el diseño e implementación de un sistema de agua potable para el establecimiento educativo oficial los laureles, el cual se encuentra ubicado en el Distrito de Barrancabermeja con las siguientes coordenadas: 7°1'8.015"N, 73°48'19.635"N.

Dado que se trata de una infraestructura destinada al uso escolar, donde diariamente se concentran un alto número de estudiantes, docentes y personal administrativo, resulta crucial la implementación de un sistema eficiente y fiable de suministro de agua potable que cumpla con los estándares de calidad y capacidad requeridos.

El objetivo es realizar un diseño que garantice el cumplimiento de las normativas vigentes según las necesidades que presente el proyecto. En este sentido, se definieron los parámetros de diseño que incluyen el cálculo de caudales máximos y mínimos, la verificación de presiones adecuadas en puntos clave, y la selección de los materiales apropiados para las tuberías y conexiones.

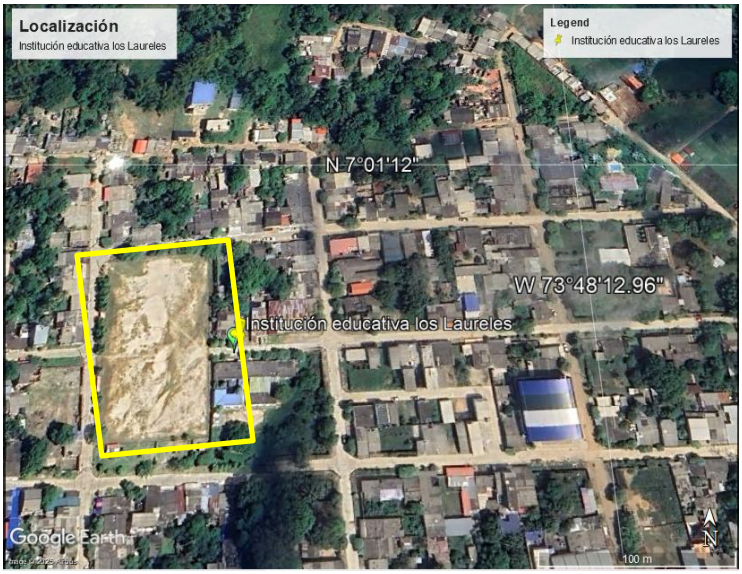
Este sistema tiene como finalidad garantizar el acceso a agua potable de manera segura y constante, contribuyendo al bienestar y salud de los ocupantes del establecimiento educativo. Además, se verificó que el diseño propuesto cumpla con todos los requisitos técnicos, optimizando el rendimiento hidráulico y asegurando la eficiencia y durabilidad del sistema a largo plazo.

Figura 1. Localización del Distrito de Barrancabermeja, Santander.



Fuente: Google Earth

Figura 2. Localización del proyecto – Institución educativa Los Laureles



Fuente: Google Earth

3 INFORMACIÓN GENERAL DEL DISTRITO

A continuación, se presenta información destacada complementada por lo suministrado en documentos técnicos oficiales para soportar las descripciones realizadas.

3.1 ECONOMIA

El distrito de Barrancabermeja se destaca como una de las ciudades industriales más relevantes del departamento de Santander, principalmente por su economía centrada en la industria petrolera, la cual tiene un impacto significativo a nivel regional, nacional e incluso internacional. Además de las labores de exploración y refinación de crudo, la ciudad cuenta con un sector comercial activo y actividades portuarias que se benefician de su ubicación estratégica sobre el río Magdalena. Con el paso del tiempo, Barrancabermeja se ha consolidado como un centro logístico de almacenamiento, distribución y transformación con alcance nacional e internacional. En el ámbito industrial, también resalta el sector minero-energético, ya que es la segunda ciudad del país en volumen de barriles refinados, después de Cartagena, y ha fortalecido la producción de biodiésel y energía eléctrica. Por otro lado, aunque se han hecho avances en el sector turístico, su impacto sigue siendo más relevante a nivel regional que nacional, situación similar a la del sector agroindustrial. En este último, el enfoque ha sido hacia una producción más tecnificada y sostenible, aunque aún falta desarrollo en otros eslabones de la cadena productiva. Tanto el turismo como el agroindustrial contribuyen con menos del 5 % al Producto Interno Bruto (PIB) municipal.

3.2 TEMPERATURA

Barrancabermeja se caracteriza por manejar una temperatura alta durante todo el año, maneja una temperatura media de 29º C que oscila entre los 27ºC y 32ºC. Este comportamiento térmico constante se debe a su ubicación geográfica cercana al ecuador, lo cual le otorga un clima típicamente cálido. Las noches suelen ser calurosas y con poca variación térmica en comparación con el día, lo que hace que la sensación térmica sea bastante estable.

3.3 CLIMA

El clima de Barrancabermeja está ubicado en el departamento de Santander, sobre la margen occidental del río Magdalena, en la región del Magdalena Medio colombiano y su clima es de tipo tropical monzónico, lo que significa que presenta una marcada temporada de lluvias y una menor de sequía. El régimen de lluvias es de tipo bimodal, propio de las zonas tropicales del país, con temporadas más lluviosas entre los meses de abril a mayo y de septiembre a noviembre. Durante los meses de diciembre a febrero y en julio, las precipitaciones tienden a disminuir notablemente, lo cual incide en la reducción de los caudales de ríos y quebradas que atraviesan la región. Esta condición climática favorece la vegetación exuberante en la región, aunque también puede generar problemas como inundaciones y alta humedad ambiental.

3.4 HIDROGRAFIA

Barrancabermeja, ubicada en el departamento de Santander, Colombia, posee una hidrografía rica y estratégica, dominada principalmente por la presencia del río Magdalena, el principal afluente del país, que bordea la ciudad y ha sido fundamental en su desarrollo económico, portuario y social. Este gran río actúa como eje articulador de la vida fluvial y sustenta una amplia

red de humedales y caños que conforman un sistema hídrico de gran biodiversidad. Entre los cuerpos de agua más relevantes que rodean o conforman la hidrografía de Barrancabermeja se destacan la Ciénaga Miramar, la Ciénaga San Silvestre —una de las más importantes por su función ecológica y abastecimiento de agua potable—, y diversos caños como el Caño Rosario y el Caño Las Camelias.

4 PARAMETROS DE DISEÑO

4.1 Periodos de diseño

Para todos los componentes de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo, se adopta como periodo de diseño 25 años.

4.2 Dotación

4.2.1 Dotación neta

La dotación neta corresponde a la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto. Para establecer las dotaciones se tiene en cuenta la Resolución 0330 de 2017en la que se establecen las evaluaciones de consumo según los habitantes según la altura sobre el nivel del mar.

Por lo tanto, teniendo en cuenta que la elevación promedio del Distrito de Barrancabermeja a msnm es menos a 1000 m.s.n.m, se tiene una dotación neta equivalente a **140 $\boldsymbol{l/hab/día}$.**

Tabla 1. Dotación neta máxima

Altura promedio sobre el nivel del mar de la zona atendida	Dotación Neta Maxima (l/hab/día)
>2000 msnm	120
1000 - 2000 msnm	130
<1000 msnm	140

Fuente: Tomado de Resolución 0330 de 2017

4.2.2 Dotación bruta

La dotación bruta se debe calcular conforme a la ecuación presentada en el Artículo 44 de la Resolución 0330 de 2017:

Ecuación 1.

$$D_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%p}$$

Donde: D_{bruta}: Dotación bruta

d_{neta}: Dotación neta

%p: Porcentaje de perdidas técnicas máximas

$$D_{bruta} = \frac{140}{1 - 25\%} = 186.67$$

El porcentaje de pérdidas máximas no deberá superar el 25%.

A carencia de registros confiables para la determinación de volúmenes y clasificarlos en

un balance hídrico, se establece un volumen de pérdidas reales máximas del 25% de acuerdo con lo establecido en la resolución 0330 de 2017. Por lo tanto, la dotación bruta para el presente proyecto corresponde a $\mathbf{186.67}\ \boldsymbol{l/hab/día}$.

4.3 Caudal de diseño

Para diseñar un sistema de acueducto es crucial determinar los caudales de diseño adecuados, considerando las variaciones diarias y horarias de demanda de agua.

4.3.1 CAUDAL PARA USO ESCOLAR

En aquellos casos en que la zona del municipio objeto del diseño incluya la localización de edificaciones destinadas al uso de actividades docentes y académicas, se deben tener en cuenta las dotaciones siguientes:

Tabla 2. Consumo de agua – Uso escolar

Tipo de instalación	Consumo de agua
Educación elemental	20 L/alumno/jornada
Educación media y superior	25 L/alumno/jornada

Fuente: Ras - Titulo B

Actualmente los estudiantes inscritos son de 350 alumnos y este proyecto alcanza a beneficias más de 700 alumnos del corregimiento y sus alrededores. Considerando lo anterior y que es una institución educativa media, se obtiene $\mathbf{17.500}\boldsymbol{L/alumno/jornada}$

5 DISEÑO DE INSTALACIONES HIDRAULICAS

El diseño de las instalaciones hidráulicas consiste en transportar el agua potable suministrada por el acueducto desde la acometida hacia un tanque donde se almacene el volumen de consumo diario requerido por el proyecto, a partir de este se transportará el agua hacia una cisterna de almacenamiento, donde posteriormente se distribuirá agua a los aparatos requeridos para hacer uso de esta. Se proyecta una red de agua fría para la estación. El orden de los cálculos es del interior del proyecto hacia el exterior de la obra, es decir, primero se realiza el cálculo de requerimientos de las redes internas para determinar las características de las redes externas.

5.1 Redes internas

El principal objetivo del diseño de las redes internas es definir cuál es la presión con la que el agua debe ingresar a cada uno de los aparatos sanitarios, está definida por el conjunto de tuberías y accesorios necesarios para que todos los aparatos requeridos funcionen adecuadamente. Para realizar los cálculos se empleó el método de Hunter modificado, el cual utiliza unidades de consumo que se define como el gasto normal o promedio demandado por un aparato, de tipo público o privado, en condiciones de funcionamiento normal

Tabla 3. Valores de carga asignados para los aparatos en las redes internas

Aparato	Uso	Tipo de control	Unidades de consumo
Inodoro (tanque)	Publico	Tanque de descarga	5.0
Inodoro (fluxómetro)	Publico	Válvula Fluxómetro	6.0
Lavamanos	Publico	Grifería	1.5

Lavamanos	Privado	Grifería	0.5
Lavaplatos	Publico	Grifería	1.0
Orinal (fluxómetro)	Publico	Válvula Fluxómetro	1.0

Fuente: NTC 1500

Utilizando las unidades de consumo requeridas por cada aparato se calcularon las unidades consumo de cada uno de los tramos de las redes teniendo en cuenta el principio de continuidad, posteriormente se obtienen los caudales a transportar en dichos tramos se utiliza el método de cálculo hidráulico de Hunter modificado que relaciona a cierta cantidad de unidades de consumo con su respectivo caudal correspondiente.

5.1.1 Selección de diámetro interno

Teniendo el caudal por tramo se procede a calcular el diámetro teórico en pulgadas utilizando la siguiente ecuación:

$$\emptyset \equiv \frac{1}{0{,}0254} \times \sqrt{\frac{Q}{250 \times \pi \times v}}$$

Donde:

∅: Diámetro (pulgadas)

Q: Caudal del tramo (L/s)

v: Velocidad, la cual debe estar entre 0,5 m/s y 2 m/s, se utiliza el valor intermedio de 1,25 m/s.

Los diámetros calculados en esta expresión son nominales que se aproximan al diámetro nominal comercial más cercano (para las redes internas se utilizaron diámetros de ½",3/4", 1",1 ¼", 1½", 2", 2½").

NOTA: *Se establece para redes internas se utilizarán tuberías con relación diámetro espesor (RDE) 13.5 para tuberías de media pulgada (Ø1/2") y relación diámetro espesor (RDE) 21 para tuberías de diámetro igual o mayor a tres cuartos de pulgada (Ø3/4").*

5.1.2 Cálculo de presión necesaria para la red interna

El valor de la presión requerida por la red se obtiene a partir de los cálculos de las pérdidas acumuladas, que se definen como las perdidas desde el medidor hasta cada uno de los aparatos, para calcular estas pérdidas acumuladas se requiere calcular primero las perdidas parciales por tramo, que corresponden a la suma de las perdidas por fricción y las pérdidas por accesorios calculada como:

$$h_{(f+acc)} = \mathrm{J} * \mathrm{Le.acum[m]}, \mathrm{Le.acum} = \mathrm{Long} + \sum_{i=1}^{n} Lei \times Cant_i$$

$$J = \frac{6.1 \times C \times Q^{1.75}}{\emptyset^{4.75}}$$

Donde:

- **J:** Pérdida por fricción por unidad de longitud, en metros columna de agua por metro lineal de tubería calculados con la ecuación de Flamant.
- **Ø:** Diámetro interno de la tubería (m)

- **Long:** Longitud de tubería en el tramo (m)
- **Le. acum:** longitud equivalente acumulada por accesorios más tramos rectos en el tramo (m)
- **C:** Coeficiente de rugosidad de Flamant, C=0,0001 para PVC.
- **Lei:** Longitud equivalente del accesorio i (m)
- **Cant i:** Cantidad de accesorios i.
- **v:** Velocidad del flujo (m/s)
- **Q:** Caudal del tramo (m^3/s)

Para las perdidas unitarias en tramos mayores o iguales a 2", se implementa la ecuación de perdidas por fricción por unidad de longitud, por medio de la ecuación de Hazen-Williams:

$$\mathrm{h}(+\mathrm{acc}) = \mathrm{J} * \mathrm{Le.acum}[\mathrm{m}], \mathrm{Le.acum} = \mathrm{Long} + \sum_{i=1}^{n} Lei \times Cant_i$$

$$J = \frac{10.643 \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}}$$

Donde:

- **J** = Pérdida de carga (m/m)
- **D** = Diámetro en (m)
- **Q** = Caudal (m^3/s)

- **C:** Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams, C=150 para PVC

- **Le. acum:** longitud equivalente acumulada por accesorios más tramos rectos en el tramo (m)

- **Cant i:** Cantidad de accesorios i

- **Lei:** Longitud equivalente del accesorio i (m)

- **Long:** Longitud de tubería en el tramo (m)

Las longitudes equivalentes (Lei) para los accesorios utilizados en las redes internas se presentan en la siguiente figura.

Figura 3. Longitudes equivalentes para accesorios

DIAMETRO D mm	pulg.	Codo 90° Radio largo	Codo 90° Radio medio	Codo 90° Radio corto	Codo 45°	Entrada normal	Entrada de Borda	Válvula de compuerta abierta	Válvula tipo globo abierta	Válvula de ángulo abierta	Té paso directo	Té salida lateral	Té salida bilateral	Válvula de pie	Salida de Tubería	Válvula de retención tipo liviana	Válvula de retención tipo pesado
13	1/2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,2	0,4	0,1	4,9	2,6	0,3	1,0	1,0	3,6	0,4	1,1	1,6
19	3/4	0,4	0,6	0,7	0,3	0,2	0,5	0,1	6,7	3,6	0,4	1,4	1,4	5,6	0,5	1,6	2,4
25	1	0,5	0,7	0,8	0,4	0,3	0,7	0,2	8,2	4,6	0,5	1,7	1,7	7,3	0,7	2,1	3,2
32	1 1/4	0,7	0,9	1,1	0,5	0,4	0,9	0,2	11,3	5,6	0,7	2,3	2,3	10,0	0,9	2,7	4,0
38	1 1/2	0,9	1,1	1,3	0,6	0,5	1,0	0,3	13,4	6,7	0,9	2,8	2,8	11,6	1,0	3,2	4,8
50	2	1,1	1,4	1,7	0,8	0,7	1,5	0,4	17,4	8,5	1,1	3,5	3,5	14,0	1,5	4,2	6,4
63	2 1/2	1,3	1,7	2,0	0,9	0,9	1,9	0,4	21,0	10,0	1,3	4,3	4,3	17,0	1,9	5,2	8,1
75	3	1,6	2,1	2,5	1,2	1,1	2,2	0,5	26,0	13,0	1,6	5,2	5,2	20,0	2,2	6,3	9,7
100	4	2,1	2,8	3,4	1,5	1,6	3,2	0,7	34,0	17,0	2,1	6,7	6,7	23,0	3,2	6,4	12,9
125	5	2,7	3,7	4,2	1,9	2,0	4,0	0,9	43,0	21,0	2,7	8,4	8,4	30,0	4,0	10,4	16,1
150	6	3,4	4,3	4,9	2,3	2,5	5,0	1,1	51,0	26,0	3,4	10,0	10,0	39,0	5,0	12,5	19,3
200	8	4,3	5,5	6,4	3,0	3,5	6,0	1,4	67,0	34,0	4,3	13,0	13,0	52,0	6,0	16,0	25,0
250	10	5,5	6,7	7,9	3,8	4,5	7,5	1,7	85,0	43,0	5,5	16,0	16,0	65,0	7,5	20,0	32,0
300	12	6,1	7,9	9,5	4,6	5,5	9,0	2,1	102,0	51,0	6,1	19,0	19,0	78,0	9,0	24,0	38,0
350	14	7,3	9,5	10,5	5,3	6,2	11,0	2,4	120,0	60,0	7,3	22,0	22,0	90,0	11,0	28,0	45,0

Las pérdidas acumuladas de un tramo i se calculan de la siguiente manera:

$$Hf_{acom\,i} = Hf_{acom\,i-1} + Hf_{(f+acc)i}\,[m]$$

Para el tramo que va desde el medidor hasta el primer nodo, las pérdidas acumuladas coinciden con las perdidas en el tramo.

Posteriormente, a la pérdida acumulada desde el medidor hasta el aparato, se le suma la presión que este requiere para su funcionamiento, lo que se conoce como "suma crítica", las presiones requeridas para el buen funcionamiento de los aparatos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4. Presión referida al piso mínima por aparato

Aparato (Nomenclatura)	**Presión (m.c.a)**
Inodoro (IN)	14.08
Inodoro (IN-F)	24.64
Lavamanos (LM)	5.63
Lavaplatos (LP)	5.63
Orinal (OR-F)	17.58

Tomado de: Norma Técnica Colombia 1500

Figura 4. Dotaciones Instalaciones Hidrosanitarias, de gas y aprovechamiento de aguas

▼ Presiones recomendadas

Aparato sanitario	Recomendada			Mínima			Diámetro
	m.c.a.	Kg./cm^2	lb/pulg^2	m.c.a.	Kg./cm^2	lb/pulg^2	Conexión
Inodoro fluxómetro	10.33	1.03	14.70	7.70	0.77	10.96	1"
Inodoro de tanque	7.00	0.70	9.96	2.80	0.28	3.98	1/2"
Orinal de fluxómetro	10.33	1.03	14.70	7.70	0.77	10.96	3/4 - 1"
Orinal con llave	7.00	0.70	9.96	2.80	0.28	3.98	1/2"
Vertederos	3.50	0.35	4.98	2.00	0.20	2.85	1/2"
Duchas	10.33	1.03	14.70	2.00	0.20	2.85	1/2"
Lavamanos	5.00	0.50	7.12	2.00	0.20	2.85	1/2"
Lavadoras	7.00	0.70	9.96	2.80	0.28	3.98	1/2"
Bidé	5.00	0.50	7.12	2.00	0.20	2.85	1/2"
Lavadero	4.00	0.40	5.69	2.00	0.20	2.85	1/2"
Lavaplatos	2.00	0.20	2.85	2.00	0.20	2.85	1/2"

Tomado de: lluvias 8va edición de Rafael Pérez Carmona

El aparato que presente la mayor suma crítica será el aparato crítico y su suma crítica será igual a la presión requerida por la red.

5.1.2.1 Válvulas

Se calculó la pérdida de carga utilizando el coeficiente de fricción, el diámetro de la tubería y el caudal de diseño. Posteriormente, se determinaron las pérdidas en metros columna de agua (m.c.a.) mediante la aplicación de las longitudes equivalentes. En el apartado de anexo se complementa por medio de las ilustraciones, el tipo de válvulas que se emplearán para el proyecto.

$$J = \left(\frac{Q}{280 * C * D^{2.63}}\right)^{1.85}$$

Donde:

- Q: Caudal l/s)
- C: Coeficiente de fricción

- D: Diámetro de la tubería (m)
- J: perdida de carga (m/m)

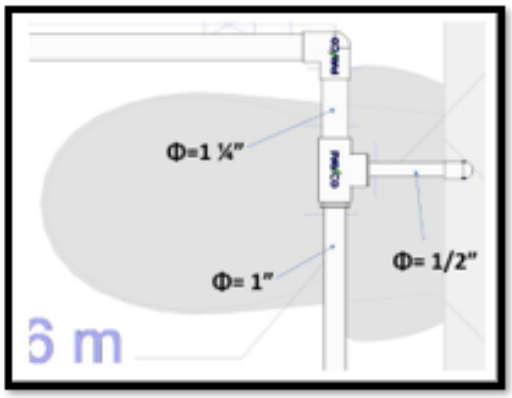
5.1.3 Recomendaciones de instalaciones

5.1.3.1 Respecto a la instalación accesorios (Tee's y bujes)

Esta recomendación se da con el objetivo de facilitar el cálculo de cantidades de accesorios, más específicamente con las Tee's y los bujes utilizados para realizar reducciones de diámetro.

La recomendación aplica cuando se presentan casos como el de la siguiente figura.

Figura 5. Esquema de recomendación para instalación de Tee's hidráulicas



En casos como este, el tamaño de la Tee será el de la tubería que tenga mayor diámetro (En este caso de 1 ¼") y se deberá ubicar en las salidas del accesorio los bujes necesarios para la reducción de diámetros, en casos donde sea posible, se puede realizar la reducción de diámetro en la salida lateral sin utilizar un buje, sino utilizando un accesorio llamado Tee reducida.

5.1.4 Respecto a la instalación de aparatos

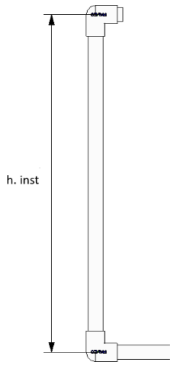
Tabla 5 Alturas de instalación de aparato

Aparato (Nomenclatura)	h.inst (cm)
Inodoro (IN)	20.00
Inodoro (IN-F)	20.00
Lavamanos (LM)	60.00
Lavaplatos (LP)	75.00
Orinal (OR-F)	60.00

Tomado de: Norma Técnica Colombia 1500

Respecto a la instalación de aparatos se presenta la altura de instalación recomendada según el aparato para dar cumplimiento a las cantidades de tuberías y codos de media pulgada (1/2").

Figura 6. Alturas de instalación de aparatos (h.inst)



5.2 Tanque de almacenamiento para consumo

El volumen del tanque de almacenamiento para consumo se calculó teniendo en cuenta la dotación diaria según el tipo de uso institucional presente en el Título B del RAS 2000. Para el presente proyecto se implementó un consumo de 25 L/alumno/jornada.

Tabla 6. Volumen almacenamiento

Población	700	Alumnos
Dotación diaria	25	L/personas/jornada
# días de llenado	2	Dias
Consumo promedio diario	17.500	L
Volumen Tanque	17.500	L
Volumen Tanque	17.5	m^3

Por practicidad, se utilizará un (1) tanque enterrado en concreto de 17.500 litros o un montaje similar que permita almacenar el volumen diario calculado o más. Tanque de almacenamiento accionado por bombeo.

5.2.1 Diámetro de Acometida

Se propone un diámetro de tubería Pavco RDE 13.5 PVC. Para efectos de cálculo se usará el diámetro INTERNO de la tubería de 1".

Figura 7. Diámetro de tubería seleccionado

Tuberías PVC presión PAVCO WAVIN

RES 0501 NTC 382

	Diámetro Nominal		Referencia	Peso	Diámetro exterior promedio		Espesor de pared mínimo		Diámetro interior promedio
	mm	pulg.		g/m	mm	pulg.	mm	pulg.	mm
RDE 9 PVC Presión de trabajo a 23°C: 500 PSI	21	1/2	2900266	218	21.34	0.84	2.37	0.09	16.60
RDE 11 PVC Presión de trabajo a 23°C: 400 PSI	26	3/4	2900210	304	26.67	1.05	2.43	0.09	21.81
RDE 13.5 PVC Presión de trabajo a 23°C: 315 PSI	21	1/2	2902449	157	21.34	0.84	1.58	0.06	18.18
	33	1	2900213	364	33.40	1.31	2.46	0.09	28.48
RDE 21 PVC Presión de trabajo a 23oC: 200 PSI	33	1	2900220	252	33.4	1.31	1.60	0.06	30.20
	42	1.1/4	2900225	395	42.2	1.66	2.01	0.08	38.14

Tomado de: Manual Técnico Tubo sistemas PVC Presión

Basados en el diámetro de la tubería estimamos el caudal que entrará con una velocidad

establecida, la cual será proporcionada por la presión de la red de agua potable.

$$Q = Velocidad \times Área$$

$$Q = 1.25\ (\frac{m}{s}) \times \frac{\pi \times (0.02848\ m)^2}{4}$$

$$Q = 0.0007963\ m^3/seg.$$

$$Q = 0.79\ Lps.$$

Se puede evidenciar que el caudal que suministra la tubería propuesta es apropiado y que el tanque se llenará en el tiempo establecido, cumpliendo así con los parámetros requeridos.

5.2.2 Tiempo de llenado

Basados en el diámetro de la tubería estimamos que el tiempo de llenado para un tanque de 17.5000 L, se observa que este tendría un tiempo de llenado aproximado de 6 horas y 6 min, el cual se llenará cada cuanto sea necesario.

$$T = \frac{Volumen}{Velcidad * Area}$$

$$T = \frac{17.5\ m3}{1.25 m/s * \frac{pi}{4} * 0.02848\ mm}$$

$$T = 21976.5 seg$$

$$T = 6.10 h$$

5.2.3 Presión mínima para el llenado del tanque

El cálculo de la presión mínima para el llenado del tanque en m.c.a deberá tener en cuenta las pérdidas por accesorios, pérdidas por longitud de tubería y diferencia de altura entre la red y el alto del tanque como se establece a continuación.

$$\text{Pmin}= 2.500\ [mca]$$

5.3 Modelación del sistema de Red interna de distribución – Software EPANET

A continuación, se presenta un esquema del trazado propuesto para el diseño de red de agua fría con el fin de establecer el punto hidráulico crítico.

5.3.1 *Tuberias*

Tuberías Con base en los datos ingresados, el software generó los siguientes resultados, los cuales fueron verificados para asegurar el cumplimiento de los parámetros establecidos en la normativa vigente. Los resultados detallados se presentan en los anexos.

Figura 8. Tuberías Piso 1 - Velocidad

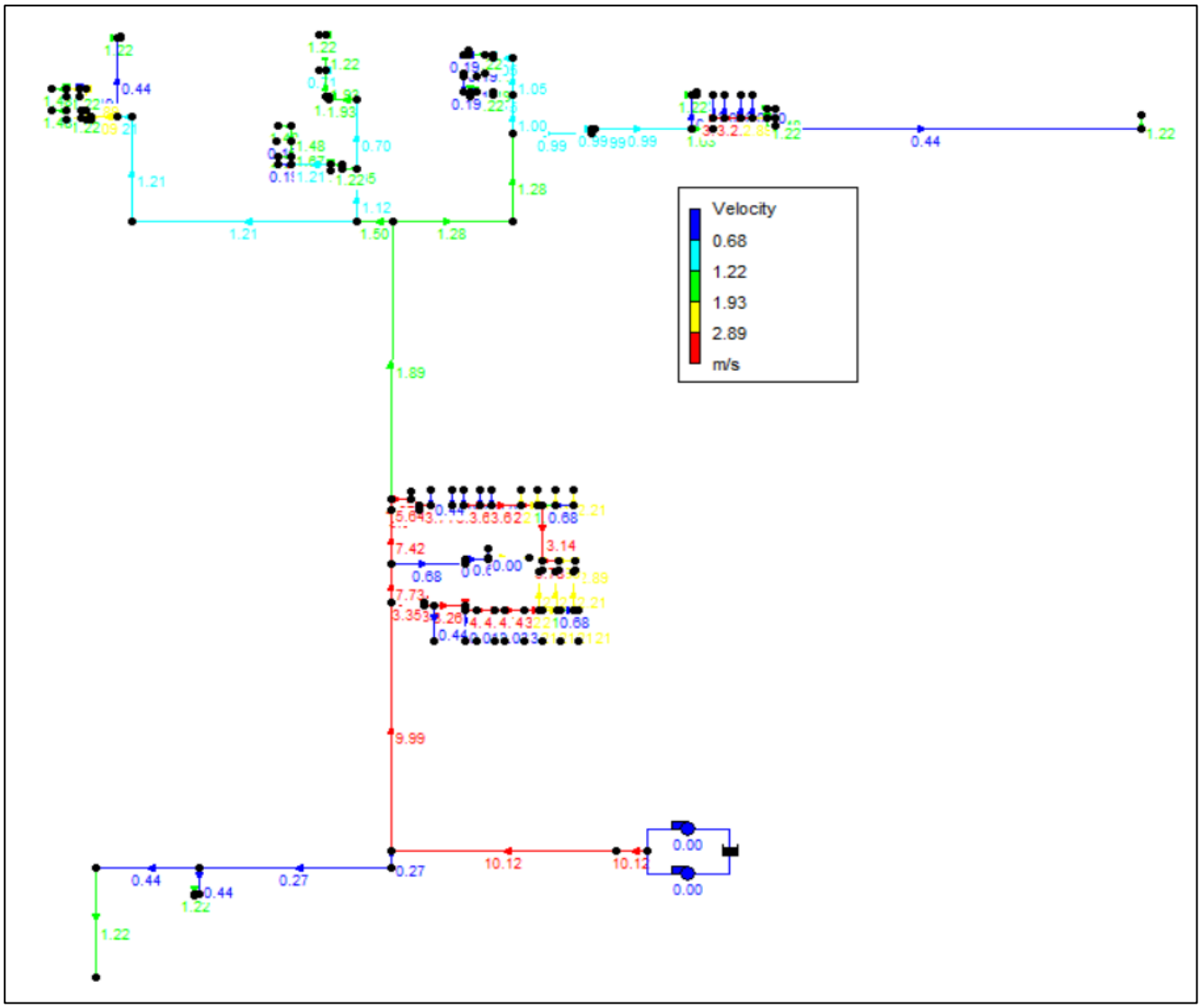


Figura 9. Tuberías Piso 1 - Caudal

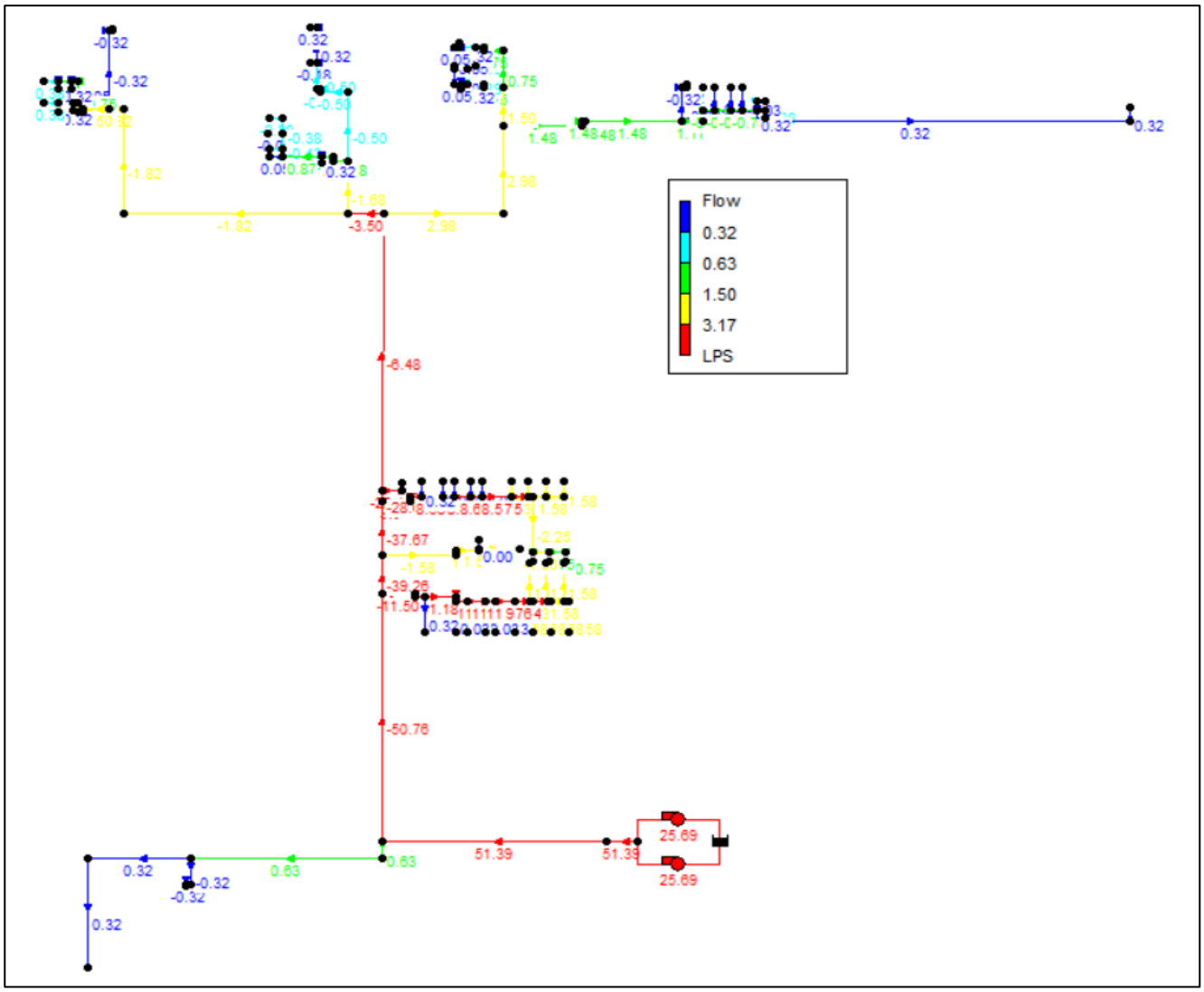


Figura 10. Tuberías Piso 2 - Velocidad

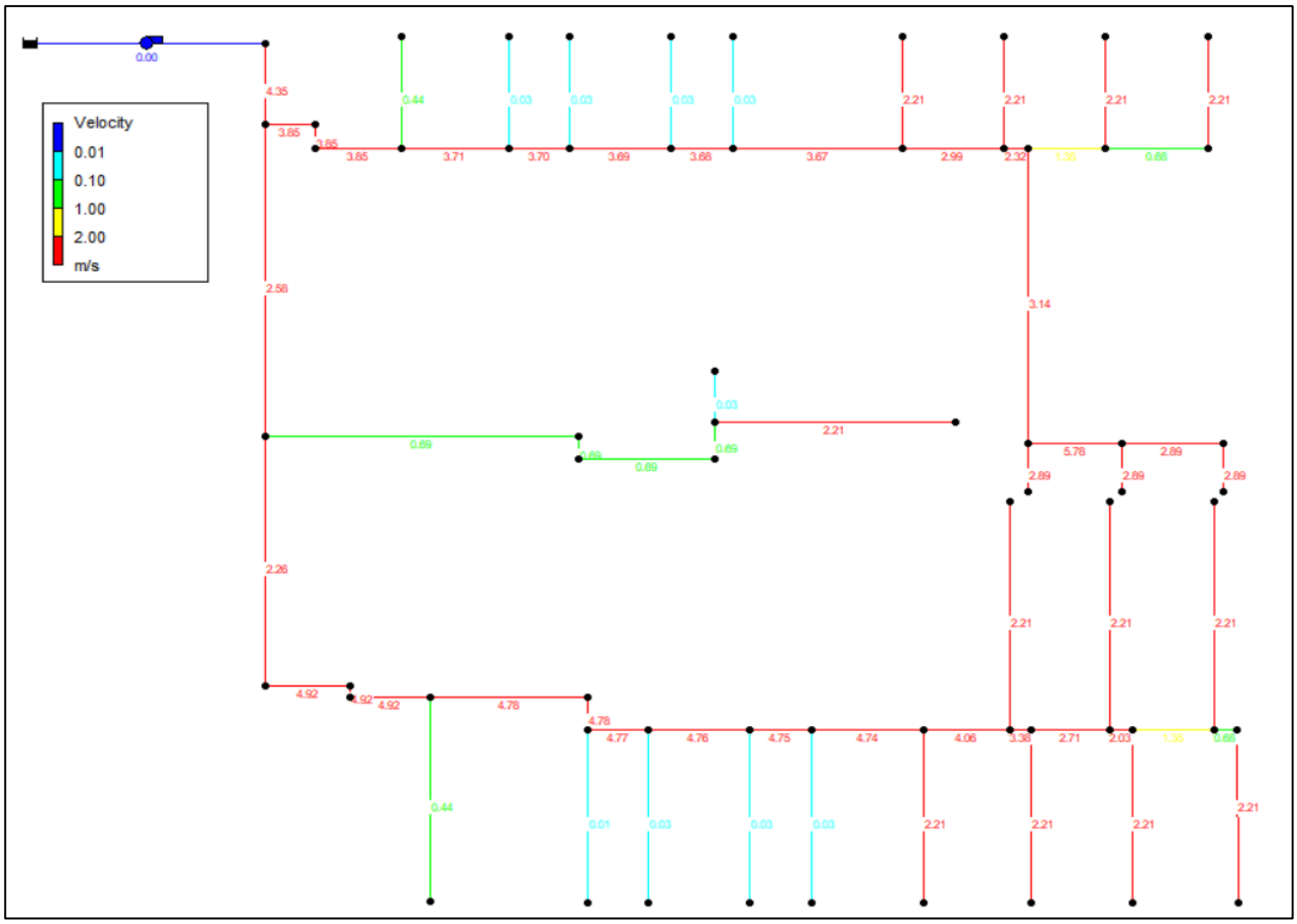
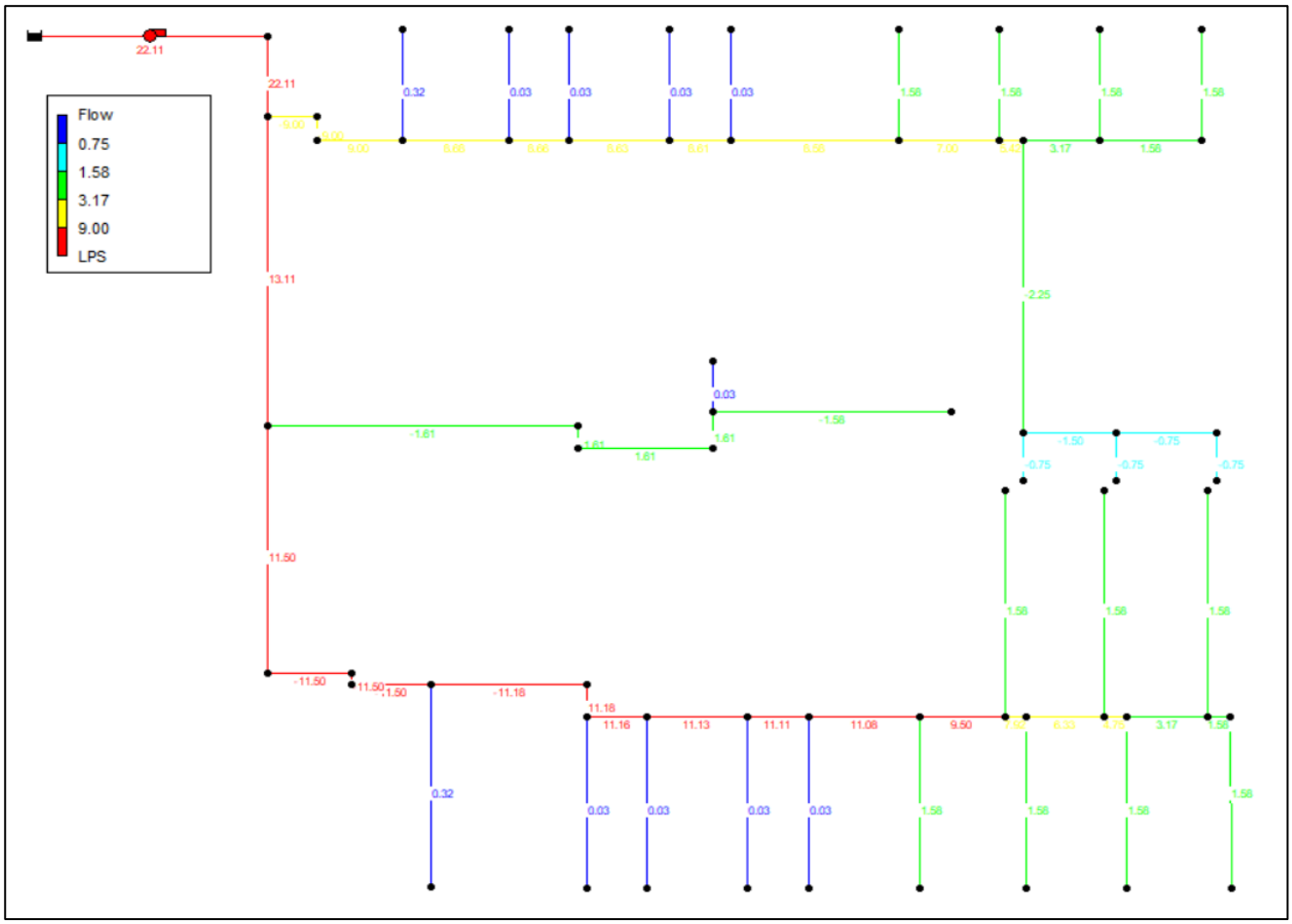


Figura 11. Tuberías Piso 2 - Caudal



5.3.2 Nodos

Con base en los datos ingresados, el software generó los siguientes resultados, los cuales fueron verificados para asegurar el cumplimiento de los parámetros establecidos en la normativa vigente. Según los cálculos de la red, se requiere una presión de 31.7 m.c.a, determinada para el aparato crítico, que en este caso es un Inodoro Fluxómetro ubicado en la zona de los baños de ambos niveles. Teniendo en cuenta la presión mínima requerida por el aparato y la altura de su

ubicación en el segundo piso, es necesario diseñar un tanque hidroneumático que garantice la presión adecuada en todos los aparatos, especialmente en el crítico mencionado. En los anexos se puede observar mayor detalle de los resultados.

Figura 12. Modelación nodos Piso 1 – Variación de presión por diámetro

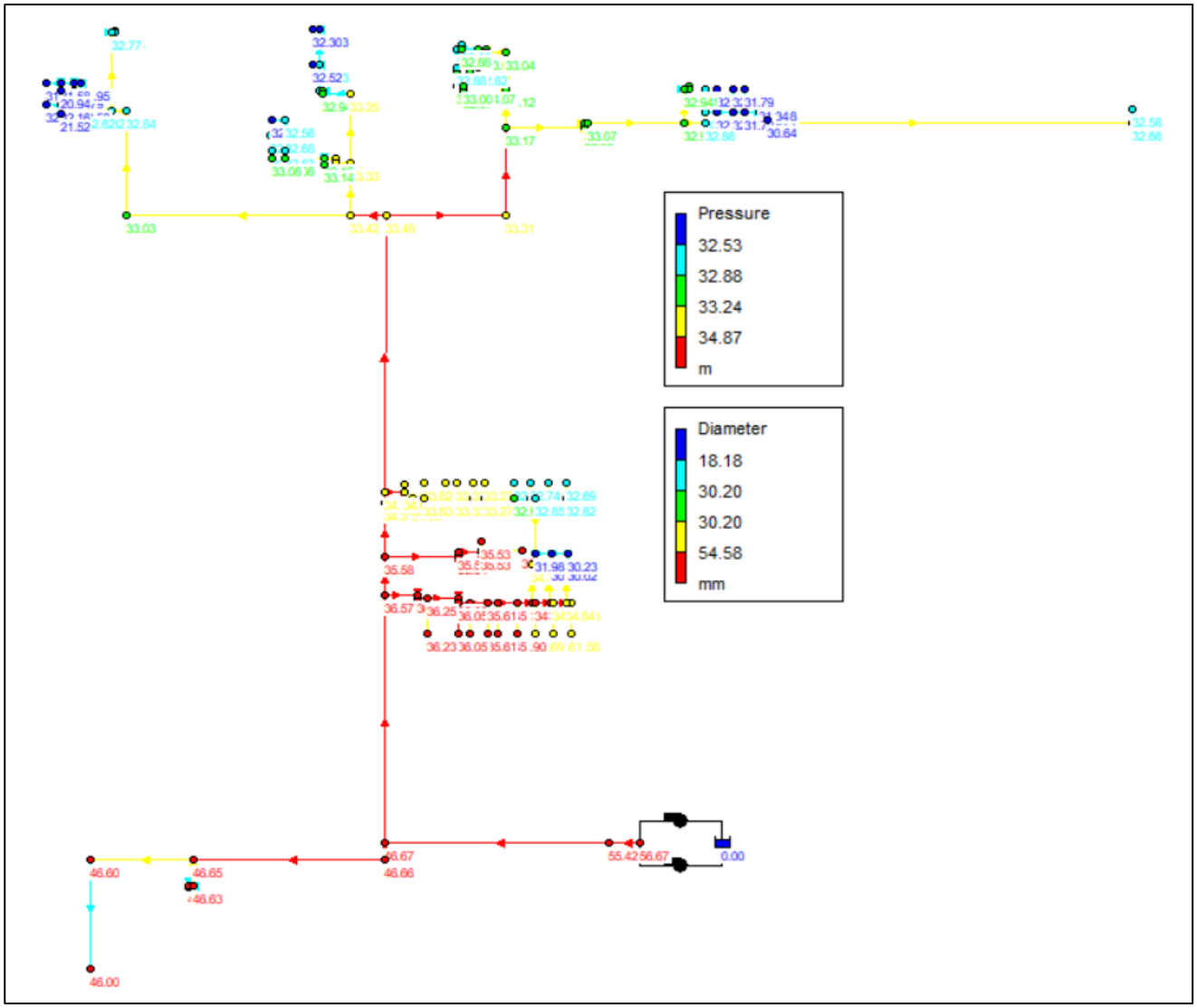
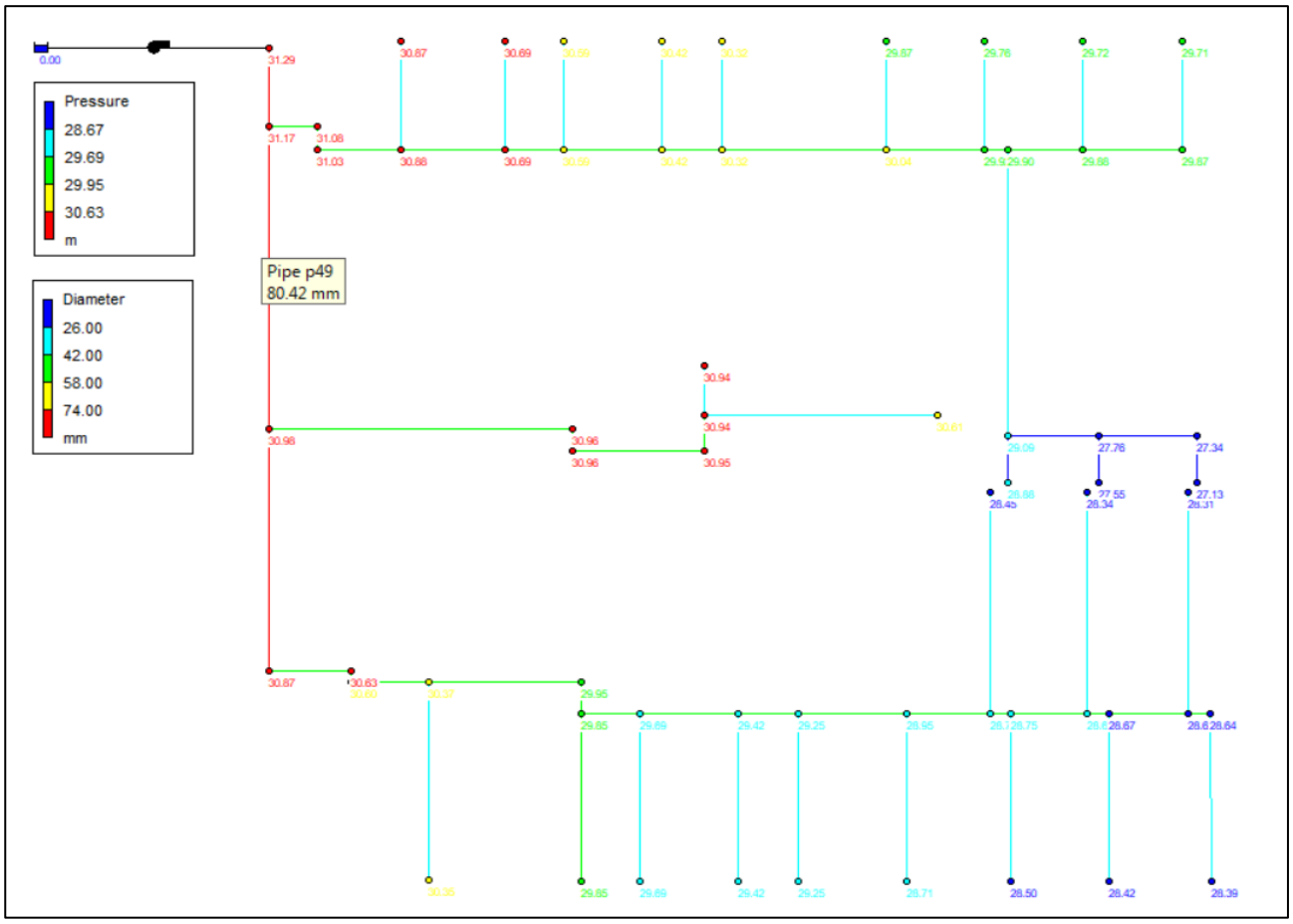


Figura 13. Modelación nodos Piso 2 – Variación de presión por diámetro



5.3.3 Sistema de Bombeo

El cálculo del sistema de bombeo consiste en determinar la potencia de la bomba requerida para transportar un caudal determinado a una altura dinámica total (HDT) determinada teniendo en cuenta condiciones geométricas (Altura estática) y las perdidas por fricción y por accesorios. En este caso el programa toma en cuenta todos los parámetros anteriormente mencionados para determinar finalmente la capacidad de bomba necesaria para el sistema:

5.3.4 Selección de diámetros

Para impulsión

Se selecciona teniendo en cuenta que la velocidad de impulsión, la cual debe estar entre 1 y 3 metros por segundo, para la tubería de succión se eligió un diámetro de 3", se seleccionó el diámetro comercial más adecuado.

Tabla 7. Datos Tubería Impulsión

Ø Impulsión	
K	1.2
Q (m3/s)	0.05139
Ø seleccionado (")	3
Vel (m/s)	10.12
Perdidas (m.c.a)	10
Longitud Impulsión (m)	12.38

Para succión

Se selecciona teniendo en cuenta que la velocidad mínima de succión es de 0,45 metros por segundo y la velocidad máxima se establece según el diámetro a utilizar como se muestra en la siguiente tabla, además se debe elegir un diámetro no menor al diámetro de impulsión.

Tabla 8. Velocidad máxima de succión según el diámetro

Diámetro desucción [Pulgadas]	**Velocidad máxima [m/s]**
2	0.75
3	1
4	1.3
6	1.45
8	1.6

10	1.6
12	1.7

Tabla 9. Tabla de succión

Ø Succión	
Ø Seleccionado (")	3"
Vel (m/s)	10.12
Perdida (m.c.a)	58.17
Long Succión (m)	4.77

5.3.5 Selección de bomba

Para la selección de la bomba se debe tener en cuenta el siguiente requerimiento.

$$NPSH_{\text{disponible}} > 1.25 * NPSH_{\text{requerido}}$$

El $NPSH_{requerido}$ es un dato suministrado en la ficha técnica de la bomba a comprar.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos del modelo hidráulico, se considera más pertinente la selección de dos bombas tipo trifásica F 50/250AR y una potencia de 30 HP, que permitan operar eficientemente frente a la altura dinámica total calculada. Los datos complementarios de la bomba se encuentran en el apartado de anexo, datos bomba seleccionada.

6 CONCLUSIONES

- La dotación neta diaria para el diseño del suministro en la red de agua potable se estableció de acuerdo con los parámetros establecidos en el artículo 43 de la Resolución 0330 de 2017 y el titulo B de la RAS. Dicho artículo especifica que el consumo de uso escolar es de 25L/alumno/jornada para aquellas instituciones de educación media y superior como aplica en el proyecto para zonas ubicadas con una altitud por debajo de los 1000 metros sobre el nivel del mar. En el caso específico del presente diseño, el municipio se encuentra a una altitud promedio de 75 msnm, lo que se ajusta a los criterios establecidos en dicha normativa.

- El volumen del tanque de almacenamiento de agua potable se ha dimensionado en 17.5 m^3.

- El sistema de agua potable tiene un conjunto de bombeo que consta de 2 bombas de F50/250AR, las cuales funcionarán en alternancia y suministrarán a la red de distribución la respectiva presión mínima requerida para cada aparato hidráulico, según parámetros establecidos en la norma técnica colombiana de instalaciones hidráulicas y sanitarias NTC 1500 de 2020.

7 ANEXO

Tabla 10. Datos modelación – Piso 1

Nodo ID	*Demanda (LPS)*	*Carga Pisometrica (m)*	*Presión (m)*
Nodo n116	0	33.04	33.04
Nodo n120	0	33.48	33.48
Nodo n121	0	34.16	34.16
Nodo n122	0	34.01	34.01
Nodo n106	0	33.54	33.54
Nodo n108	0	33.37	33.37
Nodo n110	0	33.27	33.27
Nodo n114	0	32.87	32.87
Nodo n129	0	34.86	34.86
Nodo n130	0	34.84	34.84
Nodo n131	0	35.53	35.53
Nodo n132	0	32.99	32.99
Nodo n124	0	33.00	33.00
Nodo n125	0	36.57	36.57
Nodo n127	0	34.95	34.95
Nodo n128	0	34.87	34.87
Nodo n77	0	34.03	34.03
Nodo n78	0	33.98	33.98
Nodo n79	0	33.65	33.65
Nodo n81	0	32.83	32.83
Nodo n72	0	33.12	33.12
Nodo n73	0	33.08	33.08
Nodo n74	0	33.07	33.07
Nodo n76	0	34.31	34.31
Nodo n93	0	35.45	35.45
Nodo n95	0	35.61	35.61
Nodo n97	0	34.98	34.98
Nodo n102	0	30.65	30.65
Nodo n83	0	36.08	36.08
Nodo n84	0	36.05	36.05

Nodo n85	0	34.83	34.83
Nodo n91	0	35.15	35.15
Nodo n161	0	46.66	46.66
Nodo n163	0	32.50	32.50
Nodo n164	0	32.57	32.57
Nodo n165	0	32.60	32.60
Nodo n153	0	32.88	32.88
Nodo n156	0	32.66	32.66
Nodo n158	0	32.86	32.86
Nodo n159	0	46.60	46.60
Nodo N18	0	32.16	32.16
Nodo N87	0	33.18	33.18
Nodo N112	0	32.88	32.88
Nodo N119	0	33.00	33.00
Nodo n166	0	32.62	32.62
Nodo N2	0	36.25	36.25
Nodo N13	0	33.83	33.83
Nodo N16	0	31.58	31.58
Nodo n140	0	33.31	33.31
Nodo n141	0	33.42	33.42
Nodo n142	0	32.86	32.86
Nodo n143	0	32.90	32.90
Nodo n133	0	32.85	32.85
Nodo n134	0	32.82	32.82
Nodo n138	0	30.23	30.23
Nodo n139	0	31.98	31.98
Nodo n148	0	32.49	32.49
Nodo n149	0	31.95	31.95
Nodo n150	0	33.04	33.04
Nodo n151	0	33.00	33.00
Nodo n144	0	32.94	32.94
Nodo n145	0	33.25	33.25
Nodo n146	0	32.84	32.84
Nodo n147	0	33.03	33.03
Nodo n37	0	32.53	32.53
Nodo n39	0	31.41	31.41

Nodo n41	0	31.34	31.34
Nodo n35	0	32.83	32.83
Nodo n30	0	33.26	33.26
Nodo n31	0	33.33	33.33
Nodo n33	0	32.56	32.56
Nodo n43	0	32.06	32.06
Nodo n51	0	46.63	46.63
Nodo n52	0	46.65	46.65
Nodo n53	0	35.54	35.54
Nodo n50	0	46.61	46.61
Nodo n45	0	31.79	31.79
Nodo n46	0	32.53	32.53
Nodo n47	0	32.33	32.33
Nodo n6	0	35.58	35.58
Nodo n8	0	35.53	35.53
Nodo n12	0	35.88	35.88
Nodo n5	0	35.54	35.54
Nodo n1	0	56.67	56.67
Nodo n3	0	55.42	55.42
Nodo n4	0	46.67	46.67
Nodo n14	0	36.34	36.34
Nodo n27	0	32.83	32.83
Nodo n28	0	33.24	33.24
Nodo n29	0	33.08	33.08
Nodo n25	0	32.68	32.68
Nodo n15	0	36.36	36.36
Nodo n20	0	31.79	31.79
Nodo n23	0	32.37	32.37
Nodo n67	0	32.91	32.91
Nodo n59	0	32.81	32.81
Nodo n68	0	32.94	32.94
Nodo n58	0	32.77	32.77
Nodo n57	0	32.75	32.75
Nodo n65	0	32.95	32.95
Nodo n64	0	33.07	33.07
Nodo n63	0	33.07	33.07

Nodo n62	0	33.08	33.08
Nodo n61	0	33.17	33.17
Nodo n71	0	32.97	32.97
Nodo n54	0	35.53	35.53
Nodo n69	0	32.99	32.99
Nodo n42	0.025	32.06	32.06
Nodo n96	0.025	35.61	35.61
Nodo n36	0.025	32.53	32.53
Nodo n94	0.025	35.45	35.45
Nodo n34	0.025	32.82	32.82
Nodo n105	0.025	33.65	33.65
Nodo n109	0.025	33.37	33.37
Nodo n80	0.025	35.88	35.88
Nodo n107	0.025	33.54	33.54
Nodo n126	0.025	36.05	36.05
Nodo n44	0.025	31.79	31.79
Nodo n111	0.025	33.27	33.27
Nodo n24	0.050	32.67	32.67
Nodo n22	0.050	32.37	32.37
Nodo n152	0.050	32.99	32.99
Nodo n154	0.050	32.88	32.88
Nodo n162	0.050	33.08	33.08
Nodo n38	0.050	31.41	31.41
Nodo n21	0.050	31.79	31.79
Nodo n60	0.183	32.52	32.52
Nodo N10	0.317	36.23	36.23
Nodo N11	0.317	33.82	33.82
Nodo n157	0.317	32.58	32.58
Nodo n66	0.317	32.90	32.90
Nodo n160	0.317	46.00	46.00
Nodo n48	0.317	32.30	32.30
Nodo N103	0.317	32.97	32.97
Nodo N89	0.317	33.14	33.14
Nodo N99	0.317	32.86	32.86
Nodo n56	0.317	32.74	32.74
Nodo N123	0.317	31.34	30.64

Nodo N70	0.317	20.94	20.94
Nodo n49	0.317	46.61	46.61
Nodo N75	0.317	21.52	21.52
Nodo n118	0.383	32.82	32.82
Nodo n40	0.383	31.28	31.28
Nodo n55	0.383	32.04	32.04
Nodo n32	0.383	32.46	32.46
Nodo n117	0.383	32.92	32.92
Nodo n19	0.383	31.46	31.46
Nodo n26	0.383	32.72	32.72
Nodo n9	0.750	31.77	31.77
Nodo n137	0.750	30.02	30.02
Nodo n101	0.750	30.43	30.43
Nodo n7	1.583	35.20	35.20
Nodo n100	1.583	34.54	34.54
Nodo n98	1.583	34.64	34.64
Nodo n135	1.583	32.69	32.69
Nodo n113	1.583	32.86	32.86
Nodo n104	1.583	34.50	34.50
Nodo n115	1.583	32.74	32.74
Nodo n82	1.583	32.70	32.70
Nodo n86	1.583	34.58	34.58
Nodo n88	1.583	34.61	34.61
Nodo n92	1.583	34.90	34.90
Nodo n90	1.583	34.69	34.69
Nodo n17	22.190	33.94	33.94

Tabla 11. Datos modelación – Piso 2

Nodo ID	*Demanda (LPS)*	*Carga Pisometrica (m)*	*Presión (m)*
Nodo n65	0	30.42	30.42
Nodo n64	0	30.59	30.59
Nodo n63	0	30.69	30.69
Nodo n66	0	30.32	30.32

Nodo n69	0	29.90	29.90
Nodo n68	0	29.92	29.92
Nodo n67	0	30.04	30.04
Nodo n62	0	31.17	31.17
Nodo n56	0	29.95	29.95
Nodo n55	0	30.95	30.95
Nodo n54	0	30.96	30.96
Nodo n57	0	30.37	30.37
Nodo n61	0	31.29	31.29
Nodo n60	0	30.88	30.88
Nodo n59	0	27.34	27.34
Nodo n85	0	28.78	28.78
Nodo n84	0	28.95	28.95
Nodo n83	0	29.25	29.25
Nodo n86	0	28.75	28.75
Nodo n89	0	28.64	28.64
Nodo n88	0	28.64	28.64
Nodo n87	0	28.67	28.67
Nodo n82	0	29.42	29.42
Nodo n73	0	29.09	29.09
Nodo n71	0	29.87	29.87
Nodo n70	0	29.88	29.88
Nodo n74	0	30.98	30.98
Nodo n80	0	30.87	30.87
Nodo n79	0	30.63	30.63
Nodo n77	0	30.60	30.60
Nodo n47	0	29.85	29.85
Nodo n44	0	30.94	30.94
Nodo n17	0	31.08	31.08
Nodo n41	0	30.96	30.96
Nodo n20	0	27.76	27.76
Nodo n53	0	31.03	31.03
Nodo n21	0	28.68	28.68
Nodo n48	0	29.69	29.69
Nodo n10	0.025	30.42	30.42
Nodo n28	0.025	29.25	29.25

Nodo n26	0.025	29.42	29.42
Nodo n76	0.025	30.94	30.94
Nodo n14	0.025	30.69	30.69
Nodo n12	0.025	30.59	30.59
Nodo n81	0.025	29.85	29.85
Nodo n38	0.025	29.69	29.69
Nodo n8	0.025	30.32	30.32
Nodo n52	0.317	30.35	30.35
Nodo n50	0.317	30.87	30.87
Nodo n58	0.750	27.13	27.13
Nodo n45	0.750	28.88	28.88
Nodo n19	0.750	27.55	27.55
Nodo n2	1.583	29.72	29.72
Nodo n4	1.583	29.76	29.76
Nodo n6	1.583	29.87	29.87
Nodo n16	1.583	28.31	28.31
Nodo n32	1.583	28.50	28.50
Nodo n34	1.583	28.42	28.42
Nodo n36	1.583	28.39	28.39
Nodo n43	1.583	30.61	30.61
Nodo n22	1.583	28.34	28.34
Nodo n72	1.583	29.71	29.71
Nodo n30	1.583	28.71	28.71
Nodo n24	1.583	28.45	28.45
Resvr 1	#N/A	2.65	0.00

Tabla 12. Modelación – Tubería diámetro 18.18 mm Piso 1

Link ID	***Longitud (m)***	***Diametro (mm)***	***Caudal (LPS)***	***Velocidad (m/s)***	***Carga unitaria de perdida de energía (m/km)***	***Factor de fricción***
Tubería p109	0.433	18.18	0.75	2.89	490.59	0.021
Tubería T9	0.810	18.18	0.38	1.48	148.90	0.024
Tubería T10	0.300	18.18	0.32	1.22	106.39	0.026
Tubería T12	0.230	18.18	0.32	1.22	106.39	0.026
Tubería p117	0.200	18.18	0.50	1.93	238.29	0.023

Tubería p116	1.352	18.18	0.50	1.93	238.30	0.023
Tubería p111	0.780	18.18	1.50	5.78	1708.37	0.018
Tubería p110	0.853	18.18	0.75	2.89	490.59	0.021
Tubería T13	0.230	18.18	0.32	1.22	106.39	0.026
Tubería p46	0.147	18.18	0.32	1.22	106.39	0.026
Tubería p41	0.307	18.18	0.18	0.71	40.91	0.029
Tubería p38	0.200	18.18	0.32	1.22	106.39	0.026
Tubería p37	0.095	18.18	0.32	1.22	106.40	0.026
Tubería p78	0.995	18.18	0.38	1.48	148.90	0.024
Tubería p77	0.787	18.18	0.38	1.48	148.90	0.024
Tubería p69	0.434	18.18	0.75	2.89	490.59	0.021
Tubería p47	0.204	18.18	0.32	1.22	106.40	0.026
Tubería p118	0.149	18.18	0.50	1.93	238.31	0.023
Tubería p140	0.848	18.18	0.80	3.08	550.64	0.021
Tubería p139	0.514	18.18	0.83	3.18	581.83	0.021
Tubería p137	0.714	18.18	0.32	1.22	106.39	0.026
Tubería p134	0.998	18.18	0.05	0.19	3.95	0.038
Tubería p146	0.704	18.18	0.05	0.19	3.95	0.038
Tubería p144	5.671	18.18	0.32	1.22	106.39	0.026
Tubería p142	0.769	18.18	0.75	2.89	490.59	0.021
Tubería p141	0.514	18.18	0.78	2.99	520.22	0.021
Tubería p133	0.665	18.18	0.37	1.41	137.71	0.025
Tubería p126	0.242	18.18	0.75	2.89	490.59	0.021
Tubería p122	0.803	18.18	0.43	1.67	184.91	0.024
Tubería p121	0.443	18.18	0.82	3.15	571.26	0.021
Tubería p119	1.324	18.18	0.50	1.93	238.30	0.023
Tubería p132	0.786	18.18	0.05	0.19	3.95	0.038
Tubería p131	0.294	18.18	0.37	1.41	137.71	0.025
Tubería p128	1.100	18.18	0.75	2.89	490.59	0.021
Tubería p127	0.324	18.18	0.75	2.89	490.59	0.021
Tubería T15	0.340	18.18	0.05	0.19	3.95	0.038
Tubería p25	0.536	18.18	0.38	1.48	148.90	0.024
Tubería p26	1.200	18.18	0.03	0.10	0.97	0.037
Tubería T8	0.810	18.18	0.38	1.48	148.90	0.024
Tubería p6	0.431	18.18	0.75	2.89	490.59	0.021
Tubería p16	0.697	18.18	0.38	1.48	148.90	0.024

Tubería p29	0.307	18.18	0.32	1.22	106.39	0.026
Tubería p30	0.063	18.18	0.32	1.22	106.42	0.026
Tubería p31	0.201	18.18	0.32	1.22	106.39	0.026
Tubería p27	1.201	18.18	0.03	0.10	0.97	0.037
Tubería p28	1.882	18.18	0.32	1.22	106.39	0.026
Tubería T16	0.700	18.18	0.32	1.22	106.39	0.026
Tubería T7	100.000	18.18	0.32	1.22	106.39	0.026
Tubería p15	0.727	18.18	0.05	0.19	3.95	0.038
Tubería p22	1.199	18.18	0.03	0.10	0.97	0.037
Tubería p23	0.356	18.18	0.05	0.19	3.95	0.038
Tubería p19	0.704	18.18	0.38	1.48	148.90	0.024
Tubería p20	0.768	18.18	0.38	1.48	148.90	0.024
Tubería p21	1.197	18.18	0.03	0.10	0.97	0.037
Tubería p12	0.482	18.18	0.70	2.70	433.69	0.021
Tubería T14	0.340	18.18	0.05	0.19	3.95	0.038
Tubería T6	100.000	18.18	0.32	1.22	106.39	0.026
Tubería p24	0.357	18.18	0.38	1.48	148.90	0.024
Tubería p14	0.445	18.18	0.05	0.19	3.95	0.038
Tubería p13	0.377	18.18	0.05	0.19	3.95	0.038
Tubería p36	0.482	18.18	0.70	2.70	433.69	0.021

Tabla 13. Modelación - Tubería diámetro 30.20 mm Piso 1

Link ID	***Longitud (m)***	***Diametro (mm)***	***Caudal (LPS)***	***Velocidad (m/s)***	***Carga unitaria de perdida de energía (m/km)***	***Factor de fricción***
Tubería p51	0.391	30.20	0.75	1.05	43.20	0.023
Tubería p136	20.720	30.20	0.32	0.44	9.53	0.029
Tubería p135	1.031	30.20	1.17	1.63	94.60	0.021
Tubería p49	0.200	30.20	0.75	1.05	43.19	0.023
Tubería p97	0.464	30.20	0.00	0.00	0.00	0.000
Tubería p138	0.561	30.20	0.85	1.19	53.90	0.023
Tubería p143	5.016	30.20	0.32	0.44	9.53	0.029
Tubería p53	0.200	30.20	0.75	1.05	43.19	0.023
Tubería p5	2.011	30.20	1.58	2.21	163.19	0.020
Tubería p52	0.988	30.20	0.75	1.05	43.20	0.023

Tubería p17	0.680	30.20	1.18	1.65	97.01	0.021
Tubería p48	1.779	30.20	0.32	0.44	9.53	0.029
Tubería p40	0.200	30.20	1.18	1.65	97.01	0.021
Tubería p39	4.027	30.20	0.32	0.44	9.53	0.029
Tubería T3	1.820	30.20	0.32	0.44	9.53	0.029
Tubería p18	0.710	30.20	1.18	1.65	97.01	0.021
Tubería p120	3.554	30.20	0.50	0.70	21.16	0.026
Tubería p151	1.279	30.20	1.50	2.09	148.14	0.020
Tubería p32	1.357	30.20	-0.32	0.44	9.53	0.029
Tubería p150	0.155	30.20	1.50	2.09	148.14	0.020
Tubería p130	1.897	30.20	0.75	1.05	43.20	0.023
Tubería p104	0.796	30.20	1.58	2.21	163.19	0.020
Tubería p108	2.841	30.20	2.25	3.14	306.76	0.018
Tubería p54	0.762	30.20	0.75	1.05	43.20	0.023
Tubería p71	0.798	30.20	0.03	0.03	0.13	0.062
Tubería p64	1.549	30.20	1.58	2.21	163.19	0.020
Tubería p72	0.797	30.20	0.03	0.03	0.13	0.061
Tubería p73	0.797	30.20	0.03	0.03	0.13	0.062
Tubería p74	0.797	30.20	0.03	0.03	0.13	0.061
Tubería p65	1.549	30.20	0.03	0.03	0.13	0.062
Tubería p68	2.044	30.20	1.58	2.21	163.19	0.020
Tubería p62	1.546	30.20	1.58	2.21	163.19	0.020
Tubería p67	2.044	30.20	1.58	2.21	163.19	0.020
Tubería p70	2.044	30.20	1.58	2.21	163.19	0.020
Tubería p66	1.549	30.20	0.03	0.03	0.13	0.062
Tubería p75	0.797	30.20	1.58	2.21	163.19	0.020
Tubería p82	0.990	30.20	0.75	1.05	43.20	0.023
Tubería p147	0.050	30.20	1.50	2.09	148.16	0.020
Tubería T11	1.732	30.20	0.87	1.21	55.78	0.023
Tubería p148	0.483	30.20	1.50	2.09	148.14	0.020
Tubería p149	0.200	30.20	1.50	2.09	148.14	0.020
Tubería p58	1.549	30.20	0.03	0.03	0.13	0.062
Tubería p76	0.797	30.20	1.58	2.21	163.19	0.020
Tubería p61	1.546	30.20	1.58	2.21	163.19	0.020
Tubería T5	0.780	30.20	0.32	0.44	9.53	0.029
Tubería p63	1.549	30.20	1.58	2.21	163.19	0.020

Tubería p59	0.796	30.20	1.58	2.21	163.19	0.020

Tabla 14. Modelación - Tubería diámetro 82.8 mm Piso 1

Link ID	*Longitud (m)*	*Diametro (mm)*	*Caudal (LPS)*	*Velocidad (m/s)*	*Carga unitaria de perdida de energía (m/km)*	*Factor de fricción*
Tubería p124	5.447	43.68	1.82	1.21	35.55	0.021
Tubería p115	2.746	43.68	1.68	1.12	31.04	0.021
Tubería p45	4.714	43.68	1.48	0.99	24.79	0.022
Tubería p129	1.968	43.68	1.50	1.00	25.29	0.022
Tubería p123	0.751	43.68	1.82	1.21	35.55	0.021
Tubería p44	0.143	43.68	1.48	0.99	24.79	0.022
Tubería p125	10.840	43.68	1.82	1.21	35.55	0.021
Tubería p42	3.783	43.68	1.48	0.99	24.79	0.022
Tubería p43	0.199	43.68	1.48	0.99	24.80	0.022

Tabla 15. Modelación - Tubería diámetro 54.58 mm Piso 1

Link ID	*Longitud (m)*	*Diametro (mm)*	*Caudal (LPS)*	*Velocidad (m/s)*	*Carga unitaria de perdida de energía (m/km)*	*Factor de fricción*
Tubería p145	0.856	54.58	0.63	0.27	1.92	0.028
Tubería p4	3.523	54.58	1.58	0.68	9.60	0.022
Tubería p7	0.516	54.58	11.16	4.77	320.84	0.015
Tubería p88	0.846	54.58	11.13	4.76	319.53	0.015
Tubería p87	1.549	54.58	0.03	0.01	0.01	0.113
Tubería T4	0.918	54.58	8.68	3.71	203.23	0.016
Tubería p89	0.515	54.58	11.11	4.75	318.22	0.015
Tubería p92	0.177	54.58	7.92	3.38	171.81	0.016
Tubería p91	0.712	54.58	9.50	4.06	239.31	0.016
Tubería p90	0.944	54.58	11.08	4.74	316.92	0.015
Tubería p33	0.200	54.58	1.58	0.68	9.59	0.022
Tubería p34	1.134	54.58	1.58	0.68	9.60	0.022
Tubería p35	0.126	54.58	1.58	0.68	9.61	0.022

Tubería p55	1.315	54.58	9.00	3.85	216.90	0.016
Tubería p79	9.321	54.58	0.63	0.27	1.92	0.028
Tubería p57	0.700	54.58	9.00	3.85	216.90	0.016
Tubería p56	0.205	54.58	9.00	3.85	216.90	0.016
Tubería p93	0.665	54.58	6.33	2.71	114.69	0.017
Tubería p105	0.639	54.58	3.17	1.35	32.96	0.019
Tubería p103	0.213	54.58	5.42	2.32	86.47	0.017
Tubería p102	0.848	54.58	7.00	2.99	137.46	0.016
Tubería p106	0.868	54.58	1.58	0.68	9.60	0.022
Tubería p114	1.710	54.58	3.50	1.50	39.43	0.019
Tubería p113	4.573	54.58	2.98	1.28	29.63	0.020
Tubería p112	5.889	54.58	2.98	1.28	29.63	0.020
Tubería p96	0.196	54.58	1.58	0.68	9.60	0.022
Tubería p95	0.689	54.58	3.17	1.35	32.96	0.019
Tubería p94	0.182	54.58	4.75	2.03	68.25	0.018
Tubería p98	0.513	54.58	8.66	3.70	202.17	0.016
Tubería p101	1.415	54.58	8.58	3.67	198.99	0.016
Tubería p100	0.514	54.58	8.61	3.68	200.05	0.016
Tubería p99	0.849	54.58	8.63	3.69	201.10	0.016

Tabla 16. Modelación - Tubería diámetro 66.07 mm Piso 1

Link ID	***Longitud (m)***	***Diametro (mm)***	***Caudal (LPS)***	***Velocidad (m/s)***	***Carga unitaria de perdida de energía (m/km)***	***Factor de fricción***
Tubería p10	1.605	66.07	11.50	3.35	134.53	0.016
Tubería p9	0.103	66.07	11.50	3.35	134.53	0.016
Tubería p8	0.670	66.07	11.50	3.35	134.53	0.016
Tubería T2	1.310	66.07	11.18	3.26	127.87	0.016
Tubería p80	14.290	66.07	6.48	1.89	47.68	0.017
Tubería p60	0.288	66.07	11.18	3.26	127.87	0.016

Tabla 17. Modelación - Tubería diámetro 80.42 mm Piso 1

Link ID	***Longitud (m)***	***Diametro (mm)***	***Caudal (LPS)***	***Velocidad (m/s)***	***Carga unitaria de perdida de energía (m/km)***	***Factor de fricción***
Tubería p81	0.903	80.42	22.19	4.37	172.28	0.014
Tubería p11	0.406	80.42	22.19	4.37	172.27	0.014
Tubería p3	10.840	80.42	51.39	10.12	807.59	0.012
Tubería p2	1.543	80.42	51.39	10.12	807.59	0.012
Tubería p86	0.542	80.42	28.67	5.64	275.48	0.014
Tubería p85	2.774	80.42	37.67	7.42	455.08	0.013
Tubería p83	12.790	80.42	50.76	9.99	789.25	0.012
Tubería p84	2.028	80.42	39.26	7.73	490.96	0.013

Tabla 18. Modelación - Tubería diámetro 18.18 mm Piso 2

Link ID	***Longitud (m)***	***Diámetro (mm)***	***Caudal (LPS)***	***Velocidad (m/s)***	***Carga unitaria de perdida de energía (m/km)***	***Factor de fricción***
Tubería p10	0.432	18.18	0.75	2.89	490.59	0.021
Tubería p23	0.431	18.18	0.75	2.89	490.59	0.021
Tubería p32	0.432	18.18	0.75	2.89	490.59	0.021
Tubería p33	0.853	18.18	0.75	2.89	490.59	0.021
Tubería p48	0.780	18.18	1.50	5.78	1708.36	0.018

Tabla 19. Modelación - Tubería diámetro 30.20 mm Piso 2

Link ID	***Longitud (m)***	***Diámetro (mm)***	***Caudal (LPS)***	***Velocidad (m/s)***	***Carga unitaria de perdida de energía (m/km)***	***Factor de fricción***
Tubería p4	1.000	30.20	0.03	0.03	0.13	0.062
Tubería p25	1.003	30.20	0.32	0.44	9.53	0.029
Tubería p26	1.816	30.20	0.32	0.44	9.53	0.029
Tubería p18	1.530	30.20	1.58	2.21	163.19	0.020

Tubería p19	1.530	30.20	0.03	0.03	0.13	0.062
Tubería p22	2.009	30.20	1.58	2.21	163.19	0.020
Tubería p47	2.636	30.20	2.25	3.14	306.76	0.018
Tubería p1	1.000	30.20	1.58	2.21	163.19	0.020
Tubería p51	0.464	30.20	0.03	0.03	0.13	0.063
Tubería p3	1.000	30.20	1.58	2.21	163.19	0.020
Tubería p2	1.000	30.20	1.58	2.21	163.19	0.020
Tubería p45	1.000	30.20	1.58	2.21	163.19	0.020
Tubería p7	1.000	30.20	0.03	0.03	0.13	0.061
Tubería p12	2.045	30.20	1.58	2.21	163.19	0.020
Tubería p13	1.530	30.20	0.03	0.03	0.13	0.062
Tubería p5	1.000	30.20	0.03	0.03	0.13	0.062
Tubería p11	2.045	30.20	1.58	2.21	163.19	0.020
Tubería p6	1.000	30.20	0.03	0.03	0.13	0.062
Tubería p8	2.045	30.20	1.58	2.21	163.19	0.020
Tubería p16	1.530	30.20	1.58	2.21	163.19	0.020
Tubería p17	1.530	30.20	1.58	2.21	163.19	0.020
Tubería p14	1.530	30.20	0.03	0.03	0.13	0.062
Tubería p15	1.530	30.20	1.58	2.21	163.19	0.020

Tabla 20. Modelación - Tubería diámetro 54.58 mm Piso 2

Link ID	***Longitud (m)***	***Diámetro (mm)***	***Caudal (LPS)***	***Velocidad (m/s)***	***Carga unitaria de perdida de energía (m/km)***	***Factor de fricción***
Tubería p52	0.675	54.58	11.50	4.92	339.00	0.015
Tubería p44	0.868	54.58	1.58	0.68	9.60	0.022
Tubería p9	0.414	54.58	9.00	3.85	216.90	0.016
Tubería p64	0.689	54.58	3.17	1.35	32.96	0.019
Tubería p63	0.182	54.58	4.75	2.03	68.25	0.018
Tubería p53	0.094	54.58	11.50	4.92	339.01	0.015
Tubería p59	0.944	54.58	11.08	4.74	316.92	0.015
Tubería p60	0.712	54.58	9.50	4.06	239.31	0.016
Tubería p61	0.177	54.58	7.92	3.38	171.81	0.016
Tubería p62	0.665	54.58	6.33	2.71	114.69	0.017

Tubería p55	0.701	54.58	11.50	4.92	339.00	0.015
Tubería p56	1.530	54.58	0.03	0.01	0.01	0.114
Tubería p57	0.846	54.58	11.13	4.76	319.53	0.015
Tubería p58	0.515	54.58	11.11	4.75	318.22	0.015
Tubería p43	0.639	54.58	3.17	1.35	32.96	0.019
Tubería p28	0.200	54.58	1.61	0.69	9.87	0.022
Tubería p29	1.136	54.58	1.61	0.69	9.87	0.022
Tubería p30	0.326	54.58	1.61	0.69	9.87	0.022
Tubería p31	1.312	54.58	11.18	4.78	322.15	0.015
Tubería p20	0.290	54.58	11.18	4.78	322.15	0.015
Tubería p21	2.620	54.58	1.61	0.69	9.87	0.022
Tubería p24	0.516	54.58	11.16	4.77	320.84	0.015
Tubería p27	0.211	54.58	9.00	3.85	216.90	0.016
Tubería p34	0.725	54.58	9.00	3.85	216.90	0.016
Tubería p39	0.514	54.58	8.61	3.68	200.05	0.016
Tubería p40	1.415	54.58	8.58	3.67	198.99	0.016
Tubería p41	0.848	54.58	7.00	2.99	137.46	0.016
Tubería p42	0.213	54.58	5.42	2.32	86.47	0.017
Tubería p65	0.196	54.58	1.58	0.68	9.60	0.022
Tubería p36	0.892	54.58	8.68	3.71	203.23	0.016
Tubería p37	0.513	54.58	8.66	3.70	202.16	0.016
Tubería p38	0.849	54.58	8.63	3.69	201.11	0.016

Tabla 21. Modelación - Tubería diámetro 82.8 mm Piso 2

Link ID	***Longitud (m)***	***Diámetro (mm)***	***Caudal (LPS)***	***Velocidad (m/s)***	***Carga unitaria de perdida de energía (m/km)***	***Factor de fricción***
Tubería p35	0.731	80.42	22.11	4.35	171.11	0.014
Tubería p49	2.785	80.42	13.11	2.58	66.06	0.016
Tubería p50	2.228	80.42	11.50	2.26	52.11	0.016

Figura 14. Longitudes equivalentes para válvula de compuerta abierta

Tabla 3.24



Válvula de compuerta abierta
Longitudes equivalentes (m)
Le = [0,17ϕ + 0,03] (120 / C) ^{1,85}

	Coeficiente				
ϕ"	100	120	130	140	150
1/2	0,16	0,12	0,10	0,09	0,08
3/4	0,22	0,16	0,14	0,12	0,10
1	0,28	0,20	0,17	0,15	0,13
1 1/4	0,34	0,24	0,21	0,18	0,16
1 1/2	0,40	0,29	0,25	0,21	0,19
2	0,52	0,37	0,32	0,28	0,24
2 1/2	0,64	0,46	0,39	0,34	0,30
3	0,76	0,54	0,47	0,41	0,36
4	0,99	0,71	0,61	0,53	0,47
6	1,47	1,05	0,91		
8	1,95	1,39	1,20		
10	2,42	1,73	1,49		
12	2,90	2,07	1,78		
14	3,38	2,41	2,08		

Fuente. Tomado de: Instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones – Rafael Pérez Carmona

Figura 15. Longitudes equivalentes para válvula de globo abierta

Tabla 3.25



Válvula de globo abierta
Longitudes equivalentes (m)
Le = [8,44ϕ + 0,5] (120 / C) ^{1,85}

	Coeficientes				
ϕ"	100	120	130	140	150
1/2	6,61	4,72	4,07	3,55	3,12
3/4	9,57	6,83	5,89	5,13	4,52
1	12,53	8,94	7,71	6,72	5,92
1 1/4	15,48	11,05	9,53	8,31	7,31
1 1/2	18,44	13,16	11,35	9,89	8,71
2	24,35	17,38	14,99	13,06	11,50
2 1/2	30,26	21,60	18,62	16,24	14,29
3	36,18	25,82	22,26	19,41	17,09
4	48,00	34,26	29,54	25,75	22,67
6	71,65	51,14	44,09		
8	95,31	68,02	58,65		
10	118,96	84,90	73,20		
12	142,61	101,78	87,76		
14	166,26	118,66	102,31		

Fuente: Tomado de: Instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones – Rafael Pérez Carmona

Figura 16. Pérdidas por válvulas de retención

Tabla 3.32

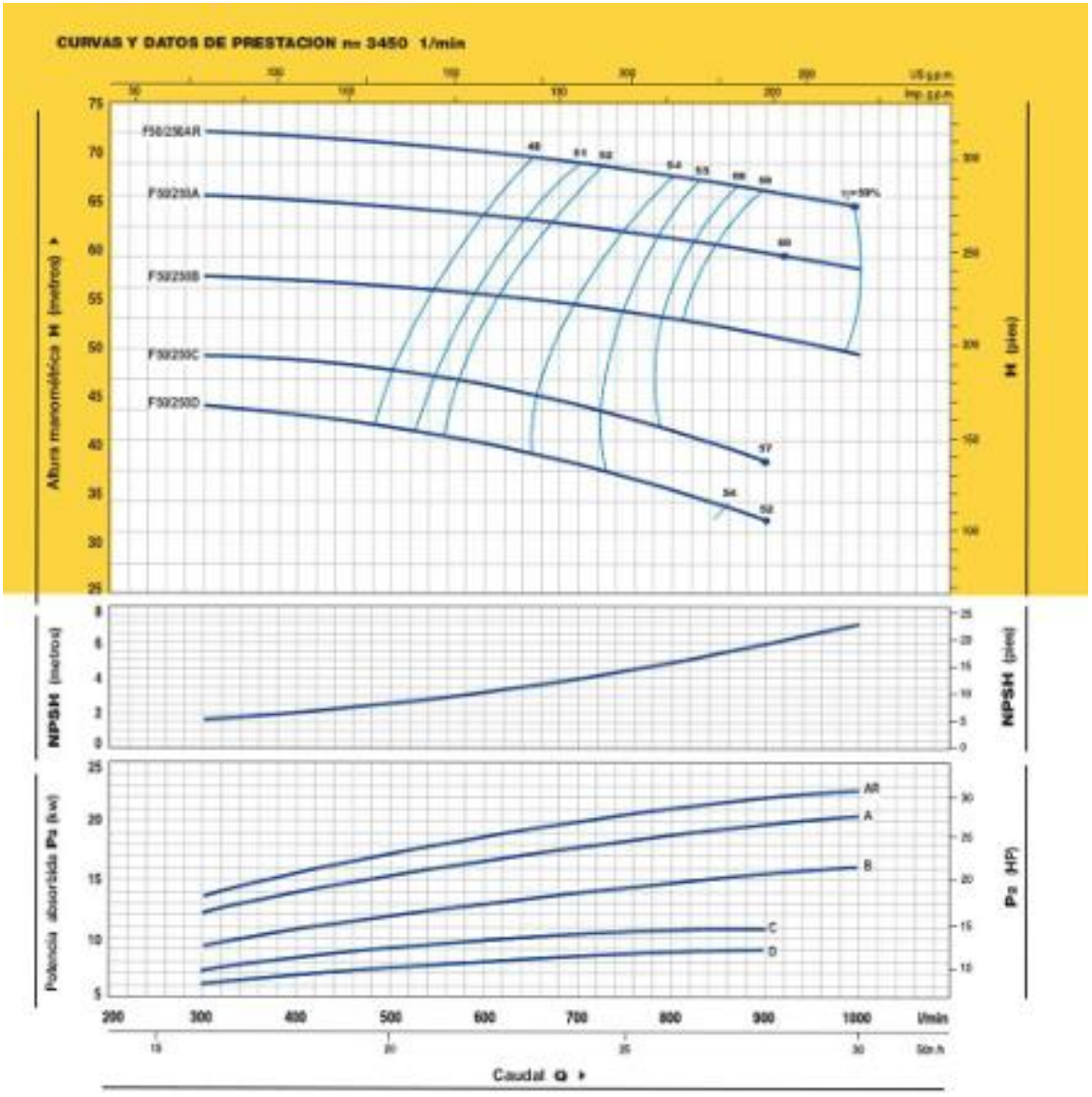


Válvula de retención tipo liviano
Longitudes equivalentes (m)
Le = [2Φ + 0,2] (120 / C) ^{1,85}

Φ"	Coeficientes 100	120	130	140	150
1/2	1,68	1,20	1,03	0,90	0,79
3/4	2,38	1,70	1,47	1,28	1,13
1	3,08	2,20	1,90	1,65	1,46
1 1/	43,78	2,70	2,33	2,03	1,79
1 1/2	4,48	3,20	2,76	2,41	2,12
2	5,88	4,20	3,62	3,16	2,78
2 1/2		7,29	5,20	4,48	3,91
3	8,69	6,20	5,35	4,66	4,10
4	11,49	8,20	7,07		
6	17,09	12,20	10,52		
8	22,70	16,20	13,97		
10	28,30	20,20	17,42		
12	33,91	24,20	20,87		
14	39,51	28,20	24,31		

Fuente: Tomado de: Instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones – Rafael Pérez Carmona

Figura 17. Bomba seleccionada



TIPO Trifásica	POTENCIA kW	POTENCIA HP	Q l/min	0	18	24	30	36	42	48	54	60
				0	300	400	500	600	700	800	900	1000
F 50/250D	9.2	12.5	H m	51	51	49	47	44	41	37	32	
F 50/250C	11	15		59	59	58	57	54	51	47	42	
F 50/250B	15	20		72	72	71	70	69	67	65	62	59
F 50/250A	18.5	25		85	85	84	83	82	80	78	76	73
F 50/250AR	22	30		95	95	94	93	92	90	88	86	83

Q = Caudal H = Altura manométrica total

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO 9906 App A.