

Para realizar la simulación hidráulica en EPANET se realizaron las siguientes actividades:

- Se realizó la digitalización de la información topográfica, el cual brindo el plano base para los trazados de las redes que componen el sistema e acueducto.
- Se determinó la curva de demanda de la población mediante semejanza con otras comunidades que tengan las mismas características poblacionales y de altura sobre el nivel del mar.
- Con el software EPANET se realizó el cálculo de cada una de las redes.

5.3.1 Modelación hidráulica

A continuación, se presentan los resultados de la modelación de la red:

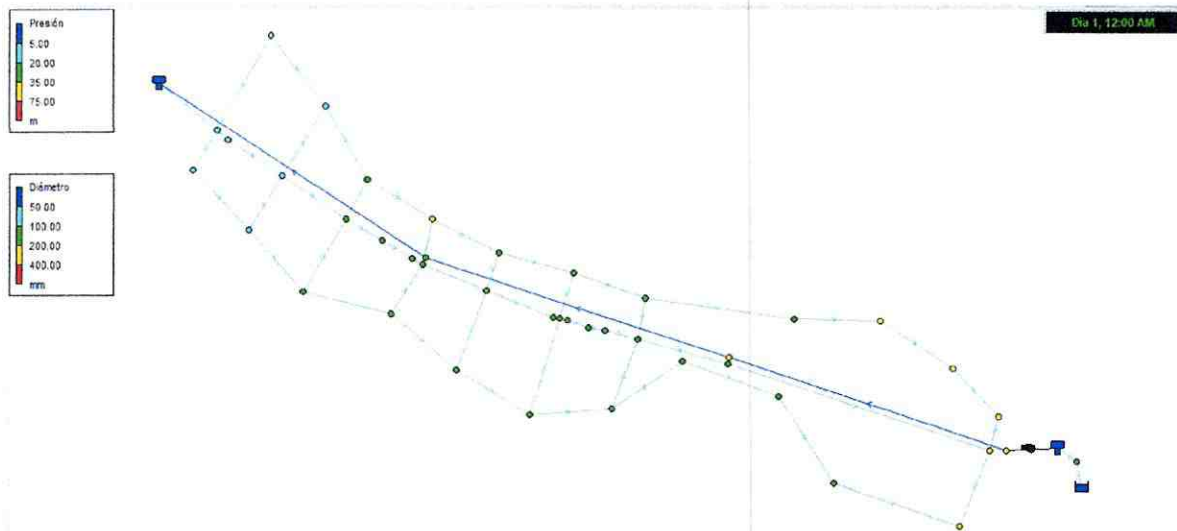


Tabla 10. Estado de los nodos

ID	COTA	DEMANDA	ALTURA	PRESIÓN
Conexión n1	969,3	0,1	987,36	18,02
Conexión n2	970,7	0,06	987,34	16,61
Conexión n3	968,5	0,04	987,35	18,81
Conexión n4	967,6	0,18	987,33	19,69
Conexión n5	966,8	0,06	987,33	20,49
Conexión n6	967	0,03	987,33	20,29
Conexión n7	964	0,04	987,32	23,27
Conexión n8	966	0,2	987,32	21,28
Conexión n9	965,8	0,03	987,32	21,48
Conexión n10	962,8	0	987,31	24,46
Conexión n12	960,9	0,03	987,3	26,35

ID	COTA	DEMANDA	ALTURA	PRESIÓN
Conexión n13	962,7	0,11	987,3	24,55
Conexión n14	962,9	0	987,3	24,35
Conexión n15	959,3	0,07	987,29	27,94
Conexión n16	961	0,1	987,29	26,24
Conexión n17	960.701	0,07	987,29	26,54
Conexión n18	958,9	0	987,29	28,33
Conexión n19	959,5	0,17	987,29	27,74
Conexión n20	959,9	0	987,29	27,34
Conexión n22	958,5	0	987,29	28,73
Conexión n23	954,5	0,06	987,29	32,72
Conexión n24	952,3	0,07	987,29	34,92
Conexión n25	947,8	0,14	987,29	39,41
Conexión n26	947,3	0,11	987,29	39,91
Conexión n28	946,6	0,03	987,31	40,63
Conexión n31	955,6	0	987,29	31,63
Conexión n32	951,3	0	987,29	35,92
Conexión n33	949,4	0,07	987,29	37,81
Conexión n34	947,9	0,07	987,29	39,31
Conexión n36	969	0,11	987,35	18,32
Conexión n38	964,9	0,07	987,32	22,37
Conexión n39	964,3	0	987,31	22,97
Conexión n41	964,1	0,13	987,31	23,16
Conexión n42	961,1	0	987,3	26,14
Conexión n43	960,9	0,11	987,29	26,34
Conexión n44	960,6	0,08	987,29	26,64
Conexión n45	960,3	0,1	987,29	26,94
Conexión n46	957,1	0,08	987,29	30,13
Conexión 4	947	0	975,38	28,32
Conexión 5	947	0	1017,35	70,21
Conexión 6	957	0	1008,8	51,69
Conexión 7	964,1	0	999,85	35,68
Embalse 3	1000	-154,16	1000	0
Depósito 1	947	152,2	950,75	3,75
Depósito 2	985,7	-0,54	987,4	1,7

Tabla 11. Estado de las tuberías en la línea de aducción

ID Línea	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad
Tubería p1	44,56	76,2	0,0015	0,6	0,13
Tubería p2	19,24	76,2	0,0015	0,76	0,17
Tubería p3	33,67	76,2	0,1	0,13	0,03
Tubería p4	25,95	76,2	0,0015	-0,05	0,01
Tubería p5	34,19	76,2	0,0015	0,05	0,01
Tubería p6	18,23	76,2	0,0015	0	0
Tubería p8	34,99	76,2	0,0015	0,01	0

ID Línea	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad
Tubería p9	15,97	76,2	0,0015	-0,04	0,01
Tubería p10	41,32	76,2	0,0015	0,06	0,01
Tubería p11	19,75	76,2	0,0015	-0,08	0,02
Tubería p12	30,49	76,2	0,0015	0,09	0,02
Tubería p13	17,24	76,2	0,0015	-0,12	0,03
Tubería p14	33,26	76,2	0,0015	0,72	0,16
Tubería p15	33,7	76,2	0,0015	0,64	0,14
Tubería p16	36,43	76,2	0,0015	0,54	0,12
Tubería p18	35,02	76,2	0,0015	0,41	0,09
Tubería p19	33,39	76,2	0,0015	0,29	0,06
Tubería p20	34,9	76,2	0,0015	0,2	0,04
Tubería p21	41,45	76,2	0,0015	0,2	0,04
Tubería p22	41,99	76,2	0,0015	0,14	0,03
Tubería p23	53,6	76,2	0,0015	0,07	0,02
Tubería p24	33,41	76,2	0,0015	-0,07	0,01
Tubería p25	36,42	76,2	0,0015	0,55	0,12
Tubería p27	30,97	76,2	0,0015	0,59	0,13
Tubería p29	31,55	76,2	0,0015	0,44	0,1
Tubería p32	34,72	76,2	0,1	0,18	0,04
Tubería p33	35,31	76,2	0,0015	0,18	0,04
Tubería p34	26,89	76,2	0,015	0,11	0,02
Tubería p35	14,15	76,2	0,015	0,04	0,01
Tubería p37	5.934	76,2	0,1	1,04	0,23
Tubería p38	27,02	76,2	0,0015	0,93	0,2
Tubería p41	16,71	76,2	0,0015	0,52	0,11
Tubería p42	14,4	76,2	0,0015	0,45	0,1
Tubería p44	27,98	76,2	0,0015	0,5	0,11
Tubería p45	29,04	76,2	0,0015	0,44	0,1
Tubería p46	2.699	76,2	0,0015	0,44	0,1
Tubería p47	3.269	76,2	0,0015	0,48	0,1
Tubería p48	9.297	76,2	0,0015	0,37	0,08
Tubería p49	6.935	76,2	0,0015	0,28	0,06
Tubería p50	13,61	76,2	0,0015	0,18	0,04
Tubería p51	37,55	76,2	0,0015	0,22	0,05
Tubería p52	111,4	76,2	0,0015	0,14	0,03
Tubería 1	35,58	76,2	0,0015	0,45	0,1
Tubería 2	34,48	76,2	0,0015	-0,62	0,14
Tubería 3	17.708	76,2	0,0015	-0,08	0,02
Tubería 4	29.728	76,2	0,0015	-0,09	0,02
Tubería 5	30.645	76,2	0,0015	-0,48	0,11
Tubería 6	31.022	76,2	0,0015	-0,3	0,06
Tubería 7	60.390	76,2	0,0015	0,18	0,04
Tubería 9	31.412	76,2	0,0015	-0,67	0,15
Tubería 10	14.403	76,2	0,0015	0,45	0,1

ID Línea	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad
Tubería 11	3	76,2	0,0015	0,08	33,8
Tubería 12	3	76,2	0,0015	0,09	33,8
Tubería 13	110	38,1	0,0015	1,96	1,72
Tubería 14	115	38,1	0,0015	1,96	1,72
Tubería 15	160	38,1	0,0015	1,96	1,72
Tubería 16	10	76,2	0,0015	2,5	0,55

Tabla 12. Resumen de tuberías

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Tubería Succión 3" RDE 21	10m
Tubería impulsión 3" RDE 21	385m

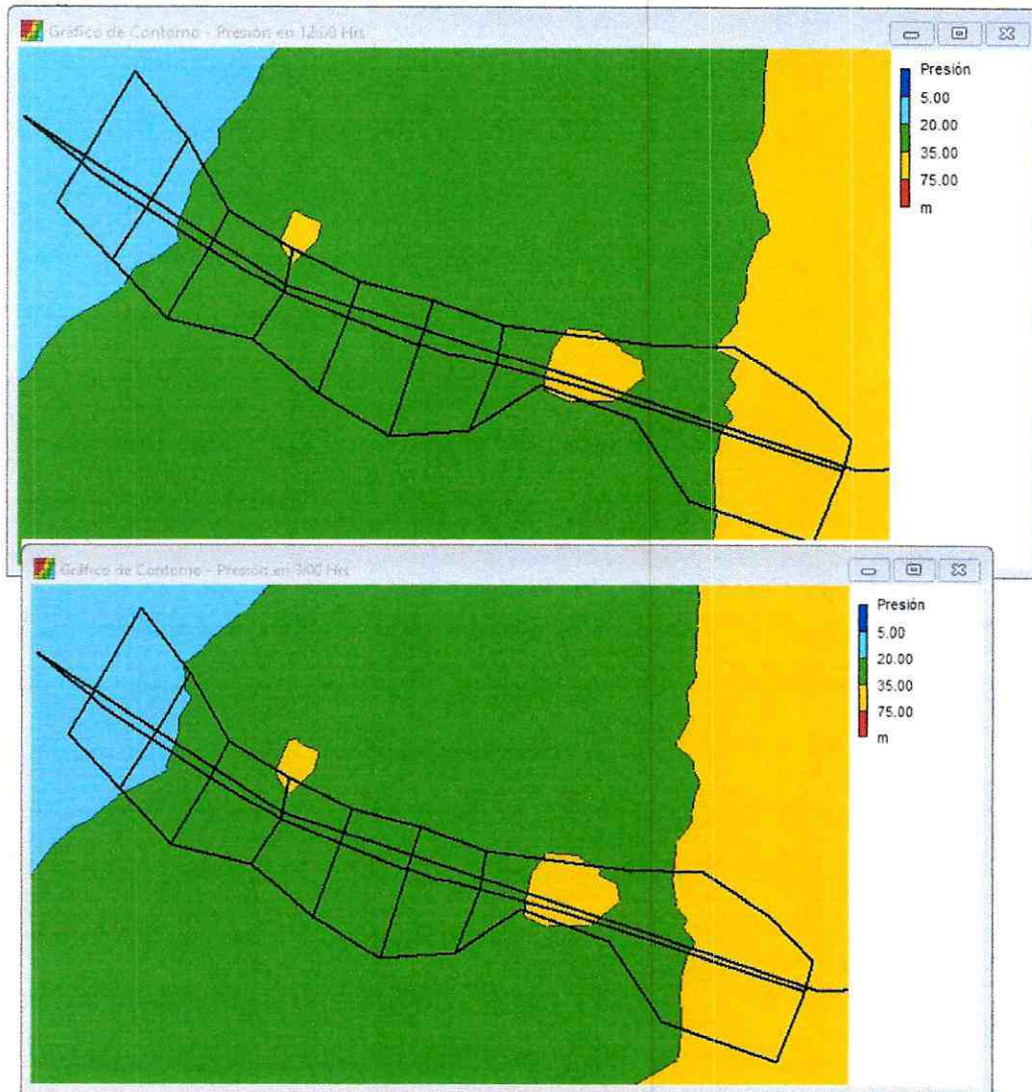


Figura 3. Mapa de contorno de presiones hora de mínimo consumo 3:00

Para la modelación se tuvo en cuenta los factores de consumo de la ciudad de Ibagué, ya que presentan condiciones similares en cuanto a población, altura sobre nivel del mar.

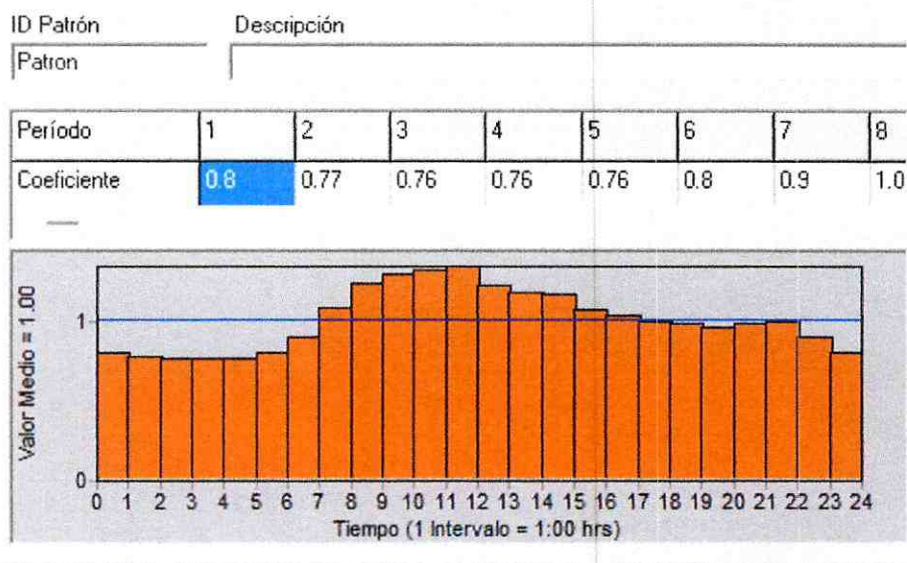


Figura 4. Factor de consumos

Tabla 13. Factores de consumo

Hora	Factor Demanda
12:00 a. m.	0,80
1:00 a. m.	0,80
2:00 a. m.	0,77
3:00 a. m.	0,76
4:00 a. m.	0,76
5:00 a. m.	0,76
6:00 a. m.	0,80
7:00 a. m.	0,90
8:00 a. m.	1,08
9:00 a. m.	1,24
10:00 a. m.	1,30
11:00 a. m.	1,32
12:00 p. m.	1,35
1:00 p. m.	1,23
2:00 p. m.	1,18
3:00 p. m.	1,16
4:00 p. m.	1,07
5:00 p. m.	1,03
6:00 p. m.	1,00
7:00 p. m.	0,98
8:00 p. m.	0,96
9:00 p. m.	0,98
10:00 p. m.	0,99
11:00 p. m.	0,89

Hora	Factor Demanda
12:00 a. m.	0,80

6 ALTERNATIVA 1

Con la finalidad de abastecer este sector se plantea una primera alternativa que consiste en un sistema de bombeo compuesto por dos tanques de almacenamiento, uno en el nivel más bajo de la zona que estará suministrado a gravedad y otro en el nivel más alto de la zona a abastecer al cuál se le suministrará el agua por bombeo y desde allí se distribuirá a gravedad a toda la red. A continuación se presentan los cálculos para esta alternativa.

6.1 Tanque suministrado a gravedad

Para el dimensionamiento del tanque abastecedor del bombeo se tienen los siguientes cálculos. Mediante el método de porcentaje de volumen de acuerdo a los consumos y suministros horarios. El consumo del tanque lo establecerá la cantidad de bombeos que se realicen al día y el suministro se establecerá como porcentaje igual en las 24 horas del día.

SUMINISTRO A GRAVEDAD TANQUE DE ALMACENAMIENTO N°1								
Hora (24h)		Consumo Horario (%)	Curva Integral Consumo (%)	Suministro Horario Continuo (%)	Curva Integral Suministro (%)	Deficit Horario	Deficit Acumulado	Volumen Horario de Agua - Tanque (%)
0	1	6,25	6,25	4,17	4,17	-2,08	-2,08	-4,17
1	2	6,25	12,50	4,17	8,33	-2,08	-4,17	-6,25
2	3	6,25	18,75	4,17	12,50	-2,08	-6,25	-8,33
3	4	6,25	25,00	4,17	16,67	-2,08	-8,33	-10,42
4	5	6,25	31,25	4,17	20,83	-2,08	-10,42	-12,50
5	6	0,00	31,25	4,17	25,00	4,17	-6,25	-8,33
6	7	0,00	31,25	4,17	29,17	4,17	-2,08	-4,17
7	8	6,25	37,50	4,17	33,33	-2,08	-4,17	-6,25
8	9	6,25	43,75	4,17	37,50	-2,08	-6,25	-8,33
9	10	6,25	50,00	4,17	41,67	-2,08	-8,33	-10,42
10	11	6,25	56,25	4,17	45,83	-2,08	-10,42	-12,50
11	12	0,00	56,25	4,17	50,00	4,17	-6,25	-8,33
12	13	0,00	56,25	4,17	54,17	4,17	-2,08	-4,17
13	14	0,00	56,25	4,17	58,33	4,17	2,08	0,00
14	15	6,25	62,50	4,17	62,50	-2,08	0,00	-2,08
15	16	6,25	68,75	4,17	66,67	-2,08	-2,08	-4,17
16	17	6,25	75,00	4,17	70,83	-2,08	-4,17	-6,25
17	18	6,25	81,25	4,17	75,00	-2,08	-6,25	-8,33
18	19	0,00	81,25	4,17	79,17	4,17	-2,08	-4,17

19	20	0,00	81,25	4,17	83,33	4,17	2,08	0,00
20	21	0,00	81,25	4,17	87,50	4,17	6,25	4,17
21	22	6,25	87,50	4,17	91,67	-2,08	4,17	2,08
22	23	6,25	93,75	4,17	95,83	-2,08	2,08	0,00
23	24	6,25	100,00	4,17	100,00	-2,08	0,00	-2,08

Punto maximo Deficit	Hora		Valor
	19	20	-10,42

Punto maximo Sobrante	Hora		Valor
	5	6	6,25

Volumen Tanque (%)	16,67
-----------------------	-------

Consumo Diario (m ³)	112,89
-------------------------------------	--------

Volumen Tanque de Succión (m ³)	24,46
---	-------

$$V = F.S * \frac{\text{Volumen Tanque}}{100} * \text{Consumo Diario [=]} m^3$$

El volumen óptimo para el tanque abastecido por gravedad será de 30m³.

6.2 Tanque de bombeo

Para el cálculo del volumen del tanque que se alimentará por bombeo, se parte de que el bombeo se realizará en dos ciclos de 4 horas cada uno, y este será el porcentaje de suministro del tanque y los consumos son los de demanda de la población.

SUMINISTRO POR BOMBEO TANQUE DE ALMACENAMIENTO N°2								
Hora (24h)		Consumo Horario (%)	Curva Integral Consumo (%)	Suministro Horario Continuo (%)	Curva Integral Suministro (%)	Deficit Horario	Deficit Acumulado	Volumen Horario de Agua - Tanque (%)
0	1	1,00	1,00	6,25	6,25	5,25	5,25	10,50

SUMINISTRO POR BOMBEO TANQUE DE ALMACENAMIENTO N°2								
Hora (24h)		Consumo Horario (%)	Curva Integral Consumo (%)	Suministro Horario Continuo (%)	Curva Integral Suministro (%)	Deficit Horario	Deficit Acumulado	Volumen Horario de Agua - Tanque (%)
1	2	1,00	2,00	6,25	12,50	5,25	10,50	15,75
2	3	1,00	3,00	6,25	18,75	5,25	15,75	21,00
3	4	1,00	4,00	6,25	25,00	5,25	21,00	26,25
4	5	2,00	6,00	6,25	31,25	4,25	25,25	30,50
5	6	4,00	10,00	0,00	31,25	-4,00	21,25	26,50
6	7	9,50	19,50	0,00	31,25	-9,50	11,75	17,00
7	8	8,00	27,50	6,25	37,50	-1,75	10,00	15,25
8	9	7,00	34,50	6,25	43,75	-0,75	9,25	14,50
9	10	4,00	38,50	6,25	50,00	2,25	11,50	16,75
10	11	3,00	41,50	6,25	56,25	3,25	14,75	20,00
11	12	5,50	47,00	0,00	56,25	-5,50	9,25	14,50
12	13	9,00	56,00	0,00	56,25	-9,00	0,25	5,50
13	14	5,00	61,00	0,00	56,25	-5,00	-4,75	0,50
14	15	3,00	64,00	6,25	62,50	3,25	-1,50	3,75
15	16	2,50	66,50	6,25	68,75	3,75	2,25	7,50
16	17	3,00	69,50	6,25	75,00	3,25	5,50	10,75
17	18	3,50	73,00	6,25	81,25	2,75	8,25	13,50
18	19	5,00	78,00	0,00	81,25	-5,00	3,25	8,50
19	20	9,00	87,00	0,00	81,25	-9,00	-5,75	-0,50
20	21	8,50	95,50	0,00	81,25	-8,50	-14,25	-9,00
21	22	2,00	97,50	6,25	87,50	4,25	-10,00	-4,75
22	23	1,50	99,00	6,25	93,75	4,75	-5,25	0,00
23	24	1,00	100,00	6,25	100,00	5,25	0,00	5,25

Punto maximo Deficit	Hora		Valor
	22	23	

Punto maximo Sobrante	Hora		Valor
	6	7	

Volumen Tanque (%)	39,50
-----------------------	-------

Consumo Diario (m ³)	112,89
-------------------------------------	--------

Volumen Tanque Elevado (m ³)	57,97
--	-------

$$V = F.S * \frac{\text{Volumen Tanque}}{100} * \text{Consumo Diario [=]} m^3$$

El volumen del tanque que será abastecido por bombeo y que distribuirá el agua a las viviendas será de 60m³.

6.3 Sistema de Bombeo

Periodo de diseño: 25 años

Caudal máximo diario: 1,80 l/s

Número total de horas de bombeo al día: 16h

Altura sobre el nivel del mar: 970,7msnm

Temperatura promedio del agua: 17°C

Tubería PVC: C:150

Se realiza a continuación el diseño hidráulico del bombeo desde el tanque de igualación hasta el tanque de almacenamiento, se tendrán en cuenta las recomendaciones de la Resolución 0330 de 2017 las cuales se presentan a continuación.

6.3.1 Consideraciones de diseño

- La estación de bombeo debe tener instaladas al menos dos bombas, una activa y otra en receso. La activa debe tener la capacidad de impulsar el caudal máximo de diseño.
- La velocidad en la succión debe mantenerse entre 0,9 y 1,5m/s.
- La velocidad en la impulsión debe mantenerse entre 1,5 y 2,4m/s.
- El NPSH disponible debe ser mayor al NPSH requerido aumentado como mínimo un 0,5m.
- Los motores eléctricos de las bombas deben de tener sistemas para regular las revoluciones por minuto del impulsor de la bomba, a través de variadores de frecuencia. la frecuencia en el motor eléctrico de la bomba debe ser como mínimo de
- Para los caudales de operación, la bomba seleccionada, junto con su motor, deben tener una eficiencia mínima en conjunto de:
 - 50% eficiencia para $Pot \leq 5kW$
 - 65% eficiencia para $5kW < Pot \leq 100kW$
 - 70% eficiencia para $Pot > 100kW$
- El valor de sumergencia debe ser mínimo 2,5 veces el diámetro de la tubería de succión, así: para bombas sumergidas, medido entre la lámina de agua y el eje de la boca de la succión; para bombas centrífugas instaladas en pozos secos, entre la lámina de agua y la clave de la tubería de succión.

6.3.2 Datos de entrada para el diseño

*Caudal de diseño	Q=	2,70	L/s
* Tiempo de bombeo diario	t=	16,00	Horas
* Temperatura media del agua	T°=	17	°C
* Aceleración de la gravedad	g=	9,81	m/s ²

6.3.3 Cálculo del diámetro de la tubería de impulsión

* Material de la tubería	PVC RDE21	
* Caudal a impulsar; $Q_i =$	2,70	L/s
* Diámetro nominal tubería; $\varnothing_n =$	2	pulg
* Diámetro interno tubería; $\varnothing_i =$	52,51	mm
* Área de la tubería de succión; $A_s =$ $\pi(\varnothing_i(m))^2/4 =$	0,0022	m ²
* Velocidad en la tubería de impulsión ; $V_i =$ $Q_i/A_s =$	1,25	m/s

Aunque la velocidad de impulsión se encuentra fuera del rango establecido por la Res. 0330/2017 se asume un diámetro de 2" para evitar posibles obstrucciones.

La tubería de impulsión será de 2 pulgadas, a través de la cual pasarán 2,7 L/s, lo cual generará una velocidad de 1,25 m/s.

6.3.3.1 Altura dinámica total de impulsión

$$H_{d,i} = [h_i + (J \times \Delta h_i) + K]; Q_i = [0,2785 \times C \times \varnothing_i^{2,63} \times J^{0,54}]; \Delta h_i = [\sum L_{e,i}]; K_i = [V_i^2 / (2 \times g)]$$

* Altura estática de impulsión	$h_i =$	38,00	m
* Caudal a impulsar	$Q_i =$	2,70	L/s
* Diámetro de la tubería	$\varnothing_i =$	2,0	pulgadas
* Diámetro int tubería de impulsión	$\varnothing_i =$	2,1	pulgadas
* Coeficiente Hazen - Williams	$C =$	150	(Tubería de PVC)
* Pérdida unitaria de carga		0,030	

6.3.3.2 Pérdidas totales en la impulsión: Las pérdidas que se generan en cada accesorio, se relacionan como longitud equivalente

No.	Accesorio	Diámetro (pulg)	Cantidad (un o m)	$L_{e,s} = (m)$ (2)	$L_{e,s} = (m)$ (2)
2	Codo de 90°	2	4	1,40	5,60
3	Válvula de Cheque	2	1	6,40	6,40
4	Válvula de compuerta	2	1	0,40	0,40
5	Tee paso de lado	2	1	3,50	3,50
6	Tee paso directo	2	1	1,10	1,10
7	Longitud recta tubería	2	2	1,00	2,00
				Long. total equivalente $= \sum L_{e,s}$	19,0
Longitud total equivalente		$D_{hs} =$	19,0	m	
Pérdidas totales		$J \times D_{hs} =$	0,6	m	

6.3.3.3 Perdidas por fricción en la impulsión: Estas pérdidas se relacionan con la fricción del líquido contra las paredes de la tubería.

* Velocidad en la tubería	$V_i =$	1,25	m/s
* Pérdidas por fricción	$K_i = V_i^2 / 2g =$	0,08	m

* Altura dinámica en la impulsión	$H_{d,i} = h_i + K_i + J_x \Delta h_s =$	38,65	m
-----------------------------------	--	-------	---

6.3.3.4 Altura dinámica total: $H_d = [H_{d,s} + H_{d,i}]$

* Altura dinámica total ; $H_d =$	38,65	m
* Altura dinámica final; $H_{df} = H_d + F =$	38,65	m

6.4 Potencia del motor de la bomba

$$P = [(g \times Q_i \times H_d) / (h \times 75)] \quad ; \quad g = [r / r_r]$$

Caudal de impulsión; $Q_i =$	2,70	L/s	
Altura dinámica total; $H_d =$	38,6	m	
Densidad del agua en el sitio; $r =$	998,80	Kg/m ³	
Densidad del agua a 4°C; $r_r =$	1000,00	Kg/m ³	
Densidad relativa del agua; $g =$	0,999		
Eficiencia teórica de la bomba; $h =$	50,0	%	
Potencia requerida del motor; $P =$	2,74	HP	
Potencia requerida del motor; $P =$	3,0	HP	FS 25%
Potencia recomendada del motor; $P =$	1,0	HP	

Para que la bomba impulse un caudal de 2,7 L/s a una altura dinámica total de 38,65 m, trabajando con una eficiencia del 50%, se requiere una potencia mínima en su motor de 3 HP.

7 ALTERNATIVA 2

La alternativa 2 consiste en realizar un bombeo directo a la red, partiendo desde un tanque en el nivel más bajo de la población a abastecer, que será llenado a gravedad por la red existente, para la simulación se parte de la premisa que el tanque está construido sobre el terreno o elevado, (No enterrado), de este tanque se conecta una bomba que impulsa el agua hasta la vivienda que se encuentra ubicada a la mayor altura a abastecer para

garantizarle la presión de servicio mínima de 10mca (15PSI), luego de allí se conecta directamente a la red de distribución. A continuación, se presentan los respectivos cálculos.

7.1 Diseño del sistema de bombeo

La tubería de impulsión que llevará el agua desde el tanque hasta el punto más elevado de diseño será de PVC - Presión de 3" RDE 21 cumpliendo con las especificaciones de la norma NTC 382, la profundidad máxima y mínima de la red de impulsión debe cumplir el artículo 60 de la resolución 0330 de 2017.

Es importante tener en cuenta que se deben instalar instrumentos de medición de caudal cumpliendo en lo estipulado en el artículo 73 de la resolución 0330 de 2017.

Se deben instalar como mínimo dos bombas, cada una con una capacidad igual al caudal de diseño de la estación de bombeo, como lo exige el artículo 78 de la resolución 0330 de 2017.

La ubicación y dimensionamiento del tanque de almacenamiento de donde se realizará la succión, fueron suministrados por el cliente, el volumen de este tanque es de 100m³.

7.1.1 Dimensionamiento de la bomba

Caudal de diseño:	2,7l/s
Tiempo de bombeo diario:	24horas
Temperatura media del agua:	17°C
Aceleración de la gravedad:	9,81 m/s ²

$$Q_b = [Q / (t / 24)]$$

Caudal a bombear:	2,7l/s
Diámetro nominal tubería:	2 Pulg
Diámetro interno tubería:	54,58 mm

Área de la tubería de succión: $A_s = \pi(\varnothing_i(m))^2/4 = 0,0023m^2$

Velocidad en la tubería de impulsión: $V_i = Q_i/A_s = 1,15 \text{ m/s}$

La tubería de impulsión será de 2 pulg, a través de la cual pasarán 2,7 L/s, lo cual generará una velocidad de 1,15 m/s.

7.1.2 Altura dinámica total

7.1.2.1 Altura dinámica total de impulsión

$$H_{d,i} = [h_i + (J \times D_{hi}) + K]; Q_i = [0,2785 \times C \times \varnothing_i^{2,63} \times J_{0,54}]; D_{hi} = [S \text{ Le},i]; K_i = [V_i^2 / (2 \times g)]$$

Altura estática de impulsión: h_i =	39m
Caudal a impulsar: Q_i =	2,7l/s
Diámetro de la tubería: \varnothing_i =	2 pulg
Diámetro int tubería de impulsión: \varnothing_i =	2 pulg
Coefficiente Hazen – Williams: C =	150
Pérdida unitaria de carga:	0,025

Pérdidas totales en la impulsión: Las pérdidas que se generan en cada accesorio, se relacionan como longitud equivalente.

No.	Accesorio	Diámetro (pulg)	Cantidad (un o m)	$Le,s = (m)^{(2)}$	$Le,s = (m)^{(2)}$
2	Codo de 90°	2	4	1,40	5,60
3	Válvula de Cheque	2	1	6,40	6,40
4	Válvula de compuerta	2	1	0,40	0,40
5	Tee paso de lado	2	1	3,50	3,50
6	Tee paso directo	2	1	1,10	1,10
7	Longitud recta tubería	2	2	1,00	2,00
				Long. total equivalente = $\sum Le,s$	19,0

Longitud total equivalente: 19m
Pérdidas totales: 0,5m

TUBERÍA Ø2" PVC RDE21 Proyectada

Diámetro de la tubería:	2pulg
Diámetro int tubería de impulsión:	2pulg
Coefficiente Hazen – Williams:	150
Pérdida Unitaria de carga:	0,025

Pérdidas totales en la impulsión: Las pérdidas que se generan en cada accesorio, se relacionan como longitud equivalente.

No.	Accesorio	Diámetro (pulg)	Cantidad (un o m)	Le,s = (m) ⁽²⁾	Le,s = (m) ⁽²⁾
1	Codo de 90°	2	7	1,40	9,80
2	Longitud recta tubería	2	382,39	1,00	382,39
				Long. total equivalente = Σ Le,s	392,2

Longitud total equivalente: 392,2m
 Pérdidas totales: 9,7m

Pérdidas por fricción en la impulsión:

Estas pérdidas se relacionan con la fricción del líquido contra las paredes de la tubería.

Velocidad en la tubería: $V_i = 1,15\text{m/s}$
 Pérdidas por fricción: $K_i = V_i^2/2g = 0,07\text{m}$

Altura dinámica en la impulsión: $H_{d,i} = h_i + K_i + J_x \Delta h_s = 49,23\text{m}$

Altura dinámica total

Altura dinámica en la succión: $H_{d,i} = 0\text{m}$
 Altura dinámica total; $H_d = 49,23\text{m}$
 Altura dinámica final; $H_{df} = H_d + F = 49,23\text{m}$

7.1.3 Potencia del motor de la bomba

$$P = [(g \times Q_i \times H_d) / (h \times 75)]$$

Caudal de impulsión; $Q_i = 2,7\text{l/s}$
 Altura dinámica total; $H_d = 49,23\text{m}$
 Densidad del agua en el sitio; $r = 998,8\text{kg/m}^3$
 Densidad del agua a 4°C; $r_r = 1000\text{kg/m}^3$
 Densidad relativa del agua; $g = 0,999$
 Eficiencia teórica de la bomba; $h = 50\%$
 Potencia requerida del motor; $P = 3,49\text{HP}$
 Potencia requerida del motor; $P = 4\text{HP}$
 Potencia recomendada del motor; $P = 4\text{HP}$
 FS 25%

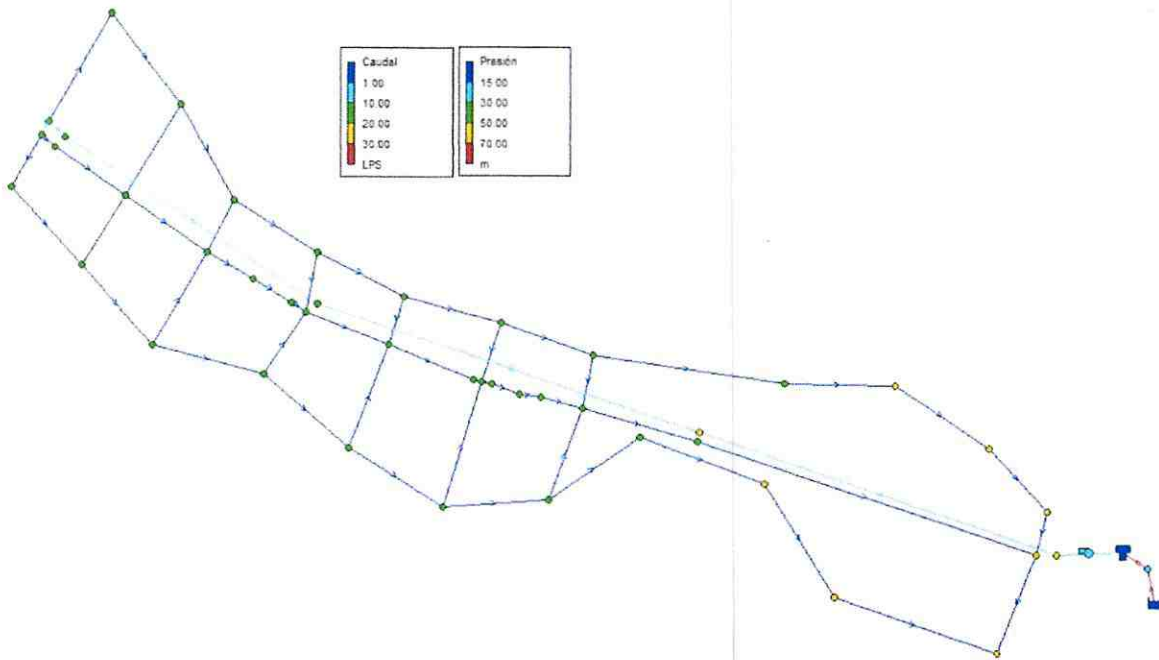


Figura 5. Modelación en EPANET de la red de impulsión

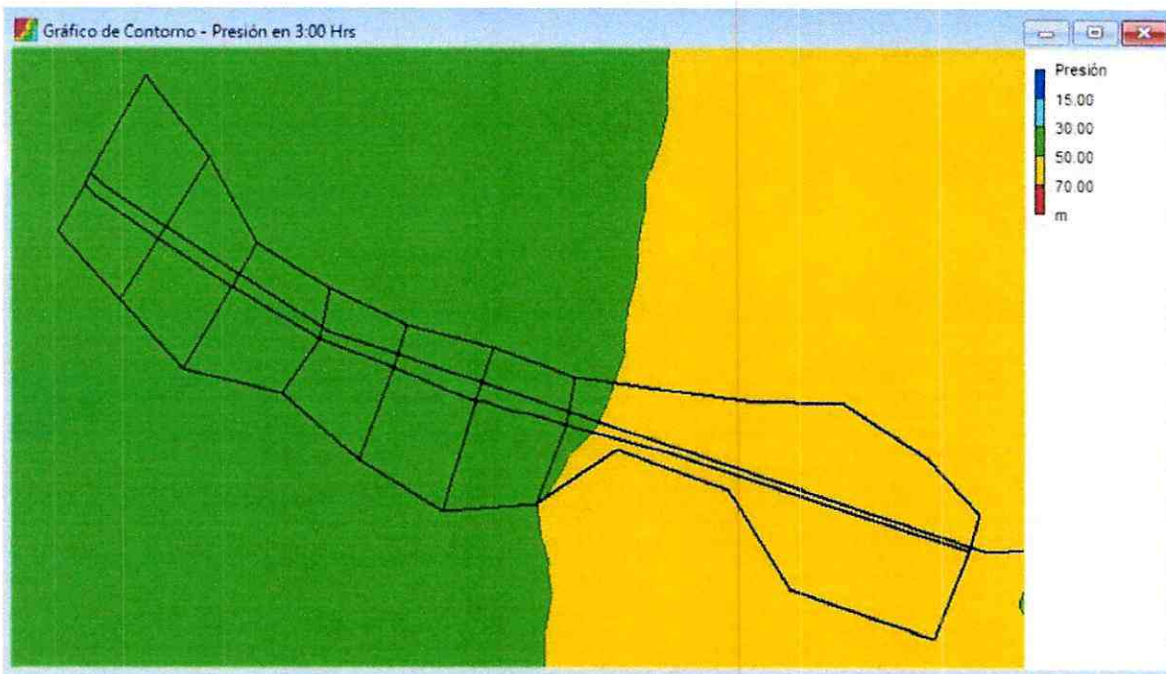


Figura 6 Comportamiento de la presión en la hora de mínimo consumo 3:00am

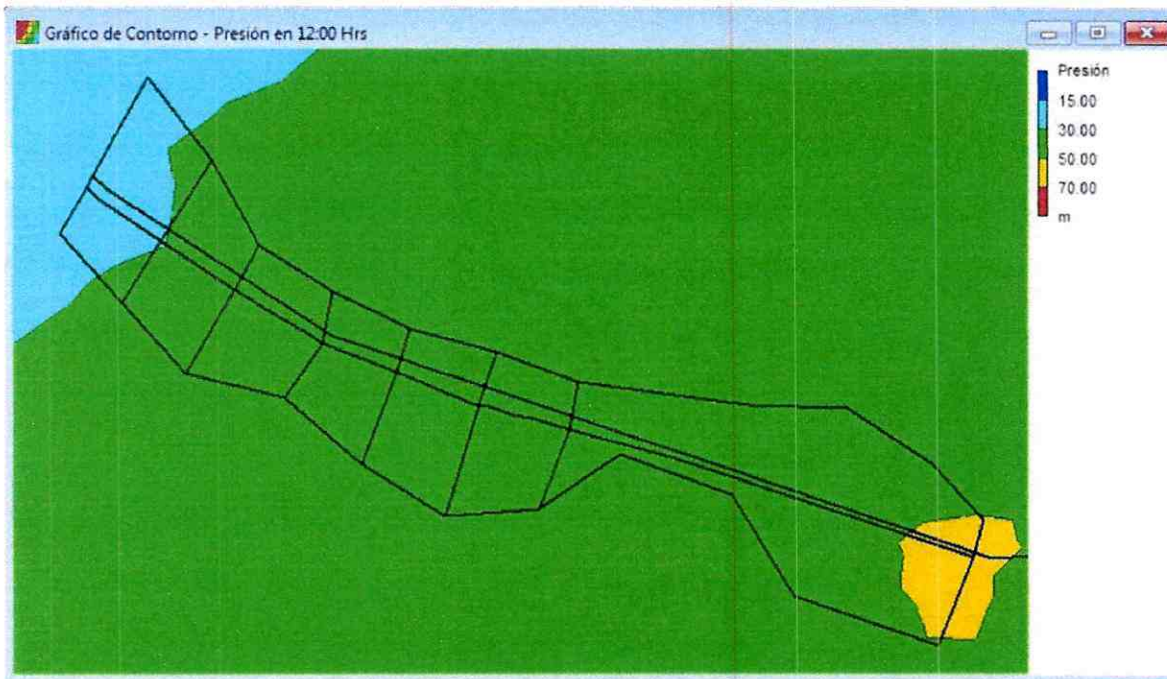


Figura 7 Comportamiento de la presión en la hora de máximo consumo

8 CONCLUSIONES

Para que la bomba impulse un caudal de 2,7l/s, funcionando las 24 horas del día, a una altura dinámica total de 49,23m, trabajando con una eficiencia del 50%, se requiere una potencia mínima en su motor de 4HP.

Es importante tener en cuenta que para la instalación y puesta en marcha del sistema de bombeo es necesario que el quipo cuente con sus respectivas válvulas, válvulas cheques, variadores de velocidad, medidores de caudales y velocidad, requerimientos eléctricos, tableros de control para el funcionamiento del sistema, diseños estructurales y arquitectónicos de la caseta o lugar de operación.

Artículo 78 Resolución 0330. "Número mínimo de unidades de bombeo. El número de bombas en la estación de bombeo debe definirse desde la etapa de diseño, de acuerdo con la capacidad requerida, las etapas de desarrollo y la energía disponible. El número de bombas debe estar sujeto a una evaluación técnica y económica, que involucre los costos de inversión, operación y mantenimiento, proyectados al período de diseño. En cualquier caso, el número mínimo de bombas es dos, cada una con una capacidad igual al caudal de diseño de la estación de bombeo".

Se debe instalar instrumentos de medición de caudal cumpliendo en lo estipulado en el artículo 19 de la resolución 0799 de 2021 que modifica el artículo 73 de la resolución 0330 de 2017, el cual indica que: "Mediciones de

caudal. En todos los sistemas se deben instalar estructuras o instrumentos de medición en la tubería y respetando las condiciones de instalación del tipo de medidor, que permitan la lectura y/o captura y almacenamiento de datos.

La medición debe hacerse como mínimo en los siguientes puntos:

1. En la entrada de las plantas de tratamiento, por cada una de las fuentes.
2. En la salida de sistemas de bombeo, superficial o pozo profundo.
3. En la salida de las plantas de tratamiento.
4. En la red de abastecimiento, en la entrada a los sectores hidráulicos.
5. En la salida de los tanques de almacenamiento.

Realizó:



Paola Andrea Arango
Ing. Sanitaria

Revisó:



Mauricio Peláez Calle
Ing. Sanitario



RICARDO VILLANUEVA MENDOZA

ESTUDIOS TOPOGRAFICOS

Cel: 313 352 7659 - 324 365 5843

Email: ricardovmtopo@gmail.com

ZONA DISPOSICION TANQUE CALUCAIMA

PUNTO	NORTE	ESTE	COTA	DETALLE
1	984345,91	881310,937	944,955	D1
2	984312,325	881305,034	945,055	D2
3	984310,907	881302,427	945,106	CANCHA
4	984321,066	881314,702	945,14	NV
5	984331,211	881327,153	945,095	CANCHA
6	984336,774	881313,086	945,11	CANCHA
7	984338,352	881312,855	945,144	MALLA
8	984340,203	881312,642	944,906	P L
9	984340,326	881313,381	944,934	TOP
10	984341,447	881313,698	944,529	TOP
11	984342,731	881313,686	944,67	BV
12	984345,793	881313,841	944,47	BV
13	984345,844	881320,939	944,019	BV
14	984342,55	881320,468	943,857	BV
15	984341,927	881320,355	943,788	TOP
16	984338,4	881319,767	944,494	TOP
17	984338,009	881319,669	944,85	TOP
18	984335,877	881319,092	945,069	TOP
19	984338,869	881317,95	945,083	PZ
20	984334,212	881323,328	944,942	TOP
21	984336,64	881323,951	944,922	TOP
22	984338,67	881324,243	944,145	TOP
23	984340,424	881324,327	943,615	TOP
24	984342,371	881324,355	943,593	BV
25	984345,453	881324,258	943,715	BV
26	984345,557	881331,157	943,339	BV
27	984342,474	881330,787	943,372	BV
28	984341,534	881330,728	943,127	TOP
29	984338,324	881330,304	943,533	TOP
30	984338,109	881330,362	944,076	TOP
31	984336,117	881329,846	944,869	TOP
32	984332,415	881328,381	944,959	TOP
33	984332,079	881328,37	945,041	MALLA
34	984330,404	881332,804	944,655	TOP
35	984333,066	881333,063	944,689	TOP
36	984334,218	881333,252	944,153	TOP
37	984336,365	881333,716	944,25	TOP
38	984338,342	881333,916	943,467	TOP
39	984341,695	881333,708	943,022	TOP
40	984342,448	881333,66	943,215	BV

41	984346,079	881333,668	943,203	BV
42	984336,272	881330,646	944,596	ARB
43	984338,149	881328,627	944,219	ARB
44	984333,642	881327,665	944,99	ARB
45	984336,219	881327,088	944,947	PALMA
46	984339,442	881321,113	944,535	ARB
47	984338,124	881316,19	945,114	ARB
48	984310,89	881302,345	945,114	CANCHA
49	984309,92	881301,603	945,082	MALLA
50	984303,735	881316,562	944,937	MALLA
51	984305,165	881316,349	945,065	CANCHA
52	984346,484	881334,134	943,392	D3
53	984335,431	881316,672	945,145	REF
54	984338,632	881340,434	944,396	PZ
55	984342,363	881361,634	943,853	PZ
56	984331,587	881330,184	945,131	TOP
57	984325,974	881327,691	945,063	TOP
58	984323,931	881336,955	945,042	TOP
59	984329,338	881337,784	944,759	TOP
60	984336,061	881331,177	944,78	CR
61	984336,102	881337,798	944,393	CR
62	984338,401	881331,316	943,732	PAT
63	984338,212	881337,033	943,752	PAT
64	984342,019	881331,627	943,291	BV
65	984342,253	881337,425	943,182	BV
66	984342,934	881342,945	943,076	BV
67	984343,634	881349,143	942,901	BV
68	984340,674	881343,079	943,342	TOP
69	984341,179	881349,164	943,088	TOP
70	984338,507	881343,41	943,476	PAT
71	984339,723	881349,227	943,139	PAT
72	984336,07	881343,329	944,416	CR
73	984338,044	881349,649	943,523	CR
74	984332,372	881344,127	943,807	TOP
75	984333,206	881349,837	943,678	TOP
76	984327,014	881344,934	943,713	TOP
77	984330,053	881351,051	943,409	TOP
78	984323,753	881346,759	943,032	TOP
79	984344,382	881354,089	942,698	BV
80	984343,113	881354,303	942,921	TOP
81	984342,122	881354,538	943,216	P-L
82	984339,567	881355,125	943,364	TOP
83	984341,462	881305,454	945,372	D2
84	984335,956	881342,653	944,483	ARB
85	984339,764	881337,396	943,57	ARB
86	984337,751	881341,161	944,034	ARB
87	984332,602	881336,82	944,594	ARB

88	984334,751	881335,282	944,434	ARB
89	984329,288	881334,029	944,927	ARB
90	984336,395	881330,787	944,795	ARB
91	984328,253	881330,662	945,339	ARB
92	984333,772	881328,017	945,085	ARB
93	984323,519	881332,852	945,401	ARB
94	984338,243	881328,652	944,295	ARB
95	984326,835	881338,22	944,87	ARB
96	984329,754	881336,925	944,657	ARB
97	984332,203	881346,404	943,914	ARB
98	984334,204	881342,496	944,287	ARB
99	984336,215	881351,066	943,511	ARB
100	984338,344	881346,56	943,771	ARB
101	984340,101	881356,851	943,283	ARB
102	984334,008	881343,316	944,366	P-L
103	984328,281	881350,321	943,08	ARB
104	984324,172	881347,269	943,278	ARB
105	984342,085	881354,561	943,265	P-L
106	984343,166	881356,869	942,975	P-L
107	984346,486	881334,134	943,398	D1
108	984310,548	881303,221	945,091	REF2
109	984306,18	881314,115	945,239	REF3
110	984331,389	881326,689	945,251	REF4



 Ingeolab SAS Consultoría SUELOS-ASFALTOS-CONCRETOS	Contrato No. 001 de 2023. Contratar las obras necesarias para la construcción del sistema de almacenamiento y sistema de bombeo para abastecer de agua potable a los habitantes del barrio Calucaima en la comuna siete de la ciudad de Ibagué
--	--

CONTROL DE DOCUMENTOS


DOCUMENTO:	CÓDIGO:	FECHA:
Contrato No. 001 de 2023. Estudio de Suelos para el Proyecto denominado Construcción del sistema de almacenamiento y sistema de bombeo para abastecer de agua potable a los habitantes del barrio Calucaima en la comuna siete de la ciudad de Ibagué, Departamento del Tolima	IC-IT-009/23	24 de Abril de 2023

LISTA DE DESTINATARIOS

DESTINATARIO DEL INFORME	IDENTIFICACIÓN
CONSORCIO CALUCAIMA 2022	

CONTROL DE MODIFICACIONES

ÍNDICE REVISIÓN	CAPITULO MODIFICADO	FECHA DE MODIFICACIÓN	OBSERVACIONES	APROBADO

APROBADO POR  MARIA PATRICIA AYALA GIRALDO. Ingeniera Civil	
--	--



Ingeolab SAS
Consultoría

SUELOS-ASFALTOS-CONCRETOS

Contrato No. 001 de 2023. Contratar las obras necesarias para la construcción del sistema de almacenamiento y sistema de bombeo para abastecer de agua potable a los habitantes del barrio Calucaima en la comuna siete de la ciudad de Ibagué

ESTUDIO DE SUELOS



Fuente INGEOLAB S.A.S

CONSORCIO CALUCAIMA 2022

Abril de 2023

INTRODUCCION

En desarrollo del proyecto denominado **CONTRATO No. 001 OBRAS NECESARIAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y SISTEMA DE BOMBEO PARA ABASTECER DE AGUA POTABLE A LOS HABITANTES DEL BARRIO CALUCAIMA EN LA COMUNA SIETE, DE LA CIUDAD DE IBAGUE** y con el fin de cumplir con los lineamientos del título H de la Norma Colombiana para el diseño y construcciones sismo resistentes NSR-10 (Decreto 926 de Marzo 19 de 2010), se realizó el estudio de suelos, haciendo una breve descripción de la caracterización física y geográfica del lugar en general, la evaluación y descripción de los materiales encontrados en la exploración del terreno y los resultados de laboratorio, para con estas herramientas ofrecer el diseño de la cimentación más adecuada para la estructura y las recomendaciones locales y generales de manejo de los suelos y construcción del sistema.

Para la realización del estudio se llevó a cabo un programa de exploración del terreno conformado por tres sondeos con sistema de perforación por percusión tomando lectura de resistencia a penetración constante y posteriores ensayos de laboratorio de las muestras obtenidas, tendientes a caracterizar el suelo encontrado y establecer capacidad portante, profundidad de cimentación y perfil de suelo.

Se clasificaron los sectores donde se realizaron los sondeos y se dieron recomendaciones de cimentación y construcción para el correcto funcionamiento de la estructura durante su vida útil.

El presente informe contiene la descripción de los trabajos de campo, laboratorio y oficina.

2. OBJETIVOS

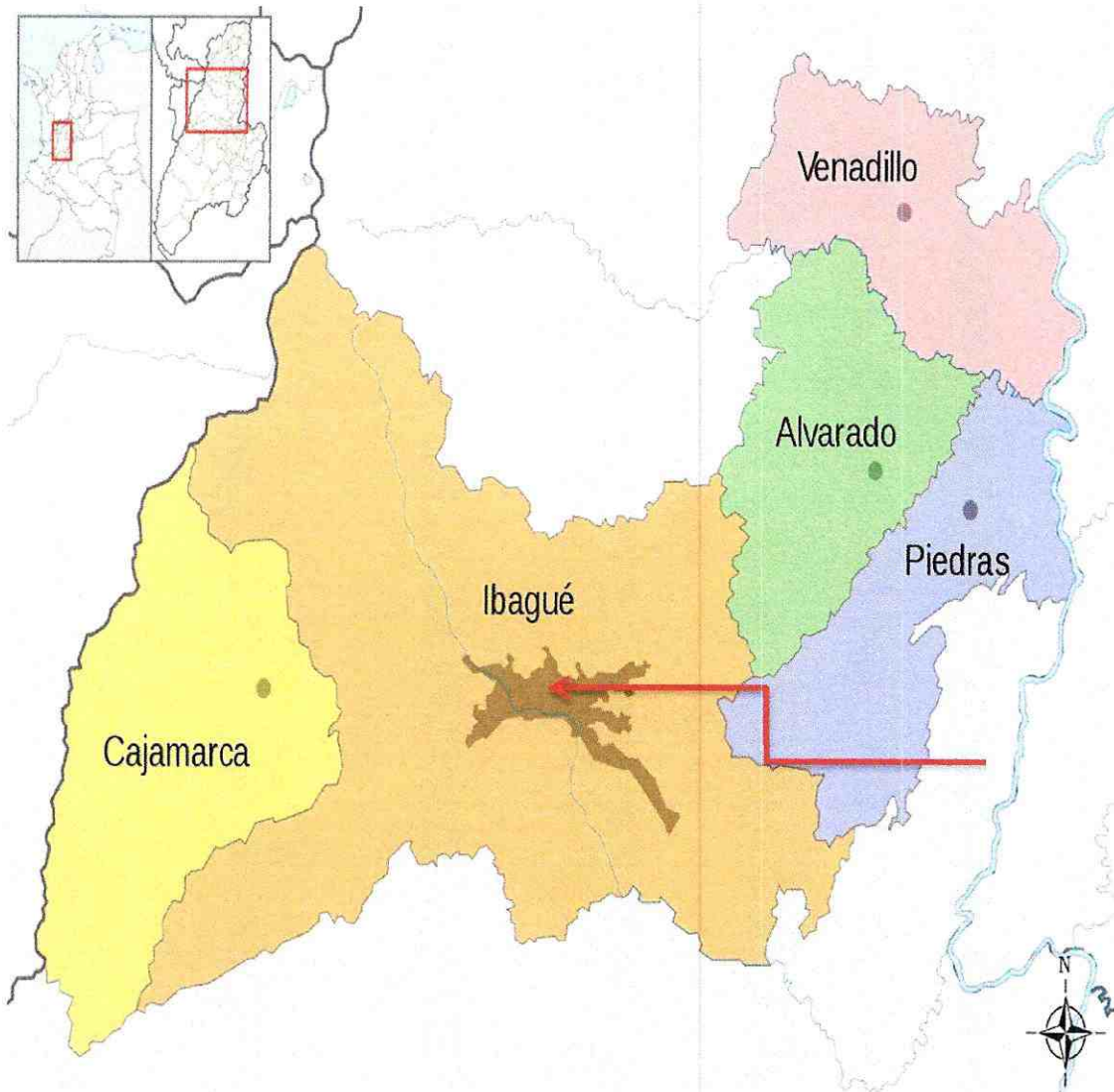
- Conocer el comportamiento del suelo como terreno donde se apoyará la estructura para establecer los posibles riesgos geotécnicos.
- Reconocer los estratos perforados y obtener por los medios más precisos y confiables las propiedades geomecánicas del terreno.
- Clasificar los diferentes estratos de suelo encontrados, cualificar y cuantificar sus características, propiedades físico-mecánicas y demás parámetros geotécnicos, para interpretar adecuadamente los resultados obtenidos.
- Localizar si las hay, las profundidades de los niveles freáticos y bolsas aisladas que puedan perjudicar la estabilidad del proyecto.
- Recomendaciones constructivas para garantizar el correcto desempeño de la obra en el largo plazo.

3. UBICACIÓN DEL PROYECTO:

3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA DEL PROYECTO:

El proyecto se desarrollará en lote Ubicado en el sector de el Salado, Barrio Calucaima, en la carrera 14 A entre calles 144 y 143 de la nomenclatura urbana de la ciudad de Ibagué, Departamento del Tolima. Ver figura No. 1 y Figura No. 2 (Localización del Proyecto)

Figura No. 1.
Localización Regional del Proyecto.



Fuente: Barimetría: Prof. José Agustín Blanco B
Base: Mapa digital integrado IGAC. 2002 - Sociedad Geográfica de Colombia. Atlas de Colombi

Figura No. 2.
Localización del Proyecto



Fuente Google Earth

4. CARACTERISTICAS GEOLOGICAS LOCALES

4.1 GEOLOGÍA

Según el mapa de cartografía Geológica y Geotécnica de la ciudad de Ibagué elaborado por la Alcaldía Municipal de Ibagué, el área en estudio clasifica en la zona **A11** en la primera fase del denominado abanico de Ibagué, zona de la cual se hace la siguiente descripción: Superficies muy suaves y pendientes bajas menor al 7%, entre 25m y 35m sobre el nivel del Rio Combeima con suelos gris claro, café amarillo, moderadamente meteorizados. Predominan las arenas limosas y arenas arcillosas debaja plasticidad (SM, SC) medianamente densas, compresibilidad baja, semipermeables y moderadamente susceptibles a erosión, bloques métricos esporádicos de andesita y esquisto, además de granos de plagioclasas, horblenda y cuarzo. **NSPT** entre 20 y 50 golpes/pie.

De acuerdo con el “Estudio Geológico – Geotécnico y Aptitud Urbanística de la Ciudad de Ibagué”, elaborado por Ingeominas Regional Alto Magdalena de Diciembre de 1992, la zona en estudio corresponde a una zona geotécnica Conos de Deyección.

Desde el punto de vista de estabilidad y amenaza se reporta sin restricción constructiva por aspectos geológicos, buena para fundación de obras de magnitud baja y aceptable para las de media.

4.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL:

De acuerdo con el plano nacional de amenaza sísmica determinado en el NSR 10, se tiene que el municipio de Ibagué se encuentra en zona de amenaza Sísmica Intermedia.