

DISEÑO DE ALTERNATIVAS PARA EL APROVECHAMIENTO RACIONAL DE AGUAS LLUVIAS PARA EL CAMPUS LOMA LINDA DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMAS VILLAVICENCIO

DESIGN OF ALTERNATIVES FOR THE RATIONAL USE OF RAINWATER FOR THE LOMA LINDA CAMPUS OF SANTO TOMAS VILLAVICENCIO UNIVERSITY

Hernán Darío Espinosa Martínez

Estudiante de pregrado Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomás sede Villavicencio, hernanespinosa@usantotomas.edu.co

Marlly Juliana Cardozo Romero

Estudiante de pregrado Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomás sede Villavicencio, marllycardozo@usantotomas.edu.co

Resumen: Mediante el proyecto de investigación denominado “Diseño de Alternativas para el Aprovechamiento Racional de Aguas Lluvias para el campus Loma Linda de la Universidad Santo Tomás Villavicencio”, se desarrolla el proceso para generar las alternativas del sistema de aprovechamiento pluvial de la institución.

Como una parte preliminar del proyecto se estableció la zona de estudio y los distintos puntos de muestreo, con estos fueron base para determinar las diferentes áreas de aprovechamiento que se tendrán en cuenta, estas se clasificaron en: pavimentos, zonas verdes y construcciones. Posteriormente, los datos hidrológicos obtenidos a partir del IDEAM fueron utilizados para conocer la cantidad de agua que se precipita en estas zonas, además estos datos contribuyen a la comparación entre demanda y oferta de la institución. Por otra parte, se realizó la caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua, mediante un plan de muestreo y distintos ensayos de laboratorio, con la finalidad de determinar la calidad de esta, y enfocar el posible tratamiento que sufrirá el agua con base en esta caracterización, teniendo en cuenta, los parámetros del RAS 2010 y la resolución 2115 del 2007 para los resultados obtenidos. Los datos anteriormente mencionados fueron base para el diseño del sistema de tuberías, tanques y el tratamiento para dicho sistema, el cual cabe mencionar es muy poco abrasivo gracias a la calidad de agua que se puede llegar a captar.

Palabras clave: Aprovechamiento de aguas lluvias, cosecha del agua, Calidad de aguas, pluvial, precipitación.

Abstract: Through the research project called "Design of Alternatives for the Rational Use of Rainwater for the Loma Linda Campus of the Santo Tomás Villavicencio University", the process is developed to generate alternatives for the institution's rainwater use system.

As a preliminary part of the project, the study area and the different sampling points were established, with these they were the basis to determine the different areas of use that will be taken into account, these were classified into: pavements, green areas and buildings. In this way, the hydrological data obtained from IDEAM were used to know the amount of water that precipitates in these areas, in addition, these data contribute to the comparison between demand and supply of the institution. On the other hand, the physicochemical and microbiological characterization of the water was carried out, through a sampling plan and different laboratory tests, in order to determine its quality, where the parameters specified in the RAS 2010 and the Resolution 2115 of 2007 for the results obtained. The aforementioned data was the basis for the design of the pipe system, tanks, and the treatment for said system.

Keywords: Use of rainwater, water harvesting, water quality, rainwater, precipitation.

1. INTRODUCCIÓN

El hombre ha buscado mejorar su condición de vida, adaptándose al medio que lo rodea y buscando soluciones a sus necesidades. Con el pasar del tiempo, las civilizaciones buscaban mejores alternativas de abastecimiento de agua, esto los llevó a analizar los diferentes factores climatológicos y ambientales que afectan directa o indirectamente al aprovechamiento sostenible de las fuentes hídricas; Pese a que Colombia está dentro de los países con mayores recursos hídricos [1], es común encontrar comunidades con problemas en el suministro ya sea por la calidad, la cantidad o continuidad en el suministro de agua.

En la actualidad, los avances científicos, y tecnológicos, proporcionan parámetros que serán base para garantizar la seguridad, la economía y la calidad de cualquier suministro de agua. En relación con lo

anterior, las aguas lluvias son una fuente importante de abastecimiento, esta posee una gran ventaja en su captación de agua relativamente limpia en comparación con otras fuentes de agua disponibles. Aparte de esto, es un recurso esencialmente gratuito e independiente de empresas que lo administren y requiere de infraestructura sencilla para su captación, almacenamiento y tratamiento [2].

2. DESARROLLO DEL ARTÍCULO

En este apartado se puede evidenciar cinco etapas que se tuvieron en cuenta para llevar a cabo la respectiva recopilación y análisis de los datos y diseño de alternativas.

2.1 Fase 1. Delimitación de la zona de estudio dentro de la universidad para la red de aprovechamiento de aguas lluvias Encabezamiento de una partición de segundo orden

En esta etapa se establece el área de estudio del proyecto, este se ubicará en el campus loma linda de la universidad Santo Tomás en la comuna 8 en la ciudad de Villavicencio. Loma Linda cuenta con un área de 32.211 m², esta pertenece a una zona de precipitaciones frecuentes, ya que se ubica entre la cordillera y el piedemonte, las precipitaciones anuales se dan en la ciudad de aproximadamente 4300 mm. ‘



2.2 Fase 2. Análisis cuantitativo de las características del agua lluvia en el campus Loma Linda a través de análisis hidrológicos

En esta fase, a partir del uso de la información hidrológica [3], se determina valores de precipitación media mensual, número de días de lluvia y registros de precipitaciones máximas en 24 horas de la zona, esta información es suministrada por la estación pluviométrica SENA. Cabe destacar que es de suma importancia la obtención de información de las estaciones que estén cercanas al Campus, ya que mediante el conocimiento del área de cada zona del campus se puede estimar el caudal de agua que se puede llegar a aprovechar considerando cada tipo de superficie.

2.3 Fase 3. Caracterización cualitativa del agua lluvia en la universidad a través de estudios físico-químicos y microbiológicos

En esta fase se calcula el número de muestras y se realizarán pruebas de laboratorio que nos permitirá analizar la calidad de agua de cada zona del campus. Las muestras se recogerán en diferentes puntos para poder realizar las propiedades físico-químicas del agua de lluvia en el laboratorio de calidad del agua. Para esto se basó de la resolución 0330, la resolución 2115 y el RAS 2010 normativa sobre la calidad de agua específicamente de precipitación.

Estas normativas declaran que tipo de ensayos serían los pertinentes para evaluar la calidad de las cuales se realizaron las siguientes:

- Coliformes
- Alcalinidad
- Dureza
- Sulfatos
- E--Coli
- Coliformes totales
- Manganeseo
- Turbiedad
- Conductividad
- Potencial de hidrógeno (pH)
- Color total
- Temperatura

2.4 Fase 4. Comparación de las necesidades de calidad y cantidad de agua versus las posibilidades de uso de agua lluvia

En esta etapa teniendo en cuenta el análisis hidrológico y la zonificación del área de estudio, se logró evaluar la cantidad de agua que caería por cada zona comparándolo con lo que la institución demandará para su funcionamiento normal, esta comparación se hizo desde cada zona y la demanda mensual de la institución. Se logra observar que solo una de estas zonas no sería suficiente para satisfacer las necesidades, por lo que se le sumara una zona más, aclarando que las opciones a elegir contaron con la mejor infraestructura que facilite su captación.

En la siguiente gráfica se muestra la comparación entre las diferentes ofertas y la demanda producida por el campus.

Fig 2. CURVA IDF ESTACIÓN SENA



Fuente: [4]

2.5 Fase 5. Propuesta hidráulica del sistema de aprovechamiento de las estructuras que componen el sistema de aprovechamiento de aguas lluvias como la captación, almacenamiento, tratamiento, potabilización y distribución

En esta etapa, se desarrolló un modelo para el uso racional del agua de lluvia, que consiste en la captación, almacenamiento, tratamiento, potabilización y distribución en la fuente, así como información como caudal del sistema, que nos permite generar los diseños de diámetro de tubería, red de patrones de aprovechamiento, material de dichas tuberías, capacidad del tanque de almacenamiento, tipo de bomba y finalmente el tipo de tratamiento que limpia correctamente el agua.

3. RESULTADOS

3.1 Delimitación de la zona de estudio

Dentro del campus se observaron diferentes tipos de zonas receptoras de precipitaciones, para las cuales se determinaron sus áreas, con el fin de establecer clasificarlas según su empleo y la facilidad de captación.

TABLA I
ZONAS DE CAPTACIÓN

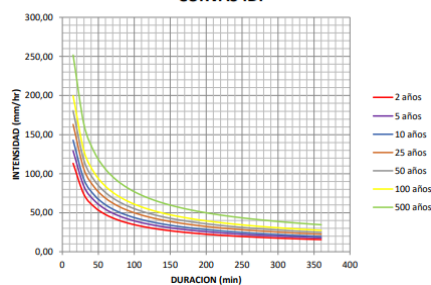
Zonas		Perímetro (m)		Área (m ²)		% Área
Pavimento	Pavimento 1	482	482	3179	3179	11,27%
Zona Verde	Zona Verde 1	1,609	1,609	17897	17897	63,42%
Construcciones	zona de construcción 1	205		2301		
	zona de construcción 2	173		1506		
	zona de construcción 3	183	761,4	1587	7142,9	25,31%
	zona de construcción 4	169		1690		
	zona de construcción 5	31,4		58,9		
Total		1245,009	1245,009	28218,9	28218,9	100,00%

Fuente: [4]

3.2 Hidrología

Los datos hidrológicos fueron extraídos de la estación pluviométrica que son suministradas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [5], la estación más conveniente para los análisis realizados fue la estación SENA, ubicada en la Cra. 48 #6-40, Villavicencio, Meta frente al Centro Comercial Viva, siendo esta estación, la más cercana a la zona de estudio, aproximadamente a 2594.34 m (medidos en línea recta desde la estación SENA, hasta la zona en estudio, el cual es el Campus Loma Linda de la Universidad Santo Tomás Sede Villavicencio).

Fig 3. CURVA IDF ESTACIÓN SENA
CURVAS IDF



Fuente: [5]

Se llegó a determinar para los valores de escorrentía, respectivamente a las diferentes zonas de aprovechamiento correspondientes a pavimentos, zonas verdes y cubiertas. fueron obtenidas por la RAS 2000, estos valores corresponden a 0.95, 0.45 y 0.97, las cuales fueron acogidas según el uso de la zona para así calcular el caudal que se podría llegar a recolectar en estas zonas a través del método racional.

Con base en lo anterior y los datos de la zonificación, se logró la determinación de la cantidad de caudal suministrado por cada zona, como resultado se obtuvo 0.033 m³/s, 0.083 m³/s, 0.015 m³/s, respectivamente de caudal para cada zona.

TABLA II
CAUDALES DE ZONAS DE CAPTACIÓN

Caudales			
Construcciones	I	22,430	mm/h
	A	0,714	Hec
	C	0,613	
	Q	0,027	m ³ /s
Zona Verde	I	22,430	mm/h
	A	1,790	Hec
	C	0,613	
	Q	0,068	m ³ /s
Pavimento	I	22,430	mm/h
	A	0,318	Hec
	C	0,613	
	Q	0,012	m ³ /s
General	I	22,430	mm/h
	A	2,822	Hec
	C	0,613	

	Q	0,108	m ³ /s
--	---	-------	-------------------

Fuente: [4]

Nota: “I” Corresponde a la intensidad promedio, “A” es el área de la zona de estudio, “C” vendría siendo el coeficiente de escorrentía y “Q” el caudal calculado por el método racional.

3.2.1 Cálculo de la cantidad de muestras

Para la determinación del tamaño de la muestra a utilizar se debe establecer un nivel de confianza y un porcentaje de error que viene asociado a este y al tipo de población al que se está enfocando el estudio.

TABLA III
NIVEL DE CONFIANZA Y FACTOR DE SEGURIDAD

Nivel de confianza	$Z_{\alpha/2}$
90%	1.645
95%	1.96
99%	2.576

Fuente: [4]

El tamaño de la muestra se puede presentar en poblaciones con números conocidos como finitas y las que son demasiadas como infinitas, para esto se puede determinar mediante las siguientes ecuaciones.

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 Pq}{e^2}$$

Ecuación 1. Cálculo de cantidad de muestras para tamaños infinitos

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 Pq}{Z_{\alpha/2}^2 Pq + (N - 1)e^2}$$

Ecuación 2. Cálculo de cantidad de muestras para tamaños finitos

En estas ecuaciones la **Z** representa el nivel de confianza, **e** es el error estándar, **p** la probabilidad de éxito y **q** representa la probabilidad de fracaso.

TABLA IV
MUESTRAS ESTADÍSTICAS

MUESTRAS ESTADÍSTICAS				
BAJANTES				
Variable	Nomenclatura	Unidades	Valor	Comentarios
Población	N	ha	95	95 Bajantes correspondientes a salones, cafetería y administrativos
Nivel de confianza	-	%	90	
Alpha (significancia)	α	%	10	
Valor normal estandarizado	Z ($\alpha/2$)	-	1,645	Se saca de tabla
Margen de error (propuesto)	e	%	0,1	Se recomienda P=0.5 cuando no se tiene conocimiento de la proporción [1]
Proporción	p	-	0,5	
muestra	n	ha	40	
AIRE LIBRE, CANALES				
Variable	Nomenclatura	Unidades	Valor	Comentarios
Población	N	ha	∞	Se saca de tabla
Nivel de confianza	-	%	90	
Alpha (significancia)	α	%	10	
Valor normal estandarizado	Z ($\alpha/2$)	-	1,645	Se recomienda P=0.5 cuando no se tiene conocimiento de la proporción [1]
Margen de error (propuesto)	e	-	0,1	
proporción	p	-	0,5	
muestra	n	ha	68	Cuando no se conoce el tamaño de la población [1]
NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS			176	

Fuente: [4]

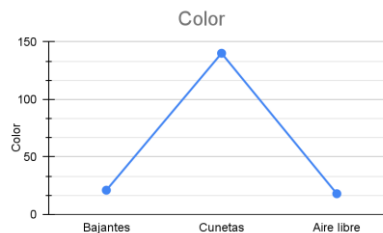
3.3 Caracterización de la calidad de agua lluvia en el campus de la Universidad Santo Tomás seccional Villavicencio

3.3.1 Medición de parámetros físicos

Las siguientes gráficas representan los resultados de las mediciones de parámetros físicos para las muestras tomadas dentro de la institución para los puntos de aire libre, canales y bajantes, los valores mostrados son los promedios obtenidos para la cantidad de muestras obtenidas.

Para la figura 4 se muestra como valor relevante de la muestra tomada para canales, ya que su valor promedio mostrado para la gráfica sobrepasa el nivel máximo permitido que establece la resolución 2115 de 2007, esto permite demostrar el arrastre de material a la muestra tomada y su aumento en los datos.

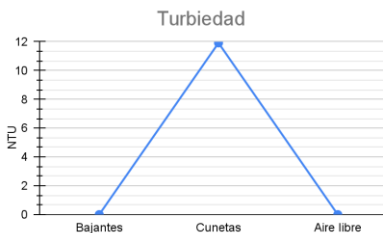
Fig 4. COLOR APARENTE



Fuente: [4]

La figura 5 presenta la misma tendencia anterior de la figura 4 que representa al color aparente, y que de igual forma supera los valores máximos aceptables para un agua potable actualmente de 2 NTU, esto establecido por la resolución 2115 de 2007, estos valores complementan lo antes mencionado sobre el color aparente y los materiales arrastrados por los canales.

Fig 5. TURBIEDAD



Fuente: [4]

La figura 6 muestra los valores promedios obtenidos para la conductividad de las muestras, estos valores dieron realmente muy bajos comparados con el valor máximo aceptable segunda norma resolución 2115 de 2007 con un valor de 1000 microsiemens/cm, para valores tan bajos la medición electroquímica parte del hecho que el agua tiene conductividad eléctrica suficiente, ya que el agua pura es una conductora pobre de electricidad, aclarando que los valores para canales sigue siendo un valor relevante a comparación de las demás muestras.

Fig 6. CONDUCTIVIDAD



Fuente: [4]

El valor promedio de las muestras para el análisis de pH se ven reflejado en la figura 7, a primera instancia se puede observar que, para la muestra de aire libre, no tuvo ningún contacto externo además de su correspondiente depósito, esta muestra se encuentra dentro del rango máximo permitido por norma para ser considerados como agua potable, lo que las otras muestras correspondientes a canales y bajantes se consideran un poco más ácidas, pero tampoco tan alejadas del límite permitido.

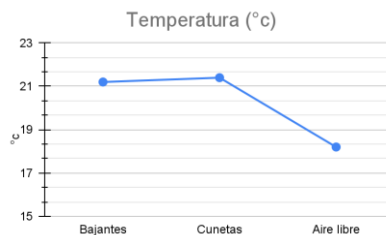
Fig 7. pH



Fuente: [4]

Los valores de temperatura promedio correspondientes para cada muestra se presentan en la figura 8.

Fig 8. TEMPERATURA

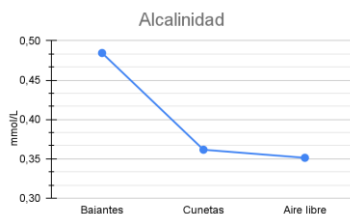


Fuente: [4]

3.3.2 Medición de parámetros químicos

A continuación, se presentará los análisis químicos resultados de las muestras, los gráficos que se mostraran continuación representan los valores promedios de la muestra tomadas para aire libre, bajantes y canales.

Fig 9. ALCALINIDAD



Fuente: [4]

Fig 10. DUREZA



Fuente: [4]

Fig 11. OXÍGENO DISUELTO



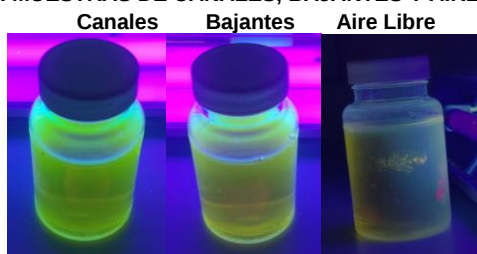
Fuente: [4]

Se puede observar que las gráficas para los parámetros químicos analizados para las muestras de los valores promedios, estos datos se encuentran muy por debajo de los valores límite máximos establecidos por la norma, para los valores correspondientes a dureza y alcalinidad las muestras de aire libre dieron como resultado valores menores a comparación a las demás muestras, en comparación al oxígeno disuelto, esta presentó un valor mayor a las demás.

3.3.3 Medición de parámetros microbiológicos

Mediante los ensayos realizados se dejó incubar las muestras para poder determinar la presencia de microorganismos, para estas muestras se observaron la existencia de coliformes y E-coli para canales y bajantes, que a comparación de las muestras para agua atmosférica de aire libre se determinó la inexistencia de estos microorganismos.

Fig 12. MUESTRAS DE CANALES, BAJANTES Y AIRE LIBRE



Fuente: [4]

Fig 13. COMPARACIÓN CON OTRAS MUESTRAS



Fuente: [4]

3.4 Comparación oferta vs demanda

Una vez obtenidos los valores correspondientes a la cantidad de agua por zona, se procederá a realizar los cálculos para precipitaciones correspondientes cada uno de los meses del año, para los datos de consumo se obtuvo un gasto en el último año de 25.0002 m³/mes dentro de la institución.

TABLA V
CONSUMO ANUAL DE AGUA

Consumo Universidad Santo Tomás - sede loma linda			
Mes	Consumo de agua (m3/mes)	Consumo de agua (m3/s)	Consumo de agua (L/s)
Enero	453	0,000175	0,174769
Febrero	2516	0,000970	0,970486
Marzo	2760	0,001065	1,064815
Abril	1410	0,000544	0,543981
Mayo	3460	0,001335	1,334877
Junio	4706	0,001816	1,815586
Julio	1516	0,000585	0,584684
Agosto	3760	0,001450	1,450424
Septiembre	797	0,000307	0,307292
Octubre	1245	0,000480	0,480131
Noviembre	1929	0,000744	0,744020
Diciembre	453	0,000175	0,174769
total	25002,000	0,009646	9,645833

Fuente: [4]

Teniendo en cuenta los datos anteriores y la precipitación de la estación, se logró determinar la comparación oferta y demanda de requeridos para la institución teniendo en cuenta las zonas a estudiar.

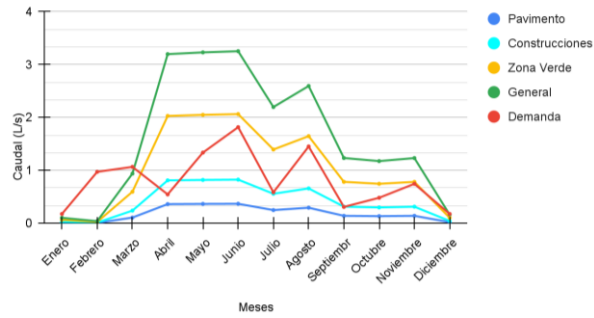
TABLA VI
OFERTA - DEMANDA

CAUDAL DE OFERTA VS CAUDAL DE DEMANDA					
Mes	Pavimento	Construcciones	Zona Verde	General	Demanda
Enero	0,01136	0,02552	0,0640	0,101	0,174769
Febrero	0,00422	0,00948	0,0238	0,037	0,970486
Marzo	0,10559	0,23726	0,5945	0,937	1,064815
Abril	0,36022	0,80937	2,0279	3,198	0,543981
Mayo	0,36395	0,81776	2,0489	3,231	1,334877
Junio	0,36644	0,82335	2,0629	3,253	1,815586
Julio	0,24748	0,55607	1,3933	2,197	0,584684
Agosto	0,29227	0,65671	1,6454	2,594	1,450424
Septiembre	0,13886	0,31201	0,7818	1,233	0,307292
Octubre	0,13226	0,29718	0,7446	1,174	0,480131
Noviembre	0,13870	0,31164	0,7808	1,231	0,744020
Diciembre	0,01823	0,04096	0,1026	0,162	0,174769

Fuente: [4]

Mediante la siguiente gráfica se quiere resumir la anterior información de manera más clara y con el objetivo de hacer la comparativa correspondiente, se observa que el agua de construcciones no alcanzaría a cubrir la totalidad de la demanda, por lo que a esto se le sumarían las aguas de pavimentos para poder suministrar la demanda de la institución. Por otra parte, también se observa que para los meses de enero y febrero no se alcanza a abastecer de aguas lluvias, por lo que es indispensable que para esta época se suministre de la bocatoma conectada a la institución.

Fig 14. OFERTA - DEMANDA
Caudal de Oferta Vs Caudal de Demanda



Fuente: [4]

3.5 Tanques de almacenamiento

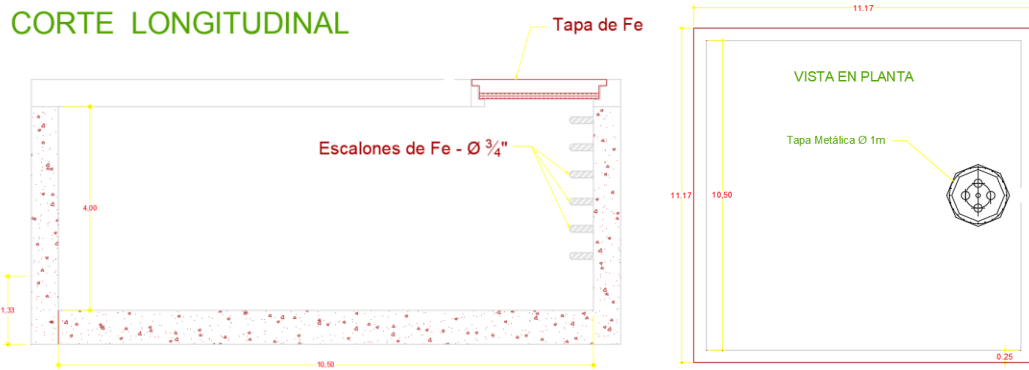
Para el cálculo de la capacidad de almacenamiento de un tanque de regulador, es importante tener en cuenta las siguientes especificaciones:

TABLA VII
VOLÚMENES DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Volumen		
Tanque Hab	357,3065903	M3
Incendios	71,461	M3
Total Del Tanque	428,768	M3

Fuente: [4]

Fig 15. DISEÑO TANQUE



Fuente: [4]

3.5.1 Localización del tanque

Para ello se debe tener en cuenta las condiciones topográficas, es decir, para la ubicación del tanque se tiene en cuenta la dirección que lleve el flujo.

Fig 16. RED DE DISTRIBUCIÓN



Fuente: [4]

3.5.2 Diseño de la línea de conducción

Para la ejecución de una línea de conducción por gravedad, se debe dar inicio evidenciando si la fuente de suministro se encuentra con una altura mayor con respecto al sector a trabajar. Pero si, por el contrario, dicho afluente tiene una elevación menor, se debe optar por hacer uso de bombas que cumplan la labor de suministrar el sector.

Fig 17. UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA TUBERÍA



Fuente: [4]

Se recomienda que la tubería sea enterrada como mínimo a 0,6 m y que cuando se encuentre con terrenos con altas cargas, su profundidad será de 1 m.

TABLA VIII
DIÁMETROS MÍNIMOS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Población (habitantes)	Diámetro mínimo	
	red matriz	Redes menores
<2.500	2 1/2" (64 mm)	1 1/2" (38 mm)
2.500 12.500	4" (100 mm)	2" (50 mm)
12.500 60.000	6" (150 mm)	4" (100 mm)
		zona comercial e industrial
		2 1/2" (64 mm)
		Zona residencial
>60.000	12" (300 mm)	6" (150 mm)
		Zona comercial e industrial
		3" (75 mm)
		Zona residencial

Fuente. [6]

Esta tubería tiene un diámetro especificado por la RAS de 4", con una longitud de 1126.5 m, 40 codos de 90°, 20 codos de 45° y 16 T.

3.6 Red de distribución

Una red de distribución es un conjunto de tuberías que trabajan a presión, que permiten el paso y posteriormente la distribución del agua proveniente del punto de captación. Dicha distribución se realiza a través del sistema de redes que tenga la población de estudio, o en su defecto, si está sujeta a una posible reestructuración, el sistema ya existente será una guía para este.

TABLA IX
DIÁMETROS MÍNIMOS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Población (habitantes)	Diámetro mínimo	
	red matriz	Redes menores
<2.500	2 1/2" (64 mm)	1 1/2" (38 mm)
2.500 12.500	4" (100 mm)	2" (50 mm)
12.500 60.000	6" (150 mm)	4" (100 mm)
		zona comercial e industrial
		2 1/2" (64 mm)
		Zona residencial
>60.000	12" (300 mm)	6" (150 mm)
		Zona comercial e industrial

Fuente. [6]

Esta tubería tiene un diámetro especificado por la RAS de 1", con una longitud de 787.73 m, 1 codos de 90°, 11 codos de 45° y 18 T.

3.7 Sistema de tratamiento

Se determinó para Loma Linda una planta de tratamiento compacta de ultrafiltración, la cual dicta brindar un sistema de tratamiento de agua que trata aguas, aguas pluviales. Además, son ideales para pequeñas y medianas infraestructuras como fincas, parques industriales, donde no se puede evitar el acceso al agua potable. [6]

3.8 Desinfección

La desinfección del agua puede llevarse a efecto por diferentes procesos: 1- con agentes químicos y 2- con medios físicos. Para lo cual es conveniente llevar este proceso por medio de Agentes químicos, ya que presenta más ventajas y eficiencia en la eliminación de los microorganismos presentes en el agua. El cloro y sus derivados son los agentes desinfectantes que más se emplean en el mundo. Es posible utilizar compuestos tales como: el cloro gas, el hipoclorito de sodio, el hipoclorito de calcio, entre otros.

3.9 Cuadro comparativo plantas compactas

TABLA X
CUADRO COMPARATIVO PLANTAS COMPACTAS

	Características	Tren de tratamiento
1° Planta Compacta	Caudal diseño: 6 m³/día – 120 m³/día Presión de trabajo: 30 psi – 50 psi Presión máxima (Soporte del sistema): 70 psi Aguas de fuente: veredal, superficial, de acueducto, de pozo. Estos sistemas van desde equipos relativamente simples en su operación y manejo hasta equipos más complejos y de gran tamaño dependiendo de las características del agua.	Generalmente, están compuestas por tanques en PRFV o Polyglass o mezcla de ambos con tubería y accesorios en PVC. Cuentan con diferentes lechos filtrantes como; gravas, arenas, carbón activado, resinas de intercambio o Katalox, para las etapas de floculación, filtración, clarificación y desinfección microbiológica. Además, pueden incluir bombas, bombas dosificadoras, membranas, lámparas UV, ozono y tanques de almacenamiento.
2° Planta Compacta	Caudal diseño: 6 m³/día – 120 m³/día Presión de trabajo: 30 psi – 50 psi Presión máxima (Soporte del sistema): 70 psi Aguas de fuente: Agua lluvia sistemas que permiten el uso de agua lluvia para re-uso en el hogar, removiendo los agentes contaminantes o patógenos del agua a través de un tren de tratamiento; es importante contar con un área de techo, con canaletas y tubería de distribución hacia un tanque de almacenamiento.	Alcalinización: Adición de cal para elevar pH Filtración: Paso del agua a través de lechos filtrantes para retener partículas sólidas. Oxidación: Remoción de hierro y manganeso a través de lechos especializados o adición de químicos. Clarificación: Remoción de sólidos suspendidos y sedimentos Microfiltración: Remoción de sedimentos mayores a 0.5 micras Doble desinfección: Eliminación de sustancias patógenas, virus y bacterias por medio de adición de cloro y luz ultravioleta.
3° Planta Compacta	Pre ensambladas 8.000 y 16.000 litros/día Caudal diseño: 6 m³/día – 10 m³/día Presión de trabajo: 30 psi – 50 psi Presión máxima (Soporte del sistema): 70 psi Aguas de fuente: veredal, superficial, de acueducto. Sistemas para el tratamiento de purificación del agua, los cuales poseen un diseño compacto soportado sobre una base metálica que simplifica el transporte y la instalación del mismo en sitio.	Bombeo: Presurización del flujo por gravedad o por bombas impulsoras para garantizar la presión de entrada al sistema. Filtración: Paso del agua a través de lechos filtrantes para retener partículas sólidas. Oxidación: Remoción de hierro y manganeso a través de lechos especializados o adición de químicos. Clarificación: Remoción de sólidos suspendidos y sedimentos Microfiltración: Remoción de sedimentos mayores a 0.5 micras Desinfección: Eliminación de sustancias patógenas, virus y bacterias por medio de adición de cloro automático.
4° Planta Compacta	Caudal de diseño: 0,83 l/s Aplicación: Agua potable (A1 y A2) Tipo de operación: Manual Turbiedad máxima: 30 NTU Presión de trabajo: 15 – 25 psi Presión máxima soportada: 50 psi Peso neto: 60 kg Acometida hidráulica: 1 1/2" Voltaje de trabajo: 110 v -60 Hz Consumo eléctrico: 0,12 Kw/h	Dosificación en línea de Floculante / Coagulante Mezcla Rápida y Coagulación en línea Desodorización y Reducción de Metales Pesados Microfiltración de agua desinfección por luz ultravioleta dosificación de cloro residual

Fuente. [7]

Se decidió que el sistema de recolección de agua de lluvia del proyecto debería utilizar el dispositivo N° 4, ya que proporcionaba lo mínimo necesario para la serie de purificación, es decir, filtración, absorción y desinfección, además de especificaciones técnicas superiores.

4. CONCLUSIONES

Las aguas lluvias son una fuente aprovechable que presenta ventajas económicas y ambientales a la hora de abastecer el consumo de agua en edificaciones institucionales.

La cantidad de aguas lluvias que puede aprovecharse en el campus loma linda, permite acceder a ventajas económicas para la institución

Debido a que las precipitaciones para la ciudad de Villavicencio cuentan con periodos de verano, para los meses de enero, febrero y diciembre, estos poseen menores intensidades a comparación de los demás meses.

La calidad presente de las aguas lluvias que se recolectarán sin mayor tratamiento, puedan usarse para abastecer necesidades de aseo, unidades sanitarias y riego de jardines.

La calidad de las aguas lluvias permite que previo a tratamiento se empleen para consumo humano.

La calidad de las aguas lluvias se ve enormemente afectada por la calidad y mantenimiento de las superficies por las cuales se transporta desde la precipitación, hasta su almacenamiento.

El tratamiento de las aguas lluvias depende en gran medida de la calidad y mantenimiento de las superficies con las que tiene contacto.

El suministro de agua para los meses de enero y febrero no suplirá la demanda de la institución, ya que estos se encuentran en temporada seca y de verano, para evitar esta situación se requiere disponer de la conectividad de la bocatoma que actualmente suministra el agua a institución para estos meses.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos enormemente a Dios por el tiempo, lugar y la salud brindada para poder culminar este proyecto. De antemano poder nombrar en estos agradecimientos a la ingeniera Alfonsina Bocanegra por el apoyo incondicional brindado, también a nuestros grandes amigos Reddy Hart Mejía, Carlos Espinosa, Sebastián Guzmán y todas las personas que estuvieron involucradas en este proyecto, por la ayuda que sin medidas obtuvimos de ellos, muchas gracias.

REFERENCIAS

- [1] R. Nuñez, «Colombia: Uno de los más ricos en recursos hídricos,» *El Universal*, 8 April 2011.
- [2] R. L. Rodríguez, «Modelo de aprovechamiento de aguas lluvias en zonas de pobreza extrema,» 02 06 2010.
- [3] G. Maps, «Google Maps,» 2022. [En línea]. [Último acceso: 2022].
- [4] A. Propia, Villavicencio, 2022.
- [5] IDEAM, «CARÁCTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DE CIUDADES PRINCIPALES Y MUNICIPIOS TURÍSTICOS,» 03 07 2012.
- [6] R.A.L.Cualla, Elementos de diseños para acueductos y alcantarillados, 2a. Edición, 2003.
- [7] A. E. INGENIERÍA, «PTAP Compactas (Presurizadas) : Aguas e Ingeniería,» *Aguas e Ingeniería*, 23 November 2022.