Bogotá, 24 de febrero de 2025

Señores
Comité Programa de Ingeniería Civil
Fundación Universitaria Agraria de Colombia

Apreciados Señores,

Respetuosamente me permito manifestarles que el proyecto de grado denominado "prediseño de obras complementarias del acueducto veredal de la arabia y la judea del municipio Quipile Cundinamarca: tanque de almacenamiento, sistema de bombeo, conducción a tanque y estructura de aforo." a cargo de los estudiantes Castaño Gonzalez Laura Brigitte con ID 33371 y Pardo Rodríguez Edgar Edwin con ID 34943 bajo la modalidad de opción de grado Trabajo de Extensión se encuentra **APROBADO** para la respectiva revisión de/los Jurados que ustedes tengan a bien asignar.

Agradezco su colaboración.

Atentamente,



DIEGO FERNANDO BEDOYA RÍOS
Docente Director del Proyecto
Departamento de Ingeniería Civil
UNIAGRARIA

TRABAJO DE GRADO

“UNIAGRARIA AL CAMPO”

PREDISEÑO DE OBRAS COMPLEMENTARIAS DEL ACUEDUCTO VEREDAL DE LA ARABIA Y LA JUDEA DEL MUNICIPIO QUIPILE CUNDINAMARCA: TANQUE DE ALMACENAMIENTO, SISTEMA DE BOMBEO, CONDUCCIÓN A TANQUE Y ESTRUCTURA DE AFORO.

CASTAÑO GONZALEZ LAURA BRIGITTE

PARDO RODRIGUEZ EDGAR EDWIN

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA

UNIAGRARIA

FEBRERO, 2025

PREDISEÑO DE OBRAS COMPLEMENTARIAS DEL ACUEDUCTO VEREDAL DE LA ARABIA Y LA JUDEA DEL MUNICIPIO QUIPILE CUNDINAMARCA: TANQUE DE ALMACENAMIENTO, SISTEMA DE BOMBEO, CONDUCCIÓN A TANQUE Y ESTRUCTURA DE AFORO.

AUTORES:

CASTAÑO GONZALEZ LAURA BRIGITTE

PARDO RODRIGUEZ EDGAR EDWIN

TRABAJO DE EXTENSIÓN "UNIAGRARIA AL CAMPO" PARA OPTAR POR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

DIRECTOR:

DIEGO FERNANDO BEDOYA RÍOS

DOCTORADO EN HIDROSISTEMAS

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

FACATATIVA, CUNDINAMARCA

FEBRERO, 2025

AGRADECIMIENTOS

En esta sección deseamos en primer lugar dar gracias a Dios por guiarnos en este proceso y proporcionar la oportunidad y el conocimiento para lograr nuestro objetivo.

Dar gracias a nuestro tutor el Ingeniero Diego Fernando Bedoya Ríos, por su apoyo durante el desarrollo del presente proyecto, agradecemos su ingenio, ofrecimiento, paciencia y sabiduría, fundamentales para que lográramos alcanzar los objetivos trazados. Damos gracias por ofrecernos los recursos necesarios desde los alcances de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia para continuar con el presente proyecto.

Agradecemos de igual forma a los Ingenieros que revisaron el presente documento, por su retroalimentación en el producto inicial, siendo el anteproyecto, el cual fue una ayuda de gran valor para nosotros.

A la Fundación Universitaria Agraria de Colombia, por ofrecernos las herramientas de aprendizaje necesarias para transformarnos en profesionales éticos y útiles para la sociedad en la rama de la construcción e Ingeniería Civil.

A nuestros familiares y amigos, cuyo apoyo y comprensión permitieron la culminación de este proyecto y el pregrado en general.

Por último, agradecemos a la comunidad de las veredas La Arabia y La Judea de Quipile Cundinamarca, por permitirnos interactuar y así mismo cooperar con nosotros para toda la información que se necesitó a sus hogares durante las encuestas realizadas y la caracterización del área de estudio.

DEDICATORIA PRIMER AUTOR

Dedico este trabajo a mi familia, quienes han sido un apoyo incondicional en todo este proceso de aprendizaje, la cual me han impulsado en cada paso de este camino. A mis padres Fernando Olmedis Castaño Nieto y Diana Esperanza González Medina por enseñarme que vale la pena el esfuerzo, la perseverancia, honestidad, y dedicación que damos tanto en la vida, como en todo amito laboral o de aprendizaje, por siempre levantarme, brindarme su apoyo emocional y sin mirar de lado su soporte económico en esta etapa de mi vida. A mi hermano Juan José Castaño González por acompañarme durante este proceso y apoyarme en responsabilidades compartidas cuando más lo necesitaba. A las personas que han hecho parte de mi vida y me han brindado un aliento en los momentos difíciles, además de poner su fé y su confianza en mis capacidades y conocimientos. A los docentes que fueron mi guía e inspiración para la carrera y para el presente proyecto.

Por supuesto, le agradezco y dedico esta victoria a mi compañero de proyecto Edgar Edwin Pardo Rodríguez, quien me tuvo en cuenta desde que surgió esta idea y me dio la oportunidad de hacer parte de su equipo para brindar un beneficio a una comunidad. Por dar de su tiempo, compromiso y disposición a compartir e intercambiar conocimiento, obteniendo como resultado la consumación de este trabajo.

Este logro es también para todos mis colegas que han creído en mí, han mostrado interés en todo este proceso de educación y me han inspirado a alcanzar mis sueños.

DEDICATORIA SEGUNDO AUTOR

Este agradecimiento es en especial a mi esposa la cual me ha ayudado de forma incondicional durante el transcurso de mi carrera para alcanzar una meta trazada, de la misma forma la ayuda de mis padres que me han apoyado en todos los aspectos enseñándome a ser una mejor persona día a día y en general a todos mis compañeros y amigos que me han dado valor en los momentos difíciles.

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN 9
2. INTRODUCCIÓN 11
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 12
4. JUSTIFICACIÓN 15
5. OBJETIVOS 17
5.1 OBJETIVO GENERAL 17
5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS 17
6. MARCO GEOGRAFICO 18
7. MARCO TEÓRICO 19
8. MARCO LEGAL 42
9. DISEÑO METODOLÓGICO 43
9.1 FASE 1. ESTUDIO DEL TERRERO 43
9.2 FASE 2. ESTUDIO DE LA POBLACIÓN 45
9.3 FASE 3. MEDICIÓN DE CAUDALES 46
9.4 FASE 4. DISEÑOS DE LA ESTRUCTURA DE AFORO 46
9.5 FASE 5. DISEÑOS DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO 47
9.6 FASE 6. DISEÑOS DE BOMBA DE IMPULSIÓN 50
9.7 FASE 7. PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO 51
10. ANALISIS Y RESULTADOS 53
10.1 POBLACIÓN FUTURA 53
10.2 CAUDAL 54
10.3 POZO: 56
10.4 BOMBA: 57
10.5 CONDUCCIÓN DE LA BOMBA A LA ESTRCUTURA AFORADORA 60
10.6 ESTRUCTURA DE AFORO 60
10.7 TANQUE: 61
11. CONCLUSIONES 67
12. RECOMENDACIONES 69
13. REFERENCIAS 71
14. ANEXOS 75

INDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Quipile, veredas La arabia y La Judea 14

Ilustración 2 Ubicción de las obras 14

Ilustración 3. Distribución de la canaleta parshall 29

Ilustración 4. Vertedero triangular 34

Ilustración 5. Pozo de succión 56

Ilustración 6. Curva de la eficiencia de la bomba 58

Ilustración 7. Dimensiones del tanque 64

Ilustración 8. Dimensiones en planta Canaleta Opción 1 75

INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Métodos de crecimiento poblacional 54

Gráfica 2. Curva del sistema y curva de la bomba escogida 59

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Coordenadas de los puntos estudiados

Anexo 2. Censo poblacional

Anexo 3. Registro fotográfico

Anexo 4. Canaleta Parshall

Anexo 5. Cálculos en Excel

Anexo 6. Obras en AutoCAD

Anexo 7. Ficha técnica de la bomba

Anexo 8. Tanque en SAP 2000

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Consumo neto máximo 21
Tabla 2. Caudales mínimos y máximos según la garganta (W) 29
Tabla 3. Valores recomendables según el ancho de la garganta 30
Tabla 4. Valores de n y K 31
Tabla 5. Nivel de amenaza sísmica de Quipile 37
Tabla 6. Recopilación de normativa 42
Tabla 7. Datos iniciales de población 53
Tabla 8. Resultados de los métodos de crecimiento poblacional 53
Tabla 9. Consumo bruto según el método del 10% 54
Tabla 10 Consumo bruto según el método de planeación 55
Tabla 11. Resultado del caudal teórico 55
Tabla 12. Datos de succión 57
Tabla 13. Datos de descarga 57
Tabla 14. Potencia de la bomba requerida 58
Tabla 15. Ecuación para hallar la curva del sistema 58
Tabla 16. Datos para la gráfica se la curva del sistema y la curva de la bomba 59
Tabla 17. Datos iniciales para la tubería 60
Tabla 18. Perdida de carga en la tubería 60
Tabla 19. Resultados del vertedero triangular 61
Tabla 20 Medidas del tanque 61
Tabla 21 Propiedades dinámicas de las cargas vivas 62
Tabla 22 Propiedades dinámicas de las cargas muertas 63
Tabla 23. Ampliación espectral 63
Tabla 24 Respuesta sísmica 64
Tabla 25 Comparación de parámetros básicos para el tanque de almacenamiento 65
Tabla 26. Resultados de la canaleta con el ancho de garganta de 1 pulgada 75

1. RESUMEN

Este trabajo de grado se fundamenta en el diseño de obras adicionales para el proyecto de grado denominado “Viabilidad del acueducto para las veredas la arabia y la judea en el municipio de Quipile Cundinamarca” presentado por estudiantes de ingeniería civil de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia - Sede Facatativá con el fin de optimizar el sistema de suministro de agua en la comunidad del municipio de Quipile, Cundinamarca, en especial en las veredas de La Arabia y La Judea. El proyecto abarca el diseño de tanque de almacenamiento, en análisis de viabilidad para la instalación de una canaleta Parshall, la puesta en marcha de bombas de impulsión y la tubería requerida para la conexión al acueducto que se ha planificado en otro proyecto.

Se inicia con un estudio del estado actual de la comunidad y como es su abastecimiento de agua, para detectar problemas de escasez y distribución del agua. Se lleva a cabo un análisis de las demandas de agua de la población y se formulan estrategias técnicas con el fin de mejorar el almacenamiento y distribución del recurso.

De lo anterior, se evidenció que el acceso al agua potable es mínimo y depende de fuentes de suministro con caudales inestables o de acceso privado lo que genera interrupciones en el abastecimiento, la falta de estructuras de almacenamiento adecuadas provoca carencia de agua en épocas de alto consumo y desperdicio en épocas de bajo consumo; además, los sistemas sin tanques de almacenamiento están más expuestos a la contaminación y diferenciaciones en la presión del suministro, perturbando la calidad del agua.

Adicionalmente, la falta de una estructura de almacenamiento de agua a la comunidad podría sufrir problemáticas como la falta de continuidad en el suministro e inconvenientes en el manejo de aguas, así mismo, pueden presentarse proliferación de bacterias en sitios de

almacenamientos improvisados por la acumulación de sedimentos llegando a ser insalubres y no permitir la potabilización del agua.

Por lo que, para procurar solucionar estas problemáticas arriba mencionadas, se propone el diseño y construcción de un tanque de almacenamiento, el cual permitirá mantener una reserva suficiente para cubrir la necesidad de los consumidores en periodos de bajo caudal, que permitirá regular la presión del agua en la distribución, mejorando la eficiencia y reduciendo el desperdicio, teniendo en cuenta un sistema FIFO (First In, First Out) que asegurará una adecuada rotación del agua almacenada, evitando su estancamiento y garantizando que el suministro sea siempre de la mejor calidad; además, se incluirán elementos como respiraderos, una pendiente de entre 1 y 3% en el fondo y un sistema de drenaje eficiente para facilitar la limpieza y así evitar la acumulación de sedimentos.

Con el diseño del tanque de almacenamiento se busca asegurar un suministro adecuado y constante; el uso de una canaleta Parshall permite medir el agua que pasa en la quebrada a emplear, garantizando un control y regulación eficiente del recurso; las bombas de impulsión se seleccionan en función de la demanda y las características del sitio; mientras que la tubería se diseña para minimizar pérdidas y garantizar la presión necesaria.

Este proyecto no solo ayuda a mejorar la distribución del agua de la comunidad, sino que también promueve el desarrollo sostenible y la calidad de vida de sus habitantes. Se concluye que la implementación de estas obras complementarias es fundamental para garantizar el acceso al agua potable, un derecho esencial para el bienestar de la población.

2. INTRODUCCIÓN

El acceso a agua potable es un derecho fundamental que afecta la calidad de vida de las comunidades. En el municipio de Quipile, Cundinamarca, las veredas La Arabia y La Judea enfrentan desafíos significativos en cuanto a la disponibilidad y gestión del recurso hídrico. Este proyecto de grado tiene como objetivo el diseño de obras complementarias que incluyen tanques de almacenamiento, canaletas Parshall, bombas de impulsión y la tubería necesaria para la conexión al acueducto que se tiene previsto, con el fin de optimizar la distribución de agua potable en estas áreas.

El aumento de la población y las condiciones climáticas cambiantes requieren de soluciones eficientes y sostenibles que aseguren el acceso constante al agua. A través de un análisis y la recomendación de normativas vigentes, se pretende desarrollar un sistema que no solo responda a las necesidades actuales, sino que también contemple el crecimiento futuro de la población a 25 años.

Se busca involucrar a la comunidad en el proceso, fomentando su participación activa en la gestión del recurso hídrico. Este documento presenta una descripción detallada de los componentes del sistema a diseñar, así como un análisis de la viabilidad técnica y económica de su implementación. Con este proyecto, se espera contribuir al bienestar de la comunidad de La Arabia y La Judea, garantizando un acceso seguro al agua y promoviendo el desarrollo sostenible.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es un recurso fundamental en el desarrollo de la humanidad, por ello, se ha usado en varias estrategias de desarrollo en planos mundial, nacional y regional, como en el caso de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en donde el 25 de septiembre de 2015, los líderes mundiales decidieron crear una nueva agenda de desarrollo sostenible en conjunto para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos en un tiempo de 15 años. El agua está relacionada con la mayoría de estos 17 objetivos y más explícito se encuentra en el objetivo seis en donde menciona la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos. Además, el agua es un propulsor de desarrollo económico y apoyo los ecosistemas saludables (Naciones Unidas, s.f.).

Según (World Bank Group, 2023), “Alrededor de 2000 millones de personas en todo el mundo no tiene acceso a servicios de agua potable gestionados de manera segura, 3600 millones no cuentan con servicios de saneamiento seguros y 2300 millones carecen de instalaciones básicas para lavarse las manos.” Es vital ampliar el suministro y la disponibilidad de agua donde se pueda y sea pertinente. “En Colombia, la cobertura del abastecimiento del recurso gestionado de manera segura llegó al 73% a nivel nacional en donde el 40% es de las zonas rurales y la cobertura del saneamiento gestionado de manera segura a tan solo el 17% de la población” según lo menciona (Pavco Wavin, 2022).

Ubicándonos ahora en el departamento de Cundinamarca según los datos que nos da (Altamar, 2021), a lo largo de la historia, este departamento ha enfrentado desafíos en el tema del abastecimiento de agua. En ocasiones, las personas que viajaban a fincas en los municipios turísticos se veían obligadas a llevar consigo botellones de agua para usos como cocinar y demás actividades. La situación es más difícil para los residentes de veredas y corregimientos, especialmente aquellos ubicados en las zonas elevadas de la escarpada geografía

cundinamarquesa, quienes durante décadas carecieron de un servicio de agua constante. Sin embargo, se ha observado un cambio en la situación con los progresos en infraestructura, asesoramiento técnico y asignación de recursos destinados a asegurar el acceso al agua en los 116 municipios.

Para este trabajo se enfocó precisamente en el municipio Quipile del departamento Cundinamarca, este municipio se encuentra ubicado sobre una cuchilla de la Cordillera Oriental y tiene bajo su jurisdicción las inspecciones de La Botica, La sierra, La virgen y Santa Marta; cada una de estas tiene una cantidad variada de veredas, como ejemplo, en la inspección de la Botica se encuentran las veredas La Arabia, Concordia, El Conde, El Tíbet, La Hoya, La Judea y San Miguel. El caso a trabajar está enfocado en dos de las anteriores veredas, que son: La Arabia y La Judea (Ver imagen 1), ya que estas veredas han sido parte del estudio y por ende cuenta con un diseño previo del acueducto realizado como proyecto de grado “Viabilidad del Acueducto Para la Vereda Arabia y la Judea en el Municipio de Quipile Cundinamarca”, sin embargo no han dispuesto un sistema de captación y almacenamiento, enfocándonos en esta necesidad se realiza el proyecto “prediseño de obras complementarias del acueducto veredal de la arabia y la judea del municipio Quipile Cundinamarca: tanque de almacenamiento, sistema de bombeo, conducción a tanque y estructura de aforo”; los habitantes de esta zona cuentan con una insatisfacción en las necesidades consideradas básicas para el ser humano, como lo es el recurso hídrico de forma constante; lo que la población hace como solución temporal es que por pequeñas asociaciones deciden captar el agua de algún cuerpo de agua aledaño y lo transportan por medio de mangueras sin ningún tipo de diseño para la estructura. Ya que para esta fecha estas veredas cuentan con un grupo de trabajo enfocado en el acueducto, se propone el diseño de las obras complementarias para el acueducto veredal de las veredas en Quipile, tales como, el tanque, bomba y estructura aforadora según los estudios e información recolectados en el transcurso del proyecto. El alcance del proyecto contempla la calidad del agua de la quebrada de la cual se captará el agua.

Ilustración 1. Quipile, veredas La arabia y La Judea



Fuente: (Imagen tomada del programa Google Earth Pro.)

Ilustración 2 Ubicción de las obras



Fuente: (Imagen tomada del programa Google Earth Pro.)

4. JUSTIFICACIÓN

El agua es un recurso hídrico muy importante para la humanidad, con el suministro adecuado a cada comunidad el índice de satisfacción de vida puede subir en gran medida. Todas las personas deben tener un volumen básico para poder sobrevivir y realizar sus funciones primarias como lo es la hidratación, alimentación, aseo entre otros.

En las veredas La arabia y La judea ubicadas en el municipio de Quipile en el departamento de Cundinamarca cuentan con un suministro de agua artesanal creado y concebido por la propia comunidad, este ejercicio se ve repetido por las diferentes zonas de nuestro país en las cuales gracias a la necesidad y el ingenio de la población por medio de diferentes elementos hacen llegar este preciado bien hasta sus casas por más lejos que estén de una fuente hídrica, las diferentes fuentes de abastecimiento de agua en nuestro país sufren de cambios durante el periodo del año gracias a los periodos de lluvia y tiempos secos que pueden pasar de una gran abundancia del líquido vital a una sequía extrema, ambos casos pueden tener consecuencias desfavorables para los habitantes de la zona, ya que pueden tener desastres naturales como avalanchas en el invierno y con estos fenómenos toda la red construida artesanalmente puede perderse en cuestión de minutos y afectar el suministro de agua en la gran mayoría de viviendas de la zona, en los periodos secos la comunidad se ve vulnerada de nuevo con los racionamientos que deben realizar entre ellos mismos ya que el suministro mínimo brindado por las fuentes hídricas es menor a la demanda.

Como estudiantes de ingeniería civil al haber realizado las visitas correspondientes, censos, y la toma de caudales en la zona, podemos observar que estas comunidades necesitan una solución para este problema que los afecta desde tiempos ancestrales y aun en el siglo 21 se siguen viendo afectadas, por ende, es importante determinar una alternativa capaz de mejorar el bienestar de la comunidad.

Inicialmente este mejoramiento al sistema de acueducto propuesto en el proyecto “Viabilidad del acueducto para las veredas la arabia y la judea en el municipio de Quipile Cundinamarca” mencionado anteriormente, se debe adicionar el diseño de una estructura de aforo con la cual se pueda realizar un control del volumen de agua suministrado por una fuente hídrica durante todos los periodos del año y poder tener un aforo del agua entregada por este, a continuación, es importante pensar en un lugar para un tanque, donde podamos almacenar el recurso con el fin de dar una distribución adecuada a toda la comunidad censada y determinar la potencia de una bomba para garantizar que el caudal demandado llegue al tanque de almacenamiento propuesto en este proyecto.

Este caso de estudio es muy importante para nosotros como estudiantes de ingeniería civil ya que podemos dar una solución técnica basados en las diferentes competencias impartidas en las líneas de aguas, estructuras, y entre otras. La primera nos da las herramientas necesarias para poder realizar un aforo de la comunidad y mediante los cálculos requeridos y la interpretación de normas técnicas colombianas evidentes en el marco normativo, podremos determinar la cantidad de agua que debemos tener y entregar a la comunidad, también es muy importante para el diseño de la estructura de aforo y el tanque de almacenamiento de agua potable realizar la modelación y el cálculo estructural (ver anexo 5) de los diferentes elementos que los componen para de este modo entregar una cuantía de materiales y un presupuesto acertado a la fecha, para que su posterior construcción no tenga sobre costos y cumpla con todas las especificaciones solicitadas por los diferentes entes técnicos colombianos.

Finalizando el ejercicio del diseño del tanque de almacenamiento, estructura de aforo, bomba de impulsión y respectiva tubería para complementar el diseño del acueducto para la comunidad de las veredas La arabia y La Judea localizadas en el municipio de Quipile Cundinamarca se podrán palpar los conocimientos adquiridos durante la carrera de ingeniería civil cursada y en proceso de finalización actual. Para esto tomamos como base los principios de

nuestra universidad para enfocar nuestro trabajo de extensión en no solo una ayuda para nosotros como estudiantes, sino también para una comunidad, un ecosistema y el desarrollo regional.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el diseño de las obras complementarias al proyecto “Viabilidad del acueducto para las veredas la arabia y la judea en el municipio de Quipile Cundinamarca” como, el tanque de almacenamiento de agua, la estructura de aforo, tuberías y sistema de bombeo para el acueducto de las veredas con el fin de garantizar su total funcionalidad en un suministro continuo, eficiente y seguro de agua.

5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar la información demográfica y de fuentes de abastecimiento en las veredas La Arabia y La Judea para determinar el mejor lugar para las obras, además de verificar el consumo a trabajar y tener en cuenta los cálculos de caudal requerido.
- Diseñar la estructura de aforo, tanque, el sistema de tuberías en conjunto con el sistema de bombeo dispuestos para el manejo del agua en cuanto a llenado y distribución, teniendo en cuenta parámetros estructurales e hidráulicos, al igual que el cumplimiento de la normatividad vigente.
- Estimar un presupuesto para la implementación del proyecto, a partir de las propuestas de diseño generadas.

6. MARCO GEOGRAFICO

Según el plan de desarrollo del acuerdo 006 del Municipio de Quipile, este está dividido así: “4 Inspecciones de Policía; La Sierra, La Virgen, Santa Marta y La Botica; y las veredas: Berlín, El Conde, El Limonal, El Oriente, El Tíber, Gólgota, Guadalupe, La Arabia, La Argentina, Candelaria, Concordia, La Floresta, La Joya, La Judea, La Unión, Peñas Blancas, Santa Marta Alta y Baja, Quipilito, San Miguel, Sinaí Alto y Bajo, Líbano, Santa Cruz, La Hoya, El Retiro, San Nicolás, San Luis, San Isidro, Galilea, Paime San Mateo, Guayabal.” (Alcaldía municipal de Quipilé Cundinamarca, 2024)

El municipio de Quipile se distingue por su naturaleza agrícola, siendo este aspecto fundamental en su economía. Entre las actividades agrícolas que destacan en la región, se encuentran el cultivo del café, así como la ganadería, la producción de caña panelera, el cultivo de cacao y frutales. Estas actividades constituyen la economía tanto para las familias locales como para la región en su conjunto.

Una de las zonas cafeteras del municipio, está comprendida entre los 1200 – 1800 m, precipitación anual de 1600 mm y su temperatura promedio es de 21°C, aquí se encuentran las veredas Guadalupe Alto, La Floresta, Berlín. Sinaí, Concordia, Tíber, La Judea, Arabia, La Hoya, San Miguel, el Conde Quipilito, La Unión, Oriente, El Retiro, Guayabal, Galilea. Su producción se basa en: mora, granadilla, lulo, tomate de árbol, curaba, frijol, habichuela, tomate, y demás cultivos hortícolas, pastoreo extensivo, pastos manejados, café tradicional con o sin sombrío, caña, cítricos, plátano y cultivos transitorios, pastoreo intensivo, hortícola con tomate, mango.

Por otro lado, la unidad familiar es por lo general nuclear, siendo el padre quien trabaja y la mujer es quien se hace cargo de los hijos, manejo y atención de los animales, labores del hogar, preparación de alimentos para la familia y trabajadores, algunas actividades de cosecha y pos cosecha, algunas actividades de siembra, deshierbe y por último la preparación de terrenos.

7. MARCO TEÓRICO

El censo de los habitantes de las veredas antes mencionadas para los cuales ha de diseñarse un acueducto es un parámetro básico en el cálculo del caudal que requiere la comunidad. Teniendo en cuenta que las poblaciones no son fijas a lo largo del tiempo, es necesario estimar la población futura estudiando las características sociales, culturales y económicas de sus habitantes en el pasado y el presente, con el fin de hacer predicciones sobre su futuro desarrollo. Para lo cual se necesitan de los métodos de proyección: crecimiento lineal, crecimiento geométrico y crecimiento exponencial; ya que el número de habitantes crece por nacimientos e inmigraciones y decrece por muertes y emigraciones.

Para estimar la población que se proyecta a 25 años, se debe manejar con datos anteriores y los modelos de proyección de población los cuales se explicarán a continuación:

El **crecimiento lineal** se identifica cuando el aumento de la población es contaste e independiente del tamaño de esta y se haya de la siguiente manera:

Para hallar la pendiente de la recta:

$$K_a = \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{cI}} \qquad (1)$$

Para la proyección poblacional:

$$P_f = Puc + K_a(T_f - T_{uc}) \qquad (2)$$

Siendo:

Ka: la pendiente de la recta

Puc: Población del último censo (Hab)

Tuc: Año del último censo

Pci: Población del censo inicial (Hab)

Tci: año del censo inicial

Tf: Año de la proyección futura

El **crecimiento geométrico** se basa en la proporción entre el aumento de la población y el tamaño de esta, para el cual se expresa:

$$Pf = P_{uc} * (1 + r)^{T_f - T_{uc}} \quad (3)$$

Para obtener la tasa de crecimiento anual se da de la siguiente manera:

$$Log(1 + r) = \frac{Log\left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}}\right)}{T_{uc} - T_{ci}} \quad (4)$$

Siendo:

Pf: Población futura (Hab)

Tf: Año de proyección

r : Tasa de crecimiento anual

Puc: Población del último censo (Hab)

Tuc: Año del último censo

Pci: Población del censo inicial (Hab)

Tci: año del censo inicial

Tf: Año de la proyección

El concepto fundamental del **crecimiento logarítmico** es que la tasa de crecimiento aumenta al mismo tiempo que la población se hace más grande.

$$K = \frac{LN(P_{CP}) - LN(P_{Ca})}{T_{CP} - T_{Ca}} \quad (5)$$

$$Pf = P_{CI} * e^{k*(T_f - T_{ca})} \quad (6)$$

Donde:

Pf: Población final (Hab)

Tf: Tiempo en años final

Pci: Población censo inicial (Hab)

Tci: Tiempo en años censo inicial

Pcp: Población censo posterior (Hab)

Pca: Población censo anterior (Hab)

Tcp: Año censo posterior

Tca: Año censo anterior

K: Tasa de crecimiento anual

Teniendo la población futura, es indispensable obtener los consumos netos y brutos para el cálculo del caudal teórico. Para esto se revisa la tabla 1:

Tabla 1. Consumo neto máximo

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB*D)
> 2000 m.s.n.m	120
1000 – 2000 m.s.n.m	130
< 1000 m.s.n.m	140

Fuente: (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2017)

Para la dotación bruta se determina con la Ecuación. 7, en donde corresponde al método de Planeación Nacional

$$Consumo\left(\frac{L}{hab * d}\right) = \frac{LogP - 1.8}{0.014} \quad (7)$$

O según el método del 10% de aumento de población sacamos el incremento de población y se multiplica por un 10% para el incremento del consumo como se muestra en la Ecuación 8, después usamos la fórmula 9 para la dotación neta de cada año y por último se usa la dotación bruta con la ecuación 10 que depende de las perdidas.

$$\%I = P - PP * 0{,}1 \quad (8)$$

$$Dn = Dn + (Dn * \%I) \quad (9)$$

$$Db = \frac{Dn}{1 - \%P} \quad (10)$$

Para el diseño se requieren dos factores de mayoración K1 y K2, los cuales según (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2017), como lo mencionan en (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico) el K1 es igual a 1.3 cuando el sistema es nuevo y el K2 en sistemas nuevos equivale a un valor entre 1.3 y 1.7, por lo tanto es igual a 1.6 que son usados para los caudales máximo diario y máximo horario, para esto se debe hallar primero el caudal promedio que esta expresado en litros por segundo

$$Qpromedio = \frac{Consumo\ \left(\frac{L}{hab * d}\right) * Población\ (hab)}{86400} \quad (11)$$

Con la ecuación 12. Se halla el caudal máximo diario que corresponde la demanda máxima que se presenta en un día del año

$$Qmáximo\ diario = K1 * Qpromedio \quad (12)$$

Con la ecuación 13. Se halla el caudal máximo horario que corresponde a la demanda máxima que se presenta en una hora.

$$Qmáximo\ horario = K2 * Qpromedio \quad (13)$$

Las propiedades de un fluido se refieren a aquellas magnitudes físicas cuyos valores nos proporcionan información acerca del estado en el que se encuentra dicho fluido. Entre estas propiedades se incluyen la presión, la temperatura (que es común a todas las sustancias), la densidad, la viscosidad, la elasticidad, la tensión superficial, entre otras. Estas características son fundamentales para caracterizar y comprender el comportamiento y las condiciones de un fluido en un determinado momento.

Densidad especifica:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (14)$$

Donde:

m: masa (kg)

V: volumen (m^3)

Peso específico:

$$\gamma = \frac{w}{v} = \frac{m*g}{v} = \rho * g \quad (15)$$

Donde:

W: peso (N)

V: volumen (m^3)

"El **caudal** es un volumen de agua que atraviesa una superficie en un tiempo determinado" (Maceira, 2024). Y su fórmula para ser calculado es:

$$Q = V * A \quad (16)$$

Siendo:

Q: Caudal (m^3/s),

V: Velocidad (m/s),

A: Área (m^2).

También existe la variación de esta ecuación siendo la de ecuación de Torricelli:

$$Q = A\sqrt{2gh} \quad (17)$$

donde:

Q: caudal de salida (m^3/s)

A: área de la válvula (m^2)

g: gravedad (9.81 m/s^2)

h: altura del agua sobre la válvula (m)

Teniendo en cuenta que trabajaremos las áreas para las tuberías, entonces se puede desglosar la ecuación 16 de la siguiente manera:

$$Q = V * \frac{\pi D^2}{4} \quad (18)$$

Siendo:

D: Diámetro (m)

La ecuación de Bernoulli es un principio fundamental de la conservación de la energía para el flujo de fluidos.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{{V_1}^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{{V_2}^2}{2g} + Z_2 \quad (19)$$

Siendo:

P: Presión (N/m^2)

Peso específico: (N/m^3)

V: Velocidad (m/s)

Z: Altura (m).

La pérdida de carga en una tubería es la perdida que se da en un fluido por la fricción de sus partículas entre sí y el roce con la tubería. Dependen de la longitud, caudal, rugosidad del material, tipo de fluido. Hay dos tipos de perdida de carga que son: Perdidas continuas: ocurren por el rozamiento del fluido con las tuberías.

La ecuación de Hazen-Williams para determinar la perdida de carga por fricción.

$$h_f = k\frac{Q^m}{D^{2m+n}} * L \quad (20)$$

Siendo:

Hf: perdida de carga (m),

Q: caudal (m^3/s),

D: diámetro (m),

L: longitud (m),

K, m,2m+n constante.

Perdidas localizadas: causadas por el cambio de movimientos del fluido por el cambio de dirección, ya que produce turbulencia en puntos específicos del sistema, como (válvulas, codos, tee, etc.)

$$h_f = k\frac{v^2}{2g} \quad (21)$$

Siendo:

Hf: Perdida de carga localizada (m),

K: coeficiente tomado para cada tipo de punto,

V: velocidad (m/s),

g: gravedad (m/s^2).

Perdidas de carga total: este es la sumatoria de las perdidas localizadas y las distribuidas

$$HF = hf + hl \quad (22)$$

$$HF = k\frac{Q^m}{D^{2m+n}} * Lv \quad (23)$$

Siendo:

Lv: la longitud virtual (m)

Ecuaciones empíricas de perdida de carga:

Eq. Hazen-Williams: Se usa para tuberías de fundición y acero, flujo turbulento, temperaturas entre 5°C y 25°C y su uso está limitado al flujo de agua en conductos mayores de dos pulgadas y menores de seis pies de diámetro (Piqueras, 2022).

$$hf = 10.653 * \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.871}} * L \quad (24)$$

Siendo:

Hf: perdida de carga (m),

Q: caudal (m^3/s),

C: coeficiente de Hazen-Williams,

D: diámetro (m),

L: longitud (m).

TUBERIAS: Para el cálculo del tipo de tubería requerida en el proyecto, se tuvo en cuenta el concepto de diámetros equivalentes en hidráulica se refiere a la idea de utilizar un solo diámetro para representar una tubería compleja con diferentes secciones transversales. Esto permite simplificar los cálculos hidráulicos y analizar el flujo a través de la tubería de manera más efectiva, teniendo en cuenta las pérdidas de carga son una variable crítica que afecta el flujo en las tuberías, el principio de la ecuación de continuidad se aplica a los sistemas de tuberías en los que el flujo está presente. Si hay un caudal de entrada en un extremo de la tubería, debe haber un caudal de salida en el otro extremo de la tubería que sea igual al caudal de entrada.

De esta manera, el caudal de entrada y salida se mantienen en equilibrio, lo que permite que el flujo de líquido sea estable y constante. La medición precisa del caudal y el equilibrio del caudal de entrada y salida son funciones críticas que deben ser manejadas adecuadamente para maximizar la eficiencia del sistema.

POZO DE SUCCIÓN: Esta obra complementaria surge de la necesidad de realizar la captación en un lugar adecuado, teniendo en cuenta que el caudal de la quebrada es mínimo, lo más factible es realizar un pozo para recolectar el agua de la quebrada y también donde se instalara la bomba de impulsión.

BOMBAS: Las bombas hidráulicas son máquinas generadoras que trabajan con un fluido en las que se produce una transformación de energía mecánica en hidráulica. La misión de una bomba es transferir energía a un líquido para permitir su transporte en una instalación.

Las bombas centrífugas cuentan con gran variedad de aplicaciones, especialmente para fluidos de baja viscosidad. Es la más económica y adaptable a diferentes condiciones. las bombas de desplazamiento positivo se usan para bombeo de fluidos de viscosidad elevada, y se ven con pistones o rotativas. Algunos conceptos importantes para el cálculo de bombas, son:

Altura total de aspiración: Es la suma algebraica de la altura estática de aspiración (distancia de la superficie libre del líquido al eje de la bomba), presión existente sobre el líquido y pérdidas de carga por rozamiento de la tubería de aspiración.

Altura total de impulsión: Es la suma algebraica de la altura estática de impulsión, pérdida de carga en la impulsión y presión sobre el líquido en el punto de recepción.

Carga neta positiva de aspiración: Se representa por las siglas NPSH ("Net Positive Suction Head").

La NPSH requerida (NPSHr) depende del diseño de la bomba y representa la energía necesaria para llenar la parte de aspiración de la misma y vencer las pérdidas por rozamientos y aumento de velocidad desde la conexión de aspiración hasta el punto donde se incrementa la energía. Es, por tanto, un valor que depende del diseño constructivo de la bomba y que debe suministrar el fabricante de esta.

La NPSH disponible (NPSHdis) es la diferencia entre la presión a la entrada de la bomba y la tensión de vapor del fluido a la temperatura de funcionamiento, medidas ambas en metros de columna de líquido. Deberá cumplirse que la NPSHdis sea mayor o igual que la NPSHr.

La NPSHdis siempre habrá de ser positiva y lo mayor posible, ya que de este modo se evitará que la presión a la entrada de la bomba descienda por debajo de la presión de vapor del fluido en las condiciones de temperatura existentes en dicho punto, lo que provocaría la aparición de burbujas de vapor, con el consiguiente peligro de que la bomba entre en cavitación lo que reduce su carga y eficacia al tiempo que daña el material de la misma, reduciendo seriamente la vida útil de la bomba. (Zarza, s.f.)

$$NSPHdis = \pm Hgs + Hfs + Hls + \frac{Patm}{\rho g} + H0 \qquad (25)$$

En el diseño hidráulico de tuberías que trabajen a bombeo encontramos diferentes variables, entre ellas se encuentra la altura manométrica, la cual depende de la altura o presión diferencial a vencer desde el punto de captación del agua hasta su punto de depósito. En

términos generales la altura manométrica dependerá de la suma de 5 factores importantes, las cuales son:

Altura de Succión (Hgs): hace referencia a la longitud vertical de la tubería, esto desde el punto de ingreso del agua hasta el nivel de conexión a la tubería. Esta tubería transportara el agua aspirada antes de ser impulsada.

Altura de Impulsión (Hgd): Es la diferencia de elevaciones entre el punto de depósito del agua y la bomba. La suma de la altura de impulsión y succión es conocida como la altura geométrica.

Perdida de carga por succión (Hfs): Es la perdida de energía producida por la fricción de la tubería y la de accesorios localizados. Generalmente este valor se aproxima a cero.

Perdida de carga por Impulsión (Hfd): Hace referencia a la perdida de energía producido en la parte de la impulsión.

Presión de servicio (H0): Es la presión de llegada al depósito del agua, este valor debe ser mayor o igual 2 (m.c.a.).

$$HmT = Hgs + Hgd + Hfs + Hfd + H0 \quad (26)$$

$$Hmt = x + yQ^m \quad (27)$$

La potencia de una bomba, también conocida como potencia absorbida, representa la energía impartida al fluido bombeado para aumentar su velocidad y presión. Todas las bombas hidráulicas consumen energía para mover y aumentar la presión de un fluido.

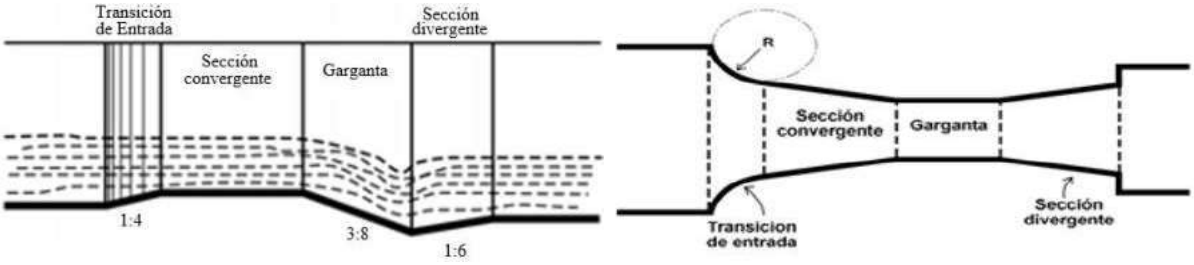
$$P = \gamma * Q * HmT \quad (28)$$

CANALETA PARSHALL: El medidor Parshall es una estructura hidráulica diseñada para cuantificar la cantidad de agua en canales al aire libre, como ríos, canales de irrigación, desagües, salidas de alcantarillas y aguas residuales, entre otros. Este dispositivo consta de cuatro secciones principales:

- Transición de entrada

- Sección de convergencia
- Garganta
- Sección de divergencia

Ilustración 3. Distribución de la canaleta parshall



Fuente: (Zurita. R Ronny. A . & López. G., 2017)

El principio básico, incluye una sección de convergencia con un piso nivelado, una garganta con un piso inclinado aguas abajo y una sección de divergencia con un piso inclinado aguas arriba. Este diseño provoca que el caudal se desplace a una velocidad crítica a través de la garganta y genere una onda estacionaria en la sección de divergencia.

Para el diseño de la canaleta Parshall se debe tener en cuenta que caudal se cuenta y estimar el ancho de esta en la sección de medida, para ello se requiere el caudal para revisar que canaleta se usará, para esto se revisan las siguientes tablas:

Tabla 2. Caudales mínimos y máximos según la garganta (W)

W	Unidades	cm	Mínimo caudal (l/s)	Máximo caudal (l/s)
1	Pulgadas	2.54	0.30	5.00
3	Pulgadas	7.62	0.80	53.80
6	Pulgadas	15.24	1.40	110.40
9	Pulgadas	22.86	2.50	252.00
1	Pie	30.48	3.10	455.90
1 1/2	Pie	45.72	4.20	696.60
2	Pie	60.96	11.90	937.30
3	Pie	91.44	17.30	1427.20
4	Pie	121.92	36.80	1922.70
5	Pie	152.40	45.30	2423.90

W	Unidades	cm	Mínimo caudal (l/s)	Máximo caudal (l/s)
6	Pie	182.88	73.60	2930.80
7	Pie	213.36	85.00	3437.70
8	Pie	243.84	99.10	3950.20
10	Pie	304.80	200.00	5660.00

Fuente: (Cualla, 2000)

Tabla 3. Valores recomendables según el ancho de la garganta

W	Unidades	cm	A	B	C	D	E	F	G	K	N
1	Pulgadas	2.54	36.6	35.6	9.3	16.8	22.9	7.6	20.3	1.9	2.9
3	Pulgadas	7.62	46.6	45.7	17.8	25.9	38.1	15.2	30.5	2.5	5.7
6	Pulgadas	15.24	62.1	61.0	39.4	40.3	45.7	30.5	61.0	7.6	11.4
9	Pulgadas	22.86	88.0	86.4	38.0	57.5	61.0	61.0	45.7	7.6	22.9
1	Pie	30.48	137.2	134.4	61.0	84.5	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
1 1/2	Pie	45.72	144.9	142.0	76.2	102.6	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
2	Pie	60.96	152.5	149.6	91.5	120.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
3	Pie	91.44	167.7	164.5	122.0	157.2	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
4	Pie	121.92	183.0	179.5	152.2	193.8	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
5	Pie	152.4	198.3	194.1	183.0	230.3	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
6	Pie	182.88	213.5	209.0	213.5	266.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
7	Pie	213.36	228.8	224.0	244.0	303.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
8	Pie	243.84	244.0	239.2	274.5	340.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
10	Pie	304.8	274.0	427.0	366.0	475.9	122.0	91.5	183.0	15.3	34.3

Fuente: (De La Cruz Vega, y otros, 2022)

Ya escogida la W, se realiza la siguiente ecuación para hallar el ancho (D'):

$$D' = \frac{2}{3}(D * W) + W \qquad (29)$$

Se sigue con el cálculo de la Altura de la lámina de agua sobre la solera de la canaleta (ha):

$$ha = \sqrt[n]{\frac{Q}{K}} \qquad (30)$$

Para las variables de n y K, se deben a la siguiente tabla:

Tabla 4. Valores de n y K

W	n	k
1	1.52	0.1
3	1.55	0.18
6	1.58	0.38
9	1.53	0.54
1	1.52	0.69
1.5	1.54	1.05
2	1.55	1.43
3	1.57	2.18
4	1.58	2.94
5	1.59	3.73
6	1.60	4.52
7	1.60	5.31
8	1.61	6.10

Fuente: (Cualla, 2000)

Para la velocidad en la sección de medida (Va):

$$Va = \frac{Q}{A} = \frac{Q\ (\frac{m^3}{s})}{D'(m) * ha\ (m)} \quad (31)$$

Para el cálculo de la energía total disponible (Ea):

$$Ea = N + ha + \frac{v^2}{2g} \quad (32)$$

En el cálculo del ángulo de flujo (φ):

$$\varphi = \arccos\left(\frac{-gQ}{W(0.67gEa)^{1.5}}\right) \quad (33)$$

Para la velocidad que se alcanza antes del resalto (V1):

$$v_1 = 2\cos\left(\frac{\varphi}{3}\right)\left(\frac{2gEa}{3}\right)^{0.5} \quad (34)$$

Calculo del tirante antes del resalto (Y1):

$$Y_1 = Ea - \frac{{v_1}^2}{2g} \quad (35)$$

Ya teniendo estos datos se debe calcular el número de froude, este es un número adimensional que relaciona las fuerzas gravitacionales con las fuerzas inerciales. Con este número se puede clasificar el flujo que casa por la canaleta y se caracteriza de la siguiente manera:

El flujo subcrítico se distingue por presentar profundidades elevadas y velocidades moderadas. La energía predominante en este tipo de flujo se manifiesta como energía potencial. La velocidad del flujo es inferior a la celeridad, lo que implica que su regulación se lleva a cabo aguas abajo. Esta capacidad de control aguas abajo se debe a la capacidad de las ondas para transmitir información en sentido retroactivo. Se clasifica como flujo subcrítico cuando $F < 1$.

En contraste, el flujo supercrítico se caracteriza por exhibir velocidades muy elevadas, lo que conduce a la disminución de la profundidad. La energía asociada a este flujo se encuentra en forma de energía cinética. En este caso, el control debe implementarse aguas arriba, ya que la velocidad media supera la celeridad, y colocar un control aguas abajo carecería de efectividad. Se considera que se trata de un flujo supercrítico cuando $F > 1$ (Celedón, 2014).

El resalto no debe ser oscilante; el número de Froude (Fr) no debe estar entre 2.5 y 4.5.

El número de Froude debe estar entre 1.7 y 2.5 o entre 4.5 y 9.0 (RAS - 2000, 2000)

$$Fr_1 = \frac{v_1}{\sqrt{gY_1}} \quad (36)$$

Para el cálculo de la altura del resalto al final del trecho divergente se necesita de un Y3

$$Y_3 = \frac{Y_1}{2}\left(\sqrt{\left(1 + 8{F_1}^2\right)} - 1\right) \quad (37)$$

$$Y_2 = Y_3 - (N - k) \quad (38)$$

Ahora se halla la velocidad en el resalto al final del trecho divergente (V2):

$$v_2 = \frac{Q}{Y_2 C} \quad (39)$$

Se necesita un segundo número de Froude para confirmar que haya un cambio de flujo

$$Fr_2 = \frac{v_2}{\sqrt{gY_2}} \quad (40)$$

Para las pérdidas de carga (hf):

$$hf = ha + N - Y_3 \quad (41)$$

Siempre hay un tiempo medio de mezcla (Tm) y este se halla con la siguiente ecuación:

$$Tm = \frac{2G}{v_1 + v_2} \quad (42)$$

Por último, el gradiente mezcla (G):

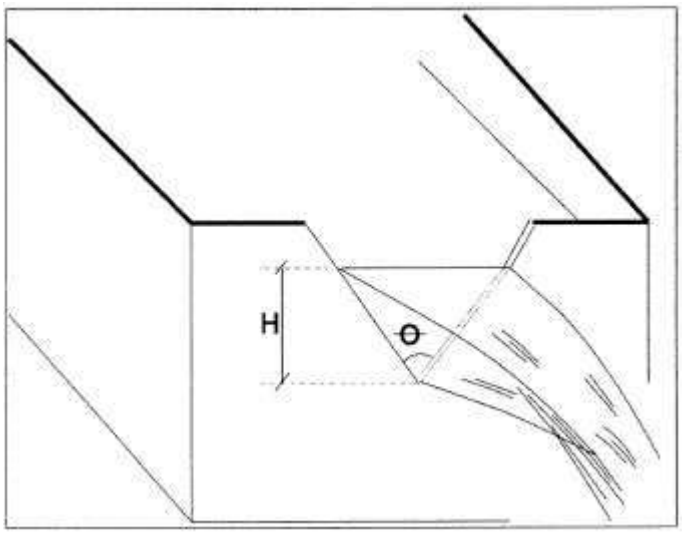
$$Gmv = \sqrt{\frac{\gamma * hf}{\mu * Tmr}} \quad (43)$$

VERTEDERO: consiste en una abertura en donde pasa el líquido, estos pueden ser de pared gruesa o delgada, sin embargo, es común usar la pared delgada cuando se miden corrientes superficiales. Existen varios tipos de vertederos según su forma, los cuales son:

- Rectangular
- Triangular
- Circular
- Proporcional
- Parabólico
- Semicúbico

Los vertederos triangulares son usados para caudales menores de 30 L/s y cargas hidráulicas que estén entre 6 y 60 centímetros.

Ilustración 4. Vertedero triangular



Fuente: (Cualla, 2000)

Lo primero a hallar es la altura de lámina de agua el cual es obtiene con la ec 43.

$$h = \left(\frac{Q}{1.4}\right)^{0.4} \quad (44)$$

Lo siguiente es el ancho de la lámina vertiente (L) y el ancho del canal (B), el cual según la resolución (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2017) indica que puede ser B=L o si L es considerado muy pequeño se puede intuir que el ancho del canal sea el doble de L, para hallar el ancho de la lámina se usa la ecuación 44.

$$L = 2h \quad (45)$$

El caudal unitario lo obtenemos por la división del caudal medio diario o el caudal de diseño y es dividido por el ancho del canal como se muestra en la ecuación 45

$$q = Q/B \quad (46)$$

La altura critica se basa en la altura máxima que conseguirá el caudal y para esto se usa la ec 46

$$hc = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \quad (47)$$

La altura al inicio del resalto se hará con la altura crítica y la altura mínima de la estructura hasta donde empieza la abertura del vertedero (P)

$$h1 = \frac{1.41hc}{\sqrt{2.56 + \frac{P}{hc}}} \quad (48)$$

La velocidad al inicio del resalto está dada por la ecuación 48

$$V1 = \frac{q}{h1} \quad (49)$$

El número de Froude 1 debe cumplir los mismos criterios que en la estructura aforado Canaleta Parshall, por lo que debe estar entre 1.7 a 2.5 o 4.5 a 9, y está dada por la ecuación 49.

$$F1 = \frac{V1}{\sqrt{g * h1}} \quad (50)$$

La altura que alcanza el caudal des pues del resalto está dada por la ecuación 50

$$h2 = \frac{h1}{2}(\sqrt{1 + 8 * F1} - 1) \quad (51)$$

La velocidad al final del resalto está dada por la ecuación 51

$$V2 = \frac{q}{h2} \quad (52)$$

La energía disipada en el resalto debe ser menor a 0.75 m/s y está dada por la ecuación 52

$$hp = \frac{(h2 - h1)^3}{4 * h1 * h2} \quad (53)$$

La longitud que provoca el resalto está dada por la ecuación 53

$$Lj = 6(h2 - h1) \quad (54)$$

La longitud total del vertedero está dada por la ecuación 54

$$Lm = 4.3P\left(\frac{hc}{P}\right)^{0.9} \quad (55)$$

La velocidad media de la velocidad al inicio y al final del resalto está dada por la ecuación 55

$$Vm = \frac{V1 + V2}{2} \quad (56)$$

El tiempo de mezcla en el resalto está dada por la ecuación 56, la cual debe ser menor a un segundo

$$Tm = \frac{Lj}{Vm} \quad (57)$$

Por último, se debe hallar el gradiente de velocidad el cual debe estar entre los 1000 y 2000 s-1, está dado por la ecuación 57

$$G = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} * \sqrt{\frac{hp}{T}} \quad (58)$$

TANQUES: Este sirve para depositar y almacenar agua para el consumo de la población beneficiada, para ello se debe realizar un estudio previo de factores como el caudal, consumos diarios y horarios con el fin de garantizar un volumen mínimo capaz de suministrar y abastecer la demanda de agua en la población de estudio.

De acuerdo con lo anterior, y teniendo en cuenta que el tanque para el caso de este proyecto se dispondrá como una estructura en concreto construida a nivel del suelo. Fue necesario consultar el Apéndice A-4 de la norma colombiana de construcciones sismo resistente (NSR – 10) se toman los dato iniciales para el diseño de los tanques, se consultan los valores de A_a , A_v, A_e y A_d además del nivel de amenaza sísmica según el código del municipio como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Nivel de amenaza sísmica de Quipile

Municipio	Código Municipio	Aa	Av	Zona de amenaza sísmica	Ae	Ad
Quipile	25596	0.15	0.20	Intermedia	0.16	0.08

Fuente: (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)

Todos estos coeficientes y datos tomados de la NSR – 10 son usados para el diseño estructural de los tanques respecto a cortantes, deflexiones y momentos para garantizar una vida útil y un buen funcionamiento de la estructura.

A continuación, se debe realizar el pre dimensionamiento del tanque y comprobarlo mediante el software SAP 2000, para esto se ingresan los datos de la placa de fondo, paredes y tapa del tanque, aparte se realiza la cuantía de aceros y las cantidades de obra. Teniendo en cuenta el pre dimensionamiento y los cálculos, debemos tomar la decisión más acertada del tipo del tanque siendo opción el tanque enterrado, tanque semienterrado o el tanque superficial revisando el cumplimiento de los esfuerzos y los factores de seguridad. Por último, se debe realizar los planos especificando los espesores, alturas, anchos, áreas y volúmenes de cada sección del tanque diseñado.

Previo a lo mencionado anteriormente, se deben hallar los datos para lograr una funcionalidad de la estructura y garantizar una vida útil de al menos 25 años, las cantidades se calculan aplicando las siguientes formulas, las cuales han sido tomadas de la ACI 350 (Comité ACI 350 Ingeniería medioambiental en Estructuras de concreto, 2007).

Masa total del líquido en (kN) que se espera que el tanque almacené al cien por ciento de capacidad, dispuesta por la ecuación 58.

$$WL = y_w * B * L * HL \qquad (59)$$

Profundidad del líquido en el tanque en (m) en la capacidad de llenado al cien por ciento, dispuesta por la ecuación 59.

$$\frac{L}{HL} = L/HL \quad (60)$$

Para el cálculo de la rigidez de flexión a lo ancho de un muro en sentido lineal (MPa), como se dispone en la ecuación 60.

$$k = \frac{E_c}{48} * (\frac{t_w}{h})^3 \quad (61)$$

Para el movimiento de oleaje de empuje, se calcula la masa equivalente de la componente impulsiva del almacén de líquidos (kN), como se dispone en la ecuación 61.

$$W_i = WL\, tan\frac{(0{,}866 * \frac{L}{H})}{(0{,}866 * \frac{L}{H})} \quad (62)$$

Para el movimiento de oleaje de bogue, se calcula la masa equivalente de la componente impulsiva del almacén de líquidos (kN), como se dispone en la ecuación 62.

$$W_c = WL * 0{,}264 * \frac{L}{HL} tan(3{,}16 / \frac{L}{HL}) \quad (63)$$

Para hallar la altura sobre la base del muro hasta el centroide de gravitatorio de la fuerza lateral impulsiva (m) en EBP, como se dispone en la ecuación 63.

$$h_i = 0{,}375 * \frac{L}{HL} \quad (64)$$

Para hallar la altura sobre la base del muro hasta centro de gravedad de la fuerza lateral convectiva (m) en EBP, como se muestra en la ecuación 64.

$$h_c = 1 - \frac{cosh(3{,}16(\frac{L}{HL})) - 1}{3{,}68\left(\frac{HL}{D}\right) * sinh\left(3{,}68\left(\frac{HL}{D}\right)\right)} * HL \quad (65)$$

Para determinar la propiedad dinámica de la estructura se calcula la constante de elasticidad del sistema de muro del tanque, (kPa), desarrollando la ecuación 65.

$$k_a = 1000 * A_s * E_s * cos \frac{\alpha^2}{L_c * C_s + 2 * G_p * W_p * L_p/(t_p * S_p)} \quad (66)$$

Para hallar la frecuencia fundamental del sistema es necesario determinar el coeficiente presentado en la ecuación 66.

$$C_l = \sqrt{t_w/(1000 * r)} \quad (67)$$

Para establecer el coeficiente definido de las cargas afectadas por la gravedad en la altura total del tanque y en la altura total del volumen del líquido se aplica la fórmula 67.

$$\lambda = \sqrt{3{,}68 * g\ tan\ 3{,}68(L/HL)} \quad (68)$$

Para determinar el movimiento de empuje de líquido se calcula la frecuencia circular del modo impulsivo de vibración expresada en radianes/segundos según ecuación 68.

$$w_i = \sqrt{k/m} \quad (69)$$

Para calcular la influencia de amortiguamiento del tanque, es necesario hallar el período fundamental de oscilación del líquido en el tanque teniendo en cuenta la componente impulsiva del contenido en segundos, para esto se desarrolla la ecuación 69.

$$T_i = \frac{2\pi}{w_i} \quad (70)$$

Para determinar el movimiento de bogue de líquido se calcula la frecuencia circular del modo convectivo de batimiento del agua expresada en radianes/segundos según ecuación 70.

$$w_c = \frac{\lambda}{\sqrt{L}} \quad (71)$$

Para determinar el movimiento de bogue de líquido se calcula el período natural inicial de batimiento de agua, expresado en segundo, para lo cual se desarrolla la ecuación 71.

$$T_c = \frac{2\pi}{w_c} \quad (72)$$

Para calcular el espesor del muro se desarrolla la ecuación 72.

$$h = \frac{h_w m_w + h_i m_i}{m_w + m_i} \quad (73)$$

Para calcular la masa total del sistema tanque-liquido, se desarrolla la ecuación 73.

$$m = m_w + m_i \quad (74)$$

Para establecer el coeficiente definido de las cargas afectadas en estado “vivo” a la altura total del tanque y a la altura total del volumen del líquido se aplica la ecuación 74.

$$\lambda = \sqrt{3{,}16 * g\ tan\, 3{,}16(L/HL)} \quad (75)$$

Para determinar el espectro sísmico elástico de la estructura, es necesario aplicar la ecuación 75.

$$T_s = \frac{Ds_1}{Ds_S} \quad (76)$$

Para hallar el factor de respuesta sísmica general como amplificación de espectral periódico dependiente para los movimientos horizontales de la componente de empuje teniendo en cuenta un 0.5% de amortiguamiento máximo, se debe desarrollar la ecuación 76.

$$C_i = \frac{1{,}25}{T_i^{2/3}} \quad (77)$$

Para hallar el factor de respuesta sísmica general como espectral periódico dependiente para los movimientos horizontales de la componente de bogue teniendo en cuenta un 0.5% de amortiguamiento máximo, se debe desarrollar la ecuación 77.

$$C_c = \frac{6{,}0}{T_c^2} \quad (78)$$

Para determinar el factor de respuesta sísmica general según la progresión de la frecuencia del sistema taque-líquido, se desarrolla la ecuación 79.

$$C_w = 0{,}09375 + \frac{0{,}2039}{\frac{L}{HL}} - \frac{0{,}1034}{\left(\frac{L}{HL}\right)^2} - \frac{0{,}1253}{\left(\frac{L}{HL}\right)^3} + \frac{0{,}1267}{\left(\frac{L}{HL}\right)^4} - \frac{0{,}03186}{(\frac{L}{HL})^5} \quad (79)$$

Para hallar el factor de respuesta sísmica local como amplificación de espectral periódico dependiente para los movimientos horizontales de la componente de empuje teniendo en cuenta un 0.5% de amortiguamiento máximo, se debe desarrollar la ecuación 80

$$C_i = C_i * 0{,}8 \quad (80)$$

Para hallar el factor de respuesta sísmica local como espectral periódico dependiente para los movimientos horizontales de la componente de bogue teniendo en cuenta un 0.5% de amortiguamiento máximo, se debe desarrollar la ecuación 81.

$$C_c = C_c * 0{,}8 \quad (81)$$

Para hallar el factor de respuesta sísmica local como amplificación de espectral en periodo corto para los movimientos horizontales de la componente de bogue, teniendo en cuenta un 0.5% de amortiguamiento máximo, se debe desarrollar la ecuación 82

$$C_t = C_t * 0{,}8 \quad (82)$$

8. MARCO LEGAL

Para el desarrollo de este proyecto, fue necesario consultar la normativa inherente al diseño de las estructuras pretendidas en este documento, teniendo la siguiente tabla resumiendo a grandes rasgos la normatividad principal que se aplicó a este proyecto.

Tabla 6. Recopilación de normativa

Titulo	Segmento	Descripción	Referencia
Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS - 2000)	Titulo B	Establece los requisitos técnicos para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de sistemas de acueducto, demanda de agua, fuentes de abastecimiento, captación de agua superficial y subterránea, aducción y conducción, estaciones de bombeo, tanques de almacenamiento.	(Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio)
Norma Colombiana de Construcciones sismo resistentes (NSR – 10)	Titulo A Título C	Concreto, en donde podemos revisar el capítulo C.23 para el diseño de tanques y estructuras ambientales de concreto.	(COMISION ASESORA PERMANENTE PARA EL REGIMEN DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES, 2012)
Código Colombiano De Instalaciones Hidráulicas Y Sanitarias (NTC 1500)	N/A	Esta norma presenta el montaje, instalación, modificación, reparaciones, reubicación, reemplazo, ampliación, uso y mantenimiento de los sistemas de instalaciones hidráulicas y sanitarias.	(Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC, 2004)
Resolución 0330 del 2017	N/A	Reglamenta los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de planeación, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo	(Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2017)
Ras rural - Resolución 844 de 2018	N/A	Establecen los requisitos técnicos para los proyectos de agua y saneamiento básico de zonas rurales que se adelanten bajo los esquemas diferenciales definidos en el Capítulo 1, del Título 7, de la Parte del Libro 2 del Decreto número 1077 de 2015.	(MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO, 2018)

Fuente: (Propia)

DISEÑO METODOLOGICÓ

PREDISEÑO DE OBRAS COMPLEMENTARIAS DEL ACUEDUCTO VEREDAL DE LA ARABIA Y LA JUDEA DEL MUNICIPIO QUIPILE CUNDINAMARCA: TANQUE DE ALMACENAMIENTO, SISTEMA DE BOMBEO, CONDUCCIÓN A TANQUE Y ESTRUCTURA DE AFORO.

Realizar el diseño de las obras complementarias como, el tanque de almacenamiento de agua, la estructura de aforo, tuberías y cuarto de bombas para el acueducto de las veredas para garantizar su total funcionalidad en un suministro continuo, eficiente y seguro de agua.

Objetivo 1

Analizar las fuentes de agua y la población de las veredas La Arabia y La Judea que permitan establecer los datos

Actividades a realizar:

FASE 1. ESTUDIO DEL TERRERO

- Planimetría
- Altimetría
- Medición del área de la cuenca
- Cambio de alturas de la zona de captación de agua con respecto al punto especificado para instalar los tanques
- Referenciación de los puntos exactos donde se va a realizar las obras

FASE 2. ESTUDIO DE LA POBLACIÓN

- Revisión de los posibles beneficiarios del proyecto
- Verificación de la población existente en la zona
- Socialización del proyecto mediante reuniones y puerta a puerta
- Recorrido de la zona donde se propondrá las construcciones.
- Proyección de la población futura a trabajar

FASE 3. MEDICIÓN DE CAUDALES

- Recorrido del nacimiento y la cuenca hidrográfica
- Revisión de la temporada para la toma de datos.
- Revisión de datos y resultados

Objetivo 2

Calcular los parámetros hidráulicos y estructurales necesarios, y diseñar el tanque de almacenamiento y la estructura de aforo, asegurando cumplimiento de normativas y estándares de calidad.

Actividades a realizar:

FASE 4. DISEÑOS DE ESTRUCTURA DE AFORO

- Estudios para diseños
- Realizar los cálculos para configurar los elementos que conforman la estructura
- Ajustar medidas para que se ajuste a la zona
- Revisión de los cálculos

FASE 5. DISEÑOS DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

- Diseño estructural para tanque.
- Diseño hidráulico para tanque.
- Diseño de placa entre piso para contorno del tanque
- Materiales requeridos para su construcción
- Recomendaciones para su construcción.
- Otras opciones de tanques.

FASE 6. DISEÑOS DE BOMBA DE IMPULSIÓN

- Cálculos para la bomba de propulsión del agua desde la caja recolectora hasta el tanque
- Diseño hidráulico para la línea de agua desde la caja recolectora hasta el tanque
- Recomendaciones de construcción de la línea de agua.
- Diseño estructural de cuarto de bombas

Objetivo 3

Estimar un presupuesto factible para la implementación del proyecto.

Actividades a realizar:

FASE 7. PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO

- Presupuesto de la tubería para conducir el agua desde la caja de recolección hasta el tanque
- Presupuesto de cuarto de bombas.
- Presupuesto de bombas.
- Presupuesto de tanque diseñado
- Presupuesto de tanques prefabricados
- Presupuesto de tubería para by-pass de tanques prefabricados

9. DISEÑO METODOLÓGICO

Para este proyecto, se ha considerado un diseño metodológico mixto, fusionando análisis cuantitativo y cualitativo.

La metodología cuantitativa: se fundamenta en cálculos estructurales, investigaciones sobre cargas, evaluaciones de la resistencia de los materiales y evaluaciones de la capacidad de almacenaje del depósito.

El enfoque cualitativo: Tiene en cuenta las condiciones del terreno, necesidad de la comunidad sobre la problemática del agua, revisión de normatividad colombiana aplicable y viabilidad económica del proyecto.

Esta información ha sido condensada posterior a visitas a la zona, a través de fuentes primarias (levantamientos de campo, pruebas de suelos y entrevistas con la comunidad) y secundarias (revisión de normativas y estudios sobre la necesidad de almacenar el agua en las veredas).

Para el desarrollo del proyecto se tuvo que manejar diferentes herramientas como AutoCAD, Arcgis, SAP 2000, Google Earth, Paquete Office, generando el conocimiento necesario para dar un producto adecuado y de esta forma garantizar las diferentes fases de proyecto.

9.1 FASE 1. ESTUDIO DEL TERRERO

9.1.1 Planimetría

Para este proyecto se realizó el reconocimiento del terreno por medio de coordenadas de sistema de posicionamiento global GPS bajo el sistema Gauss Magna Sirgas y se corroboraron con el programa ARCGIS, desde el inicio se utilizaron las ubicaciones del país, departamento, municipio y veredas, seguidamente se implantaron las coordenadas de las ubicaciones propuestas para el contenedor de aforo, sistema de bombas, línea de tubería y ubicación del tanque. Estos puntos fueron socializados mediante una reunión con el propietario del predio

donde se tiene previsto las obras complementarias lo cual garantiza que el proyecto no tendrá ningún tipo de afectación por pago de servidumbres o problemas legales a futuro (consultar Anexo 1).

9.1.2 Altimetría

Teniendo en cuenta que todos los municipios y veredas de Colombia tienen una altura con respecto al nivel del mar, nuestro estudio fue realizado por medio del sistema de posicionamiento global GPS, con el cual se obtuvo las diferentes alturas de los elementos estudiados, como lo son, la cota de captación, la cota más alta del sistema y la cota del tanque.

9.1.3 Medición del área de la cuenca.

Durante las visitas a campo se realizaron lecturas de diferentes coordenadas con el sistema de posicionamiento global GPS, las cuales se insertaron en el programa ARCGIS; se compararon con los puntos de ubicación tomados en las veredas para corroborar los datos en el sistema, luego de esto se observa que todos los datos son acertados tanto en planimetría como en altimetría, con los cuales se realiza los cálculos del área y la longitud de la cuenca.

9.1.4 Cambio de alturas de la zona de captación de agua con respecto al punto especificado para instalar los tanques.

En las visitas de levantamiento topográfico se reconoce que el cambio de altura entre el nacimiento hídrico y la zona establecida para la construcción del tanque es mínimo en temporada de lluvias y en temporada seca es negativa, por ende, se establecer que la captación debe ser aguas abajo con respecto a la cuenca garantizando que en temporadas de tiempo seco se garantice la entrega del agua.

9.1.5 Referenciación de los puntos exactos donde se va a realizar las obras.

En el trabajo realizado en campo, se ejecuta la lectura de las coordenadas puntuales, tomadas por medio de sistema de posicionamiento global GPS de cada uno de los sitios establecidos para realizar las diferentes obras, estas se establecen en conjunto con el

representante de la comunidad, para no afectar predios que no tengan el permiso para realizar estas por parte de los propietarios.

9.2 FASE 2. ESTUDIO DE LA POBLACIÓN

9.2.1 Verificación de la población existente en la zona.

Para esto se realizó la visita a las fincas que hacen parte de la zona de estudio, para una encuesta de la totalidad de personas que viven en cada una de ellas (consultar Anexo 2).

9.2.2 Revisión de los posibles beneficiarios del proyecto

Se realiza el censo para la verificación de distancias y población que toman el recurso hídrico de la quebrada a usar en el presente proyecto, teniendo en cuenta la cantidad de personas que viven en cada predio (consultar Anexo 2).

9.2.3 Socialización del proyecto mediante reuniones y puerta a puerta.

A medida de cada visita a la comunidad, se explica el proyecto, la presentación de las coordenadas donde se plantea ubicar las obras complementarías, el proceso constructivo y los beneficios que podrán obtener de este.

9.2.4 Recorrido de la zona donde se propondrá las construcciones.

Se dirige al predio donde se dispondrán las obras hidráulicas, para revisar ubicación, alturas y distancias, garantizando que no se invada propiedades ajenas al proyecto.

9.2.5 Proyección de la población futura a trabajar.

Con los censos realizados del actual año (2024) y la encuesta de población de los años anteriores (2015 y 2019). Teniendo en cuenta los tres métodos de crecimiento poblacional expuestos en el libro (Cualla, 2000), se halla la población que existirá en 25 años, es decir, la cantidad de habitantes en el 2049.

9.3 FASE 3. MEDICIÓN DE CAUDALES

9.3.1 Recorrido del nacimiento y la cuenca hidrográfica.

Se verifica el lugar con visitas y recorridos a pie para un mejor reconocimiento de la cuenca, el estado del nacimiento estudiando el color, área, profundidad, posibles contaminantes y las escorrentías que alimentan la fuente hídrica.

9.3.2 Revisión de la temporada para la toma de datos.

Se tomó los datos de la fuente hídrica en temporada seca y de lluvias, sin embargo, los datos de diseño que se usan son los de temporada seca, puesto que se diseña las estructuras para los periodos más críticos.

9.3.3 Revisión de datos y resultados.

Se investiga en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, para obtener datos como la temperatura del municipio; teniendo este dato podemos revisar el peso específico y la viscosidad dinámica del agua con el fin de realizar los prediseños de las obras complementarias, altura de lámina de agua, tiempo y velocidad en la que fluye el caudal.

9.4 FASE 4. DISEÑOS DE LA ESTRUCTURA DE AFORO

9.4.1 Estudios para diseños

Se estudió el ancho de la quebrada donde se captará el caudal, para así dar inicio al diseño de la estructura, con el fin de medir el volumen del líquido, que pase a través de la estructura y que de cierto impulso al agua.

9.4.2 Realizar los cálculos para configurar los elementos que conforman la estructura aforadora.

Para este punto se requieren de la ecuación número 24 hasta la ecuación número 58, usando las tablas 2, 3 y 4 del presente trabajo ya que son valores estándares de la estructura a diseñar dependiendo la estructura a implementar ya sea la canaleta Parshall o el vertedero triangular, sin embargo, se deben revisar algunos criterios como el número de froude, el tiempo

medio de mezcla y el gradiente medio de velocidad, con el fin de verificar que su uso como estructura aforadora sea eficiente y no tome un flujo inestable que afecte su funcionalidad.

9.4.3 Ajustar medidas de canaleta para que se ajuste a la zona.

Se debe verificar que el ancho de la canaleta y/o el vertedero sea el recomendado para el caudal que se encuentra en la zona, por ello, se revisan diferentes medidas (W) en la tabla 2.

9.4.4 Revisión de los cálculos

Se deben revisar los factores del número de froude, el tiempo medio de mezcla y el gradiente medio de velocidad, ya que, de no cumplirse con ellos, creara un resalto hidráulico inestable el cual no permite su permanencia en una sola posición y dificulta su función.

9.5 FASE 5. DISEÑOS DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

9.5.1 Diseño estructural para tanque.

En el Apéndice A-4 de la norma colombiana de construcciones sismo resistente NSR – 10 (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010) se toman los datos iniciales para el diseño del tanque, consultando los valores del coeficiente de aceleración horizontal (Aa), coeficiente de velocidad horizontal (Av), coeficiente de aceleración seguridad limitada (Ae) y coeficiente de aceleración para el umbral de daño (Ad) además del nivel de amenaza sísmica según el código del municipio ubicados en la tabla 5 expuesta anteriormente.

En cuanto al diseño interno del tanque se disponen esquinas achaflanadas para reducir la concentración de esfuerzos en las mismas, mejorando la distribución de cargas, facilitando el flujo del agua y evitando la acumulación de sedimentos en los vértices, así como disminuir la posibilidad de fisuras estructurales causadas por la presión del agua.

Adicionalmente de lo anterior, los refuerzos en las esquinas achaflanadas se diseñaron para resistir los esfuerzos de corte y flexión, para lo cual se situarán en forma de malla cerrada, con barras de refuerzo en ángulos de 45° que permitan la correcta transmisión de esfuerzos, se

reforzarán estas zonas con estribos cerrados en los vértices para mejorar la resistencia a esfuerzos cortantes y evitar fallas prematuras por fisuras o concentraciones de tensiones.

Así mismo, y posterior al análisis estructural, se implementará una pendiente del 2% hacia el drenaje para evitar sedimentos, asegurando que los residuos y partículas suspendidas sean dirigidos de manera eficiente hacia el punto de drenaje, para optimizar el mantenimiento y reducir la necesidad de limpieza frecuente.

Además, se determinan los diámetros de los muros, la base y la tapa del tanque, estableciendo los refuerzos para que la estructura sea sismo resistente, según lo establecido en el capítulo 23 de la norma NSR-10, donde es necesario cumplir con los requisitos del capítulo 21 de la misma norma, en referencia a diseño de estructuras cubiertas como lo dicta MinAmbiente (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial , 2010, págs. C-210).

Así mismo en el diseño se dispuso de respiraderos en la parte superior del tanque para permitir la salida de posibles gases acumulados y evitar posibles presiones internas que puedan afectar la estructura, estos respiraderos deben ser equipados con rejillas de protección contra insectos y agentes externos, conjuntamente se implementará una tapa de inspección con cierre hermético para facilitar el acceso interno en labores de mantenimiento y limpieza, incluyendo una escalera fija de acero inoxidable o galvanizado con peldaños antideslizantes para garantizar seguridad en el acceso.

9.5.2 Diseño hidráulico para tanque.

Para esto se tiene como base las disposiciones del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS, (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico, pág. 38), en numeral 2.8.2, se debe realizar el cálculo del caudal de agua que almacenará el tanque, por lo que se utilizan las siguientes ecuaciones establecidas en la RAS, consultar el anexo 4. Cálculos en Excel “CAUDAL”.

Además, se tienen en cuenta los aspectos del artículo 79 del Anexo 2 de la Resolución 330 de 2017 la cual fue modificada con las Resoluciones 799 de 2021 y 908 de 2021. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2022, pág. 39), en cuanto a la circulación del agua, asegurando que el principio FIFO (First In-First Out) se cumpla, el ingreso del agua debe ubicarse a 40 cm de la tapa hacia abajo (tubo en la parte superior) y con la salida del agua sea ubicado a 10 cm de la placa inferior hacia arriba (tubo en la parte inferior) en el lado opuesto al tubo de ingreso de agua, esto debido al tamaño del tanque (ver anexo 5: Planos del tanque en AutoCAD).

Para facilitar el drenaje se debe ubicar una válvula en el punto más bajo de la pendiente del fondo para facilitar la limpieza y mantenimiento cuyo diámetro se calculó con la ecuación de Torricelli (Ec.17)

Lo anterior para garantizar un drenaje eficiente en un tiempo estimado de 10-15 minutos, se recomienda una válvula de diámetro entre 2 y 4 pulgadas. El material recomendado es el bronce o acero inoxidable para evitar corrosión.

9.5.3 Diseño de placa entre piso para contorno del tanque

Según los diseños, se contempló realizar una protección en el contorno del área que ocupará el tanque, para evitar que los elementos de la naturaleza no afecten la potabilidad del agua; dicha placa, deberá tener como mínimo un espesor de 0.10 m y un ancho de 1.20 m con un bombeo del 1% de inclinación con la finalidad de conducir las precipitaciones fuera del área del tanque, según lo dispuesto en la norma RAS 2000 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico).

9.5.4 Materiales requeridos para su construcción.

Por la finalidad de la estructura, se establece, que su construcción se debe realizar en concreto hidráulico de 4000psi el cual contiene cemento, arena, impermeabilizante y grava, además de las barras de acero de ¾ para la armadura, teniendo en cuenta lo estipulado en la NSR-10 (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial , 2010).

9.5.5 Recomendaciones para su construcción.

Debido a que la construcción del tanque, está dispuesta para realizarlo con la comunidad y minimizar costos, se recomienda:

- La mezcla mencionada en el punto 9.5.4 debe hacerse en sitio de construcción
- El acero se debe figurar en el sitio, es decir se reciben las barras del proveedor y se les debe dar forma según la armadura.
- Para el fraguado del concreto es imperativo desencofrar el elemento a un tiempo mínimo de 14 días, garantizando un periodo adecuado.
- Para los aditivos de la mezcla, es importante seguir las recomendaciones del fabricante para garantizar un óptimo desempeño.

9.5.6 Otras opciones de tanques.

Durante el estudio de caso, se recibieron diferentes ideas por parte de la comunidad para utilizar tanques prefabricados, por lo que se realizó el estudio, dando como conclusión que ese tipo de tanques no resultan viables debido a que estos no tienen el volumen calculado.

9.6 FASE 6. DISEÑOS DE BOMBA DE IMPULSIÓN

9.6.1 Cálculos para la bomba de propulsión del agua desde la caja recolectora hasta el tanque.

Para este ítem se requieren de los diámetros, longitud, desnivel de altura de succión y descarga, además se usa la Ecuación. 23 para hallar la curva de la bomba, el coeficiente de rugosidad, la presión de servicio, las perdidas localizadas y con la Ecuación. 21 se sacan las pérdidas de carga.

9.6.2 Diseño hidráulico para la línea de agua desde la caja recolectora hasta el tanque

Se revisa la velocidad inicial y la velocidad final, además de las presiones iniciales y finales, dado el caso de que sean demasiado pequeñas se descartan y la perdida de carga despejando la ecuación 19 se da la diferencia de cotas o de alturas.

9.6.3 Recomendaciones de construcción de la línea de agua.

Se recomienda usar una tubería en PVC del mismo diámetro o el menor consecuente que usa la bomba es la parte de succión.

9.6.4 Diseño estructural de cuarto de bombas.

Ya que se diseña una bomba sumergida o ahogada, no requiere de cuarto de bombas.

9.7 FASE 7. PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO

9.7.1 Presupuesto de la tubería para conducir el agua desde la caja de recolección hasta el tanque

Es importante tener claro que todos los elementos relacionados en este proyecto van a ser llevados a su implementación por la comunidad, por ende, se especifica los valores de tubería, accesorios y soldadura.

9.7.2 Presupuesto de cuarto de bombas.

Se debe tener en cuenta que la bomba en los diseños aterrizados será sumergible, por tal motivo el cuarto de bombas no es necesario realizarlo.

9.7.3 Presupuesto de bombas.

Después de diseñar y realizar los cálculos de cavitación de bombas, se compara con las diferentes unidades comerciales, teniendo en cuenta con el cumplimiento de esta se selecciona y relaciona en el presupuesto.

9.7.4 Presupuesto de tanque diseñado.

Después de tener el diseño del tanque se dividen las diferentes actividades y materiales garantizando que cada una tenga una unidad establecida y valor, estos se montan en el presupuesto general para su contabilización.

9.7.5 Presupuesto de tubería para by-pass de tanques prefabricados.

Este tipo de elementos garantizan la debida conexión entre la tubería de alimentación de agua y el ingreso al tanque, teniendo en cuenta estos elementos se cuantifican y se adiciona al presupuesto general.

9.7.6 Recomendaciones.

Este presupuesto se entregará en consolidado para el proyecto, cabe mencionar que los valores obtenidos son del año 2024 por tal motivo este puede llegar a cambiar según los cambios de iva, transporte o aranceles según sea el caso.

9.7.7 Conclusiones de los presupuestos en general.

Al final tendrá un valor de costos estimados, teniendo en cuenta los costos directos y los indirectos, siendo estos los administrativos, imprevistos, utilidad y el IVA.

10. ANALISIS Y RESULTADOS

Posterior al desarrollo de las fases anteriores se obtuvieron los siguientes resultados, los cuales serán analizados y explicados a medida que se presente cada medición, con esto se espera facilitar la lectura e interpretación de estos.

10.1 POBLACIÓN FUTURA

Tabla 7. Datos iniciales de población

POBLACIÓN	
Año	**P(hab)**
2015	164
2019	158
2024	198

Fuente: (Propia)

De acuerdo con los censos realizados se cuenta con los datos iniciales de la tabla 7.

Tabla 8. Resultados de los métodos de crecimiento poblacional

AÑO	**Método lineal[1]**		**Método geométrico[2]**		**Método exponencial[3]**	
	Ka	3.77777778	r	0.02115404	K	0.0209334
2049	Pf25	292	Pf25	334	Pf25	334
2044	Pf20	274	Pf20	301	Pf20	301
2039	Pf15	255	Pf15	271	Pf15	271
2034	Pf10	238	Pf10	244	Pf10	244
2029	Pf05	217	Pf05	220	Pf05	220

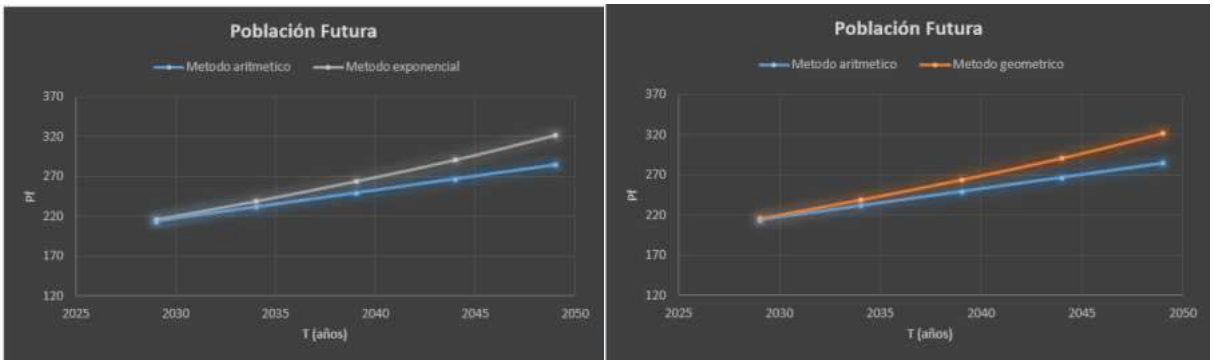
Fuente: (Propia)

Nota: considerar lo siguiente: Para el [1] se deben usar las ecuaciones 1 y 2, para el [2] se debe usar las ecuaciones 3 y 4, por último, para el [3] se usaron las ecuaciones 5 y 6.

En las casillas donde se encuentran las variable pf(i), hacen referencia a la población que se tendrá en cuenta con respecto al año actual, es decir, 2024 más una secuencia de 5 años

hasta llegar a los 25 años que por norma se debe diseñar. Para un mejor entendimiento se puede observar la siguiente gráfica:

Gráfica 1. Métodos de crecimiento poblacional



Fuente: (Propia)

Ya que el método exponencial y el geométrico describen un crecimiento poblacional semejante se presentan en dos gráficas para poder visualizar las líneas de crecimiento.

Se decide usar la población futura del método exponencial, pues el crecimiento lineal y el logarítmico no dan resultados precisamente acertados, ya que rara vez se produce un crecimiento de estas tendencias.

10.2 CAUDAL

Se toma de referencia la tabla 1 de la página (21). Para indicar el consumo residencial, y dado que no hay industrias, el consumo neto es igualmente de 130 L/hab*d. Se usa la Ec. 8, 9 y 10 del marco teórico, ubicadas en las páginas 22 y 23. Para obtener el consumo bruto futuro como se muestra en la Tabla 9 según el método del 10% de aumento de población.

Tabla 9. Consumo bruto según el método del 10%

AÑO	POBLACIÓN	INCREMENTO	DOTACIÓN NETA	PERDIDAS	DOTACIÓN BRUTA	
	P	%I	Dn	%P	Db	
2024	198	1.1%	130.00	25%	173	175
2029	220	1.1%	131.44	25%	175	175
2034	244	1.1%	132.88	24%	176	175
2039	271	1.1%	134.35	24%	177	175

AÑO	POBLACIÓN	INCREMENTO	DOTACIÓN NETA	PERDIDAS	DOTACIÓN BRUTA	
	P	%I	Dn	%P	Db	
2044	301	1.1%	135.84	24%	179	180
2049	334		137.33	24%	180	180

Fuente: (Propia)

Además, se usa otro método de Planeación Nacional, usando la ecuación 7, nos da la dotación bruta expresada en la tabla 10:

Tabla 10 Consumo bruto según el método de planeación

AÑO	POBLACIÓN	DOTACIÓN BRUTA Db
2024	198	165
2029	220	169
2034	244	172
2039	271	175
2044	301	178
2049	**334**	**182**

Fuente: (Propia)

Se toma la dotación bruta obtenida en la tabla 10 ya que el método del 10% es de otro país el cual se sacó por datos estadísticos, lo cual no indica que sea el mismo para todos los casos. Para proceder con los cálculos de los caudales, se usan las ecuaciones 11, 12 y 13. Se obtienen los resultados expuestos en la tabla 11

Tabla 11. Resultado del caudal teórico

CAUDAL TEORICO			
Cn	Consumo neto	130	L/hab*dia
P	Perdida de agua	32.5	L/hab*dia
Cb	Consumo bruto	182	L/hab*dia
Qprom	**Caudal medio**	**0.70**	**L/s**
Qmaxdiario	Caudal máximo diario	0.90	L/s
K1	Factor de mayoración	1.30	-
Qmaxhorario	Caudal máximo horario	1.45	L/s
K2	Factor de mayoración	1.60	-

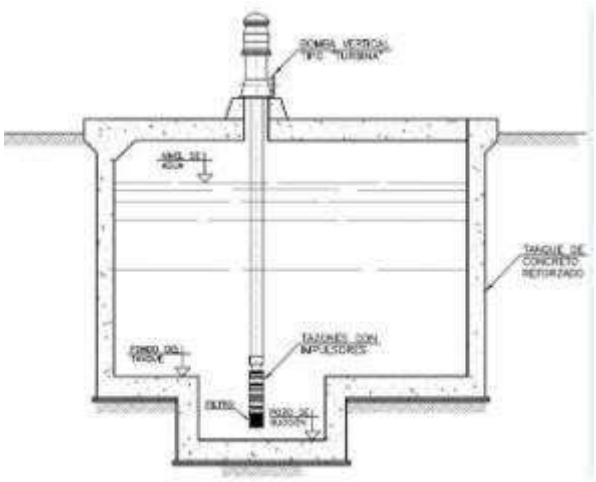
Fuente: (Propia)

Dando un caudal medio diario de 0.7 L/s, el cual es usado para los cálculos de las siguientes estructuras.

10.3 POZO:

Esta obra complementaria surge de la necesidad de realizar la captación en un lugar adecuado, teniendo en cuenta que el caudal de la quebrada es reducido, el diseño de la canaleta Parshall es inviable y una obra tradicional (rejilla, desarenador) tampoco es funcional ya que son estructuras diseñadas para acueductos de mayor envergadura; lo más factible es realizar un pozo para recolectar el agua de la quebrada La Tigra y también donde se instalara la bomba de impulsión.

Ilustración 5. Pozo de succión



Fuente: (Ybirma, 2019)

La mejor opción para esta obra complementaria es realizarla con una dimensión interna de 1,2 x1,2 metros y una profundidad de 2,00; esto para garantizar un espacio de trabajo adecuado para realizar los debidos mantenimientos y su altura es para que la bomba tenga un volumen adecuado de agua y no presente ningún tipo de daño por cimentación y bajos niveles (Bruni & Spuhler , s.f.).

10.4 BOMBA:

Se usa la ecuación 24 para las pérdidas de carga sin el caudal, como se muestra en la ecuación 83

$$hf = A * Q^m \quad \textbf{(83)}$$

siendo A el resumen de la ecuación 84:

$$A = \frac{10.653 * L}{C^{1.852} * D^{4.871}} \quad \textbf{(84)}$$

La Hls se toma como el 20% de las pérdidas de carga total y la Hgs como el desnivel geométrico, en este caso es una bomba sumergible por lo que no cuenta con Hgs en la succión.

Tabla 12. Datos de succión

SUCCION		
Ø	43.68	mm
L	2.00	m
Hls	3537.65	m
Hgs	0.00	m
A	17688.26	m

Fuente: (Propia)

Tabla 13. Datos de descarga

DESCARGA		
Ø	38.14	mm
L	189.37	m
Hls	486372.52	m
Hgs	18.60	m
A	3242483.48	m

Fuente: (Propia)

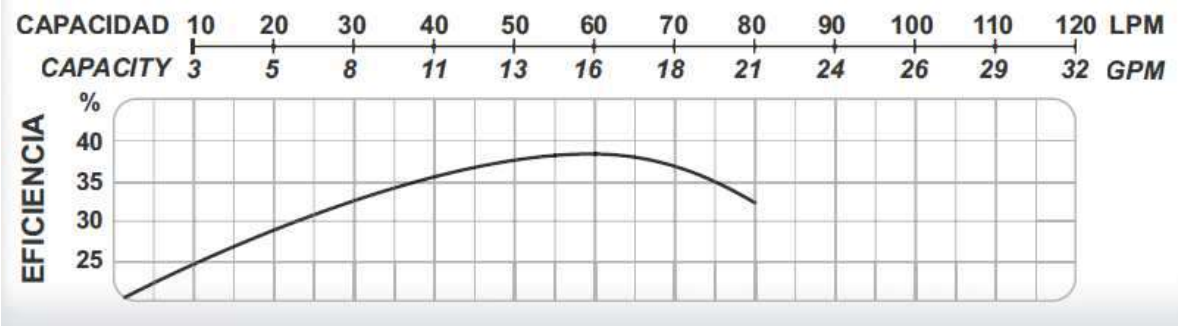
Se busca la potencia de la bomba requerida con las ecuaciones 27 y 28

Tabla 14. Potencia de la bomba requerida

Q	0.000696	m3/s
Hmt	23.925501	m
Ph	162.935550	w
	0.221681	Cv

Fuente: (Propia)

Ilustración 6. Curva de la eficiencia de la bomba



Fuente: (Anexo 7)

La potencia obtenida anteriormente de 162.9 W tendrá una eficiencia del 37% aproximadamente según lo indica a ilustración 6 obtenida de la ficha técnica de la bomba a sugerir.

Se requiere de una ecuación la cual consiste en *x + yQ^m* en donde *X* se halla sumando los Hg y el *Y* se halla sumando los Hl y A. Se muestra la ecuación obtenida en la tabla 15:

Tabla 15. Ecuación para hallar la curva del sistema

		Eq	
18.6	+	3750081.9	Q^1.852

Fuente: (Propia)

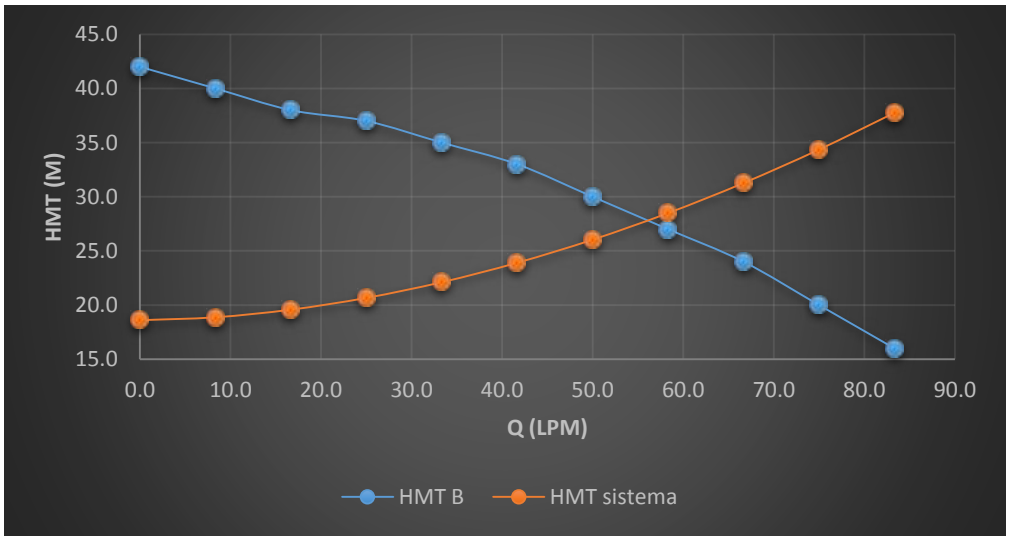
Ya con la ecuación se usa la fórmula 26 reemplazando el caudal con los que se muestra en la tabla 16 y así obtener las curvas del sistema el cual el 0.7 L/s es equivalente a 41.74 L/m, por lo cual nuestro punto crítico es de 50 L/m para evitar la cavitación de la bomba a usar.

Tabla 16. Datos para la gráfica se la curva del sistema y la curva de la bomba

Q LPM	HMT B	HMT sistema
0.0	42.0	18.60
8.3	40.0	18.87
16.7	38.0	19.57
25.0	37.0	20.66
33.3	35.0	22.11
41.7	33.0	23.91
50.0	**30.0**	**26.04**
58.3	27.0	28.49
66.7	24.0	31.27
75.0	20.0	34.36
83.3	16	37.75

Fuente: (Propia)

Gráfica 2. Curva del sistema y curva de la bomba escogida



Fuente: (Propia)

Según la gráfica 2 podemos concluir que la bomba disponible (SSX1ME050F2C Evans) es ideal para la bomba requerida ya que las bombas eléctricas no necesitan de planes de mantenimiento robustos, por lo que no suelen ser costosas sus interrupciones, como lo mencionan en la guía (Organización Panamericana de la salud, 2005), debido a que la capacidad

de la bomba satisface el caudal existente e incluso un caudal mayor, debido a esto no entra en zona de cavitación.

10.5 CONDUCCIÓN DE LA BOMBA A LA ESTRCUTURA AFORADORA

Se usa una tubería de 1 ¼" PAVCO WAVIN cuyo diámetro interno promedio (mm) es de 38.14 como se muestra en la tabla 17, la velocidad se considera muy pequeña por lo que se asume que no tendrá peso en el resultado final al igual que la presión, la velocidad se halla con la ecuación 17

Tabla 17. Datos iniciales para la tubería

DATOS			
D	Diámetro	38.14	mm
v	Velocidad	0.02	m/s
Q	Caudal	0.000695833	m3/s
L	longitud	189.37	m

Fuente: (Propia)

Para hallar la perdida de carga que sufre el caudal al impulsarse desde la bomba hasta el tanque, se usa la ecuación 18, la cual se ve afectada por la altura:

Tabla 18. Perdida de carga en la tubería

Hf	18.60	m

Fuente: (Propia)

10.6 ESTRUCTURA DE AFORO

Al inicio del presente proyecto, se tenía previsto como estructura de afora una canaleta Parshall, sin embargo, al realizar el diseño de esta se definió que no cumplía con algunos criterios y se concluye que no sería una opción eficiente, por lo tanto, se considera la opción de un vertedero triangular, usando las ecuaciones 43 hasta la ecuación 57. Y se obtuvo la siguiente tabla de resultados:

Tabla 19. Resultados del vertedero triangular

h	L	B	q	hc	P	V1	F1	h2	V2	hp	Lj	Lm	Vm	Tm	G
m	m	m	m3/s	m	m	m/s	-	M	m/s	m	m	m	m/s	s	S-1
0.05	0.10	0.10	0.01	0.02	0.59	1.77	8.92	0.02	0.47	0.01	0.07	0.11	1.12	0.06	965.82

Fuente: (Propia)

Como se puede observar, todos los criterios cumplen a excepción del gradiente ya que no sobrepasa el mínimo de 1000 s-1, sin embargo, se está implementando como una estructura aforadora mas no para mezcla rápido, por ello se recomienda tener en cuenta este parámetro por si se desea implementar.

10.7 TANQUE:

Durante el estudio de caso, se recibieron diferentes ideas por parte de la comunidad para utilizar tanques prefabricados, por lo que se realizó el cálculo de capacidad máxima de almacenamiento que presupuestalmente se puede adquirir, dando como conclusión que ese tipo de tanques no resultan viables debido a que estos no tienen el volumen calculado; por lo anterior, se continuó con el diseño del tanque para construir en el sitio de ubicación final.

Como se mencionó anteriormente, para el diseño del tanque se tuvo en cuenta el volumen necesario para abastecer el consumo de la comunidad tanto en temporada de lluvia como en la temporada seca (ver punto 10.2 de la sección “Análisis y Resultados” del presente documento), el diseño se realizó teniendo en cuenta las normas que rigen este tipo de estructuras garantizando su trabajo y estabilidad estructural obteniendo este índice de satisfacción mediante el software SAP2000, los datos recolectados son:

Tabla 20 Medidas del tanque

MEDIDAS DEL TANQUE			
B	Largo interno de un estanque rectangular, perpendicular a la dirección de la fuerza sísmica.	7	m
L	Largo interno de estanques rectangulares, paralelo a la dirección de la fuerza sísmica.	5	m

MEDIDAS DEL TANQUE			
HL	Profundidad de diseño de depósito de líquido.	1.25	m
WL	Masa total del almacén de líquidos.	429.06	kN
D/HL	Relación de diámetro y profundidad de diseño de depósito de líquido.	4.00	-
k	Rigidez de flexión de una unidad de ancho de un muro rectangular-lineal.	3031.17	kN*m/m
Wi	Masa equivalente de la componente impulsiva del almacén de líquidos.	123.62	kN
Wc	Masa equivalente del componente convectivo del almacén e líquidos.	298.31	kN
hi	Altura Sobre la base del muro al centro de gravedad de la fuerza lateral impulsiva.	0.47	m
hc	Altura sobre la base del muro al centro de gravedad de la fuerza lateral convectiva	0.66	m

Fuente: (Propia)

Para obtener los resultados en la tabla 21, se realizaron las ecuaciones número 58 hasta la ecuación número 64, obteniendo así las medidas del tanque de almacenamiento.

Tabla 21 Propiedades dinámicas de las cargas vivas

PROPIEDADES DINAMICAS CARGA VIVA			
ka	Constante de elasticidad.	12115.119	kPa
Cl	Coeficientes para la Determinación de la frecuencia	0.03269392	-
λ	Coeficiente de carga viva.	5.11834578	-
ωi	Frecuencia circular del modo impulsivo de vibración	76.6960901	rad/s
Ti	Periodo de oscilación.	0.08192315	s
ωc	Frecuencia circular de oscilación.	1.93455286	rad/s
Tc	Periodo natural del primer modo.	3.2478747	s

Fuente: (Propia)

Para obtener los resultados en la tabla 22, se realizaron las ecuaciones número 65 hasta la ecuación número 72, obteniendo así las propiedades dinámicas para las cargas vivas.

Tabla 22 Propiedades dinámicas de las cargas muertas

PROPIEDADES DINAMICAS CARGA MUERTA			
h	Altura de espesor uniforme.	0.70	m
m	Masa.	1.80	kN*s²/m²
λ	Coeficiente de carga muerta.	4.52	-
ωc	Frecuencia circular de oscilación.	2.02	rad/s
ωi	Frecuencia circular del modo impulsivo de vibración.	12.57	rad/s
Ti	Periodo de oscilación.	0.50	s
Tc	Periodo natural del primer modo.	3.11	s

Fuente: (Propia)

Para obtener los resultados en la tabla 23, se realizaron las ecuaciones número 68 hasta la ecuación número 74, obteniendo así las propiedades dinámicas para las cargas muertas.

Tabla 23. Ampliación espectral

AMPLIACION ESPECTRAL			
Ti	Periodo de oscilación.	0.50	s
Tc	Periodo natural del primer modo..	3.11	s
Ts	Relación del espectro sísmico.	1.33	s
Ci	Factor de ampliación del espectro para impulsión.	0.60	-
Cc	Factor de ampliación del espectro para convección.	0.15	-
Cw	Coeficiente para determinar la frecuencia fundamental.	0.14	-

Fuente: (Propia)

Para obtener los resultados en la tabla 24, se realizaron las ecuaciones número 69, número 71, y las ecuaciones número 75 hasta la ecuación número 78, obteniendo así la ampliación espectral.

Tabla 24 Respuesta sísmica

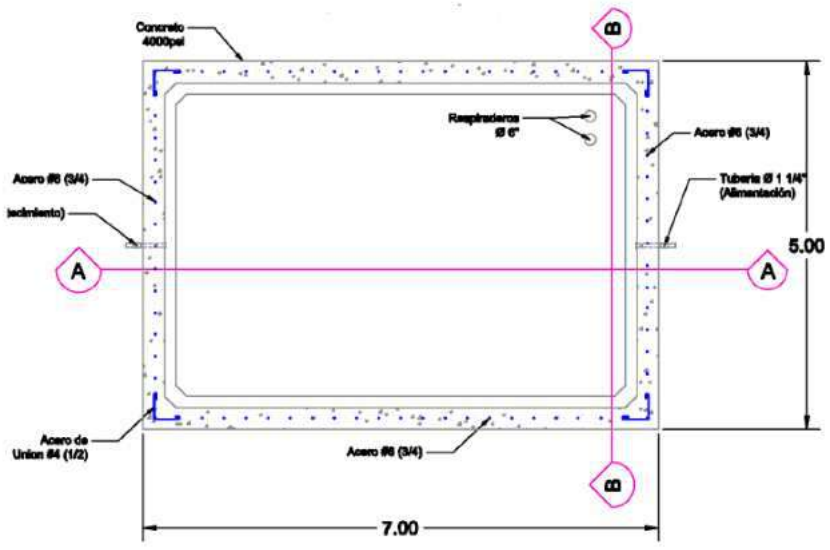
RESPUESTA SISMICA LOCAL			
Ci	Factor de ampliación de espectro local de impulsión	0.48	-
Cc	Factor de ampliación de espectro local de Convección	0.23	-
Ct	Factor de ampliación de espectro local de convección de amortiguamiento	0.40	-

Fuente: (Propia)

Para obtener los resultados en la tabla 25, se realizaron las ecuaciones número 79 hasta la ecuación número 81, obteniendo así la respuesta sísmica local.

El tanque está diseñado con una longitud de 7 metros, un ancho de 5 metros y una altura de 1,87 metros como se muestra en la ilustración 7, formado de concreto impermeabilizado de 4000 PSI con una armadura diseñada en varillas de acero de 3/4 de pulgadas, el cual tiene una escotilla en su parte superior para el debido mantenimiento, y manteniendo el ingreso de agua en tubería de 1 1/4 de pulgada, desfogue superior, salida de agua para la entrega del suministro. Cumpliendo con un volumen de 43 metros cúbicos, este garantiza la entrega del agua durante un tiempo mayor de 12 hora el cual se tiene en cuenta para las temporadas seca.

Ilustración 7. Dimensiones del tanque



Fuente: (Propia)

Considerando que, en el campo del diseño de tanques de almacenamiento de agua potable, es posible plantear diversas estructuras, las cuales varían según la necesidad del proyecto, es importante tener en cuenta la utilidad de la estructura al momento de diseñarla, por lo cual es indispensable ajustar los cálculos para cumplir con los requerimientos, en este caso, de la comunidad.

Teniendo en cuenta lo anterior, en el desarrollo de este proyecto, fue necesario realizar la consulta de publicaciones con tema similar, con el fin de corroborar el uso de la normatividad y estándares para el diseño, encontrando lo siguiente:

Tabla 25 Comparación de parámetros básicos para el tanque de almacenamiento

Caso de estudio	normativa	Presupuesto	Especificaciones
Proyecto actual, Tanque de almacenamiento	Normativa enfocada al diseño y construcción, además de las de tratamiento de agua potable	Comunitario	-43 metros cúbicos -Estipulado para 198-334 habitantes -Capacidad para 12 horas aproximadas -Uso residencial
Proyecto Tanque Compensación de Cajicá (EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE CAJICÁ S.A. E.S.P., 2021)	Normativa enfocada en el cumplimiento de objetivos de calidad, diseño y construcción, tratamiento de agua potable, supervisión y auditoría.	Público, contrato interadministrativo	-10.000 metros cúbicos -Estipulado para 200.000 habitantes -Capacidad para 24 horas continuas -Uso general (residencial, industrial, comercial y varios)
Taque de almacenamiento (Velasco Sarria, 2016) para el diseño de acueducto para la vereda la Mina	Normas enfocadas en el tratamiento de agua potable.	No especificado	-26,34 metros cúbicos -Estipulado para 122 viviendas -Capacidad para 24 horas aproximadas -Uso residencial

Fuente: Composición propia con datos tomados de los proyectos usados para la comparación (EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE CAJICÁ S.A. E.S.P., 2021) y (Velasco Sarria, 2016).

Como se puede observar en la tabla anterior, es posible identificar diferencias entre las publicaciones referenciadas y el presente proyecto, siendo las más evidentes las dimensiones de los tanques en función del tamaño de la población y tiempo de consumo de agua.

Adicionalmente, y posterior a los cálculos dimensionales del tanque propuesto, se presupuesta un costo total de $35.633.091,43 (valores a 31-12-2024), cifra discriminada en el anexo 4. Hojas de cálculo (Excel) “PRESUPUESTO”

11. CONCLUSIONES

Se puede concluir que este proyecto beneficia a la comunidad de las veredas la Arabia y la Judea ya que proporcionara la captación y el almacenamiento de la fuente hídrica con el fin de satisfacer sus necesidades de saneamiento básico.

En los diferentes recorridos se pudo observar que el terreno donde se plantea construir las obras complementarias para el acueducto, presenta cambios de niveles considerables, por los cuales, se tomó la decisión de implementar una bomba de impulsión con el fin de captar el agua en un punto bajo de la quebrada teniendo en cuenta la delimitación del predio ya establecido, y llevarlo hasta el tanque de almacenamiento, aplicando los conocimientos adquiridos teniendo como producto los cálculos de bombas y la conducción de la bomba al vertedero.

Durante el desarrollo del diseño de la tubería se tuvo en cuenta un diámetro interno de 1 ¼ pulgadas, observando que esta dimensión era la más adecuada para el caudal de trabajo, esta medida es fundamental para garantizar que el agua tenga la suficiente presión, con el fin de realizar la entrega hasta al tanque de almacenamiento.

Para el grupo de trabajo se presentaron retos en el diseño de las diferentes obras, un ejemplo de este, es la canaleta Parshall que fue descartada debido a que no cumplía con los criterios de diseño en la norma (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico), en vista de que el caudal es reducido solo se tenía una opción del ancho de la garganta, por este incumplimiento, se optó por otra estructura aforadora la cual es el vertedero triangular.

El vertedero triangular se diseñó con el fin de implementar una estructura aforadora al proyecto, sin embargo esta también se puede utilizar como estructura de mezcla rápida en el caso que cumpla con los criterios de la norma (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico). Con las dimensiones establecidas en este trabajo

se concluye que no sería una estructura apta para la potabilización del agua, debido que el gradiente final no cumple con los 1000 s^{-1} mínimo que se pide.

Durante el estudio de caso, se recibieron diferentes ideas por parte de la comunidad para utilizar tanques prefabricados, por lo que se realizó el estudio de viabilidad entre capacidad y costo, dando como conclusión que ese tipo de tanques no resultan viables debido a que estos no tienen el volumen calculado.

Las medidas del tanque se calcularon utilizando el caudal máximo horario para garantizar el volumen necesario que se genera en la hora de mayor consumo del recurso hídrico, se diseñó este tanque visualizando los tiempos de mantenimiento del pozo y de temporada seca, con un volumen adicional, garantizando que las personas tengan un suministro de agua de respaldo, no de ocho horas, que son las estipuladas por la norma, sino de 13 horas para satisfacer sus necesidades cotidianas. Mediante SAP 2000 se puede garantizar el correcto funcionamiento estructural del tanque de almacenamiento, verificando sus deformaciones ante situaciones donde se presenten movimientos sísmicos.

La entrega como tal se realiza con las normas establecidas para una entidad estatal que es al punto que se espera llegar y de esta forma recibir el financiamiento del proceso constructivo y los materiales a utilizar.

12. RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta que estos diseños se llevaran a cabo para el mejoramiento de las veredas La Arabia y La Judea se debe tener en cuenta que, estas obras se deben llevar al pie de la letra para garantizar un adecuado trabajo y vida útil de los diferentes elementos.

Para la regulación de la fluidez del agua se recomienda la instalación de la bomba con las condiciones anteriormente proyectadas para el diseño, ya que no presenta cavitación y cumple con los requerimientos de volumen de agua para mantener un caudal constante en todo momento, minimizando los costos en averías y posibles daños futuros

La bomba proyectada para el diseño no presenta cavitación y cumple con los requerimientos de volumen de agua para mantener un caudal constante en todo momento, minimizando los costos en averías y posibles daños futuros.

El concreto a utilizar en el tanque y el contenedor de aforo deben ser mezclados con un aditivo que garantice la impermeabilización de este, también es necesario seguir el diseño de mezcla para garantizar que este soporte todas las cargas laterales, de compresión y volcamiento. Es importante tener en cuenta que el tanque por ser un elemento que contiene agua no debe tener ninguna junta fría generada por procesos constructivos por ende es de suma importancia que el piso y las paredes se fundan en la misma jornada. De no ser así el tiempo mínimo para poder continuar con el proceso debe ser de menos de 12 horas, para garantizar que el concreto fundido en la primera jornada tenga una adherencia con el fundido en la jornada siguiente, de no poder garantizar este se debe implementar un puente de adherencia entre concretos antiguos y nuevos para de esta forma garantizar que todo el conjunto trabaje de acuerdo con la modelación y también garantizar una impermeabilización total.

Después de construido el tanque se debe garantizar en el piso, paredes y placa superior que ningún elemento de acero (varillas, alambres corbatas tirantes, puntillas, etc) quede

expuesto ya que estos generarán contaminación al agua de este y en pruebas de potabilización se verán reflejadas.

Después de garantizar que no tenga elementos que afecten la potabilización del agua, es necesario garantizar una película impermeabilizante para de esta manera tener una fiabilidad del 100%, que este tanque no tendrá perdidas y el agua que se contengan sea apta para el consumo humano.

La limpieza y mantenimiento de este debe ser realizado según la ficha técnica del impermeabilizante utilizado ya que por su composición química y por su vida útil debe ser vital.

La tubería propuesta debe cumplir con la norma técnica colombiana para acueductos y soportar la presión requerida de 140 PSI. Esto garantizará que la tubería cumplirá con su trabajo y tendrá una vida útil extendida.

El cuarto de máquinas propuesto es netamente para proteger los equipos de las inclemencias del tiempo por ende este no debe ser utilizado para otros usos como almacenamiento de combustibles o herramientas ya que estos podrían generar inconvenientes en el trabajo de la bomba o minimizar su vida útil.

13. REFERENCIAS

De La Cruz Vega, S., Mendoza Flores, C. M., Arteaga Valdez, F. R., Toledo Toledo, C. J., Llatas Villanueva, F. D., & Zumarán Irribarren, J. L. (31 de Marzo de 2022). *minerva.autanabooks.com*. Recuperado el 2024, de https://minerva.autanabooks.com/index.php/Minerva/article/view/53

Alcaldía municipal de Quipilé Cundinamarca. (01 de Junio de 2024). *Mapas y estadisticas.* Obtenido de Plan de desarrollo Municipal Quipile 2024-2027: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://quipilecundinamarca.micolombiadigital.gov.co/sites/quipilecundinamarca/content/files/000795/39749_plan-de-desarrollo-municipal-de-quipile-2024--2027.pdf

Alferez, V. A. (13 de Febrero de 2024). Obtenido de https://es.linkedin.com/pulse/sin-agua-en-cundinamarca-colombia-oportunidad-o-te-lo-th9cc

Altamar, F. G. (13 de Agosto de 2021). *https://www.elespectador.com/*. Recuperado el 2024, de https://www.elespectador.com/colombia/cundinamarca/acueductos-en-las-veredas-de-cundinamarca-un-balsamo-para-la-calidad-de-vida/

Arturo, G. A. (15 de Julio de 2020). Recuperado el 2024, de Https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2268

Bruni , M., & Spuhler , D. (s.f.). *sswm.info*. (L. R. Pérez, Editor) Recuperado el 2024, de https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua-del-sistema/captacion/pozos-excavados-%28noria%29

Carrillo Bernal, M. F., & Pulido Muñoz, H. S. (2016). *repository.ucatolica.edu.co.* Recuperado el 2024, de https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/91257c6a-8b9c-4922-af0f-ef46ddbc1ab2

CASTILLO, C. D. (2019). *repository.usta.edu.co.* Recuperado el 2024, de https://repository.usta.edu.co/handle/11634/30431

Celedón, J. A. (2014). *Repositorio.uniandes.edu.co*. Recuperado el 2024, de https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/6907978d-df30-456e-96e1-296d66cee5fe/content#:~:text=El%20n%C3%BAmero%20de%20Froude%20(%EF%BF%BD,1%20es%20un%20r%C3%A9gimen%20supercr%C3%ADtico.

COMISION ASESORA PERMANENTE PARA EL REGIMEN DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES. (Enero de 2012). *unisdr.org.* Recuperado el 2024, de https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/uploads/city/attachments/3871-10684.pdf

Cualla, R. A. (2000). ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS. Santafé de Bogotá, Colombia: Quinta remipresión.

EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE CAJICÁ S.A. E.S.P. (2021). *Página principal Proyecto Tanque Compensación*. Obtenido de https://www.epccajica.gov.co/proyecto-tanque-compensacion/

Felices, A. R. (s.f.). *luiscalderonf.wordpress.com*. Recuperado el 2024, de https://luiscalderonf.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/01/hidraulica-de-tuberias-y-canales.pdf

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC. (03 de Noviembre de 2004). *icfe.gov.co.* (I. C. ICONTEC, Ed.) Recuperado el 2024, de https://icfe.gov.co/site/wp-content/uploads/2023/12/ntc_1500_-_2004_-_codigo_colombiano_de_fontaneria.pdf

Maceira, A. (Mayo de 2024). *iagua.es/*. Recuperado el 2024, de https://www.iagua.es/respuestas/que-es-agua

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial . (ENERO de 2010). *COMISION ASESORA PERMANENTE PARA EL REGIMEN DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES (Creada por la Ley 400 de 1997) .* (A. C. Sísmica, Ed.) Recuperado el 2024, de REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-10: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/uploads/city/attachments/3871-10684.pdf

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (ENERO de 2010). *COMISION ASESORA PERMANENTE PARA EL REGIMEN DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES.* Obtenido de unisdr.org: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/uploads/city/attachments/3871-10684.pdf

Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. (Noviembre de 2000). *procurement-notices.undp.org.* Obtenido de https://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=16483

Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. (08 de Junio de 2017). *minvivienda.gov.co.* Recuperado el 2024, de https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/resolucion-0330-2017.pdf

MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. (21 de Noviembre de 2018). *Normas.cra.gov.co*. Recuperado el 2024, de https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/resolucion_minviviendact_0844_2018.htm

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (s.f.). *https://www.minvivienda.gov.co/.* Recuperado el 2024, de https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/titulob-030714.pdf

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico. (s.f.). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS.* Recuperado el 2024, de TÍTULO B Sistemas de Acueducto: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/titulob-030714.pdf

Mott, R. L. (2006). *avdiaz.wordpress.com.* (J. E. Brito, Ed.) Recuperado el 2024, de https://avdiaz.wordpress.com/wp-content/uploads/2008/10/fluidos-mott-6ed.pdf

Naciones Unidas. (s.f.). *un.org*. Recuperado el 2024, de https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/

Oliveras, J. (12 de Julio de 2016). *iagua.es.* Recuperado el 2024, de https://www.iagua.es/blogs/jordi-oliveras/canal-parshall-aforador-casi-siglo-historia

Organización Panamericana de la salud. (2005). *sswm.info.* Obtenido de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS%202005b%20Guia%20dise%C3%B1o%20de%20bombeo.pdf

Pavco Wavin. (09 de Mayo de 2022). *pavcowavin.com.co*. Recuperado el 2024, de https://pavcowavin.com.co/blog/cual-es-la-principal-problematica-del-agua-en-las-grandes-ciudades

Piqueras, V. Y. (30 de Diciembre de 2022). *victoryepes.blogs.upv.es*. Recuperado el 2024, de https://victoryepes.blogs.upv.es/2022/12/30/formula-de-hazen-williams-para-calcular-las-perdidas-por-friccion-en-tuberias/

Rahmon, E. (19 de Marzo de 2018). *un.org*. Recuperado el 2024, de https://www.un.org/es/chronicle/article/agua-para-el-desarrollo-sostenible

Velasco Sarria, A. (mayo de 2016). *repository.unimilitar.edu.co.* Obtenido de DISEÑO DE ACUEDUCTO PARA LA VEREDA LA MINA UBICADA EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE MIRANDA CAUCA: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.unimilitar.edu.co/server/api/core/bitstreams/8564e68f-2f0a-4196-9563-5ebdf79c82ef/content

Velásquez, S. J. (s.f.). *repositorio.uniandes.edu.co/*. Recuperado el 2024, de https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/6c74785d-600f-494b-8fb9-f4a88cbe30a8/content

World Bank Group. (26 de Julio de 2023). *World Bank Group.* Recuperado el 2024, de https://www.worldbank.org/en/news/infographic/2023/07/26/water-resource-management

World Bank Group. (28 de Julio de 2023). *worldbank.org*. Recuperado el 2024, de https://www.worldbank.org/en/topic/water/overview#1

worldbank.org. (25 de Julio de 2023). *worldbank.org.* Recuperado el 2024, de https://www.worldbank.org/en/news/infographic/2023/07/25/water-supply-and-sanitation-global-solutions-group

Ybirma, L. (14 de Julio de 2019). *contraincendio.com*. Recuperado el 2024, de https://www.contraincendio.com.ve/tanques-para-agua-contra-incendio/

Zarza, L. F. (s.f.). *iagua.es*. Recuperado el 2024, de https://www.iagua.es/respuestas/que-es-bomba-hidraulica-y-cuantos-tipos-hay

Zurita. R Ronny. A ., R. A., & López. G., F. A. (2017). *instrumentacionuc.wixsite.com*. (D. J. Cerven C., & E. Naranjo F., Editores) Recuperado el 2024, de https://instrumentacionuc.wixsite.com/facultad-ingenieria/copia-de-medicion-en-canales-abiert

ANEXO 1:
COORDENADAS DE LOS PUNTOS ESTUDIADOS

A continuación, se presenta las coordenadas de los puntos visitados en el proceso del trabajo de grado.

UNIAGRARIA Fundación Universitaria Agraria de Colombia LA U VERDE DE COLOMBIA	**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA**
	COORDENADAS EN VEREDAS LA ARBIA Y LA JUDEA EN QUIPILE, CUNDINAMARCA

DEPENDENCIA	LUGAR DE ESTUDIO	AÑO
UNIAGRARIA FACATATIVÁ	Veredas La arabia y La judea, Quipile, Cundinamarca	2024

PUNTO	NORTE	OESTE
1	4°41'56.82"N	74°34'44.64"O
2	4°41'55.68"N	74°34'42.36"O
3	4°41'55.28"N	74°34'41.71"O
4	4°41'54.91"N	74°34'41.05"O
5	4°41'54.84"N	74°34'40.92"O
6	4°41'53.51"N	74°34'39.95"O
7	4°41'50.22"N	74°34'38.70"O
8	4°41'45.90"N	74°34'39.78"O
9	4°41'46.32"N	74°34'39.96"O
9.1	4°41'48.00"N	74°34'41.58"O
10	4°42'19.56"N	74°34'49.86"O
11	4°42'1.38"N	74°34'53.28"O
12	4°42'0.84"N	74°34'55.20"O
13	4°42'1.38"N	74°34'57.24"O
14	4°41'56.88"N	74°34'58.32"O
15	4°41'54.54"N	74°34'59.40"O
16	4°41'53.28"N	74°35'2.10"O
17	4°41'49.80"N	74°35'2.40"O
18	4°41'45.36"N	74°35'6.72"O
18.1	4°41'46.08"N	74°35'7.26"O
19	4°41'39.54"N	74°35'12.54"O
20	4°42'4.08"N	74°34'51.06"O
21	4°42'5.16"N	74°34'52.50"O
22	4°42'5.70"N	74°34'55.20"O
23	4°42'8.76"N	74°34'53.58"O
24	4°42'15.84"N	74°34'57.54"O
25	4°42'15.90"N	74°34'40.26"O
26	4°42'12.72"N	74°34'33.84"O
27	4°42'8.58"N	74°34'27.42"O
28	4°42'16.56"N	74°34'43.20"O
29	4°42'12.24"N	74°34'45.24"O
30	4°42'7.80"N	74°34'45.66"O
31	4°42'4.20"N	74°34'47.34"O
Estudio de datos	4°42'21.03"N	74°34'51.83"O
Nacedero	4°42'16.48"N	74°34'59.17"O

No. DE VIVIENDA	No. DE PERSONAS POR VIVIENDA	NOMBRE DEL TITULAR DE LA VIVIENDA	NOMBRE DE LA FINCA
32	4	Ronal Fonseca	San Antonio
33	5	Marlon Laima	La rosa
34	4	Danilo Fonseca	Arabia
35	7	María Estrella	La Ascienda
36	5	Laudice Fonseca	El valle
37	4	Matilde Vargas	Los naranjos
38	5	Edilma Amazo	San José
39	3	Elsa muños	Bella vista
40	3	Emperatriz Caro	***No hay información***
41	6	Álvaro guacaneme	Naranjal
42	3	Reinel Antilla	Danubio
43	4	Beatriz Belancia	La esperanza 2
44	5	Vicente aponte	El boquerón
45	4	Beatriz	La Esperanza 3
46	1	Humberto	San Cristóbal
47	4	Luz medina	El paraíso
48	3	Marlen Mendoza	Los cedros
49	1	María Mendoza	Refugio
50	9	Lina Guzmán	San Isidro
51	2	José Guacaneme	Santa Bárbara
52	4	Carlos Rodríguez	***No hay información***
53	5	Yina Andrey	***No hay información***
54	5	William Gonzales	San isidro
55	4	Marta Roció	El buen vecino
56	3	***No hay información***	P.construcion
57	3	GERARDIN MUÑOZ	EL EUCALIPTO
58	2	ANA BEATRIZ VARGA	El silencio
59	1	LUIS GARCIA	***No hay información***
60	4	ISMENIA TOVAR	***No hay información***
TOTAL DE HABITANTES	**198**		

ANEXO 3:
REGISTRO FOTOGRÁFICO

A continuación, se presenta el registro fotográfico del proceso del trabajo de grado, en donde se realizaron actividades de análisis y toma de datos en las veredas La Arabia y La Judea del municipio de Quipile.

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA
ANEXO 3. REGISTRO FOTOGRAFICO
F – RF – 1

SEPTIEMBRE DEL 2023 A JUNIO DEL 2024

PROYECTO DE GRADO

Ilustración 1. Visita a las fincas para censo poblacional



Ilustración 2 Visita a las fincas para censo poblacional



Ilustración 3 Entrada al lote de obras hidráulicas futuras



Ilustración 4 Parte más alta del lote



Ilustración 5 Espacio previsto para el tanque de almacenamiento



Ilustración 6 Pendiente del lote



Ilustración 7 Fuente hídrica



Ilustración 8 Fuente hídrica



Ilustración 9. Nacedero alternativo N°1



Ilustración 10 Nacedero alternativo N°2



Ilustración 11 Medición de la velocidad del caudal



Ilustración 12 Medición de la velocidad del caudal



Ilustración 13 Distribución del caudal actual



Ilustración 14 Distribución del caudal actual



Ilustración 15 Distribución del caudal actual



Ilustración 16 Distribución del caudal actual



Ilustración 17 Punto 1 del google Earth



Ilustración 18 Punto 1 en GPS



Ilustración 19 Punto 2 del google Earth



Ilustración 20 Punto 2 en GPS



Ilustración 21. Punto 20 del google Earth



Ilustración 22 Punto 4 del google Earth



Ilustración 23 Punto 5 del google Earth



Ilustración 24 Punto 5 en GPS



Ilustración 25 Punto 6 del google Earth



Ilustración 26 Punto 7 en GPS



Ilustración 27 Punto 8 en GPS



Ilustración 28 Punto 9 en GPS



Ilustración 29 Punto 9.1 del google Earth



Ilustración 30 Punto 9.1 en GPS



Ilustración 31 Punto 10 del google Earth



Ilustración 32 Punto 10 en GPS



Ilustración 33 Punto 11 del google Earth



Ilustración 34 Punto 11 en GPS



Ilustración 35 Punto 12 del google Earth



Ilustración 36 Punto 12 en GPS



Ilustración 37 Punto 13 del google Earth



Ilustración 38 Punto 13 en GPS



Ilustración 39 Punto 14 del google Earth



Ilustración 40 Punto 14 en GPS

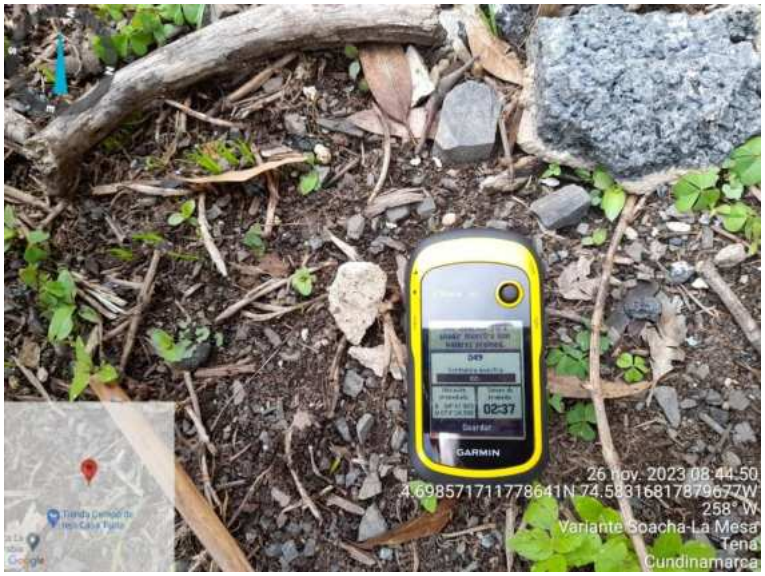


Ilustración 41 Punto 15 del google Earth



Ilustración 42 Punto 15 en GPS



Ilustración 43 Punto 16 en google Earth



Ilustración 44 Punto 16 del GPS



Ilustración 45 Punto 17 del google Earth

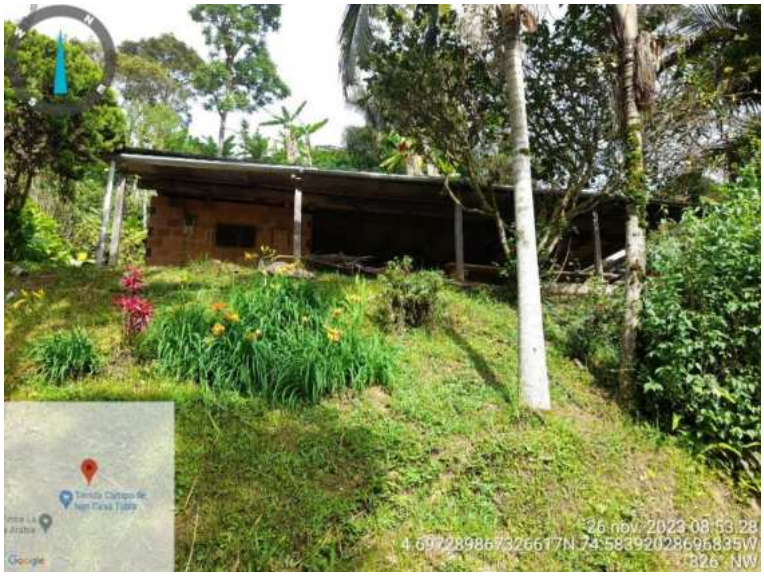


Ilustración 46 Punto 17 del GPS



Ilustración 47 Punto 18 del google Earth



Ilustración 48 Punto 18 del GPS



Ilustración 49 Punto 19 del google Earth



Ilustración 50 Punto 19 del GPS



Ilustración 51 Punto 22 del google Earth



Ilustración 52 Punto 22 del GPS



Ilustración 53 Punto 23 del google Earth



Ilustración 54 Punto 23 del GPS



Ilustración 55 Punto 24 del google Earth



Ilustración 56 Punto 24 del GPS



Ilustración 57 Punto 25 del google Earth



Ilustración 58 Punto 25 del GPS



Ilustración 59 Punto 26 del google Earth



Ilustración 60 Punto 26 del GPS



Ilustración 61 Punto 27 del google Earth



Ilustración 62 Punto 27 del GPS



Ilustración 63 Punto 29 del google Earth



Ilustración 64 Punto 29 del GPS



Ilustración 65 Punto 30 del google Earth



Ilustración 66 Punto 30 del GPS



Ilustración 67 Punto 31 del google Earth



Ilustración 68 Punto 31 del GPS



Ilustración 69. Solución de dudas a la comunidad



Ilustración 70. Comentario de Don Noel y los involucrados



Ilustración 71 fotografía dentro del salón



Ilustración 72 Comunidad reunida



Ilustración 73 Muestra de punto a tener en cuenta en el Google Earth



Ilustración 74 Socialización del proyecto



ANEXO 4:
CANALETA PARSHALL

Inicialmente se dimensionó la canaleta Parshall como la estructura aforadora, sin embargo, a medida del desarrollo del presente proyecto, se optó por un vertedero. Por ello en este anexo se muestra el desarrollo del estudio de la canaleta como parte del estudio.

CANALETA PARSHALL

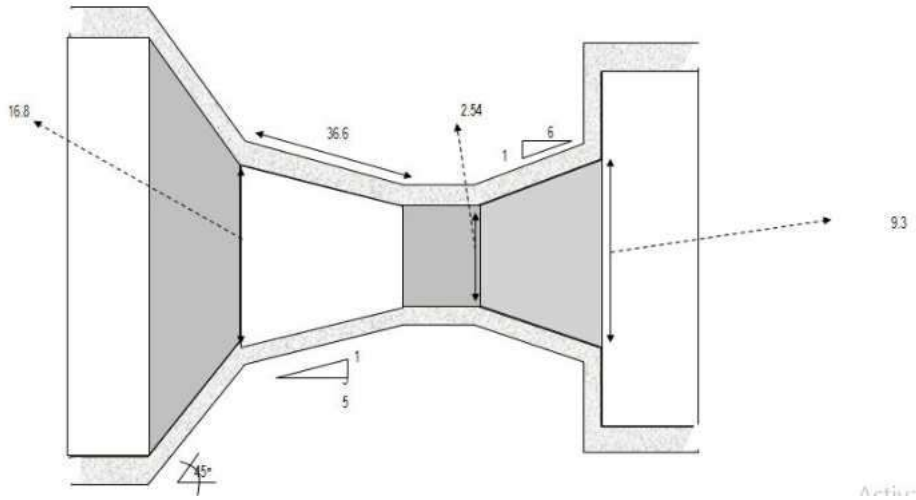
Inicialmente se cuenta con un caudal de 0.70 L/s lo que según en la tabla 2. Nos permite observar que el ancho de la garganta más recomendable es la de 1 pulgada. Además, con la tabla 3. y la tabla 4. Se tienen las dimensiones con las que se operan las variables obteniendo los datos para la canaleta. Según lo visto en el documento (CASTILLO, 2019) tenían un caudal menor, sin embargo, le cumplió las criterios usando un ancho de garganta de dos pulgadas ya que usa otro método de esquema y la diseñan como una canaleta de descarga sumergida tomando como referencia el libro de Mecánica de fluidos (Mott, 2006) y en el proyecto de grado (Carrillo Bernal & Pulido Muñoz, 2016), sin embargo mencionan que la canaleta ahogada no sirve como estructura aforadora ya que suele ser imprecisa y no es recomendada.

Tabla 26. Resultados de la canaleta con el ancho de garganta de 1 pulgada

D'	ha	Va	Ea	φ	V1	Y1	Fr1	Y3	Y2	Fr2	V2	hf	Tmr	Gmr
cm	cm	m/s	cm	°	m/s	cm	-	cm	cm	-	m/s	cm	s	s-1
12.05	3.807111	0.15	6.82	153.46	0.84	3.25	1.48	5.38	4.38	0.26	0.17	1.32	0.40	570.42

Fuente: (Propia)

Ilustración 7. Dimensiones en planta Canaleta Opción 1



Fuente: (Propia, basado en hoja de cálculo del autor Diego Fernando Bedoya Ríos)

Como se describió anteriormente según la normativa vigente se deben cumplir ciertos criterios, se incumple el criterio del número de Froude, se cumple con el tiempo establecido de menor a 1 segundo, pero se vuelve a incumplir el criterio del gradiente, puesto que es un mezclador hidráulico se debe contar con un gradiente de 1000 a 2000 s^{-1}.

ANEXO 5:
HOJAS DE CALCULO (EXCEL)

A continuación, se presentan las hojas de cálculo en el programa de Microsoft del proceso del trabajo de grado, en donde se realizaron todos los cálculos para obtener las dimensiones de las obras complementarias a implementar.

PROYECTO DE EXTENCION - OPCION DE GRADO

PROYECTO: Prediseño de obras complementarias del acueducto veredal de la arabia y la judea del municipio Quipile Cundinamarca: tanque de almacenamiento, sistema de bombeo, conducción a tanque y estructura de aforo.

UBICACION: Quipile - Cundinamarca

CONTENIDO

1	POBLACIÓN!A1
2	CAUDAL!A1
3	BOMBA!A1
4	CONDUCCIÓN!A1
5	CANALETA PARSHALL'!A1
6	VERTEDERO!A1
7	DISEÑO DE TANQUE'!A1
8	PRESUPUESTO!A1

POBLACIÓN FUTURA

Municipio	QUIPILE	
Altura	1412	m.s.n.m
Año	2024	Actual
Año Proyección	25	2049

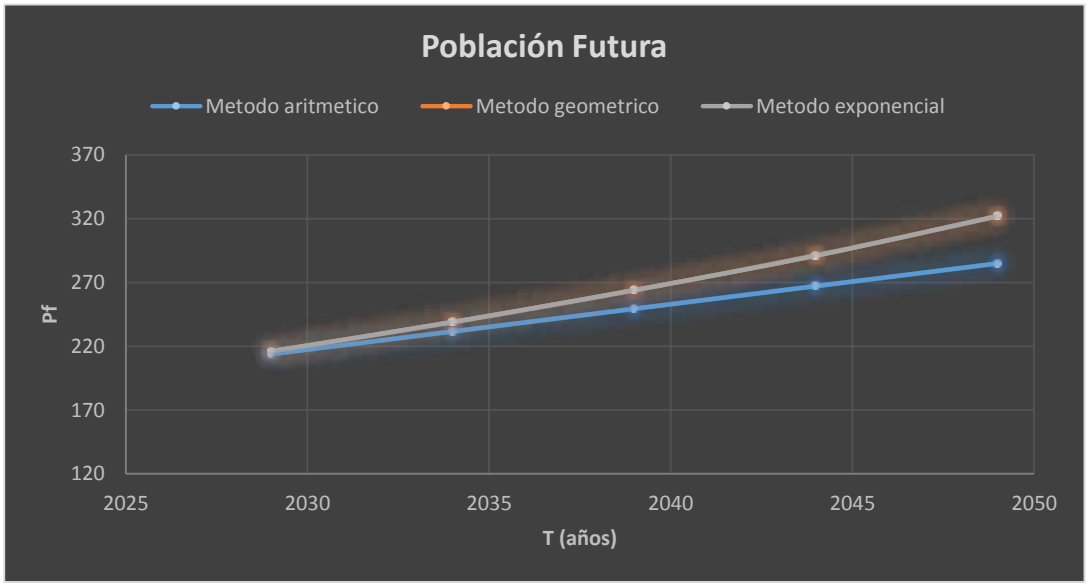
POBLACIÓN	
Año	P(hab)
2015	164
2019	158
2024	198

Pf25	2049	Población actual + 25 años
Pf20	2044	Población actual + 20 años
Pf15	2039	Población actual + 15 años
Pf10	2034	Población actual + 10 años
Pf05	2029	Población actual + 5 años

Metodo aritmetico	
m	3.77777778
Pf25	292
Pf20	274
Pf15	255
Pf10	236
Pf05	217

Metodo geometrico	
r	0.02115404
Pf25	334
Pf20	301
Pf15	271
Pf10	244
Pf05	220

Metodo exponencial	
K	0.0209334
Pf25	334
Pf20	301
Pf15	271
Pf10	244
Pf05	220



CAUDAL DE DISEÑO

DATOS	
Altitud	1412 m.s.n.m
Población Futura	334 Hab
D neta	130 L/h/d

Altura	Dotacion Neta
>2000	120
1000-2000	**130**
<1000	140

K1 =	1.3
K2 =	1.6
%P =	25%

1. Método del 10% de aumento de población

AÑO	POBLACIÓN P	INCREMENTO %I	DOTACIÓN NETA Dn	PERDIDAS %P	DOTACIÓN BRUTA Db	
2024	198	1.1%	130.00	25%	173	175
2029	220	1.1%	131.44	25%	175	175
2034	244	1.1%	132.88	24%	176	175
2039	271	1.1%	134.35	24%	177	175
2044	301	1.1%	135.84	24%	179	180
2049	334		137.33	24%	180	180

$\%I = \frac{Pf-P}{P} * 0{,}1$

$Dn = Dn + (Dn * \%I)$

$Db = \frac{Dn}{1 - \%P}$

2. Método de Planeación Nacional

AÑO	POBLACIÓN P	DOTACIÓN BRUTA Db	
2024	198	165	165
2029	220	169	170
2034	244	172	170
2039	271	175	175
2044	301	178	180
2049	334	182	180

$Db = Dn + \frac{LogP - 1.8}{0.014}$

CAUDAL TEORICO

Dn	Dotación neta	130	L/hab*dia
%P	Perdida de agua	32.5	L/hab*dia
Db	Dotación bruta	180	L/hab*dia
Qmd	Caudal medio	0.70	L/s
QMD	Caudal maximo diario	0.90	L/s
QMH	Caudal maximo horario	1.45	L/s

$\%P = Dn * 25\%$

$Qmd = \frac{Db * Pf}{86400}$

$QMD = Qmd * K_1$

$QMH = QMD * K_2$

BOMBA

1. DATOS SUCCIÓN Y DESCARGA

DATOS		
QMD	0.70	L/sg
C	100	-
Temperatura	21	°C

Ø	Diametro
L	Longitud
Hl	Perdida localizada
Hg	Desnivel geográfico
Hf	Perdidas de carga

ITEM	UNIDAD	SUCCION	DESCARGA
Ø	mm	43.68	38.14
L	m	2.00	189.37
Hl	m	3537.65	486372.52
Hg	m	0.00	18.60
A	m	17688.26	3242483.48

2. POTENCIA DE LA BOMBA REQUERIDA

Q	0.000696	m3/s
Hmt	23.925501	m
Ph	162.935550	w
	0.221681	Cv

$$\mathrm{H}mt = x + yQ^m$$

$$Ph = \gamma\left(\frac{N}{m^3}\right) * Q\left(\frac{m^3}{s}\right) * Hmt(m)$$

3. ECUACIÓN DEL SISTEMA

HmT Sistema		Eq			
X	18.60	18.6	+	3750081.9	Q^1.852
Y	3750081.91				

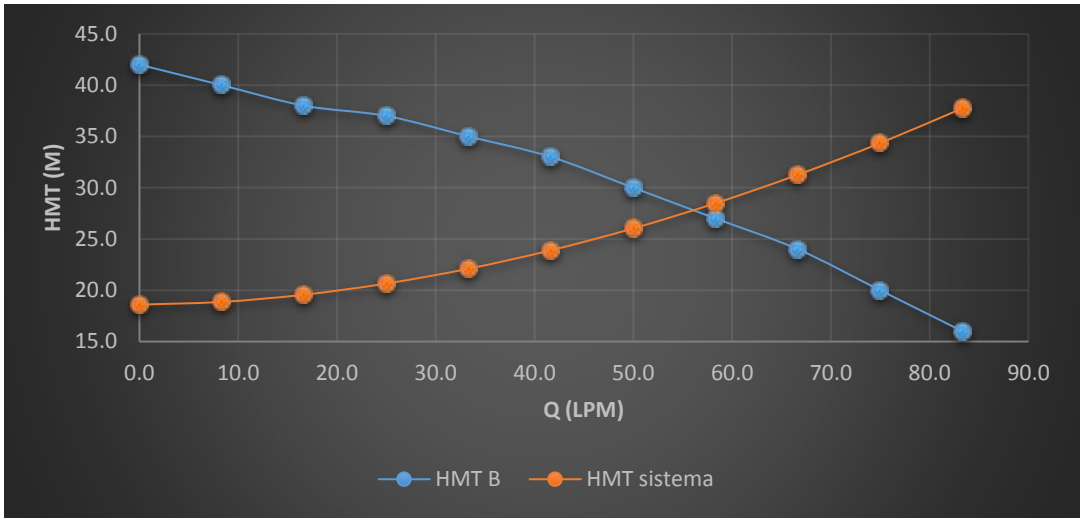
4. CURVA DE BOMBA REQUERIDA Y DISPONIBLE

Q m3/s	Q m3/h
0.00000	0
0.00014	0.5
0.00028	1
0.00042	1.5
0.00056	2
0.00069	2.5
0.00083	**3**

Q LPM	HMT B	HMT sistema
0.0	42.0	18.60
8.3	40.0	18.87
16.7	38.0	19.57
25.0	37.0	20.66
33.3	35.0	22.11
41.7	33.0	23.91
50.0	**30.0**	**26.04**

0.00097	3.5
0.00111	4
0.00125	4.5
0.00139	5

58.3	27.0	28.49
66.7	24.0	31.27
75.0	20.0	34.36
83.3	16	37.75



CONDUCCIÓN DE BOMBA A VERTEDERO

DATOS		
D	38.14	mm
V	0.02	m/s
Q	0.000695833	m3/s
L	189.37	m
ΔZ	18.60	m

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^{\,2}}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^{\,2}}{2g} + Z_2 + hf$$

Hf	18.60	m

CANALETA PARSHALL

1. Ancho de garganta

Qmd	Caudal medio	0.70	L/s
T°	Temperatura	21.00	°C

W	Unidades	cm	Mínimo caudal (l/s)	Máximo caudal (l/s)	
1	Pulgadas	2.54	0.30	5.00	Recomendable
3	Pulgadas	7.62	0.80	53.80	inadecuado
6	Pulgadas	15.24	1.40	110.40	inadecuado
9	Pulgadas	22.86	2.50	252.00	inadecuado
1	Pie	30.48	3.10	455.90	inadecuado
1 1/2	Pie	45.72	4.20	696.60	inadecuado
2	Pie	60.96	11.90	937.30	inadecuado
3	Pie	91.44	17.30	1427.20	inadecuado
4	Pie	121.92	36.80	1922.70	inadecuado
5	Pie	152.40	45.30	2423.90	inadecuado
6	Pie	182.88	73.60	2930.80	inadecuado
7	Pie	213.36	85.00	3437.70	inadecuado
8	Pie	243.84	99.10	3950.20	inadecuado
10	Pie	304.80	200.00	5660.00	inadecuado

W	n	k
1	1.52	0.1
3	1.55	0.18
6	1.58	0.38
9	1.53	0.54
1	1.52	0.69
1.5	1.54	1.05
2	1.55	1.43
3	1.57	2.18
4	1.58	2.94
5	1.59	3.73
6	1.60	4.52
7	1.60	5.31
8	1.61	6.10

W	Unidades	cm	A	B	C	D	E	F	G	K	N
1	Pulgadas	2.54	36.6	35.6	9.3	16.8	22.9	7.6	20.3	1.9	2.9
3	Pulgadas	7.62	46.6	45.7	17.8	25.9	38.1	15.2	30.5	2.5	5.7
6	Pulgadas	15.24	62.1	61.0	39.4	40.3	45.7	30.5	61.0	7.6	11.4
9	Pulgadas	22.86	88.0	86.4	38.0	57.5	61.0	61.0	45.7	7.6	22.9
1	Pie	30.48	137.2	134.4	61.0	84.5	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
1 1/2	Pie	45.72	144.9	142.0	76.2	102.6	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
2	Pie	60.96	152.5	149.6	91.5	120.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
3	Pie	91.44	167.7	164.5	122.0	157.2	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
4	Pie	121.92	183.0	179.5	152.2	193.8	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
5	Pie	152.4	198.3	194.1	183.0	230.3	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
6	Pie	182.88	213.5	209.0	213.5	266.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
7	Pie	213.36	228.8	224.0	244.0	303.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
8	Pie	243.84	244.0	239.2	274.5	340.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
10	Pie	304.8	274.0	427.0	366.0	475.9	122.0	91.5	183.0	15.3	34.3

W	Unidades	cm	A	B	C	D	E	F	G	K	N
1	Pulgadas	2.54	36.6	35.6	9.3	16.8	22.9	7.6	20.3	1.9	2.9

2. Canaleta en la sección de medida

$$D' = \frac{2}{3}(D - W) + W$$

D	16.8	cm
W	2.54	cm
D'	12.05	cm

3. Altura de la lámina de agua sobre la solera de la canaleta

$$Q = kh_a^n$$

Q	0.7	L/s
k	0.1	-
n	1.52	-
Ha	0.04	m

4. Velocidad en la sección de medida

$$Va = \frac{Q}{10 * D' * Ha}$$

Q	0.7	L/s
D'	12.0	cm
Ha	0.04	m
Va	0.15	m/s

4. Eenergia total disponible

$$Ea = Ha + \frac{Va^2}{2g} + N$$

Ha	0.04	m
Va	0.15	m/s
N	2.90	cm
Ea	0.07	m

5. Cálculo del angulo φ

$$cos\varphi = \frac{-gQ}{W(0.67gEa)^{1.5}}$$

Q	0.7	L/s
W	2.5	Cm
Ea	0.1	m
φ	153.5	°

6. Velocidad antes del resalto

$$V1 = 2\cos\left(\frac{\varphi}{3}\right)\left(\frac{2gEa}{3}\right)^{0.5}$$

φ	153.5	°
Ea	0.07	m
V1	0.84	m/s

7. Cálculo de Y1

$$Y1 = Ea - \frac{V1^2}{2g}$$

V1	0.84	m/s
Ea	0.07	m
Y1	0.03	m

8. Número de froude

$$Fr = \frac{V1}{\sqrt{gY1}}$$

V1	0.84	m/s	
Y1	0.03	m	
Fr	1.48	-	NO CUMPLE

9. Altura del resalto al final del trecho divergente

$$Y_{3=}\frac{Y_1}{2}\sqrt{(1+8Fri^2)}\text{-}1$$

Y1	0.03	m
Fr	1.48	-
N	2.90	cm
K	1.9	cm

$$Y_2 = Y_3 \text{ -(N-k)}$$

Y_3	0.05	m
Y_2	0.04	m

10. Velocidad al final del trecho divergente

$$V2 = \frac{Q}{Y2C}$$

Q	0.7	L/s	
Y_2	0.04	m	
C	9.30	cm	
V2	0.17	m/s	CUMPLE

11. Número de froude 2

$$Fr_2 \frac{v_2}{\sqrt{gY_2}}$$

V2	0.17	m/s
Y2	0.04	m
Fr	0.26	-

12. Perdida de carga

$$Hf = Ha + N - Y3$$

Ha	0.04	cm
N	2.90	cm
Y_3	0.05	m
Hf	0.01	m

13. Tiempo medio de mezcla

$$Tmr = \frac{2G}{(v_{1+}v_2)}$$

G	20.30	cm	
V1	0.84	m/s	
V2	0.17	m/s	
Tmr	0.40	s	**CUMPLE**

14. Gradiente medio de velocidad

$$Gmv = \sqrt{\frac{\gamma * hf}{\mu * Tmr}}$$

γ	9787.00	N/m3	
Hf	0.01	m	
μ	0.000989	Pa,s	
Tmr	0.40	s	
Gmv	570.42	s-1	**NO CUMPLE**

VERTEDERO RECTANGULAR 90°

DATOS				
Q de Diseño QMD	**0.70**	L/sg	0.0007	m3/s
B	0.098	m	9.800	cm

1. ALTURA DE LAMINA DE AGUA

$$h = \left(\frac{Q}{1.4}\right)^{0.4}$$

Q	0.0007	m3/s
h	0.048	m

2. ANCHO DE LA LAMINA VERTIENTE Y ANCHO DEL CANAL

$$L = 2h$$

h	0.0477	m
L	0.0954	m

3. CAUDAL UNITARIO PROMEDIO

$$q = Q/B$$

Q	0.0007	m3/s
B	0.0980	m
q	0.0071	m

4. ALTURA CRITICA

$$hc = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

q	0.0071	m
hc	0.0173	m

5. ALTURA AL INCIO DEL RESALTO

$$h1 = \frac{1.41hc}{\sqrt{2.56 + \frac{P}{hc}}}$$

hc	0.0173	m
P	0.5900	m
h1	0.0040	m

6. VELOCIDAD AL INCIO DEL RESALTO

$$V1 = \frac{q}{h1}$$

q	0.0071	m
h1	0.0040	m
V1	1.7690	m/s

7. NUMERO DE FROUDE 1

$$F1 = \frac{V1}{\sqrt{g * h1}}$$

V1	1.7690	m/s	
h1	0.0040	m	
F1	8.9193	-	**CUMPLE**

8. ALTURA DE AGUA DESPUES DEL RESALTO

$$h2 = \frac{h1}{2}(\sqrt{1 + 8 * F1} - 1)$$

h1	0.0040	m
F1	8.9193	-
h2	0.0151	m

9. VELOCIDAD FINAL DEL RESALTO

$$q$$

q	0.0071	m

$$V2 = \frac{q}{h2}$$

h2	0.0151	m
V2	0.4713	m/s

CUMPLE

10. ENERGIA DISIPADA EN EL RESALTO

$$hp = \frac{(h2 - h1)^3}{4 * h1 * h2}$$

h1	0.0040	m
h2	0.0151	m
hp	0.0056	m

11. LONGITUD DEL RESALTO HIDRAULICO

$$Lj = 6(h2 - h1)$$

h1	0.0040	m
h2	0.0151	m
Lj	0.0663	m

12. LONGITUD DEL VERTEDERO

$$Lm = 4.3P\left(\frac{hc}{P}\right)^{0.9}$$

P	0.5900	m
hc	0.0173	m
Lm	0.1056	m

13. VELOCIDAD MEDIA EN EL RESALTO

$$Vm = \frac{V1 + V2}{2}$$

V1	1.7690	m
V2	0.4713	m/s
Vm	1.1202	m/s

14. TIEMPO DE MEZCLA

$$\mathrm{T}m = \frac{Lj}{Vm}$$

Lj	0.0663	m
Vm	1.1202	m/s
Tm	0.0592	s

CUMPLE

15. GRADIENTE DE VELOCIDAD

Temperatura	21	°C
Peso especifico γ	9787	N/m3
Viscosidad μ	0.00098894	(Pa/s)

$$\mathrm{G} = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} * \sqrt{\frac{hp}{T}}$$

hp	0.0056	m
Tm	0.0592	s
G	965.8	s-1

NO CUMPLE

DISEÑO DE TANQUE

MEDIDAS DEL TANQUE		
B	7	m
L	5	m
HL	1.25	m
WL	429.06	kN
D/HL	4.00	-
k	3031.17	kN*m/m
Wi	123.62	kN
Wc	298.31	kN
hi	0.47	m
hc	0.66	m

PROPIEDADES DINAMICAS		
As	1000	mm²
Es	100	Mpa
Gp	100	Mpa
α	30	grados
Sp	100	mm
Sc	100	mm
tp	50	mm
Lp	3000	mm
Lc	6515	mm
wp	100	mm
ka	12115.119	kPa
CI	0.03269392	-
λ	5.11834578	-
ωi	76.6960901	rad/s
Ti	0.08192315	s
ωc	1.93455286	rad/s
Tc	3.2478747	s

PROPIEDADES DINAMICAS		
h	0.70	m
m	1.80	kN*s²/m²
λ	4.52	-
ωc	2.02	rad/s
ωi	12.57	rad/s
Ti	0.50	s
Tc	3.11	s

AMPLIACION ESPECTRAL		
Ti	0.50	s
Tc	3.11	s
Ts	1.33	s
Ci	0.60	-
Cc	0.15	-
Ct	0.24	-
Cw	0.14	-

RESPUESTA SISMICA		
Ci	0.48	-
Cc	0.23	-
Ct	0.40	-

Diseño de obras complementarias siendo los tanques de almacenamiento, canaleta parshall, bombas de impulsión y respectiva tubería para la conexión al acueducto de la comunidad del municipio quipile cundinamarca en las veredas la arabia y la judea.

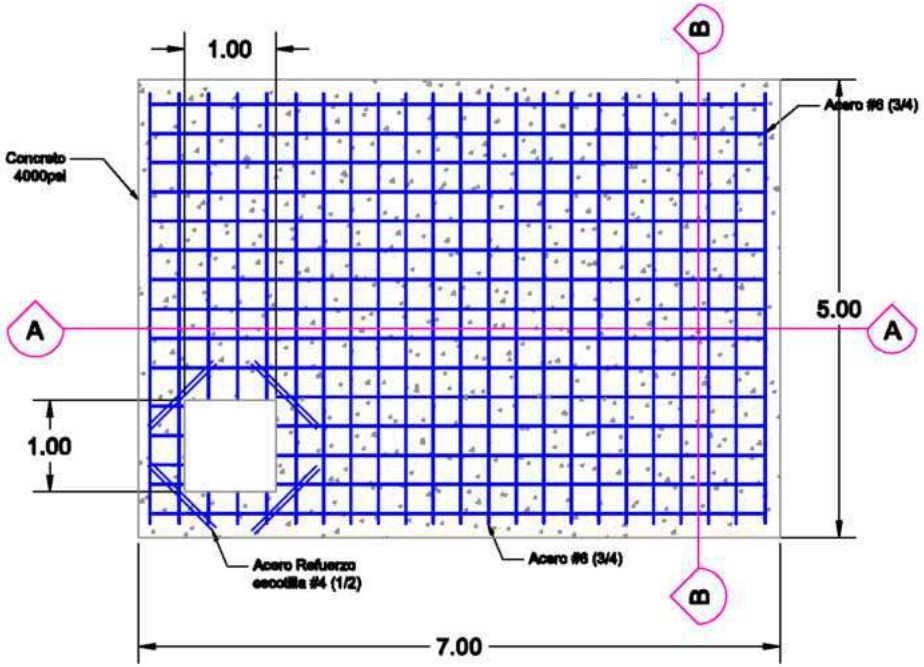
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VR. UNITARIO	VR. TOTAL
1	**ACTIVIDADES PRELIMINARES**				**$ 15,300,957.53**
Diseño de obras					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VR. UNITARIO	VR. TOTAL
1.1	Localización y replanteo	M²	130	$ 7,701.48	$ 1,001,193.03
1.2	Excavación manual en material comun; incluye r	M3	2.16	$ 35,420.00	$ 76,507.20
1.3	Construcción de pozo de 0 a 2 metros, inlcuye e	M²	1.5	$ 223,570.27	$ 335,355.41
1.4	Suministro e instlación tubería PVC Ø 1 1/2"; tra	ML	189.37	$ 23,448.57	$ 4,440,455.97
1.5	Suministro e instalación de tanque, en concreto	M²	43.20	$ 218,690.88	$ 9,447,445.93
1.6	Bomba descarga 1 1/4"	Und	1	$ 2,092,842.00	$ 2,092,842.00

TOTAL COSTOS DIRECTOS		$ 17,393,799.53
ADMINISTRACIÓN	13%	$ 2,261,193.94
IMPREVISTOS	1%	$ 173,938.00
UTILIDAD	4%	$ 695,751.98
VALOR DEL IVA	19%	$ 132,192.88
TOTAL COSTOS INDIRECTOS		$ 3,263,076.79
PRESUPUESTO TOTAL A TODO COSTO		$ 20,656,876.33

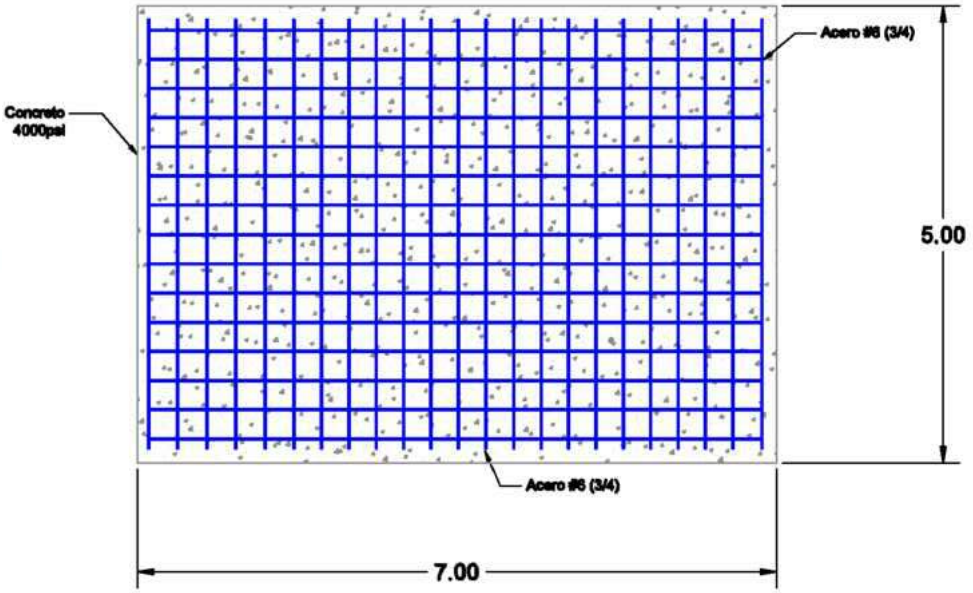
ANEXO 6:
PLANOS DEL TANQUE EN AUTOCAD

DISEÑO TANQUE

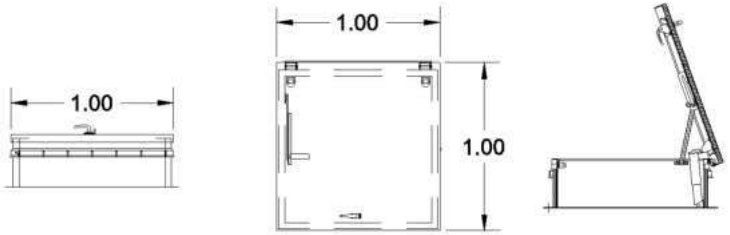
ACERO DE REFUERZO PLACA SUPERIOR



ACERO DE REFUERZO PLACA INFERIOR

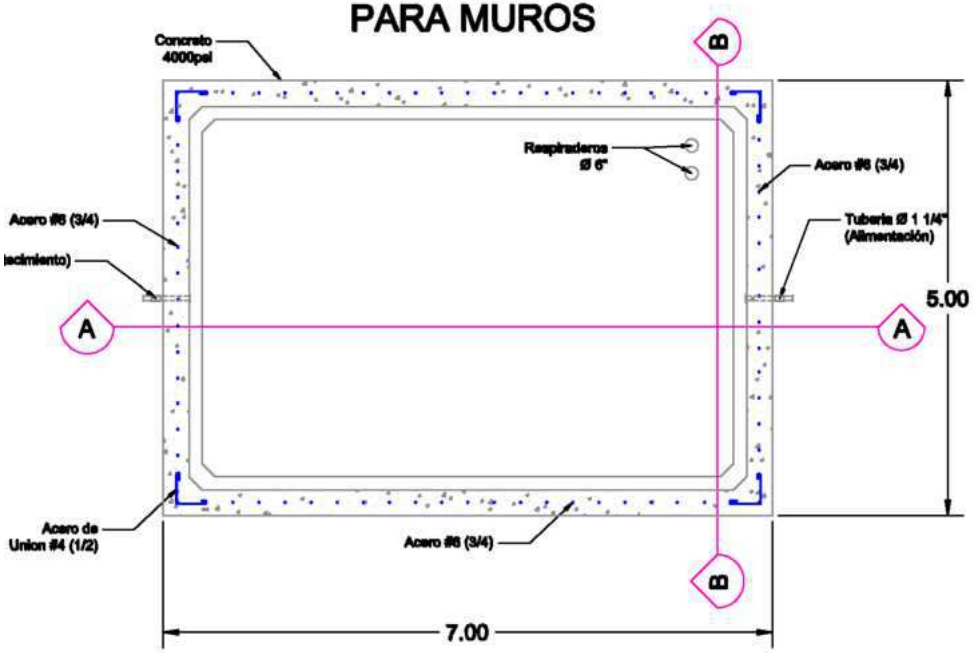


DETALLE DE ESCOTILLA

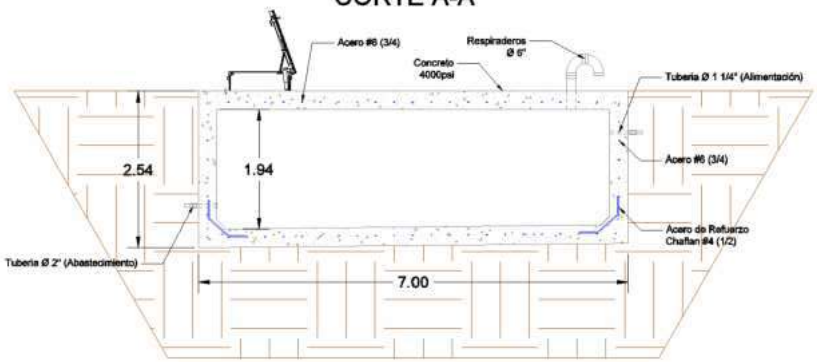


DISEÑO TANQUE

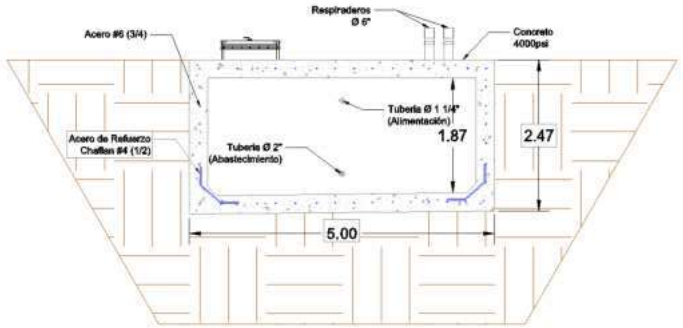
ACERO DE REFUERZO PARA MUROS



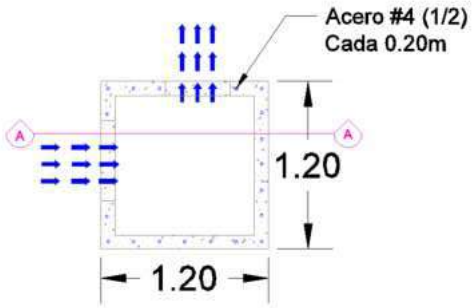
ACERO DE REFUERZO CORTE A-A



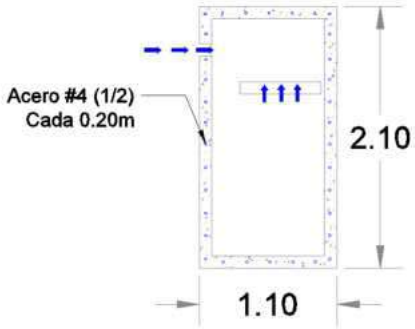
ACERO DE REFUERZO CORTE B-B



ACERO POZO



POZO CORTE A-A



ANEXO 7:
FICHA TÉCNICA DE LA BOMBA



BOMBAS SUMERGIBLES DE AGUA LIMPIA

Presión de altura

CISTERNA RESIDENCIAL O POZOS PROFUNDOS

Disfruta la presión del agua

CLASE 1I

BOMBAS SUMERGIBLES



- Modelos con flotador: ideales para presurizar residencias o pequeños comercios con hidroneumático y/ó Control-Press®.
- Modelos sin flotador: ideales para extracción de agua en pozos desde 4" de ademe. Motor de 2 hilos muy sencillo de instalar: no necesita caja de control.
- Impulsores tipo flotantes fabricados en Poliacetal (POM).
- Succión inferior para el máximo aprovechamiento del volumen total de agua dentro de la cisterna.



IMPULSOR DE POLIACETAL

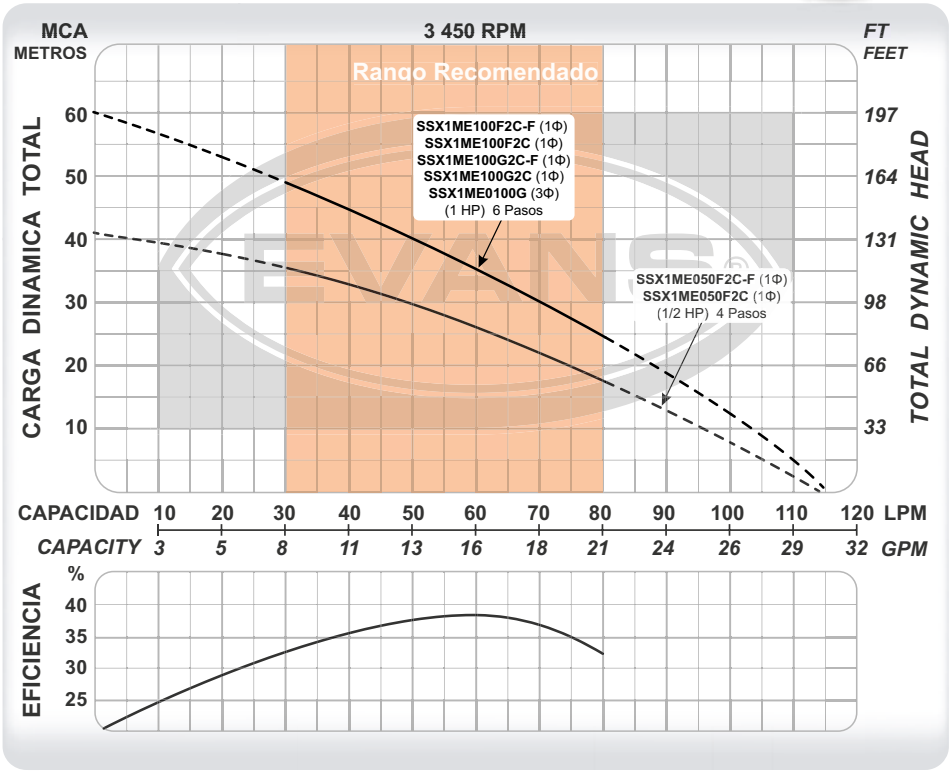


DIAGRAMA DE INSTALACIÓN



CÓDIGO	PESO	MEDIDAS LARGO X ANCHO X ALTO
SSX1ME050F2C	13 kg	71 x 15 x 15 cm
SSX1ME050F2C-F	13 kg	71 x 15 x 15 cm
SSX1ME100F2C	14.5 kg	82 x 15 x 16 cm
SSX1ME100F2C-F	14.5 kg	82 x 15 x 20 cm
SSX1ME100G2C	14.5 kg	82 x 15 x 16 cm
SSX1ME100G2C-F	14.5 kg	82 x 15 x 20 cm
SSX1ME0100G	14.5 kg	82 x 15 x 16 cm

CÓDIGO	Ø DESCARGA	POTENCIA	VOLTAJE	CORRIENTE	ETAPAS	FLUJO MÁXIMO	PRESIÓN MÁXIMA	PUNTO DE MAYOR EFICIENCIA
SSX1ME050F2C	1 ¼"	1/2 HP	115 V ~ 60Hz 1Φ	8.8 A	4	115 l/min	41.6 m	60 l/min a 26 m
SSX1ME050F2C-F	1 ¼"	1/2 HP	115 V ~ 60Hz 1Φ	8.8 A	4	115 l/min	41.6 m	60 l/min a 26 m
SSX1ME100F2C	1 ¼"	1 HP	115 V ~ 60Hz 1Φ	12.5 A	6	115 l/min	61 m	60 l/min a 35 m
SSX1ME100F2C-F	1 ¼"	1 HP	115 V ~ 60Hz 1Φ	12.5 A	6	115 l/min	61 m	60 l/min a 35 m
SSX1ME100G2C	1 ¼"	1 HP	220 V ~ 60Hz 1Φ	6.3 A	6	115 l/min	61 m	60 l/min a 35 m
SSX1ME100G2C-F	1 ¼"	1 HP	220 V ~ 60Hz 1Φ	6.3 A	6	115 l/min	61 m	60 l/min a 35 m
SSX1ME0100G	1 ¼"	1 HP	220 V ~ 60Hz 3Φ	4.2 A	6	115 l/min	61 m	60 l/min a 35 m



- **Construída con los materiales más resistentes**
  para alargar su vida útil.

- **Modelos en altas revoluciones**
  que ofrecen mayor presión.

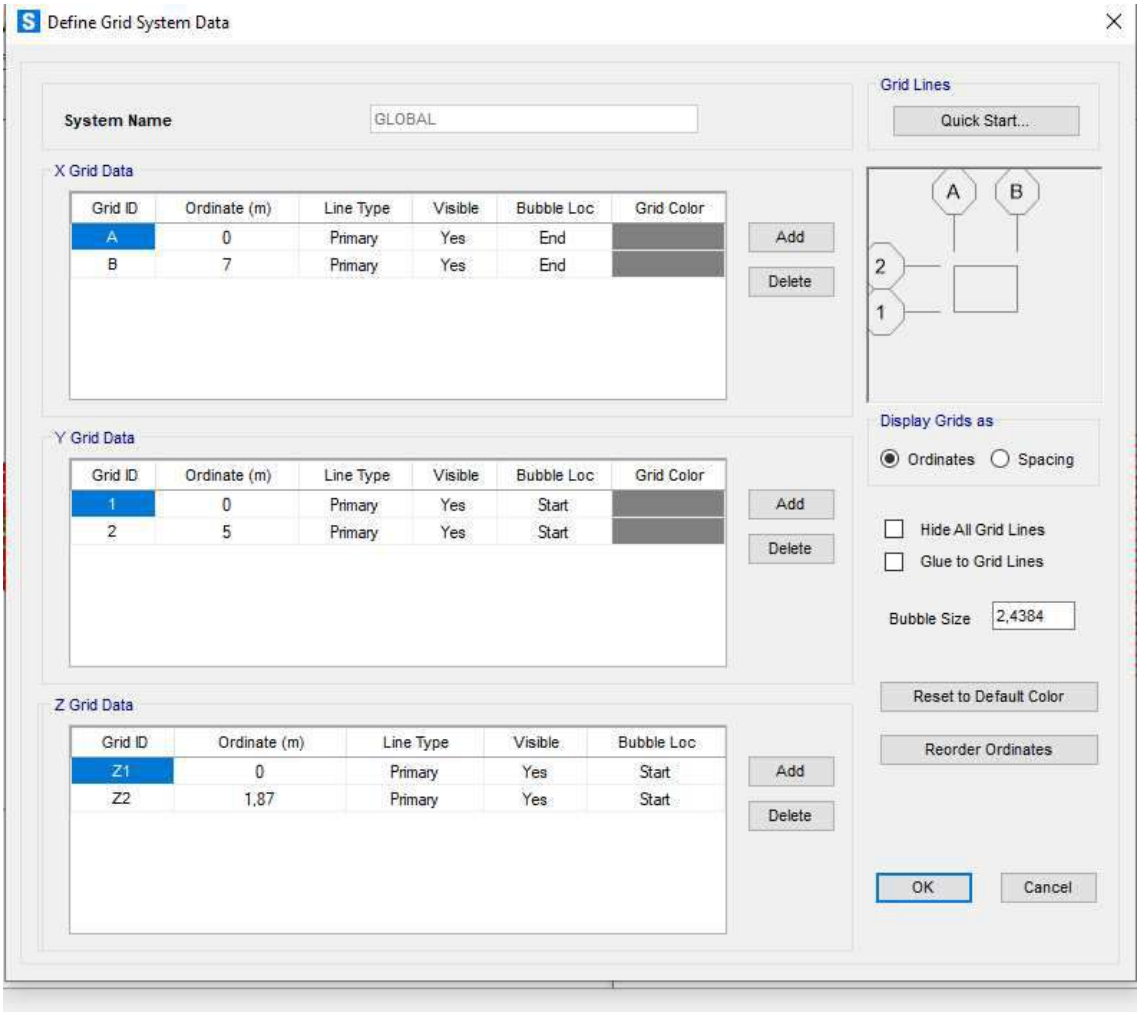
- **Excelente desempeño en aplicaciones con**
  aguas arenosas, plantas de tratamiento, aplicaciones en granjas, rastros, fosas de construcción, industria alimenticia entre otras.

- **Útil para el manejo**
  de aguas ácidas o alcalinas con PH (4 -10).

ANEXO 8:
TANQUE EN SAP 2000

Tabla 1

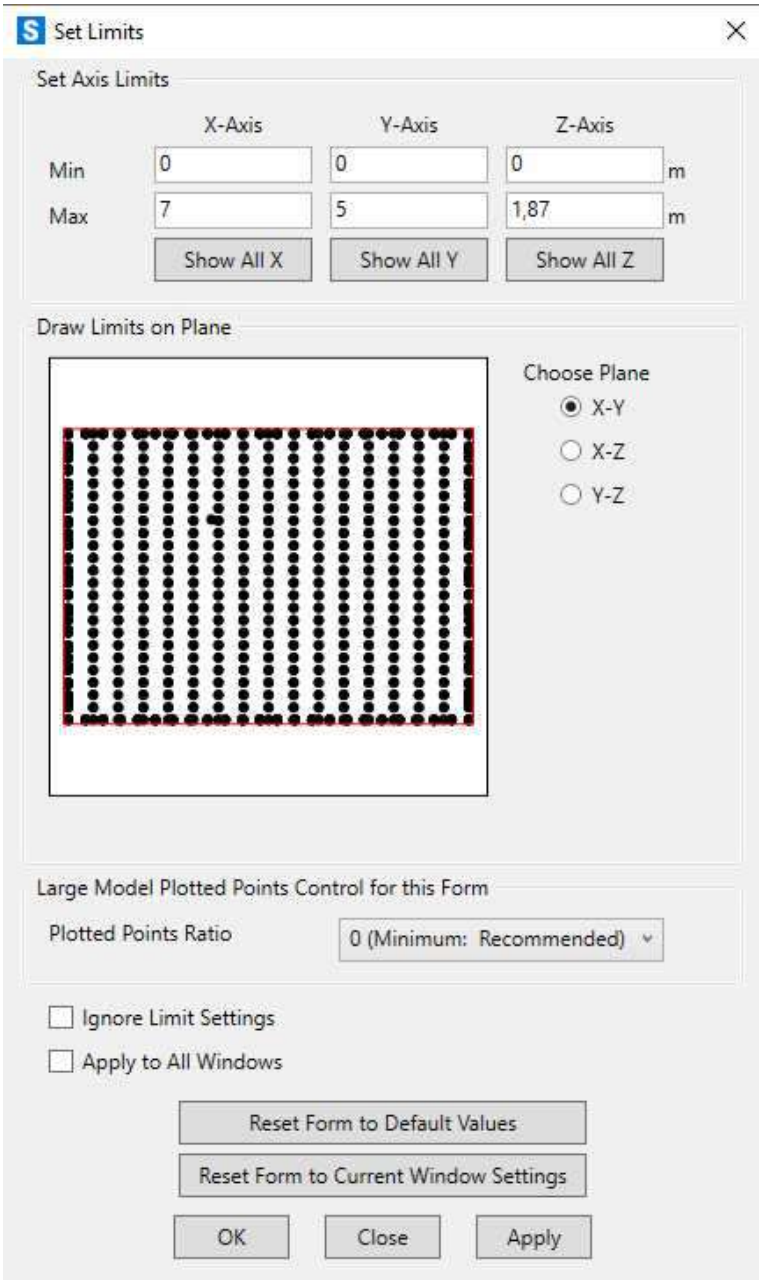
Definición de las medidas del tanque



Fuente: (Propia)

Tabla 2

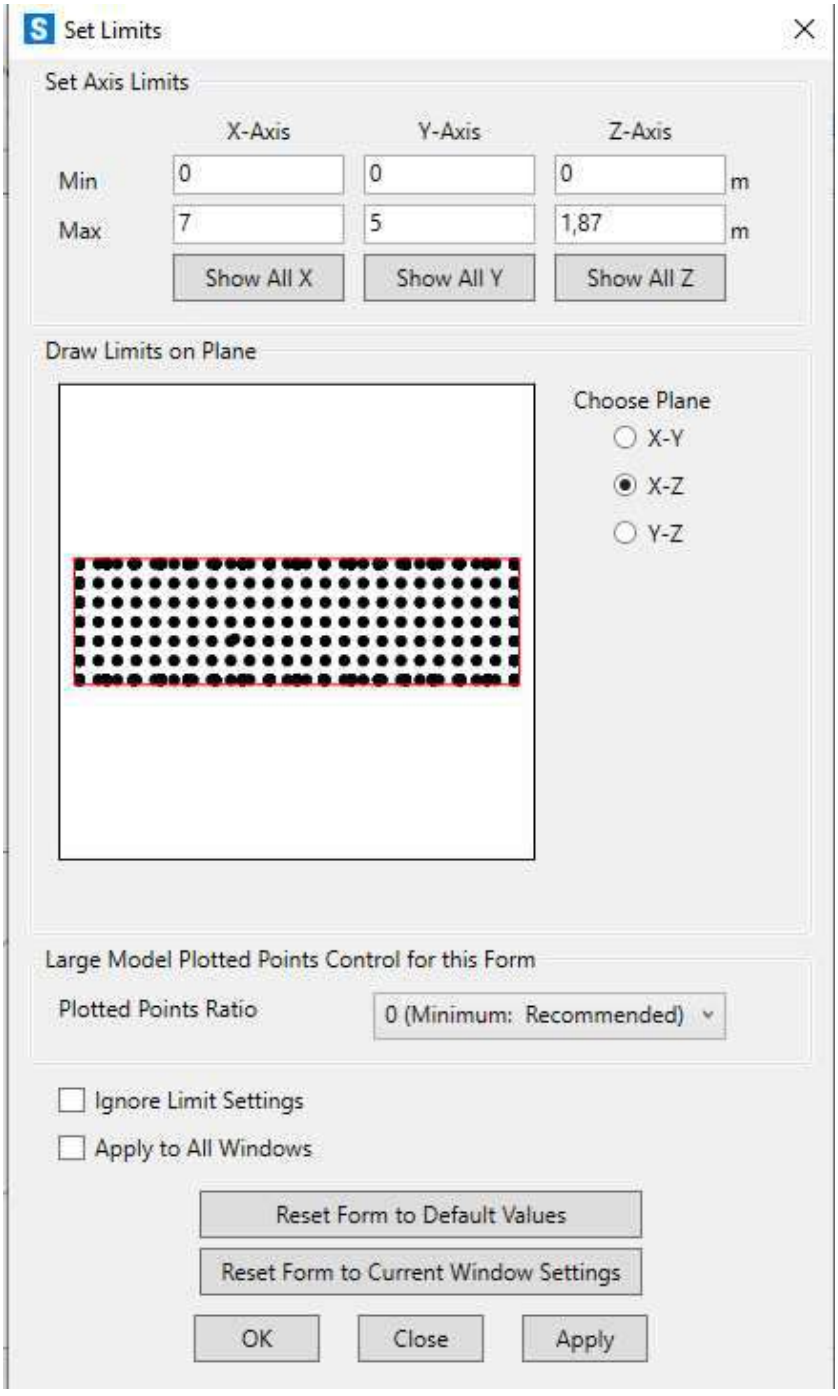
Vista X – Y 3D de la estructura con puntos divisorios con barras de acero



Fuente: (Propia)

Tabla 3

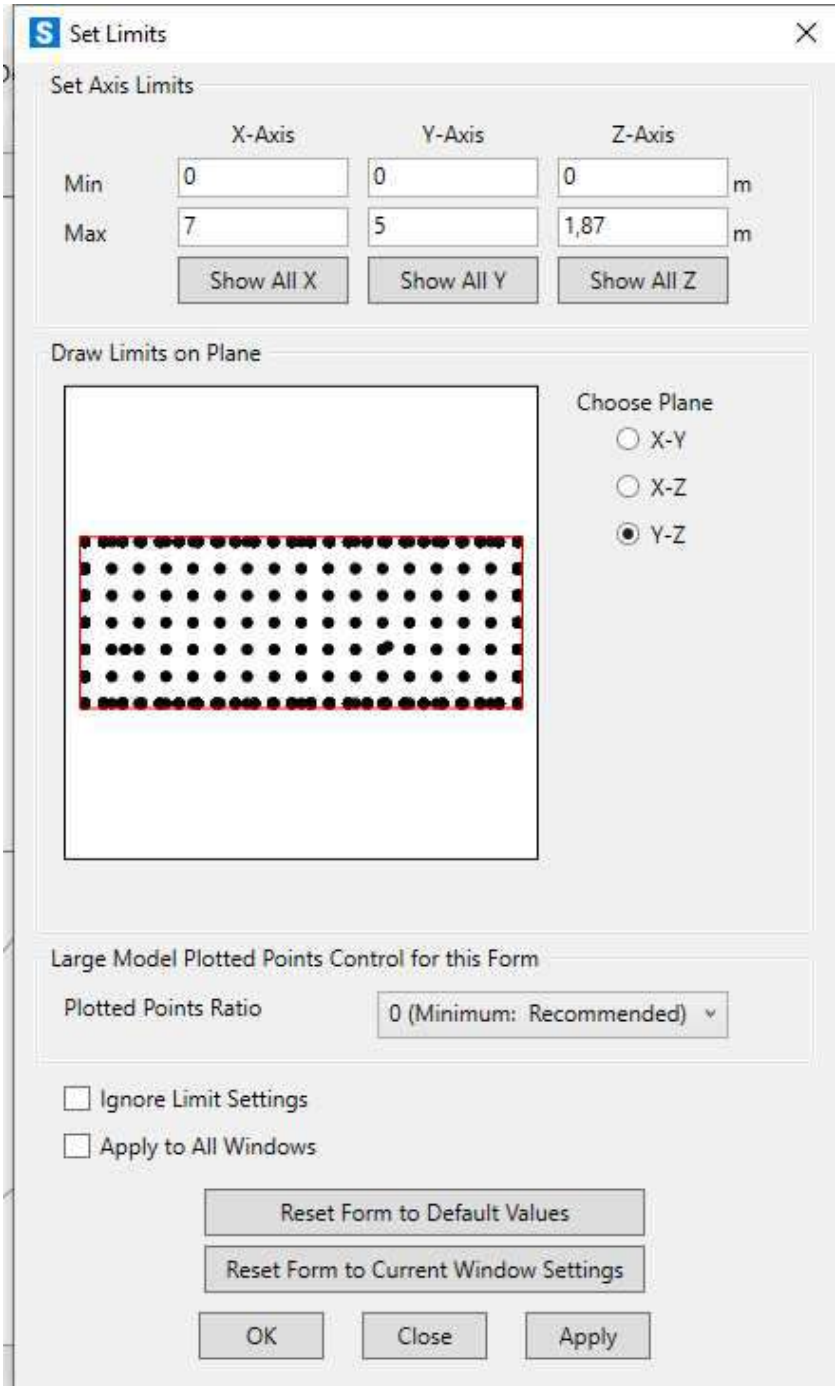
Vista X – Z 3D de la estructura con puntos divisorios con barras de acero



Fuente: (Propia)

Tabla 4

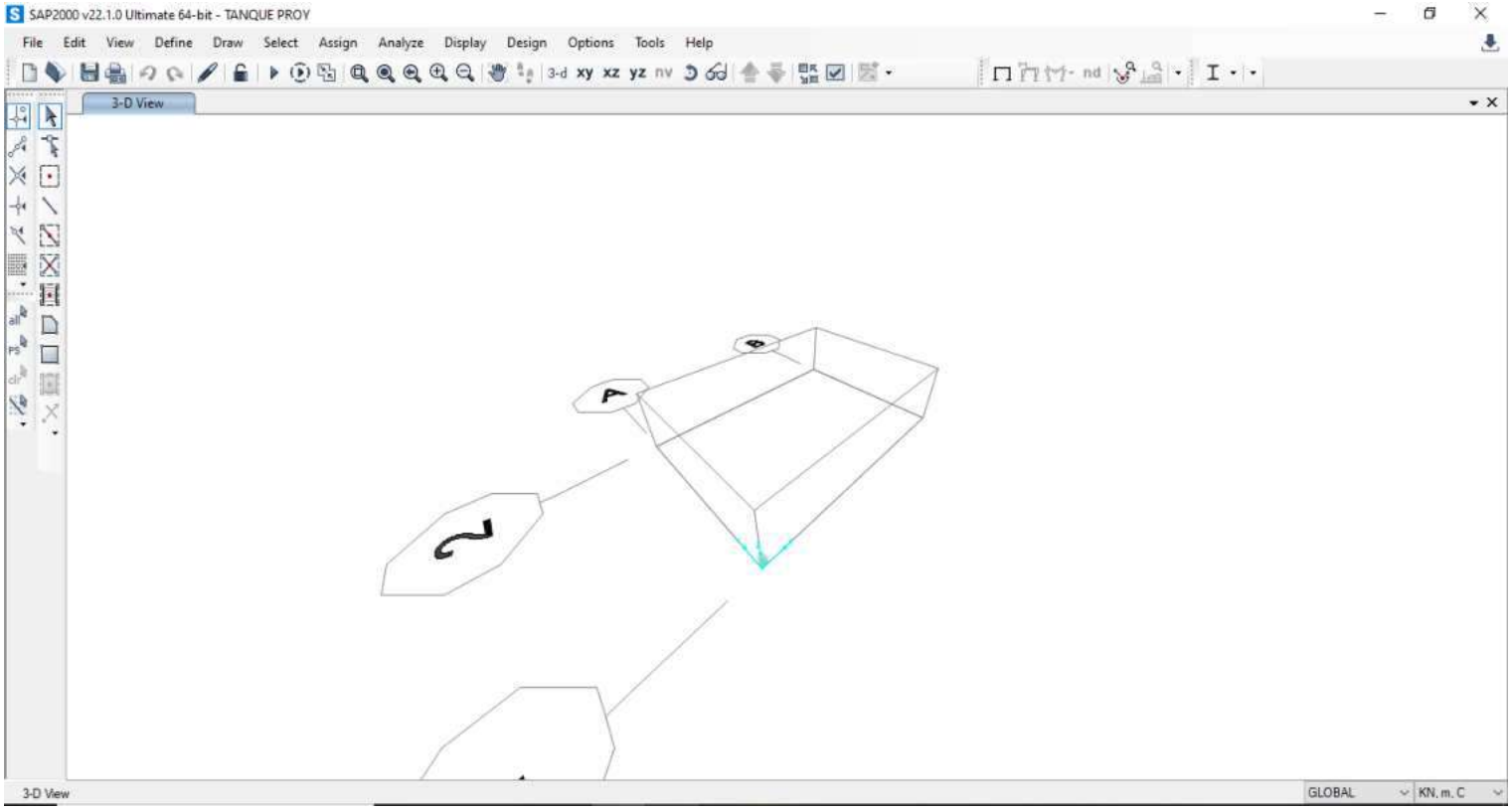
Vista Y – Z 3D de la estructura con puntos divisorios con barras de acero



Fuente: (Propia)

Tabla 5

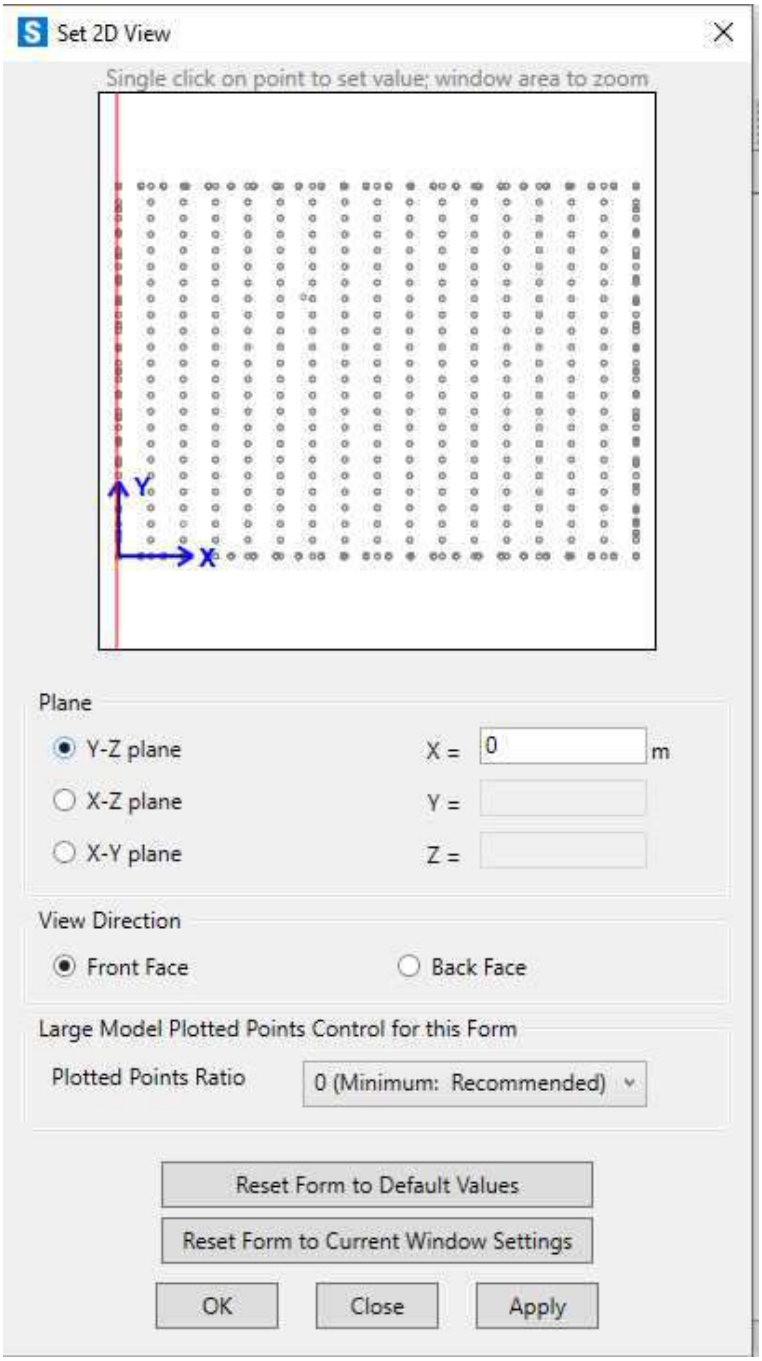
Vista estructura simple 3D A-B 1-2



Fuente: (Propia)

Tabla 6

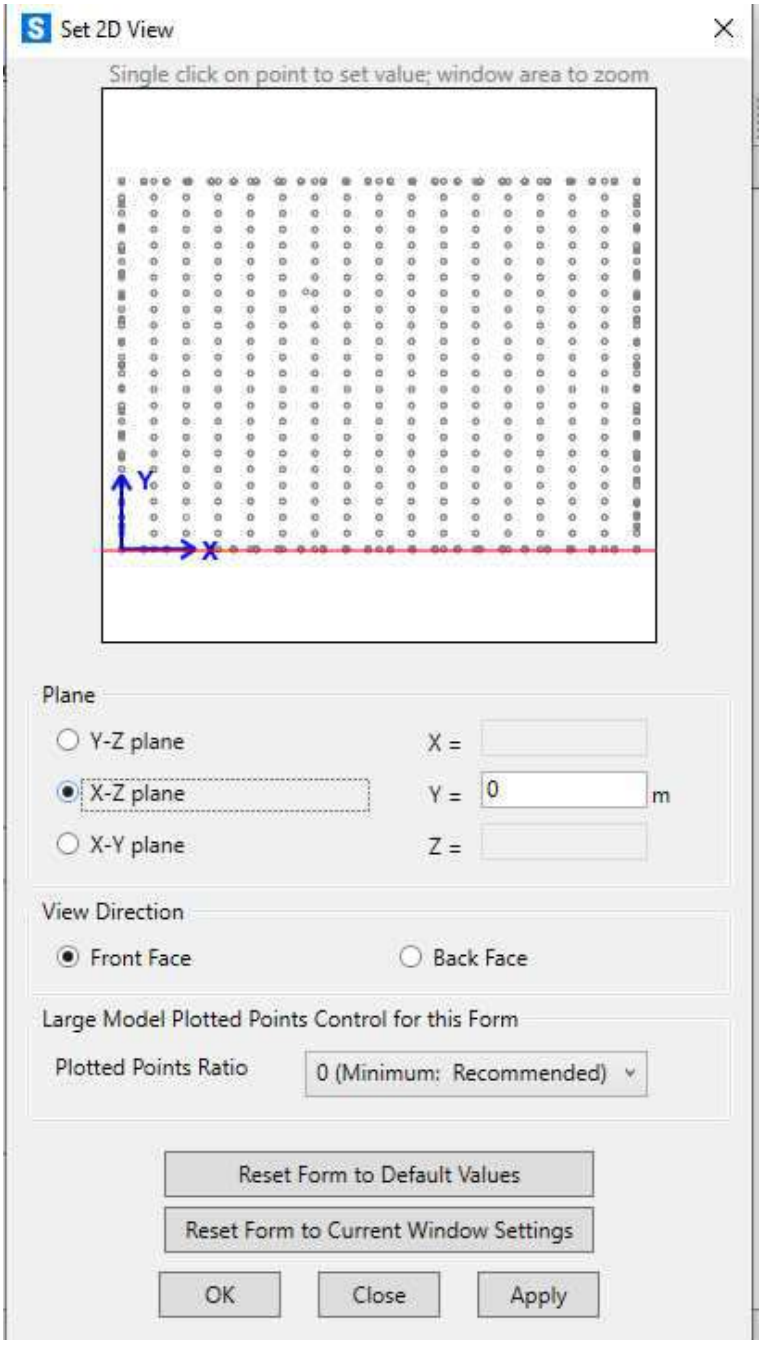
Vista Y – Z 2D de la estructura con puntos divisorios con barras de acero



Fuente: (Propia)

Tabla 7

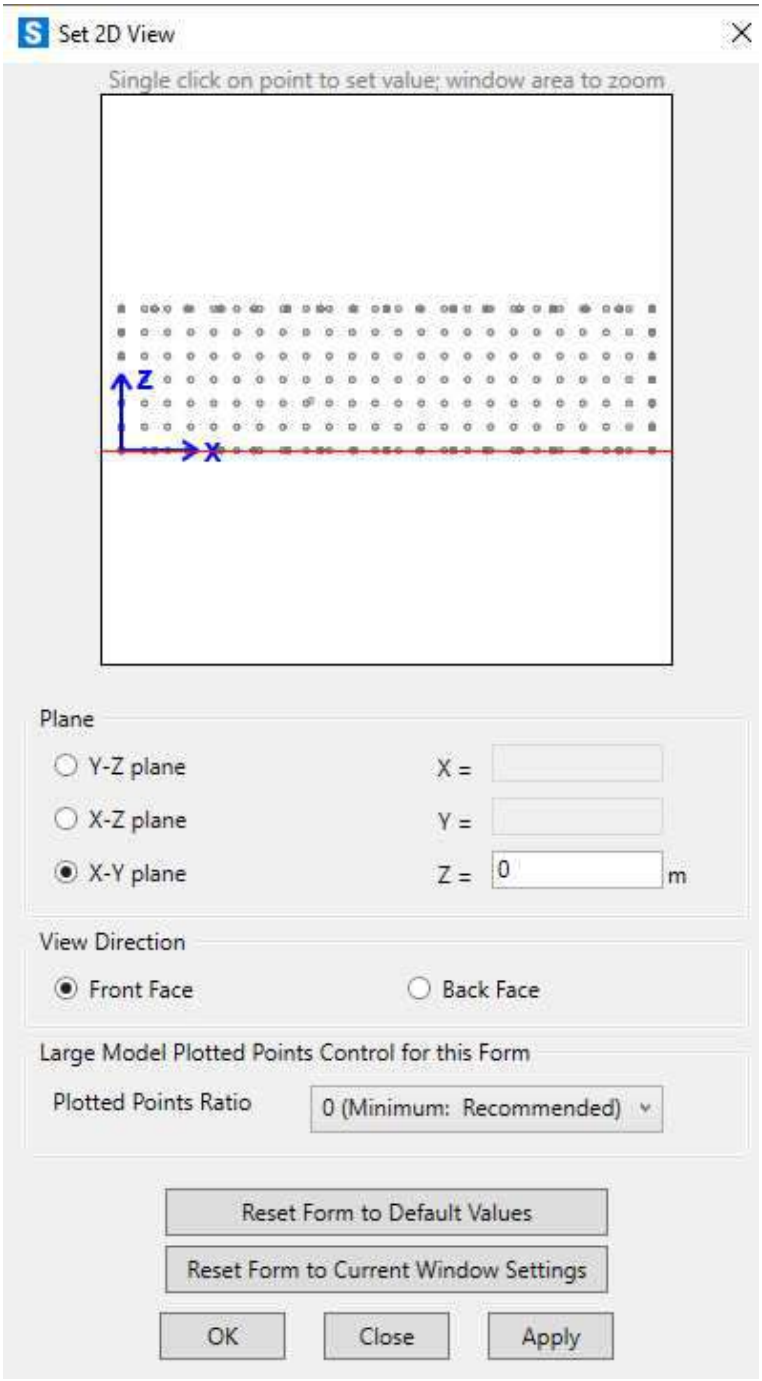
Vista X – Z 2D de la estructura con puntos divisorios con barras de acero



Fuente: (Propia)

Tabla 8

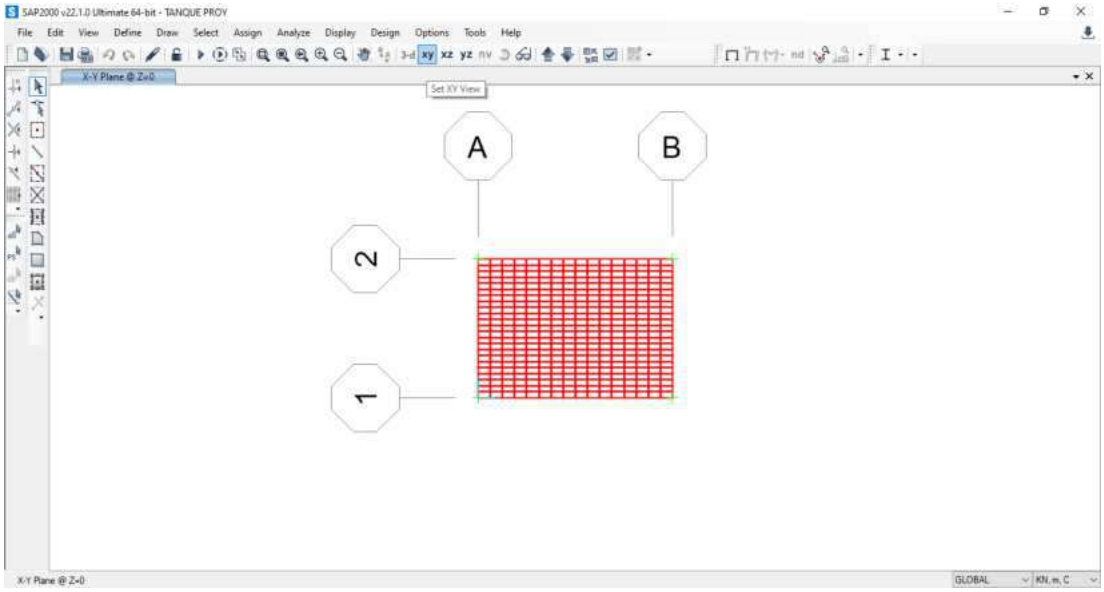
Vista Z – X 2D de la estructura con puntos divisorios con barras de acero



Fuente: (Propia)

Tabla 9

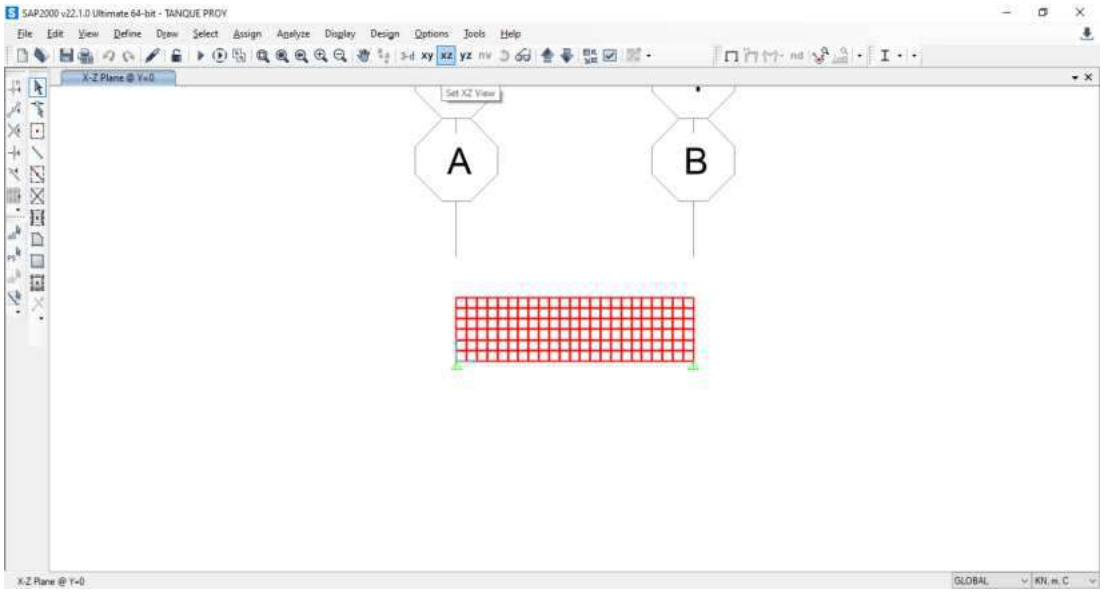
Vista estructura con barras de acero 2D A-B 1-2 en XY



Fuente: (Propia)

Tabla 10

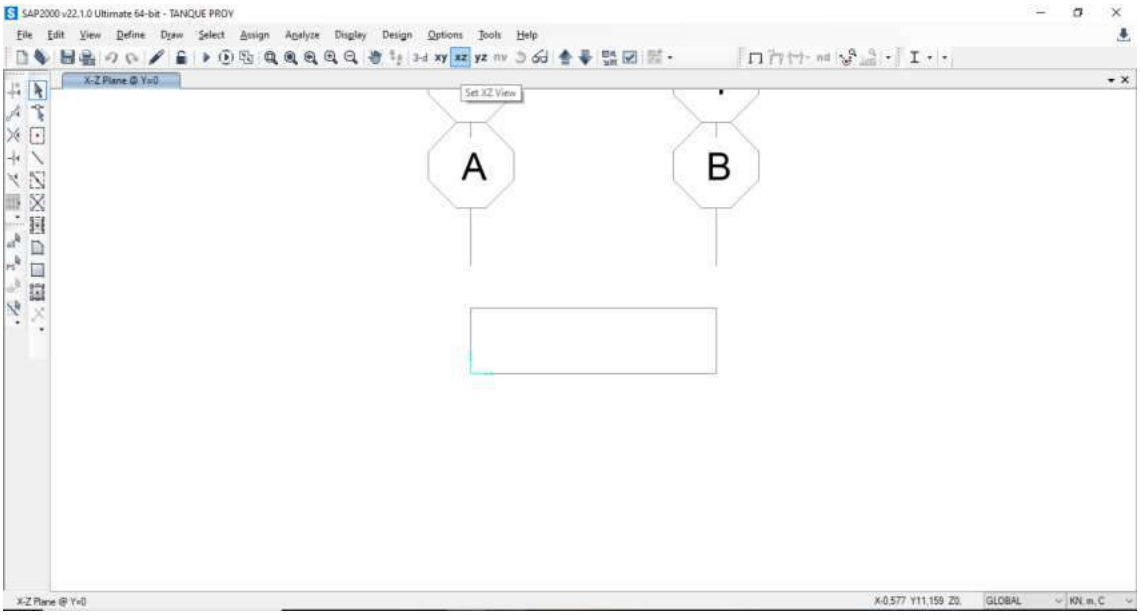
Vista estructura con barras de acero 2D A-B 2-1en XZ



Fuente: (Propia)

Tabla 11

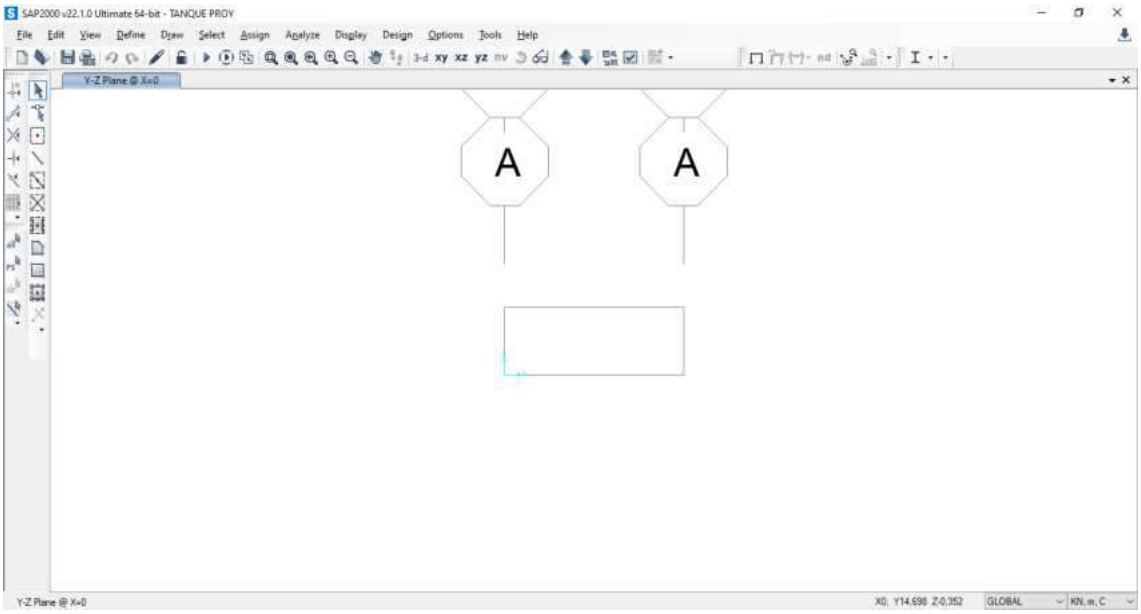
Vista estructura simple 2D A-B 2-1 en XZ



Fuente: (Propia)

Tabla 12

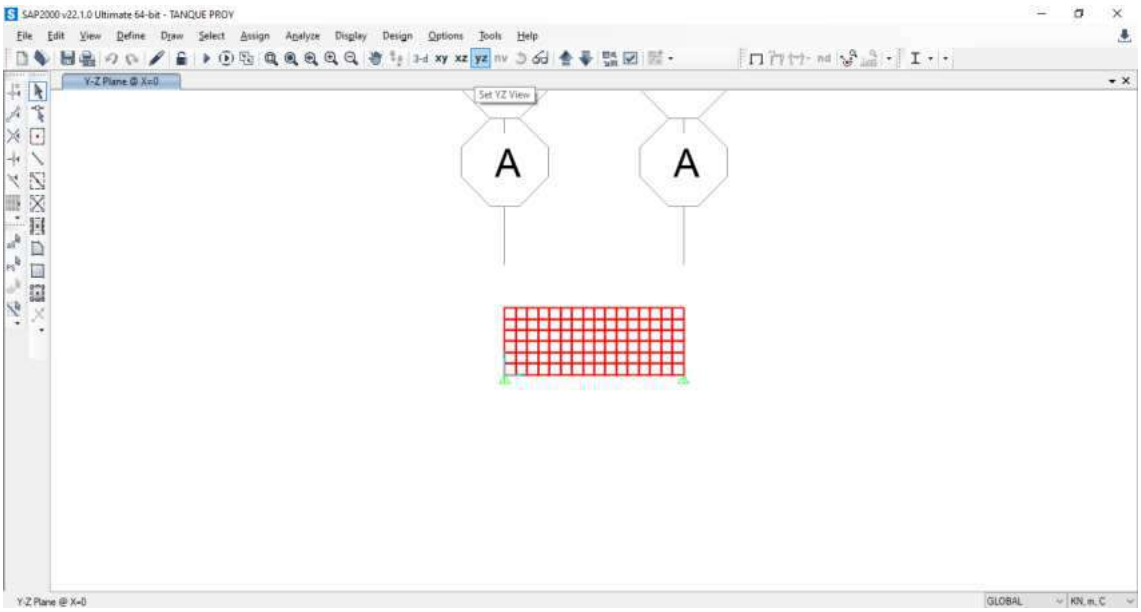
Vista estructura simple 2D A-A 1-2 en YZ



Fuente: (Propia)

Tabla 13

Vista estructura simple 2D A-A 1-2 en YZ



Fuente: (Propia)



License #3010*1GRDZAELHCFTFQY

SAP2000 Analysis Report

Model Name: TANQUE PROY.sdb

28 septiembre 2024

Contents

1. Model geometry 3
1.1. Joint restraints 4
2. Material properties 4
3. Section properties 5
3.1. Areas 5
3.2. Solids 6
4. Load patterns 6
4.1. Definitions 6
5. Load cases 6
5.1. Definitions 6
5.2. Static case load assignments 7
5.3. Response spectrum case load assignments 7
6. Material take-off 7
7. Design preferences 8
7.1. Steel design 8
7.2. Concrete design 8
7.3. Aluminum design 9
7.4. Cold formed design 9

List of Figures

Figure 1: Finite element model 3

List of Tables

Table 1: Joint Restraint Assignments 4
Table 2: Material Properties 02 - Basic Mechanical Properties 4
Table 3: Material Properties 03a - Steel Data 4
Table 4: Material Properties 03b - Concrete Data 4
Table 5: Material Properties 03e - Rebar Data 5
Table 6: Material Properties 03f - Tendon Data 5
Table 7: Area Section Properties, Part 1 of 3 5
Table 8: Area Section Properties, Part 2 of 3 5
Table 9: Area Section Properties, Part 3 of 3 5
Table 10: Solid Property Definitions 6
Table 11: Load Pattern Definitions 6
Table 12: Load Case Definitions, Part 1 of 2 6
Table 13: Load Case Definitions, Part 2 of 2 7
Table 14: Case - Static 1 - Load Assignments 7
Table 15: Function - Response Spectrum - User 7
Table 16: Material List 2 - By Section Property 7
Table 17: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 1 of 4 8
Table 18: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 2 of 4 8
Table 19: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 3 of 4 8
Table 20: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 4 of 4 8
Table 21: Preferences - Concrete Design - ACI 318-14, Part 1 of 2 9
Table 22: Preferences - Concrete Design - ACI 318-14, Part 2 of 2 9
Table 23: Preferences - Aluminum Design - AA-ASD 2000 9
Table 24: Preferences - Cold Formed Design - AISI-ASD96 9

1. Model geometry

This section provides model geometry information, including items such as joint coordinates, joint restraints, and element connectivity.

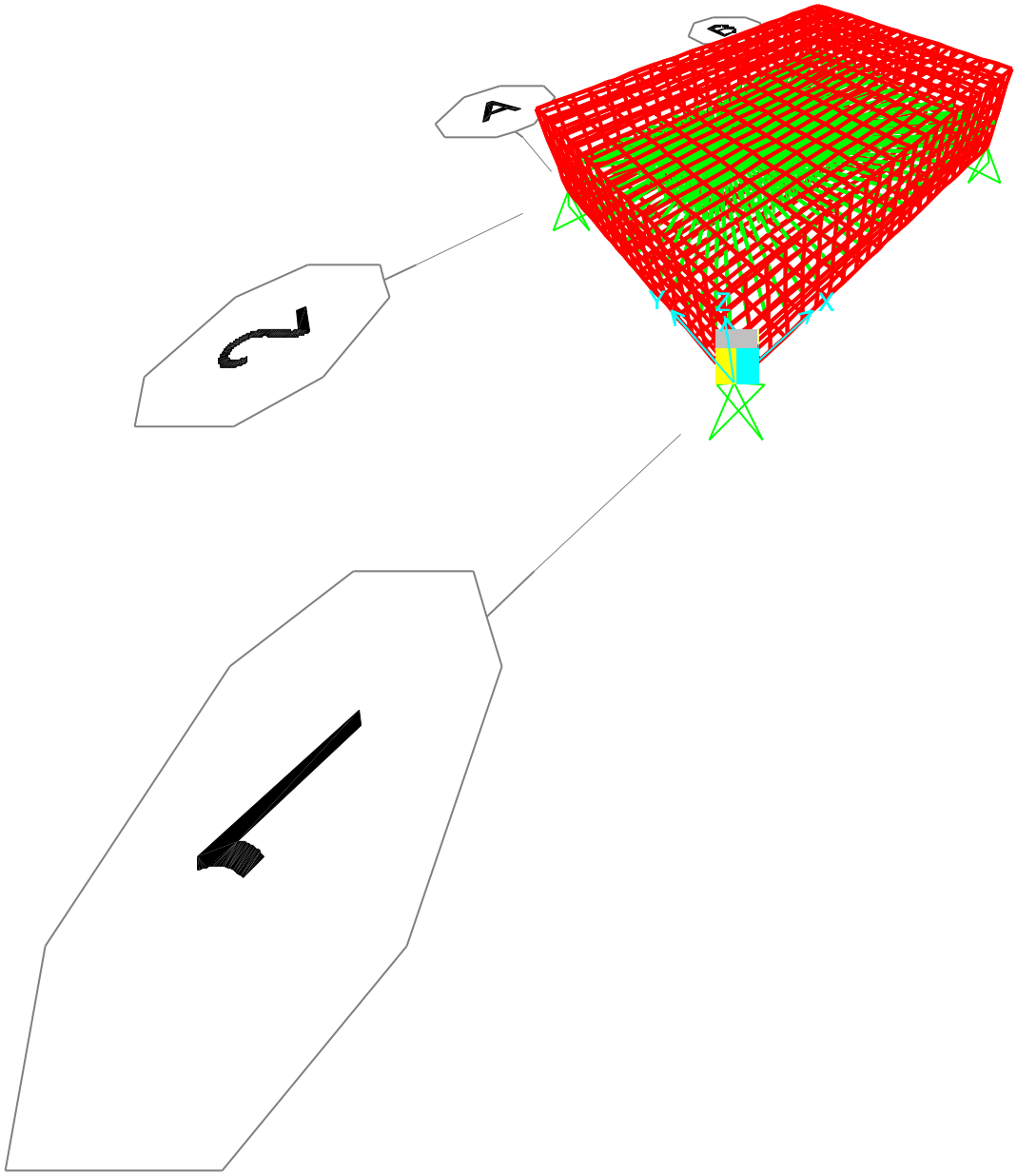


Figure 1: Finite element model

1 Joint restraints

Table 1: Joint Restraint Assignments

Table 1: Joint Restraint Assignments

Joint	U1	U2	U3	R1	R2	R3
1	Yes	Yes	Yes	No	No	No
2	Yes	Yes	Yes	No	No	No
5	Yes	Yes	Yes	No	No	No
6	Yes	Yes	Yes	No	No	No

2. Material properties

This section provides material property information for materials used in the model.

Table 2: Material Properties 02 - Basic Mechanical Properties

Table 2: Material Properties 02 - Basic Mechanical Properties

Material	UnitWeight	UnitMass	E1	G12	U12	A1
	KN/m3	KN-s2/m4	KN/m2	KN/m2		1/C
A416Gr270	7,6973E+01	7,8490E+00	196500599,9			1,1700E-05
A615Gr60	7,6973E+01	7,8490E+00	199947978,8			1,1700E-05
A992Fy50	7,6973E+01	7,8490E+00	199947978,8	76903068,77	0,3	1,1700E-05
FC28	2,4000E+01	2,4473E+00	24855578,06	10356490,86	0,2	9,9000E-06
Soil	1,9636E+01	2,0023E+00	788760,3	303369,35	0,3	9,9000E-06

Table 3: Material Properties 03a - Steel Data

Table 3: Material Properties 03a - Steel Data

Material	Fy	Fu	FinalSlope	CoupModType
	KN/m2	KN/m2		
A992Fy50	344737,89	448159,26	-0,1	Von Mises

Table 4: Material Properties 03b - Concrete Data

Table 4: Material Properties 03b - Concrete Data

Material	Fc	eFc	FinalSlope	CoupModType
	KN/m2	KN/m2		
FC28	27579,03	27579,03	-0,1	Modified Darwin-Pecknold

Table 5: Material Properties 03e - Rebar Data

Table 5: Material Properties 03e - Rebar Data

Material	Fy	Fu	FinalSlope	CoupModType
	KN/m2	KN/m2		
A615Gr60	413685,47	620528,21	-0,1	Von Mises

Table 6: Material Properties 03f - Tendon Data

Table 6: Material Properties 03f - Tendon Data

Material	Fy	Fu	FinalSlope	CoupModType
	KN/m2	KN/m2		
A416Gr270	1689905,16	1861584,63	-0,1	Von Mises

3. Section properties

This section provides section property information for objects used in the model.

3.1. Areas

Table 7: Area Section Properties, Part 1 of 3

Table 7: Area Section Properties, Part 1 of 3

Section	Material	AreaType	Type	DrillDOF	Thickness	BendThick	F11Mod
					m	m	
FONDO	FC28	Shell	Membrane	Yes	0,3	0,3	1,
MURO1	FC28	Shell	Membrane	Yes	0,3	0,3	1,
TAPA	FC28	Shell	Membrane	Yes	0,3	0,3	1,

Table 8: Area Section Properties, Part 2 of 3

Table 8: Area Section Properties, Part 2 of 3

Section	F22Mod	F12Mod	M11Mod	M22Mod	M12Mod	V13Mod	V23Mod
FONDO	1,	1,	1,	1,	1,	1,	1,
MURO1	1,	1,	1,	1,	1,	1,	1,
TAPA	1,	1,	1,	1,	1,	1,	1,

Table 9: Area Section Properties, Part 3 of 3

Table 9: Area Section Properties, Part 3 of 3

Section	MMod	WMod
FONDO	1,	1,
MURO1	1,	1,
TAPA	1,	1,

3.2. Solids

Table 10: Solid Property Definitions

Table 10: Solid Property Definitions

SolidProp	Material	MatAngleA Degrees	MatAngleB Degrees	MatAngleC Degrees
Solid1	FC28	0,	0,	0,

4. Load patterns

This section provides loading information as applied to the model.

4.1. Definitions

Table 11: Load Pattern Definitions

Table 11: Load Pattern Definitions

LoadPat	DesignType	SelfWtMult	AutoLoad
AGUA	Other	0,	
DEAD	Dead	1,	
VIVA	Live	0,	
SUELO	Other	0,	
CONVECTIVA	Other	0,	
IMPULSIVA	Other	0,	

5. Load cases

This section provides load case information.

5.1. Definitions

Table 12: Load Case Definitions, Part 1 of 2

Table 12: Load Case Definitions, Part 1 of 2

Case	Type	InitialCond	ModalCase	BaseCase	MassSource	DesActOpt
DEAD	LinStatic	Zero				Prog Det
VIVA	LinStatic	Zero				Prog Det
AGUA	LinStatic	Zero				Prog Det
SUELO	LinStatic	Zero				Prog Det
CONVECTIVA	LinStatic	Zero				Prog Det
IMPULSIVA	LinStatic	Zero				Prog Det

Table 13: Load Case Definitions, Part 2 of 2

Table 13: Load Case Definitions, Part 2 of 2

Case	DesignAct
DEAD	Non-Composite
VIVA	Short-Term Composite
AGUA	Other
SUELO	Other
CONVECTIVA	Other
IMPULSIVA	Other

5.2. Static case load assignments

Table 14: Case - Static 1 - Load Assignments

Table 14: Case - Static 1 - Load Assignments

Case	LoadType	LoadName	LoadSF
DEAD	Load pattern	DEAD	1,
VIVA	Load pattern	VIVA	1,
AGUA	Load pattern	AGUA	1,
SUELO	Load pattern	SUELO	1,
CONVECTIVA	Load pattern	CONVECTIVA	1,
IMPULSIVA	Load pattern	IMPULSIVA	1,

5.3. Response spectrum case load assignments

Table 15: Function - Response Spectrum - User

Table 15: Function - Response Spectrum - User

Name	Period	Accel	FuncDamp
	Sec		
UNIFRS	0,	1,	0,05
UNIFRS	1,	1,	

6. Material take-off

This section provides a material take-off.

Table 16: Material List 2 - By Section Property

Table 16: Material List 2 - By Section Property

Section	ObjectType	NumPieces	TotalLength	TotalWeight
			m	KN
MURO1	Area			413,568

Table 16: Material List 2 - By Section Property

Section	ObjectType	NumPieces	TotalLength	TotalWeight
			m	KN
FONDO	Area			94,248
TAPA	Area			316,581
Wc	Link	156		0,

7. Design preferences

This section provides the design preferences for each type of design, which typically include material reduction factors, framing type, stress ratio limit, deflection limits, and other code specific items.

7.1. Steel design

Table 17: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 1 of 4

Table 17: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 1 of 4

THDesign	FrameType	PatLLF	SRatioLimit	MaxIter	SDC	SeisCode	SeisLoad	ImpFactor
Envelopes	SMF	0,75	0,95	1	D	No	No	1,

Table 18: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 2 of 4

Table 18: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 2 of 4

SystemRho	SystemSds	SystemR	SystemCd	Omega0	Provision	AMethod	SOMethod	SRMethod
1,	0,5	8,	5,5	3,	LRFD	Direct Analysis	General 2nd Order	Tau-b Fixed

Table 19: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 3 of 4

Table 19: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 3 of 4

NLCoeff	PhiB	PhiC	PhiTY	PhiTF	PhiV	PhiVRolledI	PhiVT	PlugWeld
0,002	0,9	0,9	0,9	0,75	0,9	1,	0,9	Yes

Table 20: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 4 of 4

Table 20: Preferences - Steel Design - AISC 360-16, Part 4 of 4

HSSWelding	HSSReduceT	CheckDefl	DLRat	SDLAndLLRat	LLRat	TotalRat	NetRat
ERW	No	No	120,	120,	360,	240,	240,

7.2. Concrete design

Table 21: Preferences - Concrete Design - ACI 318-14, Part 1 of 2

Table 21: Preferences - Concrete Design - ACI 318-14, Part 1 of 2

THDesign	NumCurves	NumPoints	MinEccen	PatLLF	UFLimit	SeisCat	Rho	Sds
Envelopes	24	11	Yes	0,75	0,95	D	1,	0,5

Table 22: Preferences - Concrete Design - ACI 318-14, Part 2 of 2

Table 22: Preferences - Concrete Design - ACI 318-14, Part 2 of 2

PhiT	PhiCTied	PhiCSpiral	PhiV	PhiVSeismic	PhiVJoint
0,9	0,65	0,75	0,75	0,6	0,85

7.3. Aluminum design

Table 23: Preferences - Aluminum Design - AA-ASD 2000

Table 23: Preferences - Aluminum Design - AA-ASD 2000

FrameType	SRatioLimit	LatFact	UseLatFact
Moment Frame	1,	1,333333	No

7.4. Cold formed design

Table 24: Preferences - Cold Formed Design - AISI-ASD96

Table 24: Preferences - Cold Formed Design - AISI-ASD96

FrameType	SRatioLimit	OmegaBS	OmegaBUS	OmegaBLTB	OmegaVS	OmegaVNS	OmegaT	OmegaC
Braced Frame	1,	1,67	1,67	1,67	1,67	1,5	1,67	1,8