

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE DE LA ZONA ALTA DE PUERTO LA CRUZ (ESTACIÓN DE
BOMBEO LA CARAQUEÑA, LINEA LAS CHARAS) UBICADO EN EL
MUNICIPIO SOTILLO, ESTADO ANZOÁTEGUI.**

Realizado por:

**JOHNLERWYK PARIGUAN
SAMUEL GONZÁLEZ**

Proyecto de Grado Presentado ante la Universidad de Oriente como
Requisito Parcial para Optar al Título de:

INGENIERO CIVIL

Barcelona, mayo de 2025

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE DE LA ZONA ALTA DE PUERTO LA CRUZ (ESTACIÓN DE
BOMBEO LA CARAQUEÑA, LINEA LAS CHARAS) UBICADO EN EL
MUNICIPIO SOTILLO, ESTADO ANZOÁTEGUI.**

ASESOR

Ing. María Ramírez
Asesor académico

Barcelona, mayo de 2025

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE DE LA ZONA ALTA DE PUERTO LA CRUZ (ESTACIÓN DE
BOMBEO LA CARAQUEÑA, LINEA LAS CHARAS) UBICADO EN EL
MUNICIPIO SOTILLO, ESTADO ANZOÁTEGUI.**

JURADO CALIFICADOR:

El jurado hace constar que asignó a este Trabajo de Grado la calificación de:

Ing. María Ramírez
Asesor académico

Ing. Narciso Carreño
Jurado principal

Ing. Gerlys Velásquez
Jurado principal

Barcelona, mayo de 2025

RESOLUCIÓN

De acuerdo al Artículo 41 del Reglamento de Trabajos de Grado:

“LOS TRABAJOS DE GRADO SON DE LA EXCLUSIVIDAD PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE Y SOLO PODRÁN SER UTILIZADOS PARA OTROS FINES CON EL CONSENTIMIENTO DEL CONSEJO DE NÚCLEO RESPECTIVO, QUIÉN LO PARTICIPARÁ AL CONSEJO UNIVERSITARIO, PARA SU AUTORIZACION”.



DEDICATORIA

A mi madre, Leisvy, por su amor y apoyo incondicional durante toda mi carrera.

A mi padre, Elías. A mis hermanas, Jihn, Jahnde y Emi. A mi tía, Ysaura. A mis sobrinos, Sebastián y Arantxa. A Lili, mi pequeña gata, que siempre me acompañó en mi vida universitaria.

Los amo.

Johnlerwyk Pariguan

DEDICATORIA

A mi madre, Bidalis, por su amor constante, apoyo incondicional y paciencia infinita.

A mi abuela Edalis. A mis tías Odalis y Josdalis. A todos esos familiares y amigos que forman parte de mi vida y me alentaron siempre a seguir adelante con esta meta.

Los amo.

Samuel González

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a la Universidad de Oriente, Núcleo de Anzoátegui por haberme formado como profesional. Un templo de saber que llenó mi esencia de luz y horizonte.

Gracias a mi madre, Leisvy López, por ser ese faro de luz inquebrantable que nunca dejará de guiar mi camino, por cada rayo de apoyo incondicional, por ser mi principal motivación.

Gracias a mi familia por siempre estar en los momentos más inciertos, en los momentos más felices, por siempre estar presentes en esta travesía.

Al ingeniero, colega y mentor, Boris Mogna, por sus consejos profesionales y de vida. Gracias por ser mi "*Pepe Grillo*", esa voz sabia que me guía constantemente hacia la rectitud con consejos valiosos y por ser mi modelo a seguir.

A mi grupo de amigos, Andrea, Gusmil, Luzmar y mi compañero de tesis, Samuel. Ustedes hicieron mi estadía universitaria más agradable, más divertida. Gracias por ser mis acompañantes de batalla en la faena académica.

A todos los profesores, artífices de mi crecimiento, cuyas enseñanzas y consejos han sido torrente de sabiduría, en especial a Jozarel Bravo, por darme el empuje que necesitaba para seguir adelante.

-Con gratitud infinita.

Johnlerwyk Pariguan

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, gracias a mi casa de estudios, la Universidad de Oriente, por formarme como profesional. Las vivencias y enseñanzas adquiridas en este lugar formarán parte de mí siempre.

Gracias a mi madre, Bidalis, por nunca soltarme y siempre velar por mi bienestar. Sé lo que significa este logro para ti y en gran parte eres responsable de que se haya materializado finalmente. Eres una madre digna de admiración y mi mayor ejemplo a seguir.

A mi familia, en especial a mi abuela Edalis por siempre darme ánimos y hacerme reír cuando más lo he necesitado. A mi tía Josalis, por ser como una segunda madre, sobre todo en mis primeros años como estudiante universitario. A mi prima Yudexsa, por abrirme las puertas de su casa durante mucho tiempo y ser mi guía cuando llegué a la ciudad de Puerto La Cruz.

A mi colega, el Ingeniero Carlos Javier, por la motivación constante y siempre estar ahí cuando más lo he necesitado.

A mi grupo de estudio, mis amigos, Andrea, Gusmil, Luzmar, María y mi compañero de Tesis, John. Sin ustedes a mi lado, mi vida universitaria hubiese sido muy distinta. Éxitos en sus vidas siempre, colegas.

A mis amigos, en especial a José Rafael, por su amistad incondicional y apoyo durante todo este proceso.

A todos los profesores, por impartir sus conocimientos sin importar las circunstancias. Ustedes son los pilares de esta universidad.

-Con gratitud infinita.

Samuel González

CONTENIDO

RESOLUCIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vii
CONTENIDO	ix
INDICE DE TABLAS	xv
INDICE DE FIGURAS	xvii
RESUMEN	xx
INTRODUCCIÓN	xxi
CAPÍTULO I	22
EL PROBLEMA	22
1.1 Planteamiento del problema	22
1.2 Objetivos	24
1.2.1 Objetivo general	24
1.2.2 Objetivos específicos	24
1.3 Alcance del proyecto	25
1.4 Limitantes del proyecto	25
1.5 Generalidades del sector	26
CAPITULO II	28
MARCO TEÓRICO	28
2.1 Antecedentes	28
2.1.1 Sistema de abastecimiento de agua potable	30
2.1.2 Obra de captación	30
2.1.3 Línea de conducción	31
2.1.4 Planta de tratamiento	31

2.1.5	Líneas de aducción.....	31
2.1.6	Red de distribución	32
2.1.7	Red ramificada.....	32
2.1.8	Estación de bombeo	32
2.1.9	Equipo de bombeo.....	33
2.1.10	Tubería	35
2.1.11	Nodo	38
2.1.12	Estanque de almacenamiento	38
2.1.13	Estanques australianos.....	39
2.1.14	Válvula.....	39
2.2	Censo poblacional	41
2.3	Crecimiento poblacional.....	41
2.4	Desarrollo no controlado	41
2.5	Caudal.....	41
2.6	Consumo.....	41
2.6.1	Tipos de consumo.....	41
2.7	Demanda	42
2.8	Dotación.....	43
2.9	Levantamiento Aerofotogramétrico	43
2.10	Mediciones hidráulicas	43
2.11	Modelo hidráulico.....	43
2.12	Criterios para el diseño	43
2.12.1	Consumo de agua y dotaciones	43

2.12.2	Factores que pueden afectar los consumos	44
2.12.3	Variaciones de consumo.....	44
2.12.4	Consumo medio (Q_m).....	44
2.12.5	Periodos de diseño	46
2.12.6	Población de diseño.....	47
2.12.7	Población futura.....	47
2.13	Ecuación de Continuidad.....	50
2.14	Ecuación de Bernoulli.....	50
2.15	Perdidas por Fricción.....	50
CAPITULO III.....		51
DESARROLLO DEL PROYECTO		51
3.1	Nivel de la investigación	51
3.2	Tipo de la investigación	51
3.3	Población	52
3.4	Técnicas utilizadas:.....	52
3.4.1	Diagrama de causa y efecto	52
3.4.2	Observación directa.....	52
3.5	Análisis de datos.....	53
3.6	Obtención de información	53
3.7	Etapa I: Diagnóstico del sistema de bombeo de la Caraqueña, línea Las Charas	54
3.7.1	Descripción de la zona en estudio	54
3.7.2	Funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua potable	56

3.7.3 Diagnóstico de las estaciones de bombeo La Caraqueña, Valle Lindo y Vista al Mar	61
3.8 Etapa II. Estimar la población futura y sus gastos de consumo	65
3.8.1 Periodo de Diseño.....	65
3.8.2 Estimación de la población futura.	65
3.8.3 Estimación de la demanda	67
3.8.4 Estimación de Consumos	69
3.8.5 Cálculo del caudal medio	69
3.8.6 Cálculo del caudal máximo diario (Qmd).....	70
3.8.7 Cálculo del caudal máximo horario (Qmh).....	71
3.8.8 Gasto medio por tramo de tubería	71
3.8.9 Demanda base en los nodos o conexiones de tuberías.....	72
3.9 Etapa III. Evaluar la red de distribución utilizando el software EPANET.	73
3.9.1 Funcionamiento hidráulico de la red de distribución	73
3.9.2 Descripción del Modelo Hidráulico	73
3.9.3 Simulador EPANET	74
3.9.3.1 Características del simulador EPANET.....	74
3.9.4 Premisas para la simulación.....	75
3.9.5 Análisis de la simulación realizada con EPANET.....	76
3.10 Etapa IV. Propuestas de mejora para los sectores más afectados	78
3.10.1 Criterios tomados para la selección de las propuestas son los siguientes:	78

3.10.2 Propuesta para el sector Vista Al Mar	80
3.10.3 Propuesta para el sector Colinas de Valle Lindo.....	81
3.10.4 Propuesta para el sector Colinas El Limón	82
3.10.5 Selección de los equipos de bombeo para los sectores Colinas El Limón y Colinas de Valle Lindo.....	83
3.10.6 Selección de Tanque compensador para el sector Vista al Mar	87
3.11 Etapa V. Análisis de precio unitario y presupuesto del proyecto	87
4 CAPÍTULO IV.....	89
RESULTADOS.....	89
4.1 Diagnóstico del estado actual al sistema de bombeo de agua potable de Las Charas.	89
4.2 Evaluación de la capacidad de la red de abastecimiento para satisfacer la demanda actual y futura con base a las Normas sanitarias para Proyecto, Construcción, Reparación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones, usando el software EPANET para la simulación.	92
4.2.1 Cálculo de la población actual y futura utilizando el método geométrico.....	92
4.2.2 Problemas generales identificados	95
4.2.2.1 Presiones Altas	95
4.2.2.2 Presiones Bajas	95
4.2.2.3 Altas Velocidades.....	95

4.3 Identificación de posibles soluciones propuestas y los resultados obtenidos al introducirlas en el software EPANET con sus respectivos planos hechos en AUTOCAD.	96
4.3.1 Resultados de la propuesta para el sector Vista al Mar	96
4.3.2 Resultados de la propuesta del sector Colinas de Valle Lindo	106
4.3.3 Resultados de la propuesta para Colina El Limón	114
4.4 Análisis de precio unitario y presupuesto del proyecto	123
CAPÍTULO	V.
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	124
5.1 Conclusiones	124
5.2 Recomendaciones	125
BIBLIOGRAFÍA.....	127
ANEXOS	129
ANEXOS A	130
ANEXOS B	158
ANEXOS C	162
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:.....	172

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Clasificación de tuberías según el material.....	36
Tabla 2.2 Relación diámetro - velocidad económica en tuberías.....	38
Tabla 2.3 Consumo mínimo permisibles.....	45
Tabla 2.4 Coeficientes de caudal para los consumos de máximo diario y horario.....	46
Tabla 3.1 Características del equipo de bombeo de E/B Valle Lindo	60
Tabla 3.2 Características del equipo de bombeo de E/B Vista Al Mar.....	60
Tabla 3.3 Características del equipo de bombeo de E/B Ezequiel Zamora. .	60
Tabla 3.4 Número de habitantes (2011)	66
Tabla 3.5 Número de habitantes (2023)	67
Tabla 3.6 Gasto máximo diario	70
Tabla 3.7 Valores del Factor K_2	71
Tabla 3.8 Gasto máximo horario.....	71
Tabla 3.9 Características técnicas de la bomba seleccionada para el sector Colinas de Valle Lindo	84
Tabla 3.10 Características técnicas de la bomba seleccionada para el sector Colinas El Limón.....	84
Tabla 4.1 Resumen de caudales.....	92
Tabla 4.2 Problemas identificados por sector.....	96
Tabla 4.3 Resultados de la evaluación de la red Vista al Mar antes de aplicar la propuesta.....	97
Tabla 4.4 Resultados de la evaluación de la red Vista al Mar antes de aplicar la propuesta.....	98
Tabla 4.5 Resultados de la evaluación de la red Vista al Mar luego de aplicar la propuesta.....	99
Tabla 4.6 Resultados de la evaluación de la red Vista al Mar luego de aplicar la propuesta.....	100

Tabla 4.7 Resultados de la evaluación en EPANET de la red en el sector Colinas de Valle Lindo antes de la propuesta.....	106
Tabla 4.8 Resultados de la evaluación en EPANET de la red en el sector Colinas de Valle Lindo antes de la propuesta.....	107
Tabla 4.9 Resultados de la evaluación en EPANET de la red en el sector Colinas de Valle Lindo luego de la propuesta.....	107
Tabla 4.10 Resultados de la evaluación en EPANET de la red Colinas de Valle Lindo luego de la propuesta.....	108
Tabla 4.11 Resultados de la evaluación en EPANET de la red en el sector Colinas El Limón antes de la propuesta	...114
Tabla 4.12 Resultados de la evaluación en EPANET de la red en el sector Colinas El Limón antes de la propuesta.....	115
Tabla 4.13 Resultados de la evaluación en EPANET de la red en el sector Colinas de El Limón después de la propuesta.....	116
Tabla 4.14 Resultados de la evaluación en EPANET de la red en el sector Colinas de El Limón después de la propuesta.....	117

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Sectores de la zona alta de Puerto La Cruz producto de estudio (Google Earth, 2024) [Mapa de Puerto La Cruz, Anzoátegui, Venezuela en Google Maps]. Recuperado el 11 de octubre, 2024, de: https://earth.google.com/web/@10.18899397,64.61828178,96.83598246a,5237.83373605d,35y,1.88224778h,9.90649728t,359.99889766r/data=CgRCAggBOgMKATBCAggASg0IARAA	27
Figura 3.1 Situación geográfica de la zona en estudio, municipio Sotillo, Anzoátegui, Venezuela (Wikipedia, 2024) [Mapa de municipio Juan Antonio Sotillo, Anzoátegui, Venezuela en Wikipedia]. Recuperado el 15 de mayo, 2024, de: https://es.wikipedia.org/wiki/Municipio_Sotillo_%28Anzo%C3%A1tegui%2954	
Figura 3.2 Sectorización del área de estudio y de la red de distribución. SolidWorks (s.f.) [Mapa de trazado de la red en estudio. Puerto La Cruz, Anzoátegui, Venezuela]. Recuperado el 12 de octubre, 2024, de: SOLIDWORKS® 2024.....	55
Figura 3.3 Mapa de curvas de la red Epanet. (s.f.) [Mapa de curvas de contorno de la red en estudio. Puerto La Cruz, Anzoátegui, Venezuela]. Recuperado el 11 de octubre, 2024, de: Epanet v2.00.12.....	55
Figura 3.4 Planta Potabilizadora El Rincón. Fuente: Autores.....	57
Figura 3.5 Esquema de la red de distribución desde el Sistema de Potabilización El Rincón hasta el área de estudio. Recuperado de HIDROCARIBE.....	58
Figura 3.6 Centro de control en el sector Molorca. Fuente: Autores.....	59
Figura 3.7 Estación de bombeo La Caraqueña. Fuente: Autores.....	59
Figura 3.8 Lectores electrónicos de caudal. Fuente: Autores.....	61
Figura 3.9 Condiciones de las infraestructuras al momento de la inspección. Fuente: Autores.....	62

Figura 3.10 Cuarto de bombas de estación de bombeo Valle Lindo. Fuente: Autores	62
Figura 3.11 Tanque reservorio de la E/B Valle Lindo. Fuentes: Autores	63
Figura 3.12 Mejoras en las instalaciones observadas durante la segunda visita. Fuente: Autores	64
Figura 3.13 Curva característica de la bomba seleccionada para el sector Colinas de Valle Lindo	85
Figura 3.14 Curva característica de la bomba seleccionada para el sector El Limón	86
Figura 4.1 Condiciones de la estación de bombeo de Vista al Mar.	90
Figura 4.2 Tubería de descarga del tanque Las Charas	90
Figura 4.3 Tanque reservorio de la estación de Valle Lindo	91
Figura 4.4 Equipos de bombeo que conforman la estación de Ezequiel Zamora.	91
Figura 4.5. Plano esquemático del comportamiento hidráulico (presión y caudal) de la red actualmente. Fuente: Epanet. (s.f.) [Mapa del comportamiento hidráulico (presión-caudal) de la red en estudio antes de ser evaluada]. Recuperado el 15 de septiembre, 2024, de: Epanet v2.00.12.....	93
Figura 4.6. Plano esquemático del comportamiento hidráulico (presión y velocidad) de la red actualmente. Fuente: Epanet. (s.f.) [Mapa del comportamiento hidráulico (presión-velocidad) de la red en estudio antes de ser evaluada]. Recuperado el 15 de septiembre, 2024, de: Epanet v2.00.12	94
Figura 4.7 Plano esquemático de la red existente en el sector Vista al Mar.	101
Figura 4.8 Plano esquemático de la red con propuesta para el sector Vista al Mar.....	102
Figura 4.9 . Diseño de tanque propuesto para el sector Vista al Mar	103

Figura 4.10 Vista superior del tanque propuesto para el sector Vista al Mar	104
Figura 4.11 Vista transversal A-A del tanque australiano propuesto para el sector Vista Al Mar	105
Figura 4.12 Plano esquemático de la red existente en el sector Colinas de Valle Lindo	109
Figura 4.13 Plano esquemático de la red con propuesta para el sector Valle Lindo	110
Figura 4.14 Plano de estación de rebombeo para el sector Colinas de Valle Lindo (planta)	111
Figura 4.15 Plano de estación de rebombeo del sector Colinas de Valle Lindo (corte A-A).....	112
Figura 4.16 Plano estación de rebombeo del sector Colinas de Valle Lindo (corte B-B).....	113
Figura 4.17 Plano esquemático de la red existente en el sector Colinas El Limón	118
Figura 4.18 Plano esquemático de la red con propuesta para el sector Colinas El Limón	119
<i>Figura 4.19 Plano de la estación de bombeo propuesta para el sector Colinas El Limón (planta).....</i>	<i>120</i>
<i>Figura 4.20 Plano de la estación de bombeo propuesta para el sector Colinas El Limón (corte A-A).....</i>	<i>121</i>
Figura 4.21 Plano de la estación de bombeo propuesta para el sector Colinas El Limón (corte B-B).....	122

**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE
LA ZONA ALTA DE PUERTO LA CRUZ (ESTACIÓN DE BOMBEO LA CARAQUEÑA,
LINEA LAS CHARAS) UBICADO EN EL MUNICIPIO SOTILLO, ESTADO ANZOATEGUI.**

Autores: Pariguan, Johnlerwyk

González, Samuel

Tutor: Ramírez, María

Fecha: Noviembre, 2024

RESUMEN

Este proyecto pretende establecer soluciones hidráulicas a sectores pertenecientes a la parte alta de Puerto la Cruz, estado Anzoátegui, como lo son: Valle Lindo, Las Charas, Ezequiel Zamora, Colinas de Valle Lindo, Colinas El Limón y Vista al Mar, con la finalidad de lograr un sistema de abastecimiento eficaz que logre surtir a los habitantes de la zona del vital líquido, tomando en cuenta el rápido crecimiento poblacional. Para ello se tomó como referencia data de los consejos comunales y se estudió la red de distribución con información suministrada por HIDROCARIBE. La parte alta de Puerto La Cruz es abastecida por la estación de bombeo La Caraqueña y los sectores anteriormente mencionados por la línea Las Charas. Cuenta con tres estaciones de bombeo en funcionamiento y tres tanques, sin embargo, estos no logran satisfacer en su totalidad la demanda generada en la zona. Esta investigación se considera un proyecto factible, de carácter descriptivo. Adicionalmente, está apoyado en un diseño de campo no experimental y los procedimientos utilizados cumplen con todo lo establecido en las Leyes y Normas que rigen la materia. Se estableció un periodo de diseño de 17 años, obteniéndose así la población futura correspondiente al año 2040, mediante el método de crecimiento geométrico. Una vez proporcionada la información antes mencionada, se realizaron cálculos hidráulicos de acuerdo con las Normas Sanitarias Venezolanas necesarias para obtener las características del sistema. Para dibujar la red se usó el programa SOLIDWORKS, para la evaluación y propuestas EPANET V2.0, para el diseño de planos AUTOCAD y para el presupuesto IP3-CONTROL DE OBRAS. En este estudio se presentan tres propuestas evaluadas a corto-mediano plazo, una para cada sector en mayor estado de vulnerabilidad. Estas soluciones se basaron en criterios de funcionamiento hidráulico, apoyados en la búsqueda y recopilación de información documental de estudios previos.

PALABRAS O FRASES CLAVES: abastecimiento, gasto, demanda, distribución, bombeo.

INTRODUCCIÓN

Un sistema de abastecimiento de agua para el consumo humano está comprendido, normalmente, por la captación, tratamiento, conducción, almacenamiento y posterior distribución. Este debe garantizar las necesidades de la población que hace uso de ella. Las redes de distribución están diseñadas para satisfacer un caudal con la presión y la velocidad que establecen las normas. Si la presión, por ejemplo, es demasiado baja o insuficiente, puede ocasionar problemas de abastecimiento en algunos puntos de una red hídrica. También las pérdidas de velocidad del fluido, depósitos insuficientes, crecimiento sin planificación de la población, son factores a tomar en consideración para hacer un rediseño que pueda mejorar la distribución hacia todos los nodos que componen un sistema.

En zonas con cotas muy elevadas suele ser necesaria la implementación de sistemas de aducción por bombeo, cuyas estructuras puedan extraer e impulsar las columnas de agua hasta los puntos que estén por encima del nivel de la fuente de captación. El destino puede ser un tanque de almacenamiento que distribuya el agua mediante el desplazamiento generado por la fuerza de gravedad.

Para mejorar una red de distribución se debe analizar la situación actual del sistema, conocer la demanda mediante datos recopilados, identificar las fallas, los nodos con poca o nula presión, los puntos débiles y como corregirlos. La elaboración de un modelo hidráulico mediante un programa de computador especializado, nos permite comprender el comportamiento de la red y arrojar pistas de cómo podría ser rehabilitada teniendo como base los resultados obtenidos, con propuestas efectivas pero económicas y con un periodo de diseño y mantenimiento operativo que justifique la inversión a largo plazo. Todo dentro de las normativas vigentes y en beneficio de la comunidad.

CAPÍTULO I.

EL PROBLEMA

En este capítulo se muestra todo lo referente al problema que se pretende solucionar con la realización de este proyecto, como los objetivos a lograr y el alcance que tendría la investigación, así como sus posibles limitantes.

1.1 Planteamiento del problema

El agua dulce es el recurso más valioso que tenemos en el planeta, pues es de vital importancia para el hombre y su desarrollo. Sin embargo, a lo largo de la historia ha sufrido un mal manejo y distribución, provocando de esta forma la degradación, pérdida de calidad y agotamiento, como consecuencias directas. Muchos son los factores que poco a poco han degradado el vital líquido, entre los cuales se encuentran: la contaminación ambiental, la acelerada urbanización, el aumento de la actividad agrícola junto al uso de fertilizantes y pesticidas que esta conlleva.

La escasez de agua potable es un problema que afecta a millones de personas en el mundo, alrededor de una quinta parte de la población global vive en áreas de escasez física de dicho recurso, mientras que los estudios indican que 500 millones de personas más se aproximan a esta situación. Otra quinta parte de la población mundial padece de este problema por motivos económicos, en los cuales sus países de origen carecen de la infraestructura adecuada para transportar el agua desde ríos o acuíferos y su posterior tratamiento potabilizador.

La problemática causada por la falta del recurso hídrico es uno de los mayores desafíos a resolver durante este siglo XXI. Según la Organización de Naciones Unidas (ONU), garantizar la disponibilidad del agua y su gestión sostenible, es uno de los principales objetivos dado que el agua es un

elemento crucial en muchas esferas de la vida humana. Además, el uso y consumo del agua potable ha duplicado la tasa de crecimiento de la población, lo que ha llevado a algunas regiones a sufrir de niveles crónicos de agua potable.

Según las estadísticas que maneja la fundación Agua Para Todos, la zona norte del estado Anzoátegui posee un déficit de 3 mil 500 litros de agua por segundo, debido al crecimiento de la población y a la no modernización de los sistemas que se encargan de la distribución del recurso hídrico.

Actualmente, la zona alta de Puerto La Cruz comprendida por los sectores: Las Charas, Valle Lindo, Colinas de Valle Lindo, La Pedrera, Colinas El Limón y Ezequiel Zamora, en una de las líneas de distribución donde se alimentan, a su vez, los sectores Las Delicias y Vista Al Mar. En la otra línea, los sectores Montecristo, Chuparín Central, Valle Verde, Vista Al Mar, El Jobo, Charas III, Campo Alegre. Gran parte de la localidad atraviesa una crisis de abastecimiento del vital líquido, debido a la sobrepoblación que ha surgido al pasar de los años, causando de esta manera la saturación del sistema de abastecimiento, donde la cantidad de agua bombeada es insuficiente, impidiendo que los habitantes de los sectores previamente mencionados disfruten del tan necesario recurso hídrico.

Por ello, de la mano de HIDROCARIBE, organismo encargado de proveer el vital líquido, se plantea realizar una evaluación exhaustiva del sistema, cuya estación de bombeo está ubicada en el sector La Caraqueña, de donde parten dos redes o líneas de distribución llamadas Línea Las Charas y Línea Montecristo. Una vez conociendo el sistema y sus posibles fallas, se procede a buscar soluciones efectivas para que todos los habitantes de la zona alta de Puerto La Cruz puedan tener un servicio eficiente para un mayor desarrollo humano, económico sostenible y duradero.

Todos tenemos clara la gran importancia del agua para poder llevar una vida digna. Y es que el agua es indispensable para la vida: lo es para producir

los alimentos que comemos, para garantizarnos una higiene básica y para el consumo humano directo. Por lo tanto, llevar a cabo este proyecto proporcionará una evidente mejora en la vida de miles de personas que habitan la parroquia Pozuelos de Puerto La Cruz, Estado Anzoátegui.

Tomando en cuenta lo antes expuesto, surgen las siguientes interrogantes:

- ¿Cuál es la situación actual del sistema de abastecimiento producto de estudio?
- ¿Cuál será la capacidad de la red de distribución que logre satisfacer la demanda actual y futura?
- ¿Qué mejoras implementar para solucionar el problema de abastecimiento en las zonas más afectadas?
- ¿Cuál será el presupuesto necesario para llevar a cabo el proyecto?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Evaluar el sistema de abastecimiento de agua potable de la zona alta de Puerto La Cruz (estación de bombeo La Caraqueña, línea Las Charas) ubicado en el Municipio Juan Antonio Sotillo, Estado Anzoátegui.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Diagnosticar el estado actual del sistema de bombeo de agua potable de Las Charas.
2. Evaluar la capacidad de la red de abastecimiento para satisfacer la demanda actual y futura con base a las Normas sanitarias para Proyecto, Construcción, Reparación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones, Caracas, Venezuela: Gaceta Oficial de la República de Venezuela N.º 4044.

3. Identificar posibles soluciones para el mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable en el sector, de acuerdo con la evaluación y diagnóstico realizado.
4. Elaborar los planos de diseño de la propuesta donde se reflejen las posibles soluciones
5. Realizar cálculos métricos, análisis de precio unitario y presupuesto requeridos para la mejora de la estación de bombeo.

1.3 Alcance del proyecto

Este proyecto tiene como finalidad evaluar el sistema de abastecimiento de agua potable en la línea Las Charas, que parte de la estación de bombeo La Caraqueña en la zona alta de Puerto la Cruz, Estado Anzoátegui, para, de esta forma conocer cuáles son los sectores más afectados por la falta del suministro del vital líquido. Al tener esa información, se pondrá sobre la mesa soluciones que ayuden a distribuir el agua de manera satisfactoria y eficiente como lo establece la norma INOS 1965.

1.4 Limitantes del proyecto

Entre las limitantes que podría tener este proyecto estarían: el comportamiento demográfico en el área de estudio, la poca planificación urbana, la falta de infraestructura adecuada. Sin embargo, el objetivo principal es realizar propuestas precisas y económicas en pro de la comunidad para que sus habitantes tengan un acceso constante al servicio de agua potable en sus hogares, ya sea con la implementación de nuevos tanques, estaciones de rebombeo o cambios de diámetros en tuberías, pretendiendo, de esta forma, mejorar la calidad de vida de estas personas y evitar un posible problema de salud pública relacionado con la escasez de este bien preciado.

1.5 Generalidades del sector

El municipio Sotillo es una localidad de Venezuela, perteneciente a los 21 que conforman el estado Anzoátegui. Tiene una población de cerca de 380.855 habitantes aproximadamente y presenta una temperatura media anual de 31°. Los límites del municipio son los siguientes:

- Al norte, el municipio limita con el mar Caribe
- Al sur, el municipio limita con el municipio Simón Bolívar
- Al oeste el municipio limita con los municipios Diego Bautista Urbaneja y Simón Bolívar
- Al este el municipio limita con los municipios Guanta y Sucre (Estado Sucre).

Los sectores producto de estudio se conocen como la parte alta de Puerto La Cruz, debido a su ubicación, entre ellos están: La Caraqueña, Las Charas, Valle Lindo, Ezequiel Zamora, Colinas de Valle Verde, Colinas El Limón y Vista Al Mar. En total suman una superficie de 484 hectáreas aproximadamente, con topografía variada, clima cálido la mayor parte del año, vegetación abundante, son sus principales características. El sector tiene escasa planificación urbana, por lo cual fue creciendo de forma bastante irregular a través de los años hacia cotas cada vez más altas. Ver Figura 1.1.

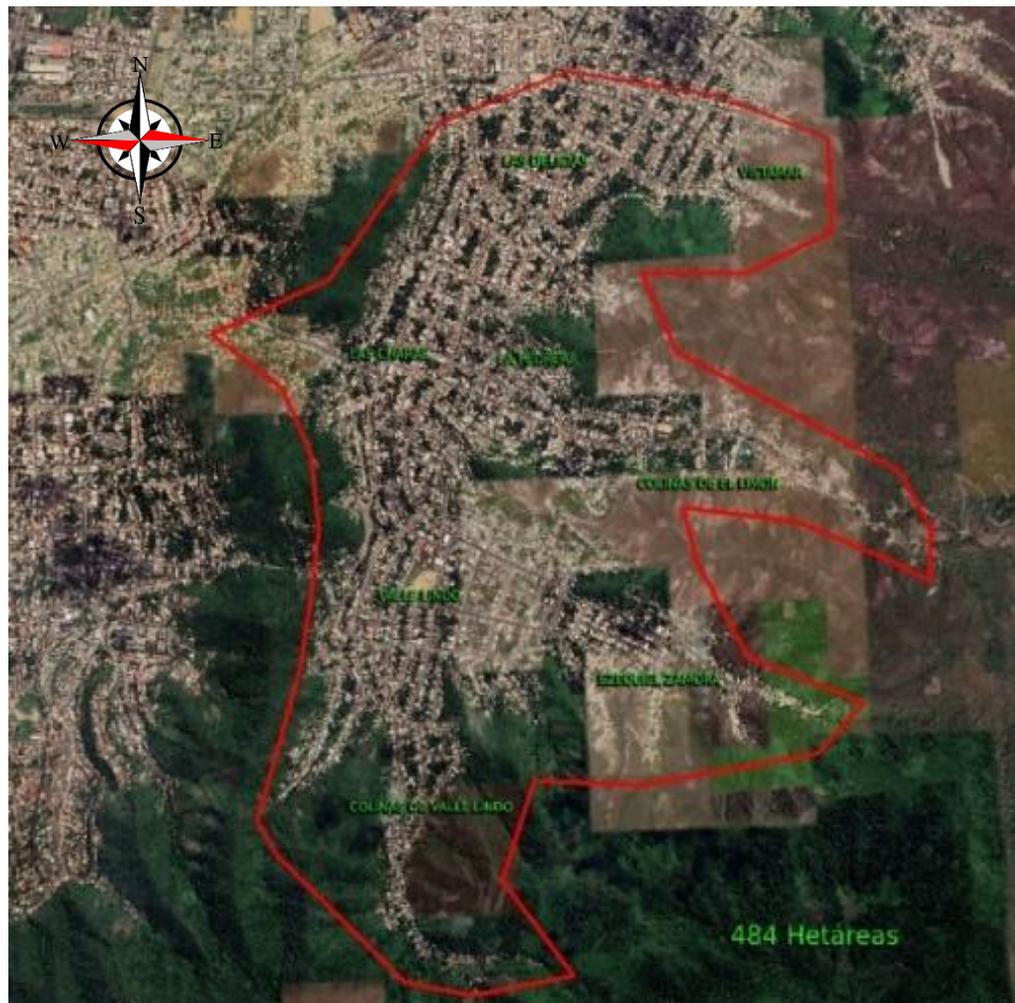


Figura 0.1. Sectores de la zona alta de Puerto La Cruz producto de estudio (*Google Earth, 2024*) [Mapa de Puerto La Cruz, Anzoátegui, Venezuela en Google Maps]. Recuperado el 11 de octubre, 2024, de: <https://earth.google.com/web/@10.18899397,64.61828178,96.83598246a,5237.83373605d,35y,1.88224778h,9.90649728t,359.99889766r/data=CgRCAgqBOgMKATBCAggASq0IARAA>)

CAPITULO II.

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se recopila todos los fundamentos teóricos, definiciones y ecuaciones matemáticas necesarias, tanto para comprender el proyecto, como para mostrar de donde se obtiene cada resultado calculado en los objetivos posteriores.

2.1 Antecedentes

Alayón, L. (2013) evaluó la situación en la que se encontraba el sistema de abastecimiento de agua potable para los sectores El Trabuco, Los Amarillos, Caña Larga y Finca Chacao, municipio Guaicaipuro, estado Miranda, Venezuela, determinando así la necesidad de realizar una nueva configuración de la red y de la estación de bombeo. Se determinó las características del sistema, el número de unidades de bombeo, su capacidad, así como también se verificó los efectos del golpe de ariete en caso de una falla en el suministro eléctrico.

López, R. (2009) diseñó un sistema de abastecimiento para satisfacer la necesidad de las comunidades de Santa fe y Capachal, en la ciudad de Píritu, estado Anzoátegui, Venezuela con respecto al suministro de agua potable. Calculó el caudal que las poblaciones necesitan actual y a futuro para posteriormente seleccionar los equipos de bombeo necesarios, calcular el tanque de compensación y los diámetros de las tuberías que necesita el sistema. Adicionalmente se simuló ese sistema con el programa PIPEHASE 8.1 para verificar el funcionamiento de este.

Zabala González, M. (2009) evaluó con la utilización del programa de cálculo IP3-Acueductos 1.0 la red existente para el abastecimiento y distribución de agua potable de los sectores Colinas del Frío y Sierra Maestra de la ciudad de Puerto la Cruz, estado Anzoátegui, Venezuela; los cuales

están constituidas principalmente por tuberías de 6 y 8 pulgadas respectivamente, en dicho análisis la red de distribución resultó ser insuficiente para la población de dichos sectores debido a que las presiones presentes en dicha red no cumplen con las especificaciones técnicas mínimas requeridas por las normas; de la misma manera se reestructuraron unos tramos de la red existente y se plantearon unos tramos nuevos, dando como resultado que en algunos tramos la tubería existente de 6 y 8 pulgadas debe ser cambiada por una de 10 pulgadas y los tramos añadidos deben ser construidos para garantizar de esta forma el abastecimiento de agua potable a los sectores afectados.

Álvarez, A., et al. (2003) propuso rediseñar la estación de bombeo Yaguara II, ubicada en la localidad de la Yaguara del Distrito Capital, Venezuela, con el objeto de aumentar su eficiencia en la distribución y abastecimiento de agua para la Urbanización Colinas de Vista Alegre y el Barrio Sucre. Se efectuó un levantamiento de la situación de la estación tanto de los equipos instalados, mantenimiento realizado a la estación, consumo eléctrico e infraestructura y se determinó el comportamiento de la red de distribución. Se determinaron las características del múltiple de succión y descarga, el número de unidades de bombeo necesarias para cumplir con la demanda, las instalaciones eléctricas y se comprobaron los efectos de golpe de ariete para el caso de cierre instantáneo de válvula y finalmente se determinó una propuesta económica asociada a la inversión necesaria para realizar el proyecto.

Ramírez, J. et al. (1989) propusieron diseñar las estaciones de bombes necesarias para el mejoramiento de la red de distribución de agua potable para la población de Rio Caribe, estado Sucre, Venezuela. Se seleccionaron las bombas de la estación principal que captaban el agua desde seis (6) pozos y bombeaban al tanque principal que tiene una capacidad de 2500m³. Adicionalmente se calcularon las bombas de las estaciones de

rebombeo en la red de distribución debido a que por gravedad algunas zonas no eran abastecidas.

La semejanza entre el presente trabajo y los antes mencionados recae sobre la necesidad de generar mejoras en el abastecimiento de agua potable hacia las comunidades, en este caso la de la zona alta de Puerto La Cruz, donde niños y adultos mayores carecen del vital líquido de manera constante. Por ello, se evaluará de manera exhaustiva el funcionamiento de la estación de bombeo y red de distribución que nutre a esa comunidad con la intención de encontrar la solución más viable que permita brindar un mejor servicio, garantizando mediante la estimación de costos, la factibilidad de su ejecución.

Para un mejor entendimiento de este trabajo de grado, es esencial y oportuno tener claro los siguientes conceptos básicos:

2.1.1 Sistema de abastecimiento de agua potable

Los sistemas de abastecimiento de agua son aquellos que permiten que llegue el agua desde las fuentes naturales, sean subterráneas, superficiales o agua de lluvia, hasta el punto de consumo, con la cantidad y calidad requerida. Este conjunto de obras o tecnologías (tuberías, instalaciones y accesorios) están destinadas a conducir, tratar, almacenar y distribuir las aguas desde su fuente hasta los hogares de los usuarios, satisfaciendo así las necesidades de la población. El sistema de abastecimiento de agua se puede clasificar dependiendo del tipo de usuario en urbano o rural. Mientras que los sistemas urbanos son complejos, los sistemas de abastecimientos rurales suelen ser técnicamente más sencillos y no cuentan en su mayoría con redes de distribución, sino que utilizan piletas públicas o llaves para uso común, o conexión domiciliaria o familiar. (Barreto, 2024)

2.1.2 Obra de captación

Consiste de una estructura colocada directamente en la fuente a fin de captar el gasto deseado y conducirlo a la línea de aducción (Arocha, 1977).

2.1.3 Línea de conducción

Es el tramo de tubería que transporta agua desde la captación hasta la planta de tratamiento. Esta puede diseñarse para trabajar por gravedad o bombeo según la ubicación de la fuente de captación.

2.1.4 Planta de tratamiento

Conjunto de estructuras y/o dispositivos destinados a dotar de la calidad necesaria el agua proveniente de la fuente para su posterior consumo humano, empleando procesos como: mezcla rápida, floculación, sedimentación, filtración, desinfección.

2.1.5 Líneas de aducción

Simón Arocha expone que, de acuerdo a la ubicación y naturaleza de la fuente de abastecimiento, así como la topografía de la región, una línea de aducción está constituida por la tubería que conduce agua desde la obra de captación hasta el tanque de almacenamiento, así como de las estructuras, accesorios, dispositivos y válvulas integradas a ella. Estas se clasifican en:

2.1.5.1 Líneas de aducción por gravedad

Es aquella que permite que se transporte el agua desde el punto de captación de la fuente hasta el tanque de almacenamiento, sin un bombeo mecanizado y en condiciones seguras e higiénicas; en caso de que la fuente no cumpla con los requerimientos físicos, químicos y bacteriológicos entonces dentro de la longitud del sistema se incluye una planta de tratamiento. La característica principal de estos sistemas es que la fuente está localizada en una posición más alta que aquella donde está la comunidad que hará uso del agua captada. (Aguirre, 2015).

2.1.5.2 Líneas de aducción por bombeo

El agua debe ser transportada desde cotas inferiores donde está situada la fuente de abastecimiento, hasta cotas elevadas donde está el área

de consumo. Este sistema genera un agregado que es la energía necesaria para poder conducir el caudal deseado. Su diseño está influenciado por consideraciones económicas, ya que se busca la mejor combinación de costos entre las tuberías y los equipos de bombeo. (Aguirre, 2015).

2.1.6 Red de distribución

Conjunto de instalaciones que tienen como objeto principal transportar el agua desde el punto o puntos de captación y potabilización hasta el consumidor final, en tales condiciones que satisfagan las necesidades de los usuarios. Dentro de dichas condiciones destacan: la calidad, el caudal, la presión, la continuidad del suministro y el precio. Dependiendo de la topografía, de la vialidad y de la ubicación de la fuente de abastecimiento y del estanque se clasifican en:

2.1.7 Red ramificada

Son redes de distribución constituidos por un ramal troncal y una serie de ramificaciones o ramales que pueden constituir pequeñas mallas o constituido por ramales ciegos, este tipo de red es utilizado cuando la topografía es tal que dificulta o no permite la interconexión entre ramales.

2.1.7.1 Red mallada

Son aquellas redes constituidas por tuberías interconectadas formando mallas, este tipo de red es el más conveniente y tratara siempre de lograrse a fin de lograrse un circuito cerrado.

2.1.8 Estación de bombeo

Son un conjunto de estructuras civiles, equipos, tuberías y accesorios cuya función es transportar el agua del nivel de succión o de llegada a las unidades de bombeo, al nivel superior o de salida de la misma, de tal manera de aumentar la carga del agua lo suficiente como para lograr llegar hasta su destino. Algunos de los componentes que la conforman generalmente son:

unidades de bombeo o bombas, líneas de alimentación de energía eléctrica, sistemas de monitoreo, válvulas de regulación, válvulas de control, tuberías de succión y de impulsión.

2.1.9 Equipo de bombeo

En los sistemas de tuberías las bombas se clasifican en bombas centrífugas, bombas de flujo axial y bombas de flujo mixto. Para la misma potencia de entrada y para igual potencia, las bombas centrífugas se diferencia por presentar una presión relativamente alta con caudal alto, las bombas de flujo axial generan un caudal alto con baja presión y las de flujo mixto se diferencian porque se ubican en un rango intermedio con respecto a los casos anteriores.

En los sistemas de abastecimiento de agua potable las bombas más utilizadas son las bombas centrífugas.

2.1.9.1 Bomba centrífuga

Consiste en una carcasa de hierro fundido, la cual tiene un eje que arrastra a una pieza que se llama impelente. El agua entra por el eje del impelente y le es suministrada una fuerza centrífuga por las alas o alabes de este, el fluido se conduce a una descarga, que al llegar a esta velocidad en su mayoría se convierte en presión. La energía del agua depende del radio del impelente y de la velocidad con que gire. De acuerdo con la posición de su eje matriz podemos clasificar las bombas centrífugas en horizontales y verticales. Los siguientes parámetros definen el sistema de bombeo:

2.1.9.2 Gasto o Caudal de Bombeo (QB)

Es el volumen de líquido que fluye a través de la bomba por unidad de tiempo.

$$QB = 1,25 \times Qm \times \frac{24}{N} \qquad \text{Ecuación 1}$$

Dónde:

QB = Gasto de Bombeo (l/s).

Q_m = Caudal medio Diario (l/s).

N = Número de Horas de Bombeo.

2.1.9.3 Carga Estática o Altura Geométrica (hG)

Se define como la diferencia de nivel entre la superficie del líquido donde tiene que tomarlo la bomba (cota menor de la tubería de impulsión) y la superficie del líquido en el lugar de descarga (cota rebose del estanque).

2.1.9.4 Pérdidas de Carga (hf)

Representan las pérdidas de energía como consecuencia de la resistencia que presentan las tuberías y accesorios a la circulación del líquido.

2.1.9.5 Carga Dinámica (hD)

Es la carga total del sistema, que en este caso es contrala cual debe operar la bomba, se refiere a la energía por unidad de peso del líquido que debe aportarle a la bomba al mismo para que pueda realizar el trabajo que se pretende.

$$hD = hG + hf \quad \text{Ecuación 2}$$

2.1.9.6 Potencia de Bomba (PB)

Es la potencia comunicada al fluido entre las perdidas hidromecánicas que tienen lugar en el interior de la maquina hidráulica representada por el rendimiento o la eficiencia de la bomba.

$$PB = \frac{QB \times hD}{76 \times \eta} \quad \text{Ecuación 3}$$

Dónde:

PB = Potencia de la Bomba (HP).

η = Eficiencia o rendimiento de la Bomba (Varían entre 60-85%)

2.1.9.7 Curva del sistema

Con el gasto y la carga dinámica, se obtiene el punto medio de la curva Altura Vs. Caudal. Los demás puntos se obtienen ingresando diversos caudales próximos al diseño a la fórmula del sistema.

$$h_{sistema} = hG + \frac{10.675 \times L \times Q_{sistema}^{1.852}}{C^{1.852} + \phi^{4.8704}} \quad \text{Ecuación 4}$$

Dónde:

C = coeficiente de rugosidad

ϕ = diámetro de la tubería

2.1.9.8 Curvas características de una bomba

Teniendo en cuenta las variables de la bomba centrífuga es conveniente tener una visión grafica de las relaciones entre la carga, el caudal, la deficiencia, la potencia necesaria, etc., de la bomba a considerar a una velocidad determinada. Es usual que el fabricante cuente con las curvas o gráficos de la bomba. Es necesario tenerla en cuenta en el diseño ya que punto donde se interceptan la curva del sistema y la curva de la bomba, será el punto de operación.

2.1.10 Tubería

Conducto encargado de transportar y distribuir el agua hasta el sitio de consumo; según (Rivas, 1983), se clasifican a partir de su función de la siguiente manera:

Tubería Matriz (mayores a 400 mm): Conducen el agua desde los tanques de almacenamiento o estaciones de bombeo o aducción a las tuberías arteriales.

- Tuberías arteriales o principales: Suplen los gastos a los hidrantes y consumos en general.

- Tuberías de relleno: Pueden hacer la misma función de las arteriales, pero en general se utilizan para intercomunicar redes para formar mallas por lo cual generalmente son de diámetros menores que las arteriales. Deben tener diámetro suficiente para servir a los hidrantes y garantizar presiones mínimas
- Tuberías de servicio: Suplen el consumo desde las tuberías a los medidores comerciales instalados en la residencia o institución que reciba el servicio. En medios urbanos el 3/4", se puede aceptar en medios rurales hasta diámetros de 1/2".

Dependiendo del material con que fue fabricada una tubería se presentan ventajas y desventajas al momento de su colocación, utilización y durabilidad, además que los gastos en las mismas varían en función del coeficiente de rugosidad, siendo este la resistencia que las paredes de la tubería ejercen sobre el paso del agua.

En la tabla 2.1 se muestran los diversos tipos de tuberías según el material, con sus características, desventajas y coeficiente de rugosidad correspondiente:

Tabla 2.2.1.9.81 Clasificación de tuberías según el material.

Material de la tubería	Ventajas	Desventajas	Coef. de rugosidad
------------------------	----------	-------------	--------------------

Hierro fundido (H.F.)	Durabilidad cuando son enteradas, presentan cierta resistencia a la corrosión.	Su condición de durabilidad solo se logra cuando están enterradas, cuando no son muy frágiles.	100
Hierro fundido dúctil (H.F.D)	Posee todas las características del hierro fundido, pero con mayor resistencia, pueden ser colocadas tanto superficiales como enterradas.	Hay que protegerla de los agentes corrosivos.	120
Concreto	Son muy resistentes a cargas internas y externas.	Son muy pesadas y frágiles, solo pueden ser utilizadas enterradas en zanjas	90-130
Hierro Galvanizado	Presenta una resistencia a los impactos mayores que cualquier otro material.	No es recomendable enterrarla ya que es muy débil a la agresión de suelos ácidos.	110
Asbesto-cemento	No es víctima de la corrosión o la oxidación ya que está hecha de un material inerte	Es una tubería más frágil que el H.F.	130
Policloruro de vinilo (P.V.C)	Son de fácil transporte y colocación, es inerte a la corrosión	Son las de mayor costo	140
Acero	Es más barato y fácil de transportar que el H.F y el H.F.D.	Debe ser protegido con anticorrosivos.	140

Fuente: (Arocha, 1977)

Tabla 2.2 Relación diámetro - velocidad económica en tuberías

Diámetro		$V_{m\acute{a}x}$	$Q_{m\acute{a}x}$
mm	pulg	m/s	l/s
75	3	0,70	3,05
100	4	0,75	5,89
150	6	0,80	14,14
200	8	0,90	28,27
250	10	1,00	49,09
300	12	1,10	77,75
350	14	1,20	115,45
400	16	1,25	157,10
450	18	1,30	206,76
500	20	1,40	274,90
600	24	1,60	452,39
700	30	1,60	729,60

Fuente: (INOS, 1965)

2.1.11 Nodo

Es el punto donde convergen dos o más tramos de tuberías, exista cambio de diámetro, o cualquier otro punto donde se quiera conocer los parámetros hidráulicos dentro de la red de distribución.

2.1.12 Estanque de almacenamiento

Depósito para almacenar agua con el propósito de compensar variaciones de consumo, atender situaciones de emergencias e interrupciones de servicio. Los estanques de almacenamiento juegan un papel básico para el diseño del sistema de distribución de agua, tanto desde el punto de vista económico, así como para su importancia en el funcionamiento hidráulico del sistema y en el mantenimiento de un servicio eficiente. Los estanques de almacenamiento tienen como función compensar las variaciones de consumo,

como reserva para contingencia; y almacenar cierta cantidad de agua para combatir incendios. El volumen necesario para compensar la variación de consumos, puede ser establecido mediante una curva de variaciones horarias de consumo de una población con iguales características que la localidad estudiada. Cuando no se dispone de una curva aplicable al caso estudiado, el volumen de compensación para localidades pequeñas debe ser del 30% al 45% del consumo diario de diseño

2.1.13 Estanques australianos

Son tanques metálicos cilíndricos fabricados con láminas de acero, corrugadas y galvanizadas por inmersión en caliente y unidas con pernos de alta resistencia. Las juntas se sellan con empacaduras de goma del tipo buna y con un sellador mono componente flexible que cura a temperatura ambiente, garantizando la hermeticidad e impermeabilidad necesaria para su uso.

Los tanques australianos son fáciles de instalar, ya que no requieren de personal especializado para su montaje y el acondicionamiento del terreno es mínimo, resultando la solución más económica para sus problemas de almacenamiento de agua. El material que se utiliza para la fabricación es de acero galvanizado por inmersión en caliente con calidad G200 y espesores de láminas desde calibre 20 (0.90 mm) hasta calibre 8 (4 mm).

2.1.14 Válvula

Dispositivo mecánico destinado a controlar, retener, regular o dar paso a un fluido. Se clasifican en:

- Válvulas admisoras o expulsoras de aire: se abren automáticamente cuando se desarrolle en la tubería una presión por encima de la máxima admisible.
- Válvula anticipadora de golpe de ariete: dispositivo indispensable para la protección de bombas, equipo de bombeo y todas las líneas a las que

se aplica una presión peligrosa de transitorios ocasionados por cambios repentinos en la velocidad del flujo dentro de la línea.

- Válvulas check: su función principal es cerrar por completo el paso de agua en circulación y dejar la conducción libre en el lado contrario. Se utilizan cuando se pretende mantener a presión una tubería en servicio poner en descarga la alimentación.
- Válvulas de compuerta: su objetivo es obstruir en un momento dado el paso de agua de un punto a otro de la tubería.
- Válvulas reguladoras: suelen ser controladoras de presión o de gasto. Las reguladoras de presión son utilizadas para separar redes en zonas con topografía abrupta, y evitar que la presión sobrepase los límites permisibles.

Las válvulas deben colocarse en:

- En los ramales de distribución en los puntos donde estos se interceptan las tuberías principales.
- En las tuberías principales en todas las intersecciones con otras tuberías principales y además las válvulas deben estar de manera que en caso de una ruptura no sean afectadas más de 400 m de tubería principal.
- En ramales pequeños deben proveerse con dos válvulas en cada esquina de manera que solo estén dos cuerdas fuera de servicio al mismo tiempo.
- Para válvulas de un tamaño de 12 pulgadas o mayor, deben colocarse tanquillas cubiertas adecuadamente y protegidas contra el tráfico y aguas superficiales.

Para la realización de este trabajo de grado es importante contar con toda la información poblacional posible, conocer el área, datos de consumo, demanda y dotación; de esta forma determinar los problemas hidráulicos que

surgen en las zonas producto de estudio. Por lo anterior mencionado, es de suma importancia conocer los siguientes conceptos:

2.2 Censo poblacional

Estudio estadístico que tiene como objetivo conocer las características demográficas y socioeconómicas de una población.

2.3 Crecimiento poblacional

Aumento en el número de habitantes que integran una población, producido en un lapso de tiempo determinado.

2.4 Desarrollo no controlado

Se refiere a las zonas residenciales consolidadas de modo progresivo, donde sus habitantes construyen sus propias viviendas sin algún tipo de reglamentación urbanística.

2.5 Caudal

Cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal...) por unidad de tiempo.

$$Q = V \times A \qquad \text{Ecuación 5}$$

Donde,

Q = caudal (m³/s)

V = velocidad promedio (m/s)

A = área transversal del flujo (m²)

2.6 Consumo

“Volumen de agua realmente utilizado en un momento dado por una población.” (Bolinaga & JJ y Colaboradores, 1999)

2.6.1 Tipos de consumo

Una comunidad o zona a desarrollar está constituida por sectores residenciales, comerciales, industriales y recreacionales, cuya composición

porcentual es variable para cada caso. Esto nos permite fijar el consumo de agua predominante y orientar en tal sentido las estimaciones, así se tiene:

- **Consumo doméstico:** constituido por el consumo familiar de agua bebida, lavado de ropa, baño y aseo personal, cocina, limpieza, riego de jardín, lavado de carro y adecuado funcionamiento de las instalaciones sanitarias. Representa generalmente el consumo predominante en el diseño.
- **Comercial o industrial:** puede ser un gasto significativo en casos donde las áreas a desarrollar tengan una vinculación industrial o comercial. En tal caso, las cifras de consumo deben basarse en el tipo de industria y comercio, más que en estimaciones referidas a áreas o consumos per cápita.
- **Consumo público:** está constituido por el agua destinada a riego de zonas verdes, parques y jardines públicos, así como a la limpieza de calles.
- **Consumo por pérdida en la red:** es motivado por juntas en mal estado, válvulas y conexiones defectuosas y pueden llegar a representar de un 10 a un 15 por 100 del consumo total.
- **Consumo por incendio:** un sistema de abastecimiento de agua representa el más valioso medio para combatir incendios, esto nos conduce a pensar que las cifras de dotaciones para combatir incendios deben ser racionalmente adoptadas.

2.7 Demanda

“Volumen de agua, que razonablemente una población debería estar consumiendo en un momento dado.” (Bolinaga, J. J., & Colaboradores, 1999).

2.8 Dotación

“Cantidad de agua deseable por habitante de la cual debe disponer una determinada población en un periodo de tiempo determinado.” (Bolinaga, J. J., & Colaboradores, 1999)

2.9 Levantamiento Aerofotogramétrico

Conjunto de operaciones mediante las cuales se permite, a partir de fotografías aéreas, obtener las características métricas y geométricas de la zona fotografiada.

2.10 Mediciones hidráulicas

Consisten en la recolección de datos necesarios para caracterizar, estudiar y representar un fenómeno físico real de carácter hidráulico. Existen diferentes tipos de mediciones, entre ellas se encuentran las de profundidades (tirantes), presiones estáticas y dinámicas, tiempo y caudales.

2.11 Modelo hidráulico

Representación matemática del comportamiento hidráulico de un sistema, basándose en el uso de ecuaciones fundamentales de la ingeniería hidráulica y mecánica de los fluidos, mediante la aplicación de aproximaciones sucesivas.

Es importante destacar que al momento de diseñar o evaluar cualquier sistema de abastecimiento de agua potable se debe tomar en consideración ciertos criterios que permitirán desarrollar un proyecto de la manera más eficaz, obteniendo como resultado la completa cobertura de las necesidades de la población, sin dejar de lado la parte económica del proyecto.

2.12 Criterios para el diseño

2.12.1 Consumo de agua y dotaciones

El agua utilizada por un grupo cualquiera, radicado en un lugar, constituye el consumo de agua. Este consumo estará en proporción directa al

número de habitantes, al mayor o menor desarrollo de sus actividades comerciales o industriales y a su menor o mayor modos vivendi.

2.12.2 Factores que pueden afectar los consumos

Los consumos presentan variaciones muy apreciables para diferentes localidades, y existen factores que influyen notoriamente en ellos, entre los cuales pueden citarse; tamaño de la ciudad, extensión y densidad de la población y construcción, condiciones de servicio, si el agua es o no medida, condiciones climatológicas.

2.12.3 Variaciones de consumo

Los consumos de agua de una localidad muestran variaciones estacionales, mensuales, diarias y horarias.

2.12.4 Consumo medio (Q_m)

Es el promedio de los consumos diarios durante un año de registros, expresándolos en l/s.

$$Q_m = \frac{\text{Dotación} \times \text{Población}}{86.400} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde,

Q_m = consumo medio (l/s)

Dotación = consumo de agua asignada por persona

A continuación, se presenta tabla 2.3 donde se muestran los consumos mínimos permisibles de acuerdo a la Norma INOS.

Tabla 2.3 Consumo mínimo permisibles

Población	Servicio con medidores (l/pers/días)	Servicio sin medidores (l/pers/días)
Hasta 20.000 habitantes	200	400
De 20 a 50.000 50.000 habitantes	250	500
	300	600

Fuente: (INOS, 1965)

2.12.4.1 Consumo máximo diario (Q_{md})

Se define como el día de máximo consumo de una serie de registros observados durante los 365 días del año.

$$Q_{md} = K_1 \times Q_m \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde,

Q_{md} = caudal máximo (l/s)

K_1 = factor K (adimensional)

Q_m = consumo medio (l/s)

2.12.4.2 Consumo máximo horario (Q_{mh})

El consumo máximo horario (Q_{mh}) corresponde a la demanda máxima que se presenta en una hora durante un año. Donde se ha establecido un valor de K_2 comprendido entre 200 y 300% entendiéndose que los picos del caudal horario dependen del tamaño de la población. El día de mayor consumo en el año, se conoce como el consumo máximo diario (Q_{md}).

$$Q_{mh} = K_2 \times Q_m \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde,

Q_{mh} = caudal máximo diario (l/s)

K_2 = factor K (adimensional)

Q_m = consumo medio (l/s)

A continuación, se presenta la tabla 2.4 donde se muestran los coeficientes de caudal para los consumos máximo diario y horario.

Tabla 2.4 Coeficientes de caudal para los consumos de máximo diario y horario

Arocha (1997)	Rivas (1983)	INOS (1965)	MSAS (1989)
K₁= (1,2-1,6)	K ₁ =1,25	K ₁ =1,20	K ₁ =1,25
K₂= (2-3)	K ₂ = 2,75 - 0,0075X (1000hab < Pob < 100.000hab) X= población en miles de hab. K ₂ = 2 (Pob ≥ 100.000hab) K ₂ = 2,75 (Pob ≤ 1000hab)		K ₂ = 2,5

Fuente: (González, 2002)

2.12.5 Periodos de diseño

Dependen de diversos factores tales como: durabilidad o vida útil de las instalaciones, facilidades de construcción y posibilidades de ampliación o sustituciones, tendencia del crecimiento poblacional, posibilidad de financiamiento y tasas de interés entre otros.

Periodos de diseño para diferentes instalaciones de abastecimiento de agua. La norma para el diseño de abastecimiento de agua INOS, recomienda:

- Estaciones de bombeo para 10 o 15 años de vida y con capacidad para los posibles incrementos de la población futura.
- Pozos 15 años de vida útil.
- Plantas de tratamiento de 20 a 30 años (sin considerar sus posibles extensiones por duplicación).
- Diques, embalses de 40 a 50 años.
- Líneas de tuberías de $\Phi \leq 12''$ de 20 a 25 años si la magnitud de la obra lo justifica, estos periodos pueden ser mayores.

- Tubería de servicio local para captar su pleno desarrollo en densidad (generalmente 20 años).
- Líneas de aducción grandes vida útil mayor de 40 años.
- Estanque de concreto de 30 a 40 años.

2.12.6 Población de diseño

De acuerdo a Agüero, R., (1997), Las obras de agua potable no se diseñan para satisfacer solo una necesidad actual, sino que deben prever el crecimiento de la población en un periodo de tiempo prudencial que varía entre 10 y 40 años; siendo necesario estimar cuál será la población futura al final de este periodo punto con la población futura se determina la demanda del agua para el final del periodo de diseño. La dotación o la demanda per cápita es la cantidad de agua que requiere cada persona de la población, se expresada en litros/habitante/día. Conocida la dotación, es necesario estimar el consumo promedio diario anual, el consumo máximo diario y el consumo máximo horario.

El consumo promedio diario anual servirá para el cálculo del volumen del reservorio de almacenamiento para estimar el consumo máximo diario y horario. El valor del consumo máximo diario es utilizado para el cálculo hidráulico de la línea de conducción; Mientras que el consumo máximo horario, es utilizado para el cálculo hidráulico de la línea de aducción y red de distribución.

2.12.7 Población futura

En la determinación del tiempo para el cual se considera funcional el sistema, intervienen una serie de variables que deben ser evaluadas para lograr un proyecto económicamente viable. Es absolutamente necesario determinar la demanda futura de una población para poder determinar en el diseño las exigencias futuras de las fuentes de abastecimiento, de las líneas de aducción, para prever la extensión del servicio, dando capacidad a las

líneas matrices de la distribución. La proyección de la población se realizará por el método matemático que se considere más conveniente. Entre ellos está:

- **Método de Comparación Gráfica**

Consiste en hacer una comparación de manera gráfica de la población en estudio y de otras tres poblaciones del país con determinadas características. Esta estimación de la población es muy utilizada para periodos de tiempos largos, ya que permite ver la tendencia de crecimiento de las poblaciones y comparar con otros métodos de proyección. (González, 2012, p.12)

- **Método de Crecimiento Lineal**

González (2012) afirma: “Esencialmente consiste en agregar a la población actual del último censo un número fijo de habitantes para cada periodo en el futuro. Al hacer la representación gráfica da una línea recta” (p.14). Se obtiene de la siguiente manera:

$$Ka = \frac{Puc - Pci}{Tuc - Tci} \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde,

Ka = pendiente de la recta

Puc = población del último censo

Tuc = año del último censo

Pci = población del censo inicial

Tci = año del censo inicial

$$Pf = Puc + Ka(Tf - Tuc) \quad \text{Ecuación 10}$$

Dónde:

Pf = población proyectada.

Tf = año de la proyección.

- **Método de Crecimiento Geométrico**

Según González (2012) “El crecimiento será geométrico si el aumento de población es proporcional al tamaño de ésta” (p.14). En este caso el patrón de crecimiento es el mismo que el de interés compuesto el cual se expresa así:

$$Pf = Puc \times (1 + r)^{Tf - Tuc} \quad \text{Ecuación 11}$$

Dónde:

Pf = población proyectada (habitantes).

Puc = población del último censo (habitantes).

r = tasa de crecimiento anual.

Tf = año de la proyección.

Tuc = año del último censo.

- **Método de Crecimiento Logarítmico**

Si el crecimiento de la población es exponencial, la proyección se calculará de la siguiente forma:

$$\ln P_2 - \ln P_1 = Kg(T_2 - T_1) \quad \text{Ecuación 12}$$

$$Kg = \frac{\ln(Pf - Puc)}{Tf - Tuc} \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

Kg = constante de crecimiento exponencial.

Puc = Población del último censo.

Tuc = Año del último censo.

Pf = Población futura.

Tf = Año de estimación de la población futura.

Es importante destacar que el análisis de la red existente y la generación de propuestas se realizaron por medio de un programa de modelaje hidráulico (EPANET), el cual hace uso de ecuaciones fundamentales de hidráulica de conducciones y mecánica de los fluidos. A continuación, se presentan algunas de dichas ecuaciones fundamentales:

2.13 Ecuación de Continuidad

Es un caso particular del principio de conservación de la masa. Se basa en que el caudal del fluido debe permanecer constante a lo largo de toda la conducción.

$$Q_1 = Q_2 \rightarrow A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2 \quad \text{Ecuación 14}$$

2.14 Ecuación de Bernoulli

Describe el comportamiento de un fluido a lo largo de una conducción, se basa en el principio de conservación de la Energía para el flujo de un fluido.

$$H_1 + H_2 + \sum h_f + \sum h_i \quad \text{Ecuación 15}$$

2.15 Perdidas por Fricción

Determina las pérdidas de energía de un flujo hidráulico a lo largo de una conducción por efecto del rozamiento con la superficie de la misma.

Esta pérdida está regida por la Ecuación de Darcy-Weisbach:

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2 \times g} \quad \text{Ecuación 16}$$

Y la ecuación de Hazen-Williams:

$$h = 10,674 \times \frac{Q^{1,852}}{C^{1,852} \times D^{4,871}} \times L \quad \text{Ecuación 17}$$

CAPITULO III.

DESARROLLO DEL PROYECTO

En este capítulo se explica la metodología utilizada en el proceso de elaboración de este proyecto. Posterior a ello, se desarrolla cada objetivo, realizando primeramente un diagnóstico, luego una evaluación para dar soluciones a la problemática y finalmente estimar costos para la implementación de dichas soluciones.

3.1 Nivel de la investigación

Según (Morales, 2012) “En las investigaciones de tipo descriptiva, llamadas también investigaciones diagnósticas, buena parte de lo que se escribe y estudia sobre lo social no va mucho más allá de este nivel. Consiste, fundamentalmente, en caracterizar un fenómeno o situación concreta indicando sus rasgos más peculiares o diferenciadores.”

La investigación se hará a nivel descriptivo para dar a conocer la situación actual del sistema de abastecimiento de agua potable de la zona alta de Puerto La Cruz (Estación de Bombeo La Caraqueña, línea Las Charas) ubicado en el Municipio Juan Antonio Sotillo, Estado Anzoátegui. Esta investigación es definida como descriptiva ya que con ella se pretende establecer los detalles más destacados a tener en cuenta para el diseño de un sistema de distribución de agua potable para la zona alta del Municipio Sotillo.

3.2 Tipo de la investigación

De acuerdo al problema planteado anteriormente, sobre la evaluación del sistema de abastecimiento de agua potable de la zona alta de Puerto La Cruz (estación de bombeo La Caraqueña, línea Las Charas) ubicado en el Municipio Sotillo, Estado Anzoátegui, y en función a los objetivos planteados, el tipo de estrategia a seguir será la investigación documental. Según Alfonso (1995), la investigación documental es un procedimiento científico, un proceso

sistemático de indagación, recolección, organización, análisis e interpretación de información o datos en torno a un determinado tema. Al igual que otros tipos de investigación, éste es conducente a la construcción de conocimientos.

La investigación documental tiene la particularidad de utilizar como una fuente primaria de insumos, mas no la única y exclusiva, el documento escrito en sus diferentes formas: documentos impresos, electrónicos y audiovisuales.

3.3 Población

Según Arias, F (2006) población es como “un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio”

La población y muestra delimitada y participante en la obtención de información está conformada por las estaciones y sistemas de bombeo de agua potable de la línea Las Charas en La Caraqueña, Municipio Sotillo, Estado Anzoátegui.

3.4 Técnicas utilizadas:

3.4.1 Diagrama de causa y efecto

Permite representar gráficamente las posibles causas que originan los problemas por los cuales el sistema de abastecimiento de agua potable en la parte alta de Puerto La Cruz, no logra cubrir la demanda de los habitantes de la zona antes mencionada.

3.4.2 Observación directa

De acuerdo con el autor Arias, F (2006) define la observación como “una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos” Para la realización de este proyecto, se efectuarán visitas a

las estaciones de bombeo de agua potable y entrevistas con el personal capacitado encargado de la supervisión, manejo y mantenimiento del sistema de agua purificada para el consumo de la población de la parte alta de Puerto La Cruz. Además, se hará el levantamiento de las instalaciones para dar informe de las condiciones actuales de las estaciones de bombeo de toda la línea La Charas.

3.5 Análisis de datos

Según el autor Vidal (2009), precisa la técnica de análisis de datos como “la selección de ciertos criterios haciendo referencias en herramientas como, tipo de métrica de las variables utilizadas, cualitativas y cuantitativas”.

Se entrevistará a moradores de las zonas afectadas para recoger datos del funcionamiento real del servicio de abastecimiento de agua potable y saber sus requerimientos para mejorar el sistema. Por otro lado, se cotejarán con los datos suministrados por el ente hidrológico de la región oriental (HIDROCARIBE), con el fin de buscar una solución al problema de distribución de agua tratada.

Una vez se han aplicado todos los métodos, se obtiene toda la información que deberá ser cuidadosamente ordenada, clasificada y manejada de tal forma que ella pueda dar respuesta a todos los objetivos de esta investigación.

3.6 Obtención de información

La obtención de información de se efectuará por medio de fuentes internas del ente encargado, (HIDROCARIBE), con la ayuda de informes de la zona en estudio y de informes preliminares de las estaciones de bombeo a examinar. Dicha información se presentará en tablas, diagramas, gráficos, y serán la técnica de estadística descriptiva la empleada para establecer las características del estudio y posteriormente evaluar la calidad de los datos

obtenidos. Permitiendo así, lograr el desarrollo satisfactorio de los objetivos planteados.

3.7 Etapa I: Diagnóstico del sistema de bombeo de la Caraqueña, línea Las Charas

3.7.1 Descripción de la zona en estudio

Antes de hacer un diagnóstico, es necesario conocer un poco la zona producto de estudio. Puerto La Cruz (ver figura 3.1), es una ciudad ubicada en el estado Anzoátegui, cuya población ha ido incrementado rápidamente al pasar de los años. Debido a la deficiencia en cuanto a espacio físico se trata, muchas personas se han visto en la necesidad de poblar las zonas que conforman la parte alta de la ciudad, donde se encuentran parte de los sectores en estudio: La Charas, Valle Lindo, Colinas de Valle Lindo, La Pedrera, Colinas El Limón y Ezequiel Zamora.

Los sectores anteriormente mencionados, comprenden un área total aproximada de 484 hectáreas y cuentan con una población de 25.809 habitantes. La localidad está conformada por viviendas unifamiliares y multifamiliares, las cuales han sido construidas con una escasa planificación urbana, principalmente en el ámbito de los servicios de abastecimiento de agua potable. Ver figura 3.2

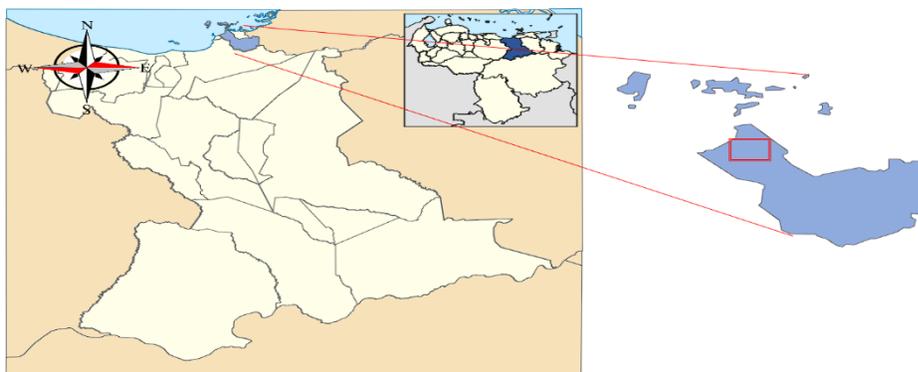


Figura 0.1 Situación geográfica de la zona en estudio, municipio Sotillo, Anzoátegui, Venezuela (Wikipedia, 2024) [Mapa de municipio Juan Antonio Sotillo, Anzoátegui, Venezuela en Wikipedia]. Recuperado el 15 de mayo, 2024, de: https://es.wikipedia.org/wiki/Municipio_Sotillo_%28Anzo%C3%A1tegui%29

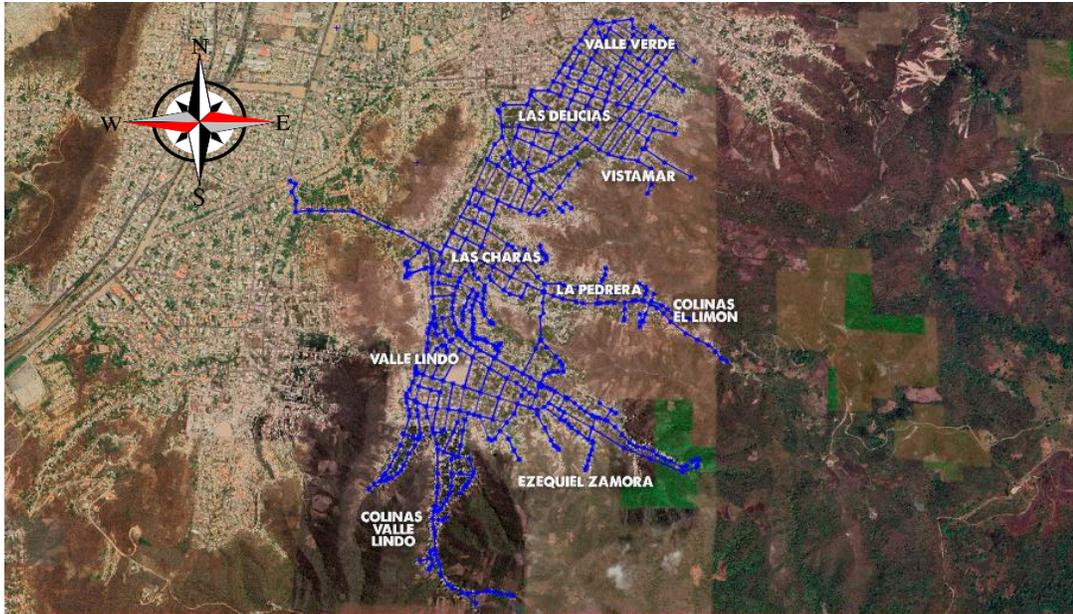


Figura 0.2 Sectorización del área de estudio y de la red de distribución. SolidWorks (s.f.) [Mapa de trazado de la red en estudio. Puerto La Cruz, Anzoátegui, Venezuela]. Recuperado el 12 de octubre, 2024, de: SOLIDWORKS® 2024

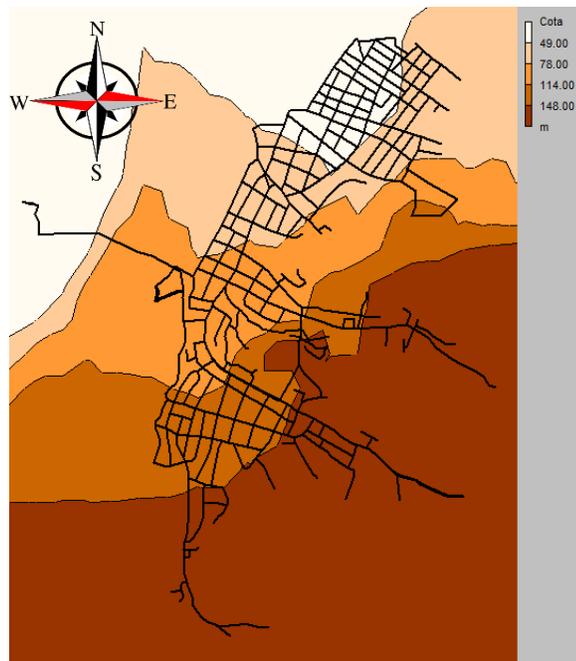


Figura 0.3 Mapa de curvas de la red Epanet. (s.f.) [Mapa de curvas de contorno de la red en estudio. Puerto La Cruz, Anzoátegui, Venezuela]. Recuperado el 11 de octubre, 2024, de: Epanet v2.00.12

3.7.2 Funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua potable

El municipio Sotillo, así como gran parte de los municipios que conforman el Estado Anzoátegui tiene como fuente de abastecimiento al sistema hidráulico Turimiquire, ubicado en la Serranía del mismo nombre, en el Alto Neverí, al sureste del Estado Sucre y frente al cerro Paraminal, el cual permite el abastecimiento de agua potable por gravedad a las poblaciones de Cumaná y Península de Araya, en el estado Sucre, la Isla de Margarita, en el estado Nueva Esparta. Este sistema aporta aproximadamente 5000 l/s para abastecer por bombeo a las poblaciones de Barcelona, Puerto La Cruz, Lechería y Guanta, mediante las captaciones en el Río Neverí. Es importante mencionar que el río Neverí constituye la principal fuente de abastecimiento, con una cuenca aproximada de 1.125Km² y un gasto mínimo alcanzado de 10m³/s. (HIDROCARIBE, 2009. "Conociendo HIDROCARIBE", p. 2).

La captación del agua se hace directamente desde el dique-toma de Caratal, obra de concreto en forma de arco con compuertas que permiten la regulación del flujo, hacia un canal trapezoidal del mismo material, con una longitud de 18km, un promedio aproximado de 4 metros de ancho por 1,5 metros de altura, de capacidad máxima de 4.250 l/s. La capacidad de captación instalada es de 4.500 l/s. La cantidad de agua captada actualmente es de 3000 l/s. Esta estructura transporta el agua hasta la Estación de Bombeo Curaguaro, misma que a su vez bombea hacia la Planta Potabilizadora El Rincón. Ver figura (HIDROCARIBE, 2009. "Conociendo HIDROCARIBE", p. 2).

La planta de tratamiento de El Rincón (ver figura 3.4) está ubicada en el sector Curaguaro, El Rincón de Puerto La Cruz y surte el centro de control del sector Molorca, encargado de distribuir y abastecer las ciudades de Barcelona, Lechería, Puerto La Cruz y Guanta; el anteriormente mencionado se encuentra conectado directamente a la tubería matriz de 60 pulgadas proveniente de El Rincón y está diseñado básicamente para independizar y controlar el suministro de agua potable a tres de los subsistemas que

conforman el acueducto metropolitano de las ciudades anteriormente mencionadas; así como también la alimentación al tanque El Maguey. Este diseño permite a su vez, registrar los valores de caudal y presión, tanto del flujo de llegada desde la Planta Potabilizadora El Rincón, como del flujo de salida hasta los subsistemas.



Figura 0.4 Planta Potabilizadora El Rincón. Fuente: Autores

Por la ubicación geográfica de los sectores La Charas, Valle Lindo, Colinas de Valle Lindo, La Pedrera, Colinas El Limón y Ezequiel Zamora, (ver figura 3.5) que se encuentran en cotas más altas que el Centro de Control en el sector Molorca (ver figura 3.6), es necesario bombear el agua para garantizar el suministro requerido por los sectores mencionados. Por tal razón, el mismo es impulsado y distribuido por la estación de bombeo "La Caraqueña" (ver figura 3.7), hacia toda la zona alta de Puerto la Cruz, ubicada a 23 msnm, en la calle La Línea, Sector La Caraqueña. De esta estación parte la red de distribución, siendo el inicio de lo que se sería la columna vertebral del sistema motivo de estudio, pues aporta prácticamente todo el suministro de agua potable para esos sectores.

ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO ACTUAL DEL SISTEMA (2009) ZONA ALTA PUERTO LA CRUZ

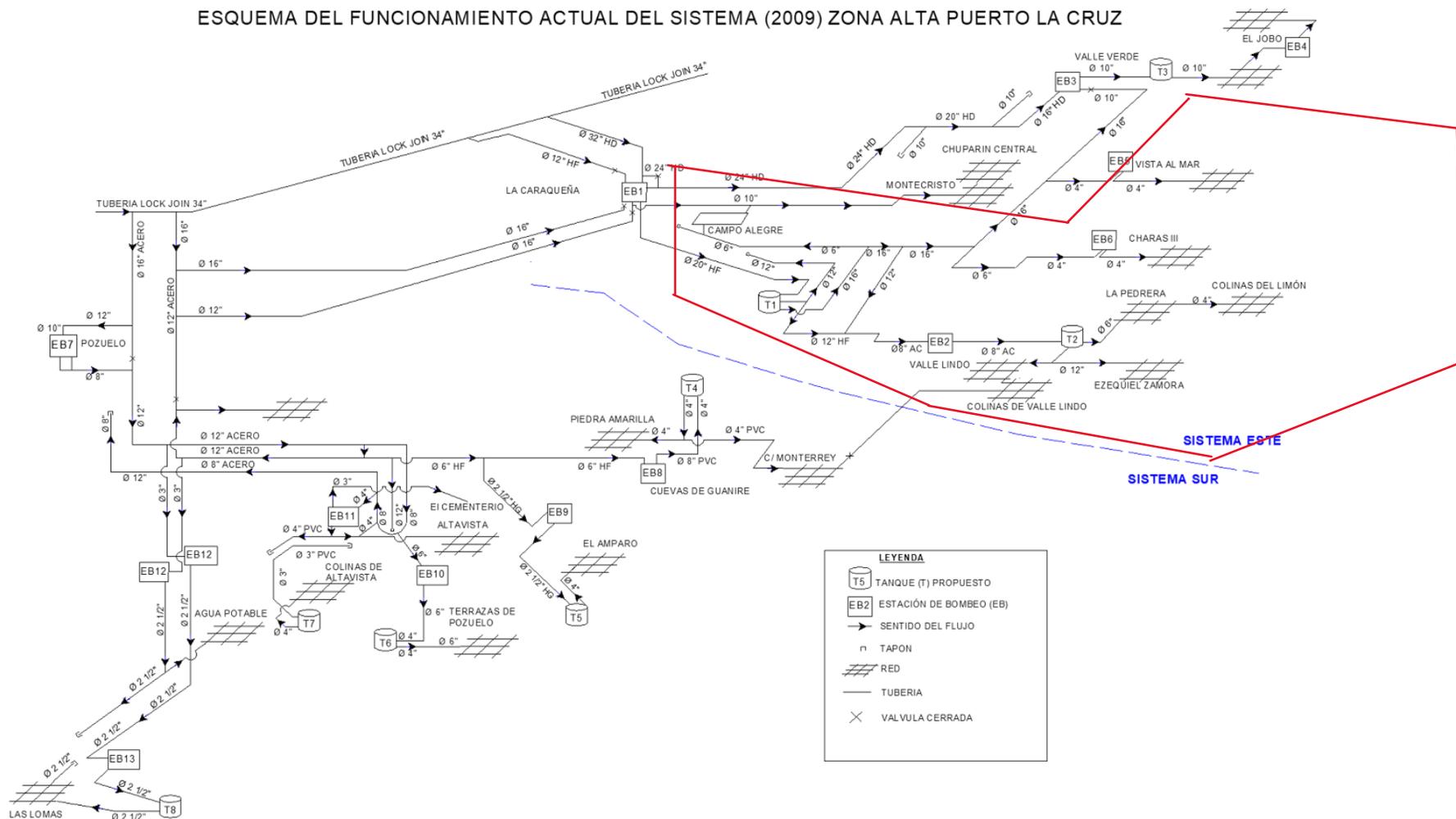


Figura 0.5 Esquema de la red de distribución desde el Sistema de Potabilización El Rincón hasta el área de estudio. Recuperado de HIDROCARIBE



Figura 0.6 Centro de control en el sector Molorca. Fuente: Autores



Figura 0.7 Estación de bombeo La Caraqueña. Fuente: Autores

La red de distribución en estudio está formada por 3 grandes tramos, el primero se extiende desde la E/B La Caraqueña, hasta el sector valle verde, el segundo hacia el sector Montecristo y el tercero (motivo de estudio), abastece a su vez al tanque de las Charas (20" de hierro fundido), ubicado en el sector del mismo nombre y que cuenta con una capacidad de 2.000.000L. Este se encarga de surtir los sectores aledaños y a la estación de bombeo Valle Lindo, ubicada en la calle Principal en el sector Valle Lindo, a una cota de 108 msnm, y mediante tuberías de 16", 12" y 8", para luego impulsar el agua hasta el tanque (1.200.000L) del mismo nombre a través de una tubería de 8". Esta estación cuenta con un tanque reservorio de 4000L.

A continuación, se describen las características del equipo de bombeo de dicha estación:

Tabla 3.1 Características del equipo de bombeo de E/B Valle Lindo

Equipo	Cota (m.s.n.m.)	Marca	Modelo	Potencia en K.W.	R.P.M.	Estado actual
1	108	WEIR	A600031-006	110.32	1750	En servicio
2	108	WEIR	A600031-006	110.32	1750	Sin servicio

Fuente: HIDROCARIBE y autores

Otra estación abastecida por esta red es la E/B Vista al Mar, ubicada en la calle Vista al Mar, con tuberías de entrada de 4" y de descarga de 2". Esta cuenta con un equipo de bombeo con las siguientes características:

Tabla 3.2 Características del equipo de bombeo de E/B Vista Al Mar

Equipo	Cota (m.s.n.m.)	Marca	Modelo	Potencia en K.W.	R.P.M.	Estado actual
1	84	S/N	S/N	18.39	1750	En servicio

Fuente: HIDROCARIBE y autores

El tanque de Valle Lindo a su vez, surte la estación de bombeo Ezequiel Zamora, ubicada en el sector del mismo nombre, misma que se encarga de bombear el agua hasta el tanque de 450.000L ubicado en esa localidad. El equipo de bombeo está conformado de esta forma:

Tabla 3.1 Características del equipo de bombeo de E/B Ezequiel Zamora.

Equipo	Cota (m.s.n.m.)	Marca	Modelo	Potencia en K.W.	R.P.M.	Estado actual
1	150	KSB	WKL 8072	74.57	1750	En servicio
2	150	KSB	WKL 8072	74.57	1750	Sin servicio

Fuente: HIDROCARIBE y autores

Actualmente, a pesar de que el agua cumple con los estándares de calidad, no llega de manera constante a todos los hogares de la zona. Quedó en evidencia qué, para satisfacer el caudal necesario, el sistema de bombeo

requiere de una infraestructura, tecnología, recursos humanos y financieros adecuados para garantizar el acceso constante y suficiente del vital líquido.

3.7.3 Diagnóstico de las estaciones de bombeo La Caraqueña, Valle Lindo y Vista al Mar

Se programaron visitas a la estación de bombeo en varias oportunidades con el propósito de tener un mejor entendimiento al conocimiento técnico adquirido de manuales y textos relacionados con el proyecto.

En la primera inspección que se realizó a la estación de bombeo "La Caraqueña" (ver figura 3.7), cuya estructura fue mejorada en los últimos meses del año 2022, se pudo constatar las condiciones del establecimiento. La primera impresión fue de orden y limpieza, las tuberías y maquinarias de bombeo en un aparente estado de funcionamiento correcto. El parque de tuberías de grandes dimensiones estaba muy bien pintadas y conservadas, observándose muy pulcro todo el conjunto.

El área de computadoras y máquinas de medición de caudales, estaba correctamente refrigerado ya que estos equipos funcionan de forma óptima en ambientes frescos pues al ser componentes eléctricos, generan mucho calor. (ver figura 3.8) Sin embargo, algunos lectores de caudal no funcionaban, no era posible medir electrónicamente el caudal que circulaba en determinadas tuberías.



Figura 0.8 Lectores electrónicos de caudal. Fuente: Autores

Posteriormente, se realizaron dos visitas a la estación de bombeo de Valle Lindo, misma que, a diferencia de la estación de La Caraqueña, y durante la primera revisión, no se encontraba en buenas condiciones, debido a la falta de varios equipos necesarios para un óptimo funcionamiento. (ver figura 3.9 y 3.10)



Figura 0.9 Condiciones de las infraestructuras al momento de la inspección. Fuente: Autores

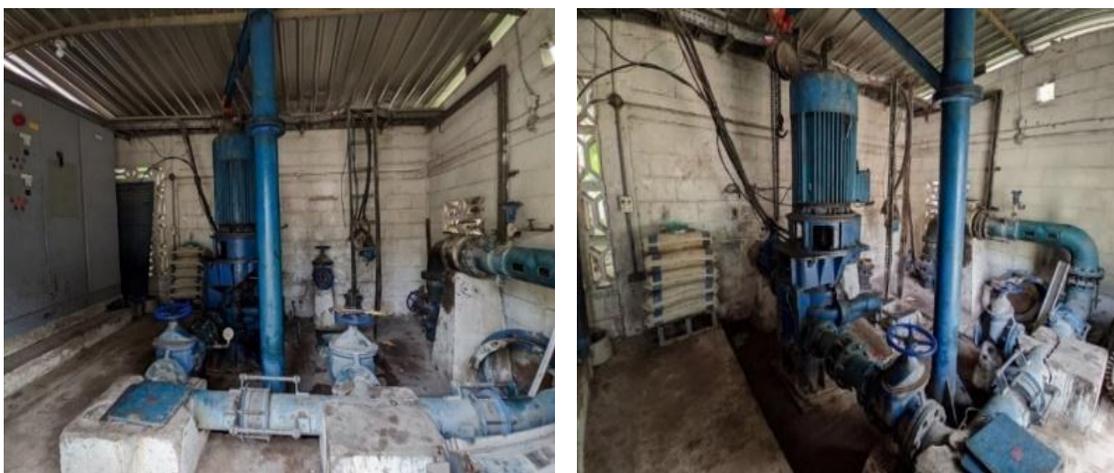


Figura 0.10 Cuarto de bombas de estación de bombeo Valle Lindo. Fuente: Autores

Esta estación está resguardada y manejada por un solo vigilante, quien afirmó que esta, tiene aproximadamente cuatro años operando con una sola bomba de 150 caballos de fuerza, contando con un transformador para la misma, mientras que la otra bomba, que debería ser complementaria y cuya función es servir de alivio para que la otra bomba descanse, permanece desarmada a un

lado del cuarto de bombas. Esta estación es alimentada mediante tuberías de 8” y las de descarga son de 6”. El área de máquinas de medición de caudales no estaba funcionando, siendo esto fundamental en toda estación de bombeo, aunque cuenta con un tanque reservorio (ver figura 3.11), su capacidad es bastante limitada.



Figura 0.11 Tanque reservorio de la E/B Valle Lindo. Fuentes: Autores

Meses más tarde se realizó una segunda visita para recabar más datos necesarios para obtener resultados fieles a la situación real, se pudo observar una mejoría hecha a las instalaciones por parte de las autoridades gubernamentales, esta vez, habían instalado una nueva bomba hidroneumática complementaria, sin embargo, estaba fuera de funcionamiento a la espera de unas instalaciones eléctricas, mismas que, según palabras del cuidador de recinto, no estaba contemplada su instalación en fechas cercanas, por lo cual, la estación seguiría contando con el único equipo que ha venido funcionando desde antes. (ver figura 3.12)



Figura 0.12 Mejoras en las instalaciones observadas durante la segunda visita.
Fuente: Autores

Se visitó de igual forma el tanque de Valle Lindo, la estación de bombeo Ezequiel Zamora, el tanque Ezequiel Zamora y la E/B Vista al Mar ubicada en el sector y calle del mismo nombre, siendo esta última la que captó mayormente nuestra atención, pues según la comunidad, tienen que realizar diversas maniobras para que todos puedan disfrutar del vital líquido. Para ello deben cerrar y abrir válvulas para que los habitantes de cada calle del sector Vista Al Mar se puedan abastecer y llenar los respectivos tanques de sus domicilios, a cada calle se le otorga un tiempo de distribución aproximado de 12 horas de agua para el llenado de sus reservorios particulares. También, en el sector de Ezequiel Zamora muchos de sus habitantes debieron implementar en sus casas tanques reservorios por la misma razón.

Expuesto todo esto, queda claro que pesar de contar con dicho tres tanques (Las Charas, Valle Lindo y Ezequiel Zamora) y varias estaciones de bombeo, no cubre en su totalidad la demanda de agua potable en la comunidad que ha experimentado un crecimiento considerable en su población, provocando inconformidad entre sus habitantes, especialmente los que viven en las zonas más altas ya que no reciben la presión adecuada en sus domicilios, ni tampoco de forma constante, el suministro de agua potable.

3.8 Etapa II. Estimar la población futura y sus gastos de consumo

Para la realización de este proyecto es necesario conocer la población actual y estimar la población futura para los cálculos hidráulicos necesarios. Para ello, se recopiló toda la información valiosa de la zona, misma fue proporcionada por entes gubernamentales como HIDROCARIBE y la Alcaldía de Sotillo, así como los consejos comunales de Las Charas, Valle Lindo, Ezequiel Zamora y los mismos habitantes de la zona.

Entonces, tomando en consideración la experiencia en otros sistemas de abastecimiento, producto de muchos años de estudio y que se reflejan en la normativa existente a lo que concierne a este tipo de proyectos. Estas normas donde se especifican las condiciones del abastecimiento referentes a los factores que influyen en el propósito fundamental de este trabajo que es el de satisfacer las demandas de agua que se presentan en la zona a lo largo del periodo de diseño. A continuación, presentamos los parámetros importantes en la determinación y asignación de esta dotación de agua al sector de estudio.

3.8.1 Periodo de Diseño

Con el objetivo de garantizar el buen funcionamiento de la estación de bombeo, es imprescindible establecer un número de años durante los cuales la obra ha de prestar con eficiencia el servicio de agua para la población de la zona alta de Puerto La Cruz, ya sea por capacidad en la conducción del gasto deseado, o por la resistencia física de las instalaciones.

Para nuestro proyecto se seleccionó un periodo económico de diseño de 17 años, según lo recomendado por las "Normas para el Diseño de Abastecimiento de Agua" (INOS, 1965) para estaciones de bombeo, tiempo en el cual se pretende cumplir con todas las exigencias futuras.

3.8.2 Estimación de la población futura.

Para estudiar el comportamiento demográfico de la zona, se realizó un estudio poblacional, para determinar las demandas del acueducto y así poder realizar la evaluación del sistema y proyectar las soluciones a futuro. Con la

información suministrada por los consejos comunales de Las Charas, Valle Lindo, Ezequiel Zamora se registró para la fecha una población de 25.809 habitantes en total. Con la finalidad de realizar el diseño de un sistema de abastecimiento y proyectar soluciones a futuro, se indagó en censos anteriores y material bibliográfico donde se obtuvo una población total de 19.292 habitantes aproximadamente para el año 2011.

En la Tabla 3.4 Se presenta los registros de los Censos de los consejos comunales para el año 2011 y en la Tabla 3.5 se muestran los registros de los censos para el presente año.

Tabla 3.4 Número de habitantes (2011)

Población (2011)	
Sector	Población
Las Charas	7.210
Ezequiel Zamora	1.645
Ezequiel Zamora II	504
Andrés Bello Sector VII	811
Valle Lindo II	1.235
Florentino 1B	1.763
Andrés Bello I	530
Zamora	733
Valle Linda Sector III	542
Margarito Guariguata	969
Andrés Bello III	334
Valle Lindo Sector 2 El Tanque	556
Andrés Bello II	687
Andrés Eloy Blanco	1.078
Valle Lindo I	693
Total	19.292

Fuente: Consejos Comunales

Tabla 3.2.12.4.2 Número de habitantes (2023)

Población (2023)	
Sector	Población
Las Charas	9.340
Ezequiel Zamora	2.131
Ezequiel Zamora II	653
Andrés Bello Sector VII	1.051
Valle Lindo II	1.600
Florentino 1B	2.284
Andrés Bello I	687
Zamora	950
Valle Linda Sector III	702
Margarito Guariguata	1.255
Andrés Bello III	432
Valle Lindo Sector 2 El Tanque	720
Andrés Bello II	890
Andrés Eloy Blanco	1.396
Valle Lindo I	898
Total	25.809

Fuente: Consejos Comunales

3.8.3 Estimación de la demanda

En un sistema de abastecimiento de agua el gasto medio constituye la base fundamental para el diseño de cada una de las partes de dicho sistema. Las Normas del Instituto Nacional de Obras Sanitarias, “Normas para el diseño de los abastecimientos de agua”, (INOS, 1965), señalan los consumos mínimos permisibles establecidos para el diseño, datos que serán tomados como referencia.

Entonces, luego de calcular la población futura y según el número de habitantes obtenidos, se establece que la dotación por cápita definida como “la cantidad de agua que requiere cada persona de la población, expresada en

litros/habitante/día” es de 250 l/hab/día por estar en el rango entre 20.000 y 50.000 habitantes.

No obstante, el “Compendio de Normas y modelo para estudios de campos y diseño de acueductos rurales” establece para las dotaciones de acueductos lo siguiente: “150 l/día como mínimo para localidades pequeñas, en las cuales no se piensen construir cloacas en un futuro cercano, hasta 200 l/día para localidades de cierta importancia; 250 l/día para zonas muy calurosas que dispongan de fuente suficiente”

Mediante el método de crecimiento geométrico podemos estimar la población futura para el periodo de diseño, para el cual tomamos el año 2040, teniendo así una posible solución al problema de abastecimiento con una vida útil de 17 años.

La siguiente expresión nos permite hallar la población estimada para el año 2040, partiendo desde el censo del año 2023.

$$P_f = P_{uc}(1 + r)^{T_f - T_{uc}} \quad \text{Ecuación 18}$$

$$r = \left[\left(\frac{P_f}{P_{uc}} \right)^{\frac{1}{T_f - T_{uc}}} - 1 \right] \quad \text{Ecuación 19}$$

Donde:

P_f = población futura

P_{uc} = población último censo

T_f = año final de diseño

T_{uc} = año del último censo

r = tasa de crecimiento

Entonces tenemos que:

$$r = \left[\left(\frac{25.809}{19.292} \right)^{\frac{1}{2023-2011}-1} \right]$$

$$r = \mathbf{0.02455}$$

Sustituyendo el valor de r en la Ec 18 tenemos que:

$$P_f = 25809(1 + 0.02455)^{2040-2023}$$

$$P_f = \mathbf{38.980 \text{ hab}}$$

Se estima que para el año 2040 habrá un aproximado de 38.980 habitantes en la zona en estudio. Con esta cifra como base, se propondrá un diseño de mejora del sistema de abastecimiento de agua potable que satisfaga dicha población.

3.8.4 Estimación de Consumos

Los consumos de agua de una localidad muestran variaciones estacionales, mensuales, diarias y horarias. Estas variaciones dependen directamente de la magnitud de la población, en ciudades grandes las costumbres son muy heterogéneas, por lo que los períodos de máximo consumo son más largos.

3.8.5 Cálculo del caudal medio

La determinación del caudal o consumo medio es el principal factor para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua, el cual se relaciona directamente con la población futura a abastecer y su dotación correspondiente. Por ello, se debe determinar el caudal medio necesario para satisfacer la demanda.

El consumo medio (Q_m) para la población en estudio se calculó con la ecuación 6:

$$Q_m (\text{actual}) = \frac{25809 \times 250}{86400}$$

$$Q_m (\text{actual}) = 74,68 \text{ l/pers/día}$$

$$Q_m (\text{futuro}) = \frac{38980 \times 250}{86400}$$

$$Q_m (\text{futuro}) = 112,79 \text{ l/pers/día}$$

3.8.6 Cálculo del caudal máximo diario (Q_{md})

En todo sistema de abastecimiento el gasto para diseño de estaciones de bombeo y tanques se basa fundamentalmente en las variaciones del consumo, ya que deben suplir a las poblaciones de agua aun cuando los consumos sean máximos. El caudal máximo diario se determina multiplicando el consumo medio diario por coeficiente K_1 . Según Arocha: $K_1 = 1,2 - 1,6$.

Utilizando y sustituyendo para $K_1 = 1,4$.

$$Q_{md} = 1,4 * Q_m (\text{l/s})$$

Se obtuvo que:

Tabla 3.2.12.4.2 Gasto máximo diario

Gasto máximo diario	
K_1	1,40
$Q_m (\text{l/s})$	112,79
$Q_{md} (\text{l/s})$	157,91

Fuente: Autores

3.8.7 Cálculo del caudal máximo horario (Qmh).

Para determinar el caudal máximo horario se tomó en cuenta la constante K_2 , la cual depende del número de habitantes como se muestra en la tabla 3.7

Tabla 3.2.12.4.2 Valores del Factor K_2

K_2	Población
275 %	≤ 1000
$275 - 0.75 x$	$1000 < X \leq 100.000$
200 %	> 100.000

Fuente: Abastecimiento de Agua de Simón Arocha

Para sectores con poblaciones entre estos extremos (X = miles de habitantes) el consumo máximo horario puede obtenerse por medio de la fórmula siguiente:

$$K_2 = 275 - 0,75 \times \left(\frac{38.980}{100} \right) = 246\%$$

$$K_2 = \frac{246}{100} = 2,46$$

Una vez calculado el K_2 se sustituyeron los valores en la ecuación 8 y de obtuvo lo siguiente:

Tabla 3.2.12.4.2 Gasto máximo horario

Gasto máximo horario	
K_2	2,46
Q_m (l/s)	157,91
Q_{mh} (l/s)	388,46

Fuente: J. Pariguan y S. González

3.8.8 Gasto medio por tramo de tubería

Para conocer la demanda base en cada nodo o conexión de tuberías, debemos conocer el gasto medio en cada uno de esos tramos. Para ello, se debe

dividir el caudal medio (Q_m) entre la longitud total de tubería existente en toda la red:

$$q = \frac{Q_m}{\sum l}$$

$$q = \frac{112,79}{50171,50}$$

$$q = 0,0022481 \text{ L/S}$$

El caudal por cada metro de tubería es de **0,0022481 L/S**

3.8.9 Demanda base en los nodos o conexiones de tuberías

En este paso, sabiendo el número de tuberías conectadas a cada nodo, se realiza una sumatoria del gasto medio calculado multiplicado por la longitud del tramo y este dividirlo entre 2. A continuación, se muestra cómo sería el cálculo en uno de los nodos:

$$\text{Demanda base (nodo 95)} = \frac{Q_m \times L_{tubería84}}{2} + \frac{Q_m \times L_{tubería29}}{2} \quad \text{Ecuación 20}$$

Sustituyendo valores tenemos que:

$$\text{Demanda Base (nodo 95)} = \frac{0,0022481 \times 124,3}{2} + \frac{0,0022481 \times 160,66}{2}$$

$$\text{Demanda Base (nodo 95)} = 0.3203 \text{ l/s}$$

Utilizando la herramienta Excel, calculamos la demanda base para cada uno de los nodos como se muestra en la Tabla A-1 del anexo A.

3.9 Etapa III. Evaluar la red de distribución utilizando el software EPANET.

3.9.1 Funcionamiento hidráulico de la red de distribución

Para el desarrollo de este trabajo, se eligió a EPANET 2.0 como programa de simulación, por tratarse de un software gratuito y pionero en el área. Además, el programa EPANET 2.0 tiene compatibilidad con el paquete AutoCAD, gracias a un programa desarrollado por el Instituto Tecnológico del Agua de la Universidad Politécnica de Valencia denominado EPACAD, mismo que transforma los archivos con formato AutoCAD a formato EPANET, facilitando el modelaje de la red. Como complemento para el trazado de la red, se usó el software de diseño CAD, SolidWorks, que sirvió de base para el modelado del entramado de tuberías descritas por Hidrocaribe para su posterior análisis. Una vez creada toda la red, se exportó al programa EPANET, el cual recrea el comportamiento, las fallas, las pérdidas de presión, entre otras valiosas características, que nos arroja luz de cómo debemos mejorar el sistema de abastecimiento.

3.9.2 Descripción del Modelo Hidráulico

Para lograr representar el funcionamiento del sistema de distribución de agua potable en estudio, se hizo uso de un programa de computación el cual permite realizar un modelo de simulación numérico o modelo matemático. El mismo tiene como función recrear el comportamiento hidráulico de la red, basándose en el uso de ecuaciones de continuidad, perdidas y conservación de energía, mediante la aplicación de aproximaciones sucesivas.

Con este modelo fue posible conocer el comportamiento de los parámetros más importantes en la red de distribución, como lo son: el caudal, la velocidad y la presión; simulando todos los componentes que conforman la red: dispositivos de control (válvulas check, reguladoras de caudal, reguladoras de presión, entre otras), tuberías, estaciones de bombeo, tanques y embalses.

Es importante destacar que para que un modelo pueda considerarse representativo, es necesario conocer las condiciones hidráulicas básicas de

funcionamiento del sistema, entre las cuales se destacan los diferentes rangos de caudal y presión, así como los niveles de servicio correspondientes a la zona a servir.

3.9.3 Simulador EPANET

Es un programa que permite realizar simulaciones en periodos prolongados (uno o varios días) del comportamiento hidráulico y de la evolución de la calidad del agua en redes de suministro a presión. Una red puede estar constituida por tuberías, nudos (uniones de tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses. EPANET efectúa un seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nudos, los niveles en los depósitos, y la concentración de las especies químicas presentes en el agua, a lo largo del periodo de simulación, discretizado en múltiples intervalos de tiempo. Además de la concentración de las distintas especies, puede también simular el tiempo de permanencia del agua en la red y su procedencia desde las diversas fuentes de suministro.

3.9.3.1 Características del simulador EPANET

EPANET contiene un simulador hidráulico muy avanzado que ofrece las siguientes prestaciones:

- No existe límite en cuanto al tamaño de la red que puede procesarse
- Las pérdidas de carga pueden calcularse mediante las fórmulas de Hazen-Williams, de Darcy-Weisbach o de Chezy-Manning
- Contempla pérdidas menores en codos, accesorios, etc.
- Admite bombas de velocidad fija o variable
- Puede calcular el consumo energético y sus costes
- Permite considerar varios tipos de válvulas, tales como válvulas de corte, de retención, y reguladoras de presión o caudal
- Admite depósitos de geometría variable (esto es, cuyo diámetro varíe con el nivel)

- Permite considerar diferentes tipos de demanda en los nudos, cada uno con su propia curva de modulación en el tiempo
- Puede modelar tomas de agua cuyo caudal dependa de la presión (p.ej. rociadores)
- Admite leyes de control simples, basadas en el valor del nivel en los depósitos o en la hora prefijada por un temporizador, y leyes de control más complejas basadas en reglas lógicas.

3.9.4 Premisas para la simulación

En la simulación de redes de distribución de agua potable a través de modelos matemáticos, es preciso representar el acueducto en el programa de la manera más simple y real posible. Es por esta razón que a continuación se nombran algunas consideraciones que se tomaron en cuenta a la hora de simular la red:

- La longitud mínima de tubería usada fue de 5 metros.
- Se adoptó un coeficiente de Hazen-Williams (C) igual a 130 para tuberías existentes de acero, un valor de 100 para tuberías existentes de hierro fundido con 20 años de edad, de 140 para Asbesto-cemento y de 150 para tuberías de PVC.
- Todas las tuberías deben comenzar y terminar en un nodo, bien sea de demanda o de conexión.
- Se asignaron nodos en los puntos donde: converjan dos o más tuberías, exista cambio de diámetro, o cualquier otro punto donde se deseó conocer los parámetros hidráulicos (presión, velocidad, caudal, carga hidráulica, entre otros).
- Se consideraron las curvas características de las bombas existentes y propuestas de acuerdo a los catálogos de los fabricantes y/o ajustes realizados en los rodets por la empresa operadora, en este caso HIDROCARIBE.
- Para el diagnóstico se tomó en cuenta la condición de funcionamiento

de las bombas, en este caso una bomba en funcionamiento y otra en reserva.

- Se asignaron nodos en los puntos donde: converjan dos o más tuberías, exista cambio de diámetro, o cualquier otro punto donde se deseó conocer los parámetros hidráulicos (presión, velocidad, caudal, carga hidráulica, entre otros).
- Los nodos de demanda se colocaron de manera de representar lo mejor posible la distribución de la demanda en cada sector, tomando la demanda de cada nodo como un porcentaje de la total, dependiendo del área de influencia que se le asignó.
- A cada nodo de demanda se le asignó la curva de variación horaria para afectar el consumo a lo largo del análisis de periodo extendido.
- Se consideró 24 horas como el periodo mínimo de evaluación con intervalos de una hora como unidad de tiempo.
- La simulación se realizó considerando un día de operación regular, es decir sin presencia de eventos extraordinarios.
- En caso de presentarse presiones negativas en la red, se interpretó como que la presión en este punto es insuficiente para que exista flujo de agua.

3.9.5 Análisis de la simulación realizada con EPANET.

Luego de realizar la simulación hidráulica de la red existente, se logró observar que, si bien el sistema de bombeo cumple con abastecer gran parte de la red, hay ciertas zonas donde, por ser muy montañosas o al estar tan alejadas de las estaciones, no están siendo abastecidas y en ciertos puntos la presión es baja o simplemente no poseen el servicio.

Según los resultados obtenidos del análisis, los sectores La Caraqueña, Valle Lindo, Las Charas, Ezequiel Zamora y Las Delicias gozan de buenas presiones, aunque muy elevadas en ciertos nodos, principalmente en aquellos cercanos a las estaciones, entonces se podría considerar normal. También, se pudo notar que en ciertos tramos de tuberías existen altas velocidades de flujo.

La presión de descarga generada por el equipo de bombeo de Valle Lindo es de 120,93 m.c.a., aunque es suficiente para el llenado del tanque que lleva el mismo nombre, este a su vez se encarga de abastecer (por gravedad), el sector Colinas El Limón, y es aquí donde se perciben uno de los casos de presiones negativas según los resultados arrojados por el programa, esto probablemente sea debido a las cotas muy por encima de la altura manométrica del equipo de bombeo en servicio, además de ser muy poblada y el abastecimiento por gravedad que ofrece el tanque no es suficiente. Sin embargo, el caudal y la velocidad de flujo en las tuberías es bastante aceptable hasta cierto punto de la red.

Luego, tenemos la zona de Colinas de Valle Lindo, también montañosa y con presiones negativas que, determinamos, se debe al igual que el sector mencionado anteriormente, por tener cotas muy elevadas y un caudal sin el suficiente impulso para llegar a los nodos más elevados.

Y finalmente, notamos que el sector Vista Al Mar, a pesar de contar con altas velocidades que superan lo que indica la norma INOS 1966, en algunas partes posee presiones negativas, coincidiendo con la queja de algunos habitantes que manifiestan tener que realizar maniobras con algunas válvulas, cerrando una de ellas para que una parte de la comunidad almacene agua en sus respectivos tanques y luego se cierra esa y se abre la otra válvula para que las otras calles cercanas sean abastecidas.

Al observar el estado actual de la red, se infiere en que, primeramente, hay zonas que no se pueden abastecer solo a gravedad, se necesita una estación de rebombeo en varios puntos de la red, ya que las estaciones existentes son insuficientes para cumplir con la demanda requerida por el sistema motivada por el incremento exponencial de la población en la zona. Estas estaciones y su equipo de bombeo deben generar alta presión de descarga, para de esta forma lograr vencer el punto alto y contrarrestar las altas pérdidas a lo largo de la red, generadas por las tuberías de diámetro reducido, en consecuencia, las bombas deben trabajar con poco caudal para poder cumplir con dicha condición.

Se está dejando de abastecer a un porcentaje considerable de la población, la cual corresponde a la cantidad de habitantes existentes aguas arriba del punto de control hidráulico.

3.10 Etapa IV. Propuestas de mejora para los sectores más afectados

En esta parte del capítulo, se tiene como objetivo ofrecer soluciones al sistema de abastecimiento de agua potable en aquellos tramos de la red con problemas de presión baja o negativa, bajas velocidades o cualquier otro detectado en la evaluación realizada previamente en el simulador Epanet. Las propuestas de mejora pretenden dar solución a corto plazo y a largo plazo, por lo cual se estableció un periodo de diseño mínimo de 17 años. Se tomaron las alternativas más eficientes y económicas de acuerdo al sector y a las limitaciones geográficas y de espacio en cada zona correspondiente.

3.10.1 Criterios tomados para la selección de las propuestas son los siguientes:

- Las Estaciones de Bombeo en estudio tienen capacidades espaciales para adecuaciones en su infraestructura, por lo cual es posible agregar nuevos equipos hidroneumáticos si se requiere.
- La topografía en el área de estudio se caracteriza por tener un relieve montañoso, lo cual favorece a propuestas basadas en estanques para distribución de agua potable por gravedad.
- Con el objetivo de minimizar los costos, se aprovechó la estructura existente para establecer las propuestas de mejoras.
- Se tomó como base el modelo hidráulico de la red actual elaborado en el software Epanet para, a partir del análisis, plantear las propuestas de mejoras requeridas en cada sector identificado con complicaciones en el abastecimiento.
- Cada sector presenta fallas diferentes, por lo cual, cada propuesta esta adecuada a dicha zona, tomando la solución más efectiva para la comunidad.

Los sectores evaluados se encuentran ubicados en una región montañosa en la cordillera Oriental que forma parte del Sistema de Costa, con un clima tropical todo el año, temperatura media de 32°C y un relieve promedio de 138 m.s.n.m., esto hace que la estación de bombeo principal, La Caraqueña, que tiene una cota de 22 m.s.n.m., este por debajo de las cotas a las que sirve y debe bombear agua a puntos elevados, dicho bombeo es reforzado por otras tres estaciones más pequeñas, sin embargo, ya sobrepasaron su límite de altura de funcionamiento para las cuales fueron diseñadas según el catálogo de fabricante de cada bomba, esto debido al incremento sin planificar de la población. Las características de esta zona del municipio Sotillo nos lleva a proponer dos soluciones conceptuales: la primera es bombear el agua hasta un estanque compensador y luego distribuirla por gravedad a la red, la segunda es crear nuevas estaciones de bombeo que impulsen el agua a las cotas donde se detectaron presiones negativas debido a su altitud con respecto a las estaciones de bombeo existentes.

Hay propuestas de elaboración de estanque más económicas que construir uno de concreto armado.

Según las condiciones evaluadas y requeridas, se puede optar por un tanque tipo australiano, como el que se encuentra ubicado en el Sector Ezequiel Zamora, siendo de este tipo más económico y con costos de operación y mantenimiento muy bajos. Mientras que la solución donde se requiera establecer nuevos equipos de bombeo, se requerirá una inversión inicial media, pero con costos anuales de energía, operación y mantenimiento considerables. Se descartaron soluciones como el cambio de diámetros en tramos de la red por considerarse una solución más costosa al implicar excavaciones en tramos muy largos.

Se tomaron como marco de referencia las Normas de Proyectos y Especificaciones de Materiales para los Sistemas de Abastecimiento de Agua de Urbanizaciones, publicadas por el Instituto Nacional de Obras Sanitarias (I.N.O.S.), en 1966. Estas normas exigen la existencia de al menos un tanque de compensación en la red de distribución, para que el mismo amortigüe las variaciones horarias de consumo.

3.10.2 Propuesta para el sector Vista Al Mar

El sector Vista Al Mar, con una altura de elevación promedio de 115 m.s.n.m., presenta presiones bajas en la mayoría de los nodos de la red. La estación de bombeo Vista Al Mar posee un equipo de 25 HP que resulta insuficiente para la impulsión del agua a todas las calles del sector. Teniendo que disponer de un personal entrenado para el manejo de llaves que ajusta diariamente para redirigir el fluido a las distintas calles durante un lapso de tiempo establecido, siendo insuficiente, según los comentarios ofrecidos por los habitantes, para recolectar agua en sus casas.

Para dar solución al problema, se propone lo siguiente:

- Terracear un área de 17*17m (289m²) de la montaña ubicada al sudeste del sector Vista Al Mar, con coordenadas 10°11'37.96" N y 64°36'30.14" O, y una elevación de 190 m.s.n.m.
- Instalar un tanque tipo australiano de 14 metros de diámetro y capacidad de 360.000 L
- Instalación de tubería de 4 pulgadas y 210 metros de longitud, desde el último nodo de la tubería actual hasta el nuevo estanque compensador.
- Instalación de 130 metros de tubería de 4 pulgadas desde el tanque hasta conectar con el nodo de la calle con problemas de presión para que esta sea alimentada por gravedad.

3.10.3 Propuesta para el sector Colinas de Valle Lindo

El sector Colinas de Valle Lindo, con una altura de elevación promedio de 190 m.s.n.m., también presenta presiones bajas en gran parte de los nodos de ese tramo de la red. El abastecimiento de esta zona proviene de la estación de bombeo de Valle Lindo, encargada también de surtir el tanque del sector que lleva el mismo nombre, así como parte del sector Ezequiel Zamora. Colinas de Valle Lindo, al ser una de las partes más montañosas de la zona, presenta problemas con el vital líquido debido a las muy bajas presiones, generando como resultado inconformidad entre los habitantes afectados. Con la intención de dar solución al problema, se propone lo siguiente:

- Crear una estación de rebombeo en un punto de la red con cota mayor o igual a 175 m.s.n.m., específicamente en el nodo *n250*, con coordenadas 10°10'31.08"N y 64°37'16.06"O (esta coordenada se tomó como referencia en el simulador EPANET, por sus condiciones espaciales, que permiten establecer una nueva Estación de Bombeo como propuesta).
- La instalación nuevas tuberías mismas que irán conectadas a la ya existente red y a la nueva estación de rebombeo.
- Incorporación de un nuevo grupo de bombeo, conformado por bomba y motor. La bomba debe superar los 150 HP y se debe tener disponible una de alivio con las mismas características.
- Se debe construir una infraestructura adecuada para el resguardo de las bombas, con dimensiones de 10x10m. Además, la construcción de un tanque reservorio con dimensiones de 4x4x4m.
- Si es necesario, colocar válvulas reguladoras para evitar presiones excesivamente elevadas.

La instalación de una pequeña estación de rebombeo sería una opción más económica, pues solo se instalaría un grupo de bombeo, sin la necesidad de la construcción de estanques compensadores.

3.10.4 Propuesta para el sector Colinas El Limón

Como último sector afectado, se tiene al conocido como Colinas El Limón, siendo el sector más grande en área con problemas detectados, con una superficie de casi 40 hectáreas aproximadamente y una altura de elevación promedio de 175 m.s.n.m., presenta de igual forma presiones bajas en una parte considerable de los nodos que conforman ese tramo de la red. El abastecimiento de esta zona se realiza por gravedad desde tanque de Valle Lindo, sin embargo, al ser una zona montañosa, al ir elevándose la cota en zonas habitadas posteriormente al diseño original de la red de abastecimiento, por razones obvias la presión disminuye a un punto donde ya reciben muy poco, o nada, el vital líquido en los puntos más altos, debido al crecimiento poblacional sin planificar y a las numerosas tomas ilegales aledañas al tanque.

Buscando una solución efectiva y económica al problema, ya que se descartó la construcción de un nuevo depósito, se propone lo siguiente:

- Crear una estación de bombeo en un punto de la red con cota mayor o igual a 114 m.s.n.m. en el nodo 2 con coordenadas 10°11'16.77"N y 64°36'56.26"O (esta coordenada se tomó como referencia en el simulador EPANET, por sus condiciones espaciales, que permiten establecer una nueva Estación de Bombeo como propuesta).
- La instalación nuevas tuberías mismas que irán conectadas a la ya existente red y a la nueva estación de bombeo.
- Incorporación de un nuevo grupo de bombeo, conformado por bomba y motor. La bomba debe superar los 75 HP y se debe tener disponible una de alivio con las mismas características.
- Se debe construir una infraestructura adecuada para el resguardo de las bombas, con dimensiones de 10x10m de superficie. Además, la construcción de un tanque reservorio con dimensiones de 4x4x4m. para mantener en funcionamiento el equipo de bombeo sin perder la presión.

3.10.5 Selección de los equipos de bombeo para los sectores Colinas El Limón y Colinas de Valle Lindo

El procedimiento para la selección de los equipos de bombeo se realizó de la siguiente manera:

- Establecer los parámetros de trabajo (sistema, caudal máximo diario, altura de bombeo).
- Revisión de los catálogos de fabricantes distribuidores de equipos electro-mecánicos de HIDROCARIBE.
- Luego de la selección de los equipos más apropiados, se procedió a revisar las eficiencias, rendimiento, etapas, entre otras características, para un mejor funcionamiento.
- Justificación del número de etapas
- Por último, la selección de las bombas marca KSB.

Cabe mencionar que una sola bomba no cumple con la demanda para todo el período de diseño, por lo que consideramos un funcionamiento de dos equipos en paralelo cuando los requerimientos los establezcan.

3.10.5.1 Selección de bomba para el sector Colinas de Valle Lindo

Para la selección de la bomba se tomó en cuenta el caudal de succión que tendría la bomba, los metros y el diámetro de la tubería, el material de la misma y la altura geométrica a donde será impulsada el agua. Para ello se utilizó la ecuación de la curva del sistema:

$$h_{vallelindo} = 77 + \frac{10.675 \times 852,14 \times 2,04^{1.852}}{150^{1.852} + 0,1016^{4.8704}} = 79.49m$$

Esta bomba del tipo centrífuga debe ser capaz de impulsar 351 m³/h a una altura dinámica de 79,49 m. Para ello se debe seleccionar una bomba que

cumpla con los parámetros. A continuación, en la figura 3.13 se observa la curva característica de la bomba que cumple con dichos parámetros.

De acuerdo a los parámetros requeridos para la bomba centrífuga de la estación de bombeo propuesta para el sector Colinas de Valle Lindo, se buscó en el catálogo del fabricante KSB y se obtuvieron las características técnicas para la impulsión de un caudal de 351 m³/h (ver tabla 3.9).

Tabla 3.9 Características técnicas de la bomba seleccionada para el sector Colinas de Valle Lindo

Nombre	Tamaño	RPM	Potencia (HP)	Rendimiento
KSB MEGANORM	125-400	1750	141 ≈ 150	77%

Fuente: Manual de curvas características KSB

3.10.5.2 Selección de bomba para el sector Colinas El Limón

Siguiendo los mismos pasos para la selección de la bomba del sector Colinas El Limón, tenemos que:

$$h_{\text{limón}} = 71 + \frac{10.675 \times 1280,37 \times 7,07^{1.852}}{100^{1.852} + 0,1524^{4.8704}} = 78.20m$$

Como el caso anterior, esta bomba debe ser capaz de impulsar 171 m³/h a una altura dinámica de 78,20 m. Para ello se debe seleccionar una bomba que cumpla con los parámetros. A continuación, en la figura 20 se puede observar la curva característica de la bomba que cumple con dichos parámetros, de acuerdo a estos requerimientos para la bomba centrífuga, se buscó en el catálogo del fabricante KSB y se obtuvieron los siguientes resultados para la impulsión de un caudal de 171 m³/h (ver tabla 3.10).

Tabla 3.10 Características técnicas de la bomba seleccionada para el sector Colinas El Limón

Nombre	tamaño	RPM	Potencia (HP)	Rendimiento
KSB MEGANORM	100-400	1750	70.2 ≈ 80 HP	69%

Fuente: Manual de curvas características KSB

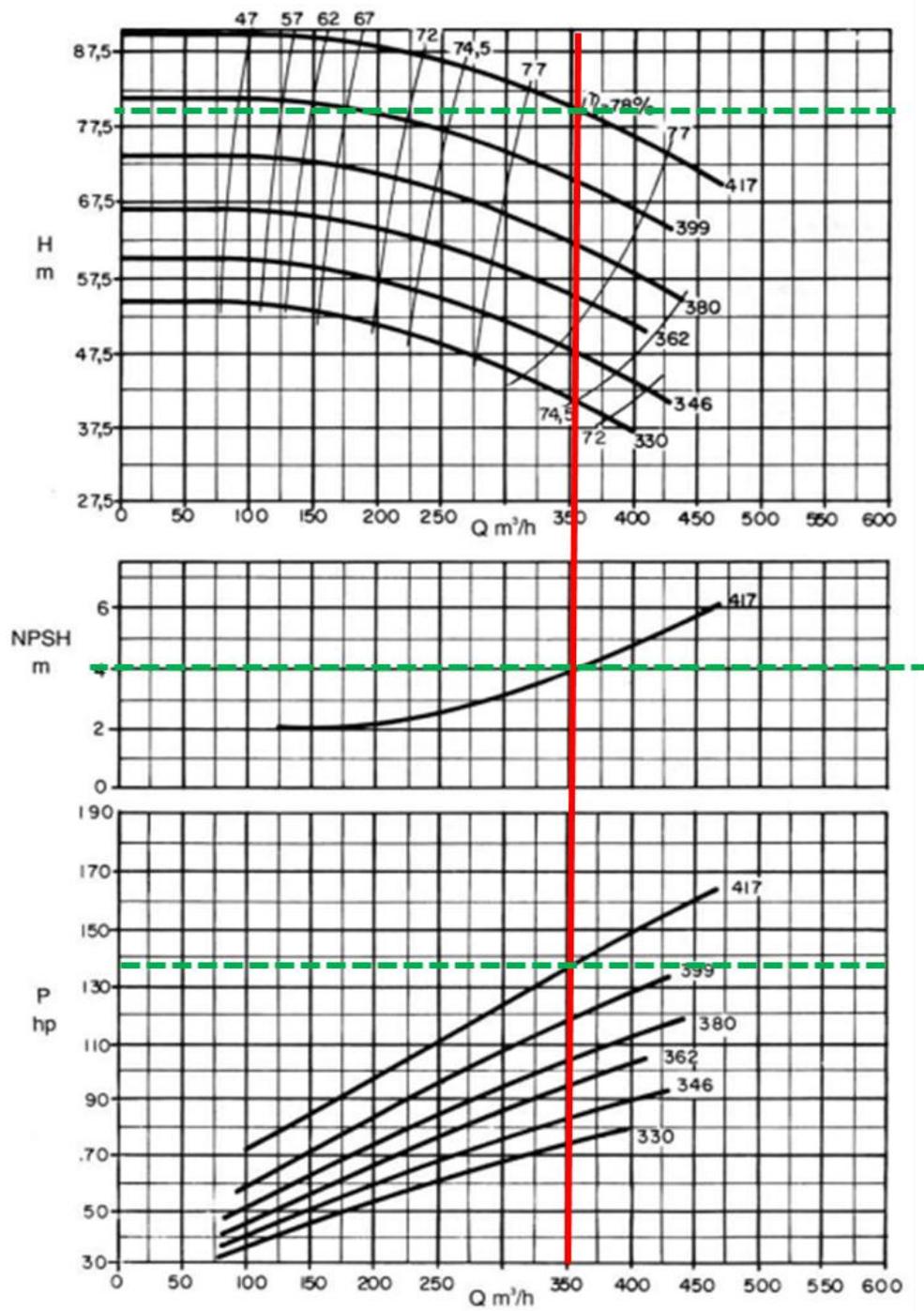


Figura 0.13 Curva característica de la bomba seleccionada para el sector Colinas de Valle Lindo

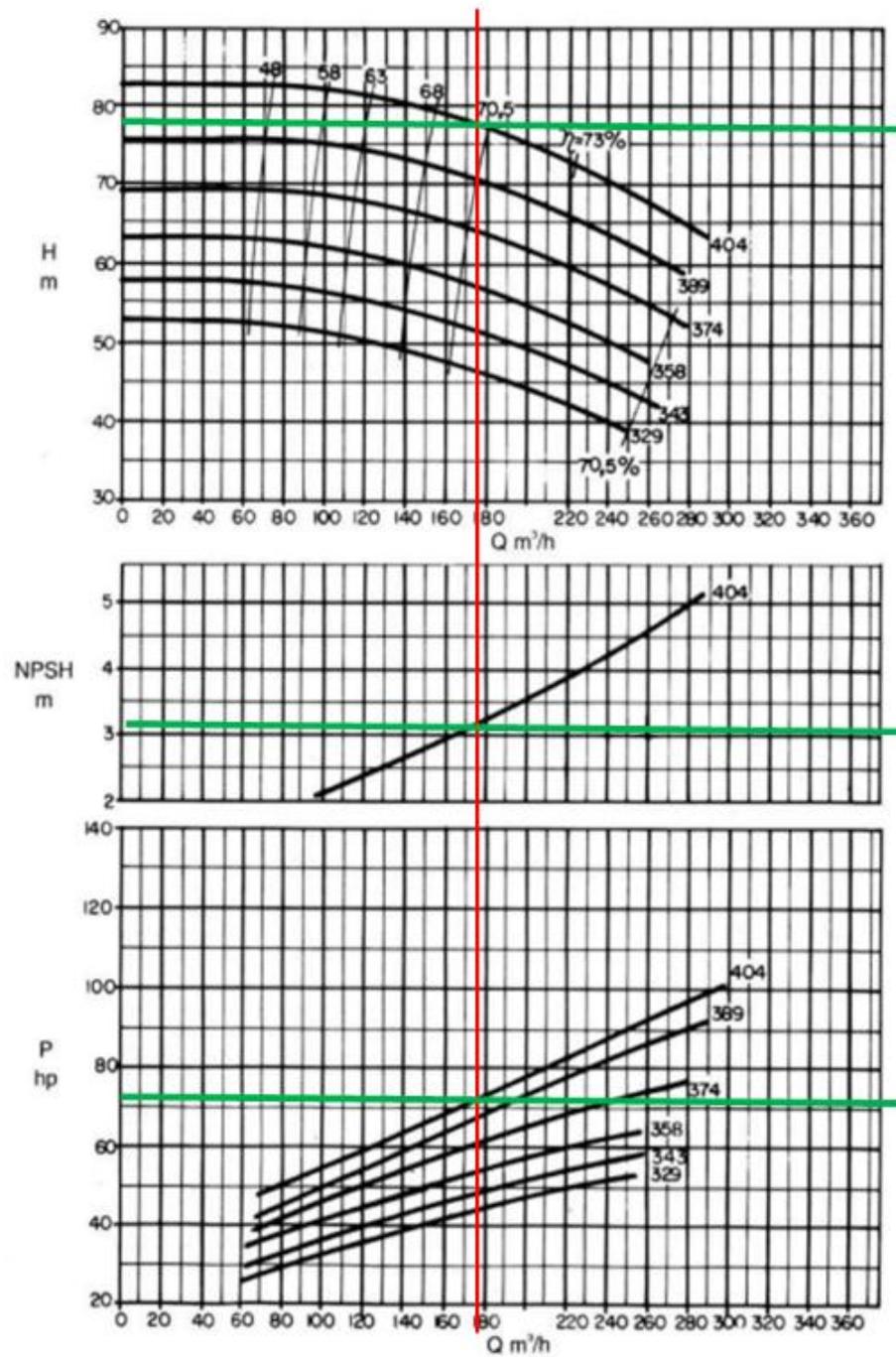


Figura 0.14 Curva característica de la bomba seleccionada para el sector El Limón

3.10.6 Selección de Tanque compensador para el sector Vista al Mar

Para la instalación del tanque tipo australiano recomendamos usar un diámetro de 14 metros para mayor facilidad constructiva, teniendo en cuenta que el volumen es de 360.000 litros de agua (360m³), se procede a calcular la altura del depósito.

$$V = \pi * r^2 * h \quad \text{Ecuación 21}$$

$$V = 360 \text{ m}^3$$

$$r = 7 \text{ m}$$

$$h = ?$$

$$h = \frac{V}{\pi * (r)^2} \quad \text{Ecuación 22}$$

$$h = \frac{360}{\pi * (7)^2}$$

$h = 2,33 \text{ m} + 0,30 \text{ m}$ de borde libre para la instalación de tubo de ventilación, flotador eléctrico, flotador mecánico.

$$h = 6,63 \text{ m} \approx 2,70 \text{ m}$$

3.11 Etapa V. Análisis de precio unitario y presupuesto del proyecto

Mediante el software IP3-Control de Obras, el cual es una herramienta para la elaboración de presupuestos de obra con análisis de precio unitario y el seguimiento de la obra como elaboración de valuaciones, se realizaron los presupuestos de las propuestas de mejora para el sistema de abastecimiento de agua potable en estudio. Cabe destacar que algunas partidas son sugerencias generales, pues el presente trabajo pretende ceñirse solo al área de hidráulica, por lo cual, elementos estructurales como vigas, losas, techos, y diseño arquitectónico de las estaciones, debe realizarse en un proyecto específico para cada área profesional.

Los montos están expresados en Bolívares (VES) y la base de datos de las partidas ofrecidas por el programa de computación están actualizadas hasta el mes de julio de 2024, por lo cual, los precios están sujetos a la inflación que pueda generarse en el transcurso del tiempo que transcurra.

Las bombas centrifugas requeridas según los resultados de los cálculos realizados fueron seleccionadas del catálogo de la compañía alemana KSB, con años de experiencia en fabricación de equipos de bombeo. Actualmente, algunos equipos que operan en la red objeto de estudio son fabricados por la empresa ya mencionada, habiendo demostrado un buen funcionamiento hasta la actualidad. Por lo cual se decidió solicitar presupuesto mediante correo electrónico de los equipos requeridos. Dichos montos están reflejados en el análisis de precio unitario de cada propuesta.

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS

En este capítulo se conocerán los resultados obtenidos de la simulación y según las deficiencias identificadas en la red de distribución, para ofrecer una solución factible para cada una de ellas.

4.1 Diagnóstico del estado actual al sistema de bombeo de agua potable de Las Charas.

De acuerdo al diagnóstico realizado en el capítulo III, se sostiene que actualmente los sectores Colinas de Valle Lindo, Colinas El Limón y Vista al Mar de la parte alta de Puerto la Cruz poseen una precaria distribución de agua potable. La zona producto de estudio cuenta con varias estaciones de bombeo y tanques, sin embargo, por el crecimiento poblacional (que continua en ascenso), no satisfacen la demanda y por tal razón no se encuentra en condiciones adecuadas para su total funcionamiento y cumplir con los requerimientos establecidos en las Normas Sanitarias Venezolanas. Cabe destacar que durante la realización del proyecto dos de las estaciones (La Caraqueña y Valle Lindo) fueron pintadas y arregladas, pero las de menor tamaño se mantuvieron igual de deterioradas. Una de ellas es la estación de bombeo Vista al Mar, la cual, según nuestra apreciación, es la que se encuentra más descuidada. En la figura 4.1, se puede observar las condiciones en la que se encuentra.



Figura 0.1 Condiciones de la estación de bombeo de Vista al Mar.

También durante la visita a los tanques observamos muchas tomas ilegales y es notoria la falta de mantenimiento. En la figura 4.2 se puede observar lo anteriormente expuesto:



Figura 0.2 Tubería de descarga del tanque Las Charas

En la estación de bombeo de Valle Lindo, se considera que el tanque reservorio necesita una mejora estructural y limpieza profunda. Así luce actualmente como se muestra en la figura 4.3



Figura 0.3 Tanque reservorio de la estación de Valle Lindo

Otra de las estaciones que forman parte de la red es la de Ezequiel Zamora. En la figura 4.4, se muestra cómo está conformada.



Figura 0.4 Equipos de bombeo que conforman la estación de Ezequiel Zamora.

Luego de realizar varias visitas, es evidente que el sistema de abastecimiento de agua presenta una serie de problemas críticos que requieren atención inmediata. Las estaciones de bombeo están deterioradas, los tanques de almacenamiento carecen de mantenimiento regular, y se han detectado múltiples tomas ilegales a lo largo de la red de distribución. Estos

problemas están afectando gravemente la eficiencia del sistema y la calidad del agua suministrada a la comunidad.

4.2 Evaluación de la capacidad de la red de abastecimiento para satisfacer la demanda actual y futura con base a las Normas sanitarias para Proyecto, Construcción, Reparación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones, usando el software EPANET para la simulación.

En este punto del proyecto se estimó la población actual y futura para posteriormente calcular los caudales que satisfagan la demanda y de esta forma realizar evaluación y establecer posibles soluciones que ayudan a solventar la problemática.

4.2.1 Cálculo de la población actual y futura utilizando el método geométrico.

En la realización de este proyecto se determinó el número de habitantes actuales y futuros para el cálculo hidráulico de las propuestas de mejora. La población actual es de 25.809 habitantes y para un periodo de diseño de 17 años usando el método geométrico se determinó la población futura, la cual se estima será de 38.980 habitantes.

A través de los cálculos correspondientes realizados en el capítulo III se arrojaron los siguientes resultados:

Tabla 4.1 Resumen de caudales

Caudal medio (Qm)	Caudal máximo diario (Qmd)	Caudal máximo horario (Qmh)
112,79 L/S	157,91 L/S	388,46 L/S

Fuente: Autores

Con los resultados obtenidos del caudal medio, caudal máximo diario y máximo horario, se procedió a evaluar la red de distribución mediante el programa EPANET.

Luego de introducir todos los datos de la red, el software arrojó los resultados que se pueden observar en los Anexos A-1. Según la simulación

realizada en el programa EPANET, los sectores con más problemáticas a la hora de abastecerse del vital líquido son: Colinas de Valle Lindo, Colinas El Limón y Vista al Mar. Todos presentan presiones sumamente bajas en algunos puntos, muy por debajo de lo que ordena la norma de Proyectos y Especificaciones de Materiales para los Sistemas de Abastecimiento de Agua de Urbanizaciones, publicadas por el Instituto Nacional de Obras Sanitarias (I.N.O.S.), en 1966. En las figuras 4.5 y 4.6 se pueden observar los planos esquemáticos del software una vez hecha la evaluación.

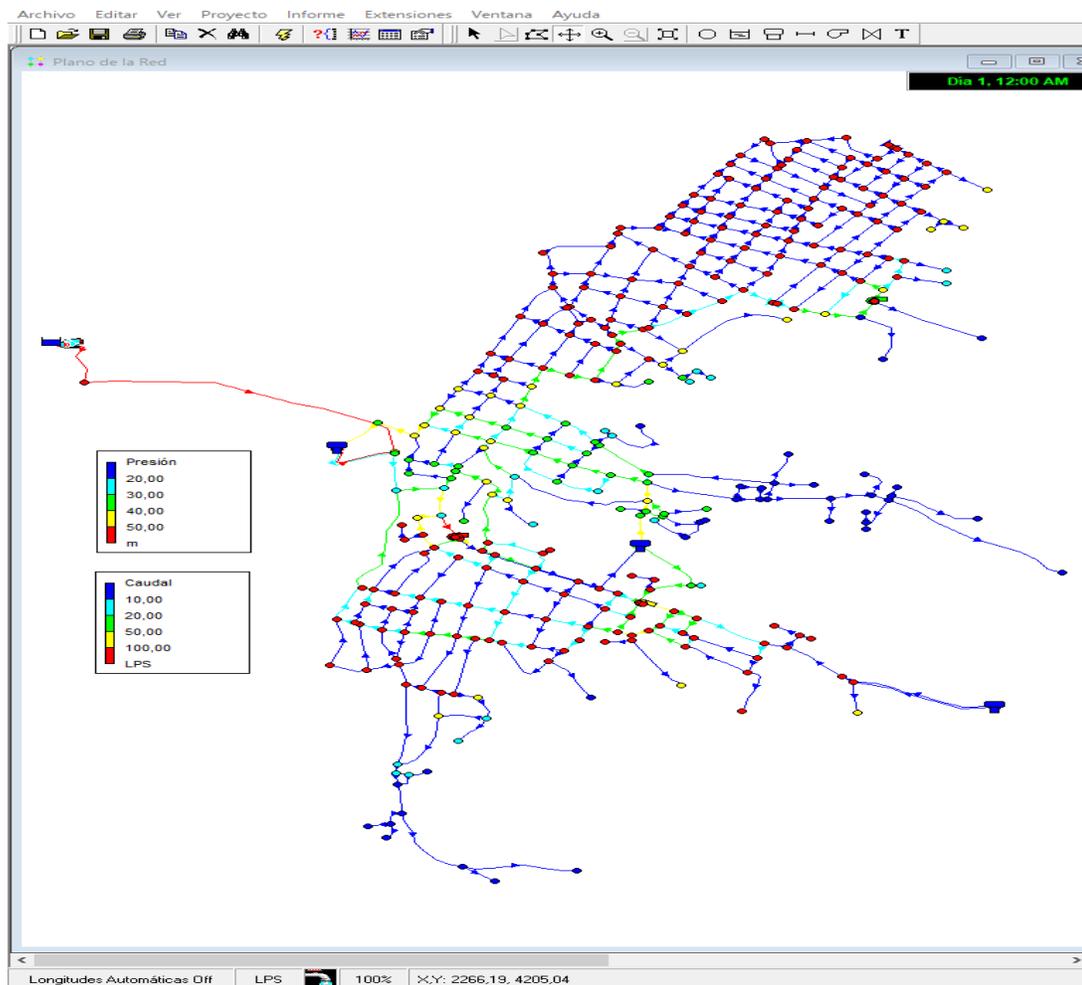


Figura 0.5. Plano esquemático del comportamiento hidráulico (presión y caudal) de la red actualmente. Fuente: Epanet. (s.f.) [Mapa del comportamiento hidráulico (presión-caudal) de la red en estudio antes de ser evaluada]. Recuperado el 15 de septiembre, 2024, de: Epanet v2.00.12

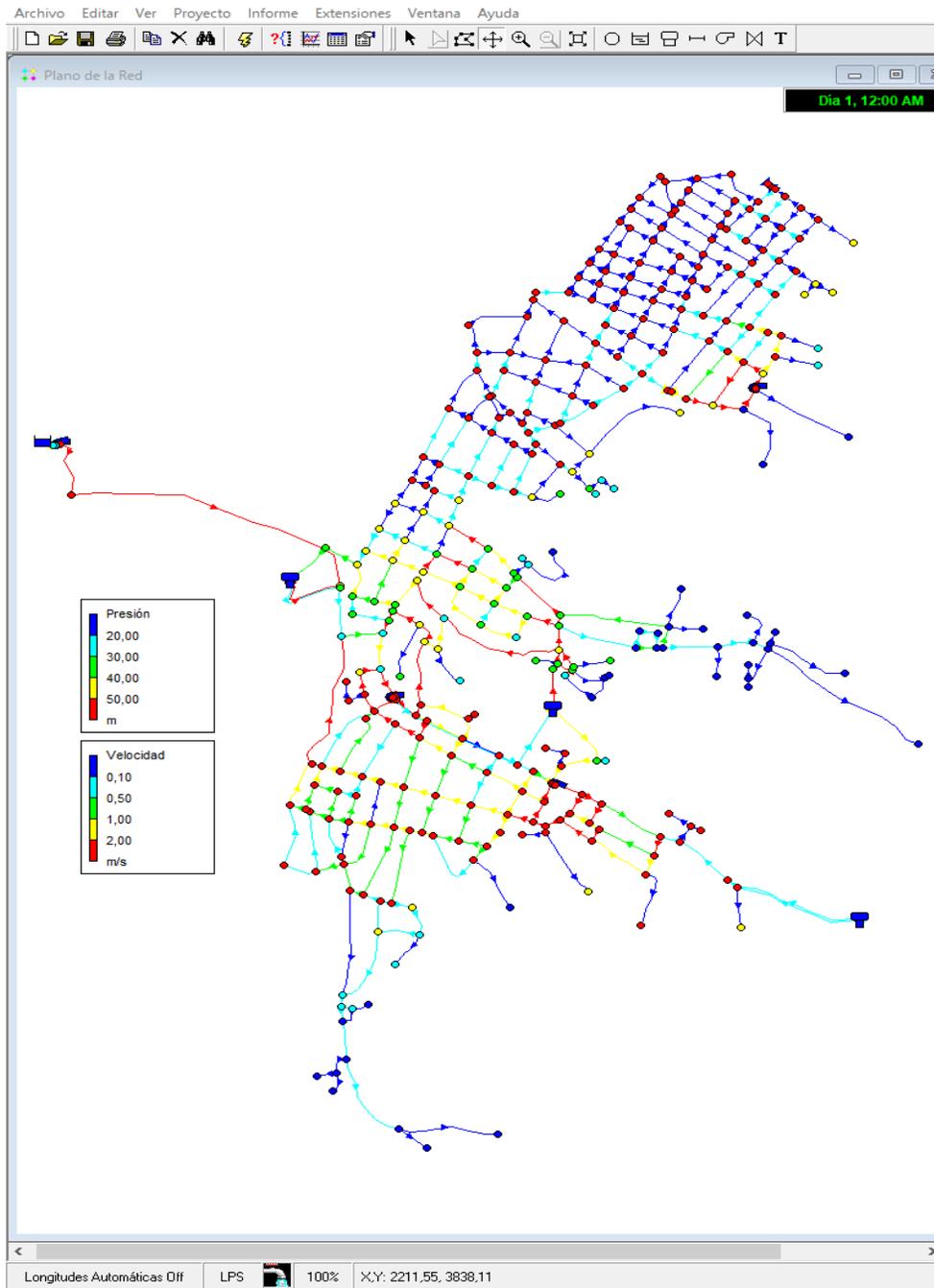


Figura 0.6. Plano esquemático del comportamiento hidráulico (presión y velocidad) de la red actualmente. Fuente: Epanet. (s.f.) [Mapa del comportamiento hidráulico (presión-velocidad) de la red en estudio antes de ser evaluada]. Recuperado el 15 de septiembre, 2024, de: Epanet v2.00.12

4.2.2 Problemas generales identificados

Luego de analizar los resultados arrojados por el software EPANET, se pudo detectar los siguientes problemas en los diversos sectores:

4.2.2.1 Presiones Altas

Según Las Normas de Proyectos y Especificaciones de Materiales para los Sistemas de Abastecimientos de Agua de Urbanizaciones, publicadas por el I.N.O.S en 1966, la presión máxima estipulada admisible en cualquier punto de la red debe ser de 75 m. Las altas presiones tienden a causar daños a equipos e instalaciones sanitarias domiciliarias. Además, favorecen el uso excesivo del vital líquido, al permitir un suministro mayor al que se necesita. Estas se generan principalmente en los puntos bajos de la red.

4.2.2.2 Presiones Bajas

Las Normas de Proyectos y Especificaciones de Materiales para los Sistemas de Abastecimientos de Agua de Urbanizaciones, publicadas por el INOS en 1966, estipulan que la presión mínima admisible en cualquier punto de la red debe ser de 20 m. Es importante resaltar que las presiones muy bajas llevan consigo un servicio deficiente, al no permitir que el agua llegue al usuario en la cantidad y presión requeridas. Estas se generan principalmente en los puntos altos de la red.

4.2.2.3 Altas Velocidades

Estas se generan debido al diámetro reducido propio de las tuberías, las cuales deben transportar el caudal demandado a lo largo de la red. Es importante resaltar que en las Normas I.N.O.S del año 1966, están establecidas las velocidades máximas permisibles para cada diámetro de tubería.

A continuación, en la Tabla 4.2 se muestra los problemas en cada sector, con la finalidad de atender los más afectados:

Tabla 4.2 Problemas identificados por sector

Sector	Problemática		
	Presión Baja	Presión Alta	Altas Velocidades
La Caraqueña			
Las Charas			
Valle Lindo			
Colinas de Valle Lindo			
Colinas de El Limón			
Ezequiel Zamora			
Vista Al Mar			
Las Delicias			

Fuente: Autores

4.3 Identificación de posibles soluciones propuestas y los resultados obtenidos al introducirlas en el software EPANET con sus respectivos planos hechos en AUTOCAD.

Como se mencionó anteriormente, los sectores más afectados según la evaluación de la red de distribución son: Colinas de Valle Lindo, Colinas El Limón y Vista al Mar; por lo cual se planteó una solución para cada uno de ellos.

4.3.1 Resultados de la propuesta para el sector Vista al Mar

A continuación, en las tablas 4.3 y 4.4 se comparan los resultados obtenidos de la red actual y los que arrojó la instalación de un estanque tipo australiano de 360.000 litros de capacidad propuesto para el sector Vista al Mar:

Tabla 4.3 Resultados de la evaluación de la red Vista al Mar antes de aplicar la propuesta.

Tabla de Red - Nodos			
ID Nudo	Cota (m)	Demanda Base (LPS)	Presión (m)
n18	88	0.32919768	-12.23
n557	74	0.2805252	42.64
n560	134	0.1914312	-33.77
n561	84	0.063984	-2.37
n562	84	0.2575728	53.78
n564	150	0.2572008	-12.22
n571	69	0.34564008	54.95
n572	66	0.17689344	58.18
n573	72	0.18563544	53.19
n574	97	0.0931488	28.19
n575	84	0.04193184	53.7
n576	79	0.15435768	49.98
n577	74	0.21712896	53.12
n578	105	0.1020768	22.12
3	84	0.000744	53.78

Fuente: EPANET. (s.f.). Tabla de resultados de demanda y presión en los nodos. Recuperado el 15 de septiembre, 2024, de: EPANET v2.00.1

Tabla 0.4 Resultados de la evaluación de la red Vista al Mar antes de aplicar la propuesta.

Tabla de Red - Líneas				
ID Línea	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)
Tubería p624	99.17	100	37.07	4.72
Tubería p637	189.9	100	16.86	2.15
Tubería p638	132.7	100	3.18	0.4
Tubería p639	43.89	100	12.79	1.63
Tubería p640	125.2	100	0.09	0.01
Tubería p641	55.86	100	35.93	4.57
Tubería p642	74.22	100	13.38	1.7
Tubería p643	137.2	100	0.1	0.01
Tubería p650	77.39	100	22.39	2.85
Tubería p822	80.42	100	13.07	1.66
Tubería 151	86	100	36.55	4.65
Tubería 152	345.7	100	0.26	0.03
Tubería 153	257.3	100	0.19	0.02

Fuente: EPANET. (s.f.). Tabla de resultados de demanda y presión en las líneas. Recuperado el 15 de septiembre, 2024, de: EPANET v2.00.1

Tabla 4.5 Resultados de la evaluación de la red Vista al Mar luego de aplicar la propuesta.

Tabla de Red - Nodos			
ID Nudo	Cota (m)	Demanda (LPS)	Presión (m)
n18	88	0.33	40.4
n556	63	0.28	63.44
n560	134	0.19	41.82
n561	84	0.06	30.28
n562	84	0.26	71.22
n564	150	0.26	36.68
n565	63	0.35	63.93
n566	58	0.3	68.84
n571	69	0.35	62.35
n572	66	0.18	65.23
n573	72	0.19	61.87
n574	97	0.09	36.87
n575	84	0.04	71
n576	79	0.15	64.56
n577	74	0.22	64.85
n578	105	0.1	33.85
3	84	0.3	71.19

Fuente: EPANET. (s.f.). Tabla de resultados de demanda y presión en los nodos. Recuperado el 15 de septiembre, 2024, de: Epanet v2.00.12

Tabla 4.6 Resultados de la evaluación de la red Vista al Mar luego de aplicar la propuesta.

Tabla de Red - Líneas				
ID Línea	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)
Tubería p624	99.17	100	1.85	0.64
Tubería p637	189.9	100	10.59	1.35
Tubería p638	132.7	100	2.25	0.29
Tubería p639	43.89	100	21.56	2.75
Tubería p640	125.2	100	0.09	0.01
Tubería p641	55.86	100	58.54	1.45
Tubería p642	74.22	100	22.16	1.82
Tubería p643	137.2	100	0.1	0.61
Tubería p650	77.39	100	36.22	1.61
Tubería p822	80.42	100	21.84	1.78
Tubería 151	86	100	37.13	1.73
Tubería 152	345.7	100	21.77	1.77
Tubería 153	257.3	100	39.31	5
Tubería 178	210	100	22.03	1.8
Tubería 179	130	100	39.5	1.03

Fuente: EPANET. (s.f.). Tabla de resultados de demanda y presión en las líneas. Recuperado el 15 de septiembre, 2024, de: Epanet v2.00.12

En la figura 4.7 a continuación, se muestra el comportamiento hidráulico de esa parte de la red existente al sector Vista al Mar y en la figura 4.8 el comportamiento hidráulico una vez implementada la propuesta de mejora. Por otro lado, en las figuras 4.9, 4.10 y 4.11, el diseño del tanque propuesto con sus características.

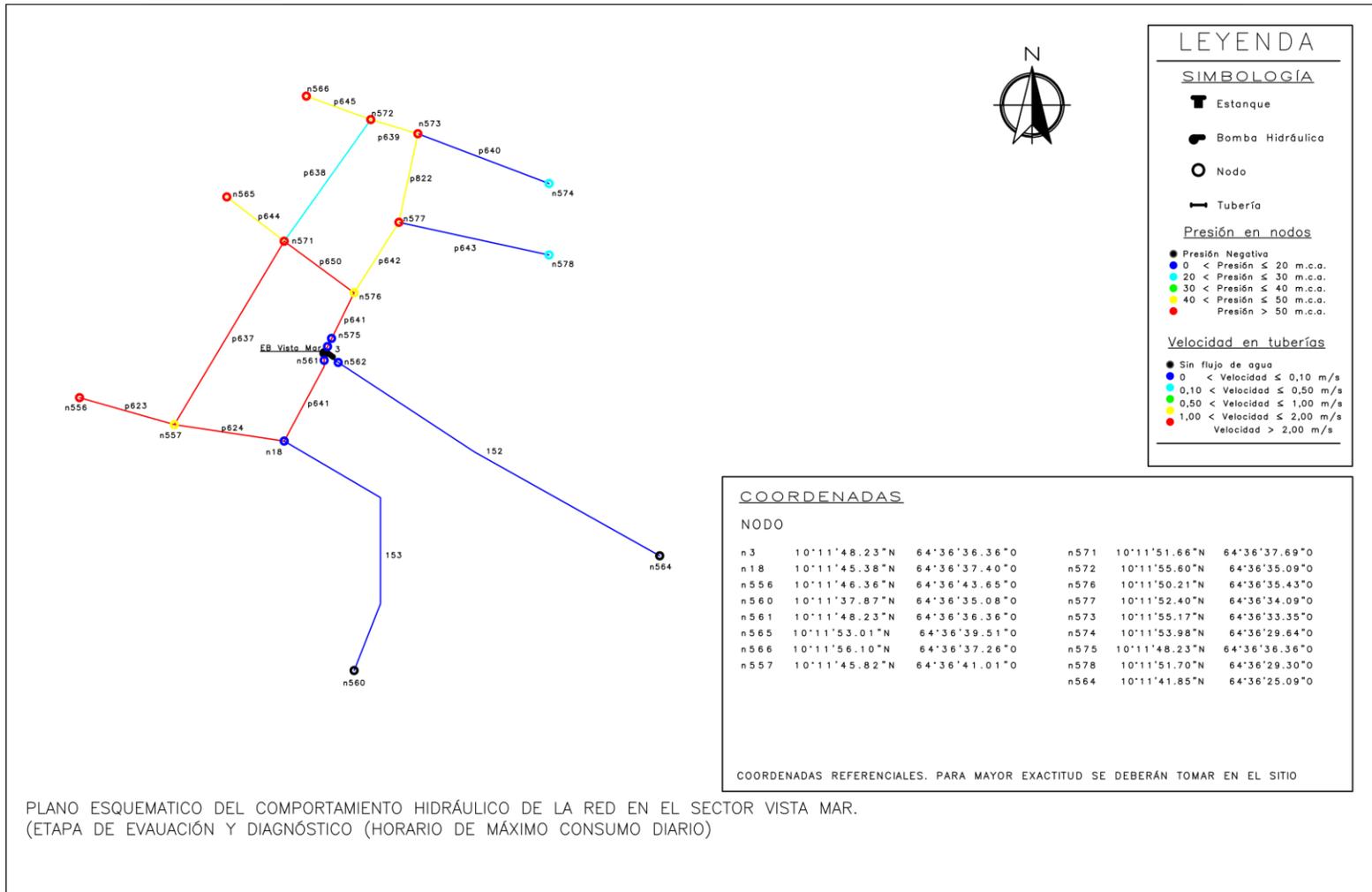


Figura 0.7 Plano esquemático de la red existente en el sector Vista al Mar.

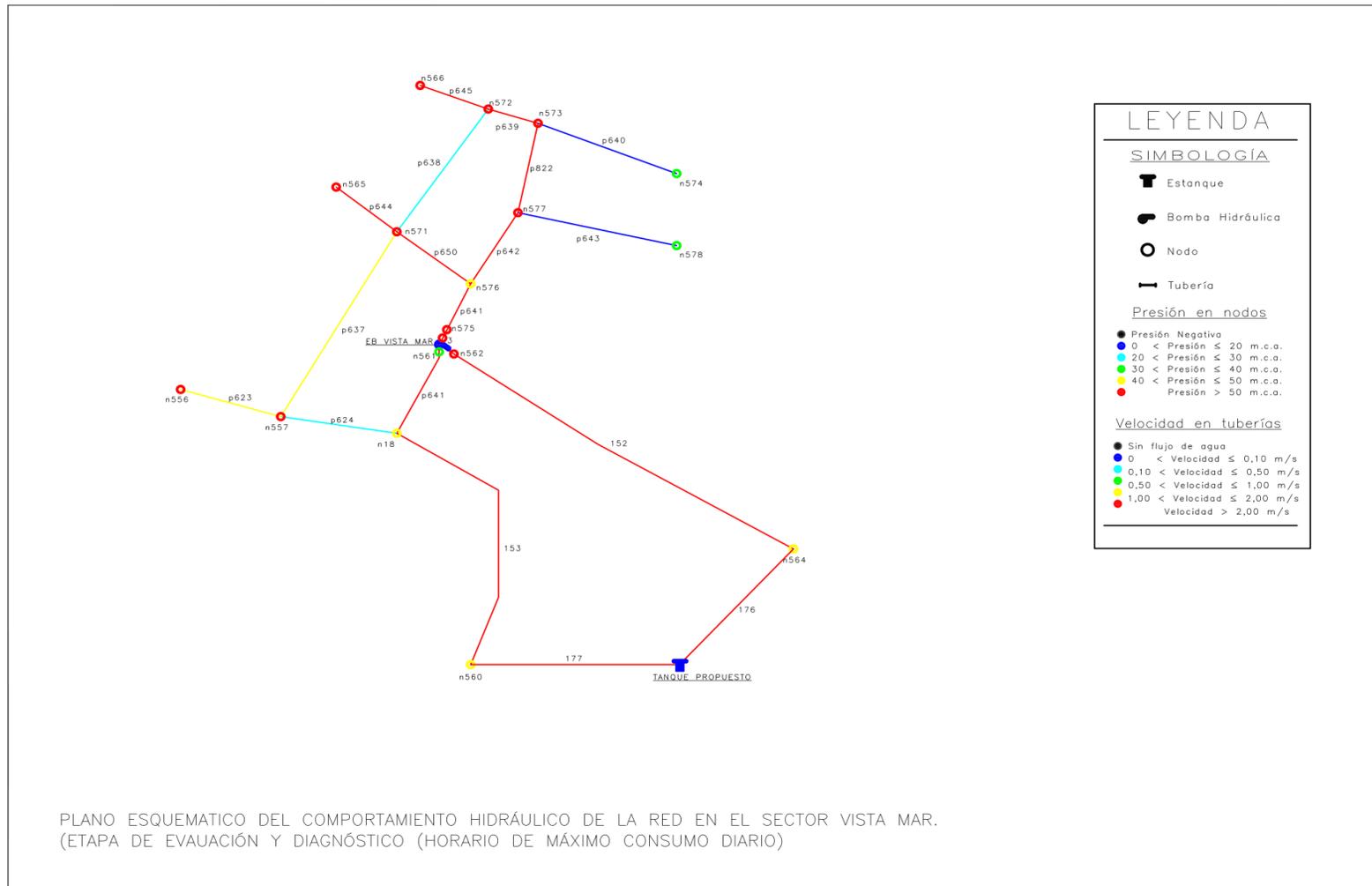


Figura 0.8 Plano esquemático de la red con propuesta para el sector Vista al Mar.

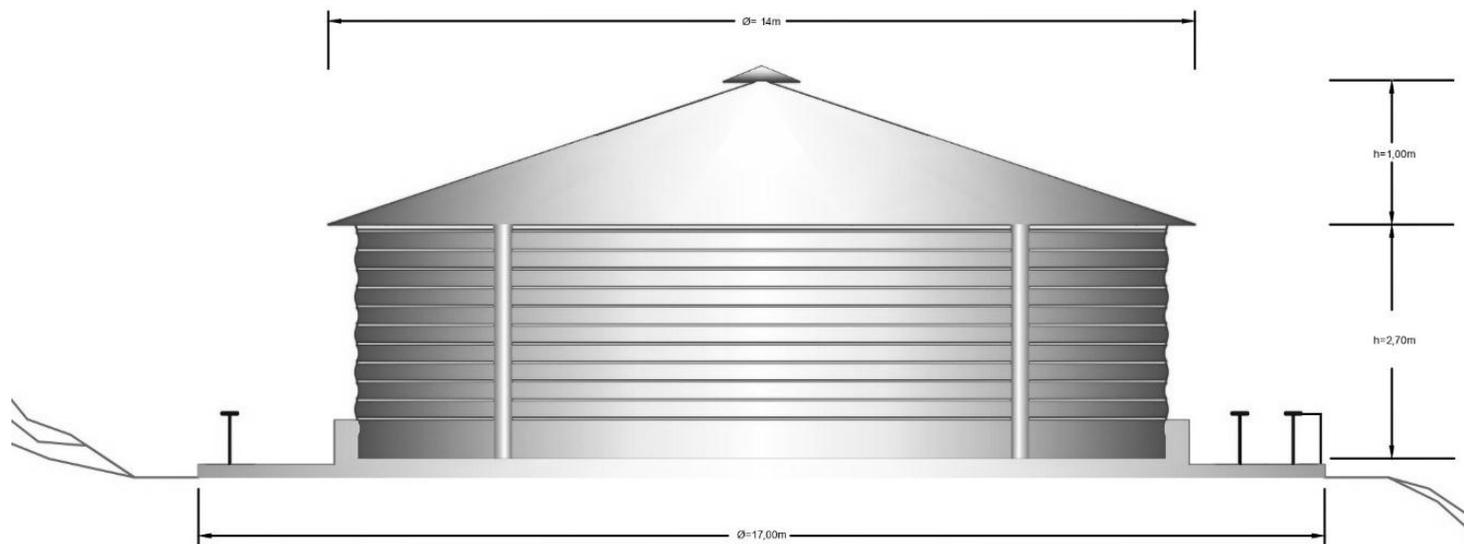
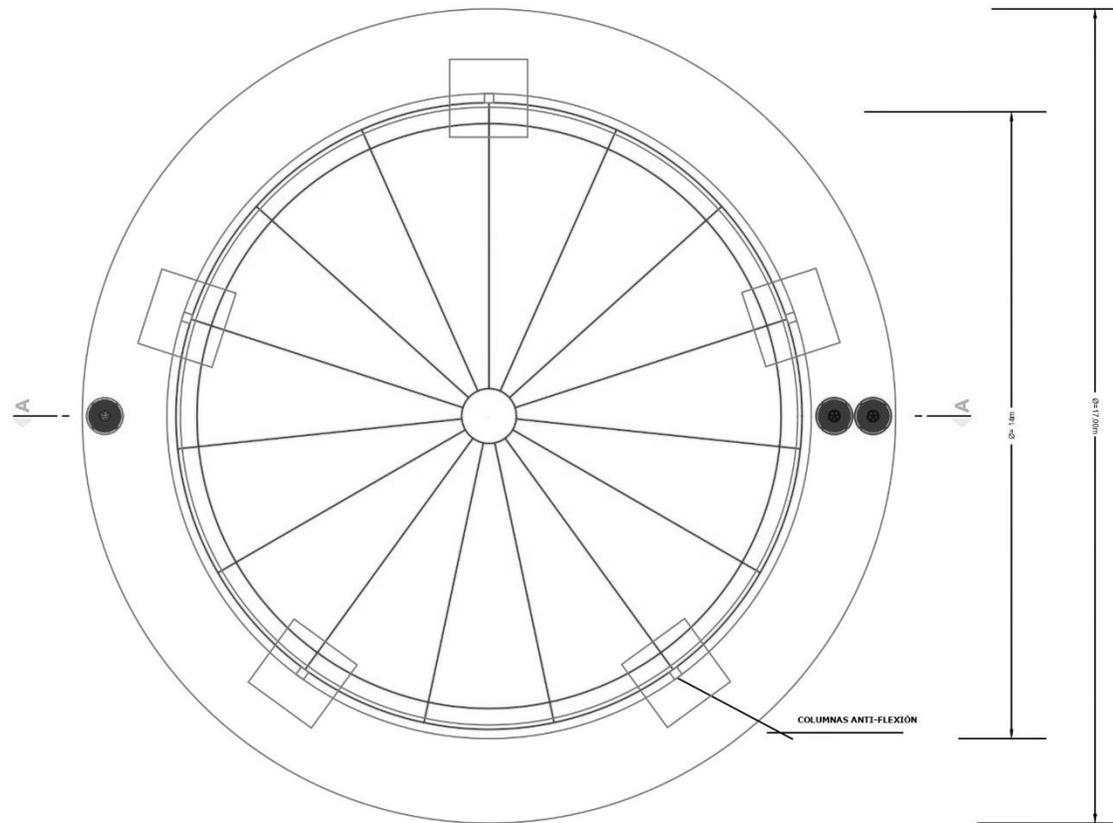
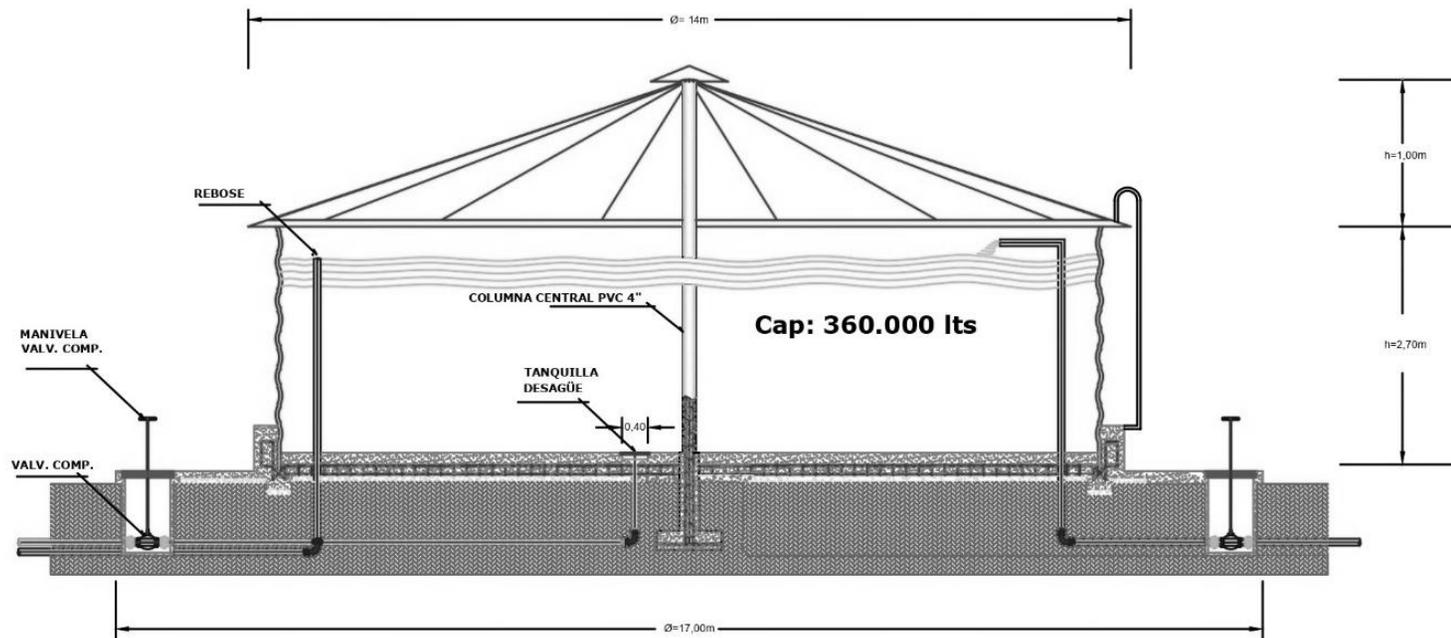


Figura 0.9 . Diseño de tanque propuesto para el sector Vista al Mar



VISTA PLANTA
1:50

Figura 0.10 Vista superior del tanque propuesto para el sector Vista al Mar



CORTE A-A
1:50

Figura 0.11 Vista transversal A-A del tanque australiano propuesto para el sector Vista Al Mar

4.3.2 Resultados de la propuesta del sector Colinas de Valle Lindo

En el caso del sector Valle Lindo, al evaluar la propuesta de una estación de rebombeo en el simulador EPANET, este arrojó como resultado una mejora bastante significativa al problema de distribución que presenta la red en este sector, corrigiendo las presiones en los nodos afectados. Se puede observar en la *figura 17* que los nodos *n276, n268, n267, n260, n257, n260, n253*, que antes tenían presiones bajas, e incluso negativas, debido, en gran parte a la cota muy por encima del diseño para el cual fue calculado el sistema de bombeo de la actualidad, ahora tienen presiones garantizadas según establece la norma INOS para el correcto abastecimiento de agua potable, que va desde 20 m.c.a. hasta 75 m.c.a.

A continuación, en las tablas 4.7, 4.8, 4.9 y 4.10 se comparan los resultados obtenidos de la red actual y los resultados que arrojó con la instalación del nuevo equipo de bombeo:

Tabla 4.7 Resultados de la evaluación en EPANET de la red en el sector Colinas de Valle Lindo antes de la propuesta.

Tabla de Red - Nodos			
ID Nudo	Cota (m)	Demanda (LPS)	Presión (m)
n249	171	0.53	29.13
n250	175	0.1	25.09
n251	181	0.2	-19.08
n253	191	0.41	-9.01
n256	201	0.16	-0.99
n257	213	0.05	-12.99
n260	212	0.06	-11.99
n290	179	0.12	21.09
n292	185	0.04	-15.09
n267	226	0.57	-26.04
n268	248	0.09	-48.04
n276	268	0.24	-68.05

Fuente: EPANET. (s.f.). Tabla de resultados de demanda y presión en los nodos. Recuperado el 15 de septiembre, 2024, de: EPANET v2.00.12

Tabla 4.8 Resultados de la evaluación en EPANET de la red en el sector Colinas de Valle Lindo antes de la propuesta

Tabla de Red - Líneas				
ID Línea	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)
Tubería 71	322.4	100	0.24	0.03
Tubería 72	333.44	100	0.9	0.11
Tubería 73	72.56	100	0.27	0.03
Tubería 74	79.32	100	0.06	0.01
Tubería 75	141.26	100	1.57	0.2
Tubería 76	70.02	100	0.69	0.09
Tubería 77	54.21	100	0.04	0.01
Tubería p257	42.69	100	2.04	0.26
Tubería p258	55.04	100	1.09	0.14
Tubería p297	39.28	100	0.85	0.11
Tubería p264	64.18	100	0.05	0.01
Tubería p275	115.5	100	0.09	0.01

Fuente: EPANET. (s.f.). Tabla de resultados de caudal y velocidad en las tuberías. Recuperado el 15 de septiembre, 2024, de: EPANET v2.00.12

Tabla 4.9 Resultados de la evaluación en EPANET de la red en el sector Colinas de Valle Lindo luego de la propuesta

Tabla de Red - Nudos			
ID Nudo	Cota (m)	Demanda Base (LPS)	Presión (m)
n250	175	0.1	25.11
n290	179	0.12	51.77
n292	185	0.04	45.77
n251	181	0.2	70.61
n253	191	0.41	74.54
n256	201	0.16	74.54
n257	213	0.05	72.54
n260	212	0.06	73.54
n267	226	0.57	59.49
n268	248	0.09	37.49
n276	268	0.24	22.48

Fuente: EPANET. (s.f.). Tabla de resultados de demanda y presión en los nodos. Recuperado el 15 de septiembre, 2024, de: EPANET v2.00.12

Tabla 4.10 Resultados de la evaluación en EPANET de la red Colinas de Valle Lindo luego de la propuesta

Tabla de Red - Líneas				
ID Línea	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)
Tubería p297	39.28	100	85.66	0.91
Tubería p275	115.5	100	0.09	0.01
Tubería p264	64.18	100	0.05	0.01
Tubería 76	70.02	100	85.82	1.93
Tubería 77	54.21	100	0.04	0.01
Tubería 65	55.04	100	87.59	2.15
Tubería 75	141.26	100	1.57	0.2
Tubería 72	333.44	100	0.9	0.11
Tubería 73	72.56	100	0.27	0.03
Tubería 74	79.32	100	0.06	0.01
Tubería 71	322.4	100	0.24	0.03

Fuente: EPANET. (s.f.). Tabla de resultados de caudal y velocidad en las tuberías. Recuperado el 15 de septiembre, 2024, de: EPANET v2.00.12

En la figura 4.12 a continuación, se muestra el comportamiento hidráulico de esa parte de la red existente al sector Valle Lindo y en la figura 4.13 el comportamiento hidráulico una vez implementada la propuesta de mejora. Por otro lado, en las figuras 4.9, 4.10 y 4.11, el diseño del tanque propuesto con sus características.

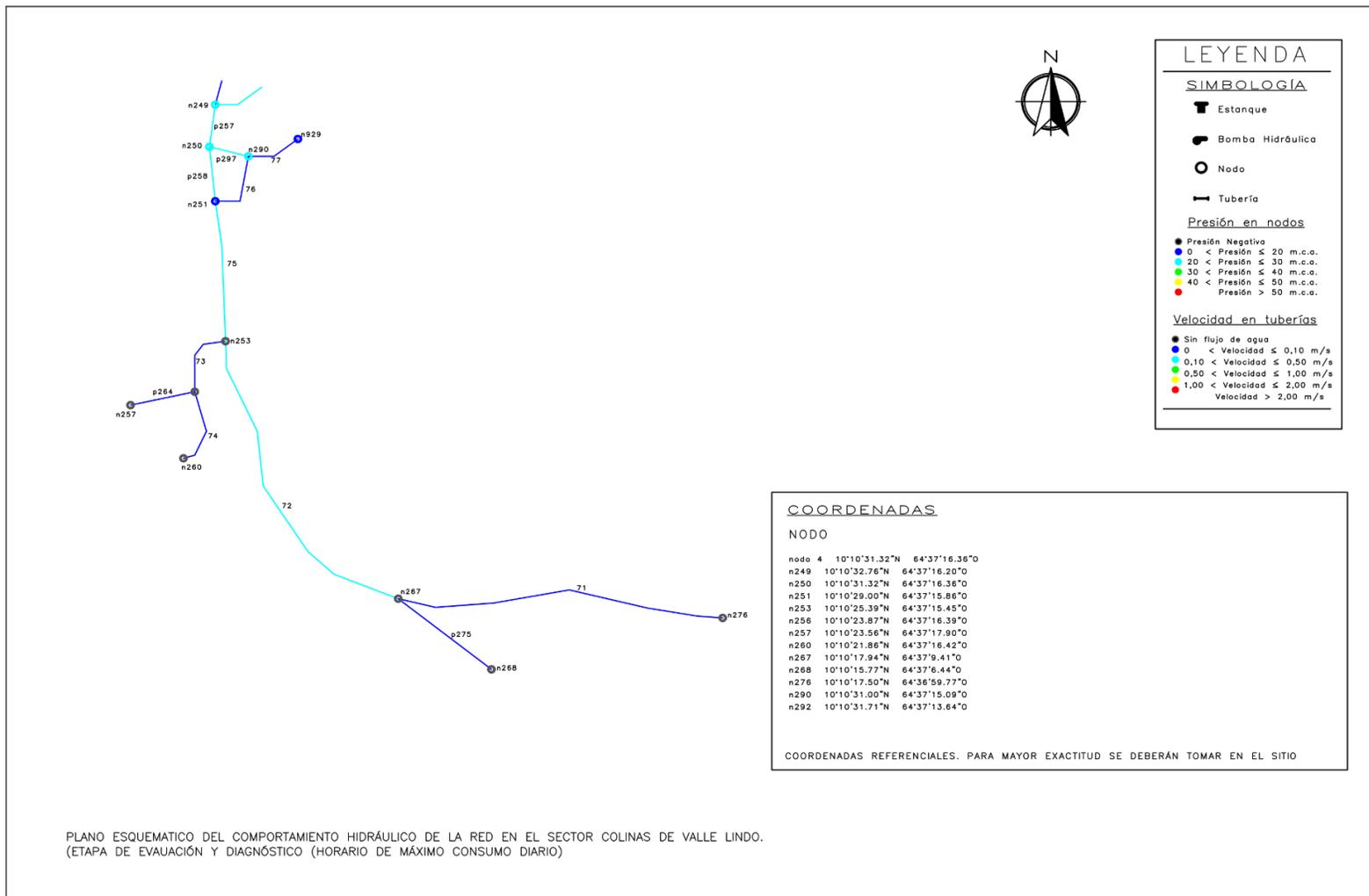


Figura 0.12 Plano esquemático de la red existente en el sector Colinas de Valle Lindo

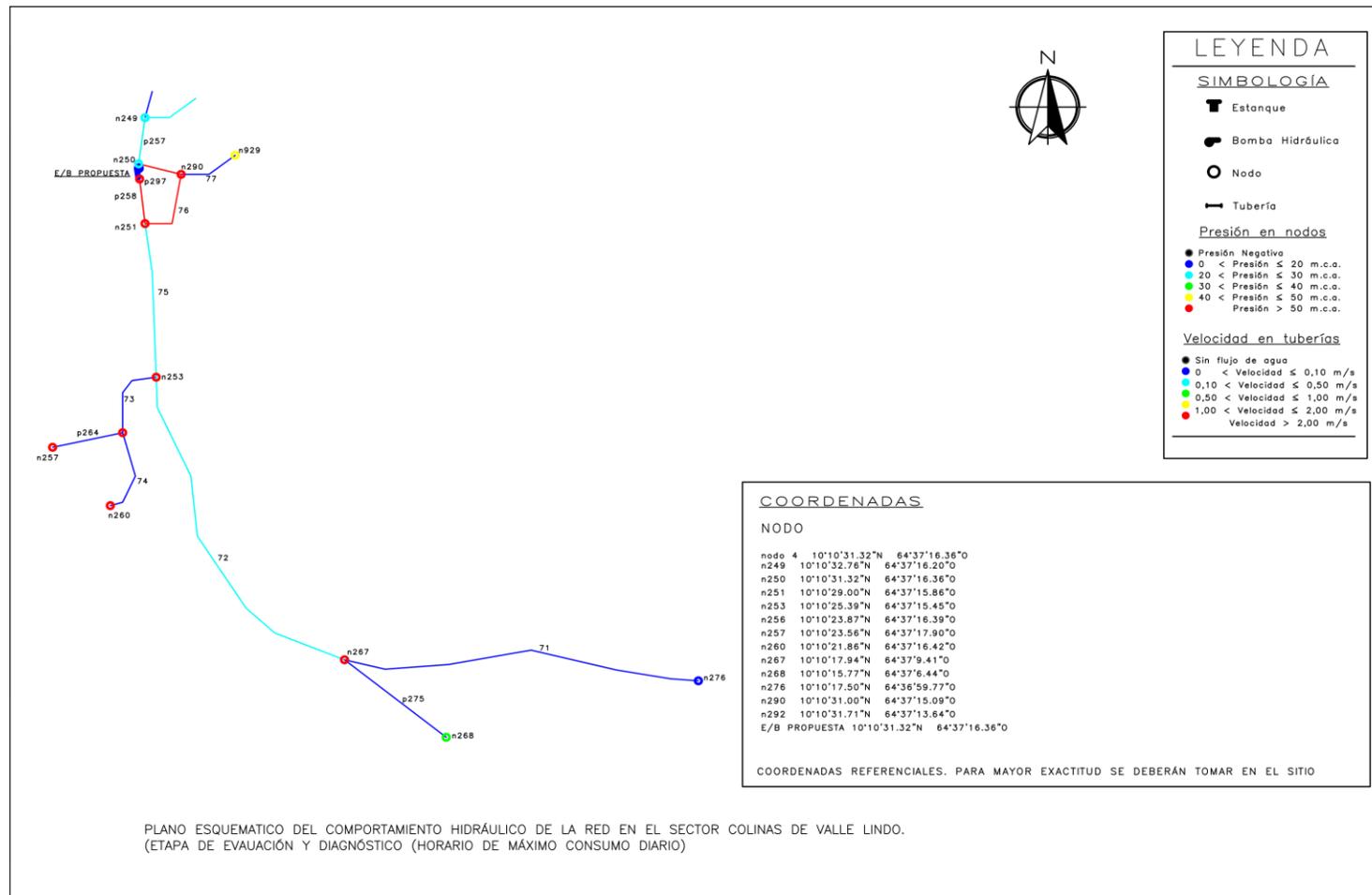


Figura 0.13 Plano esquemático de la red con propuesta para el sector Valle Lindo

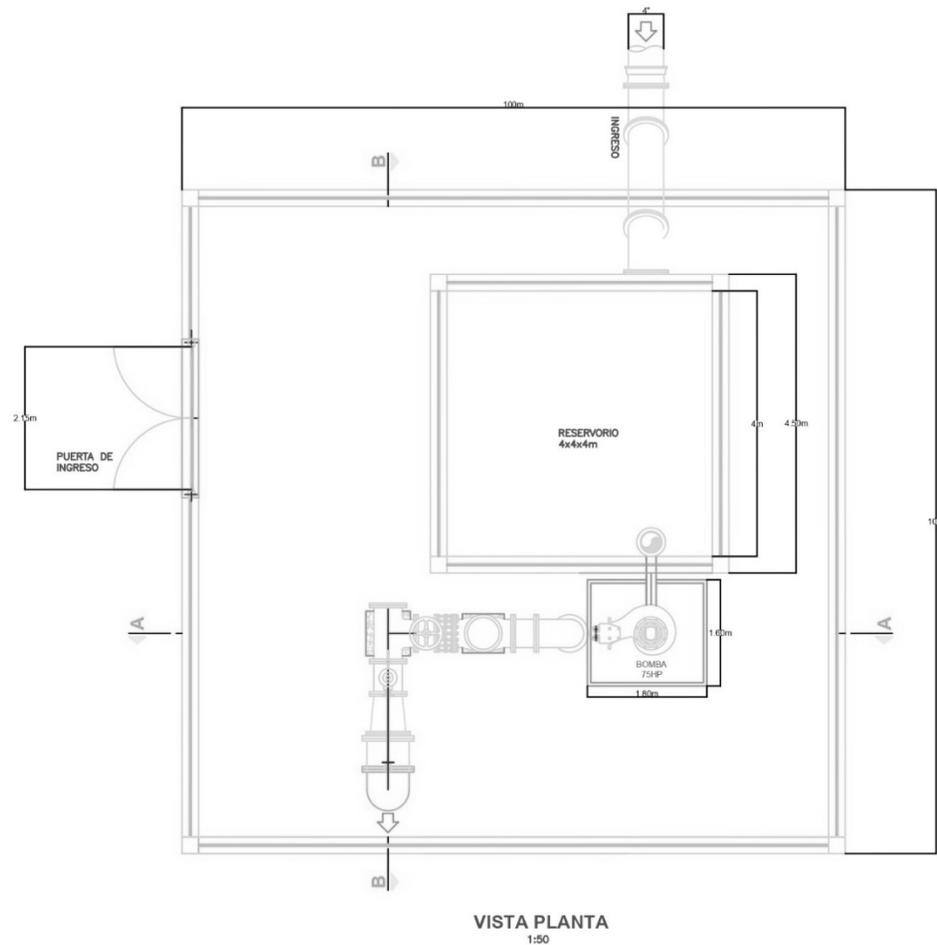
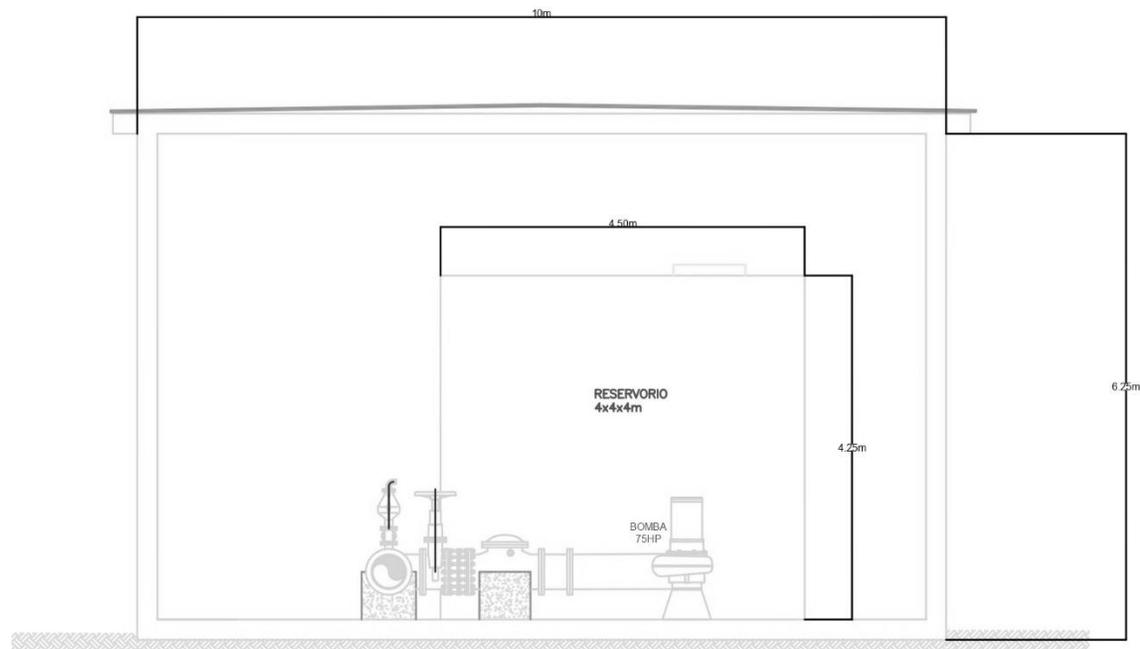
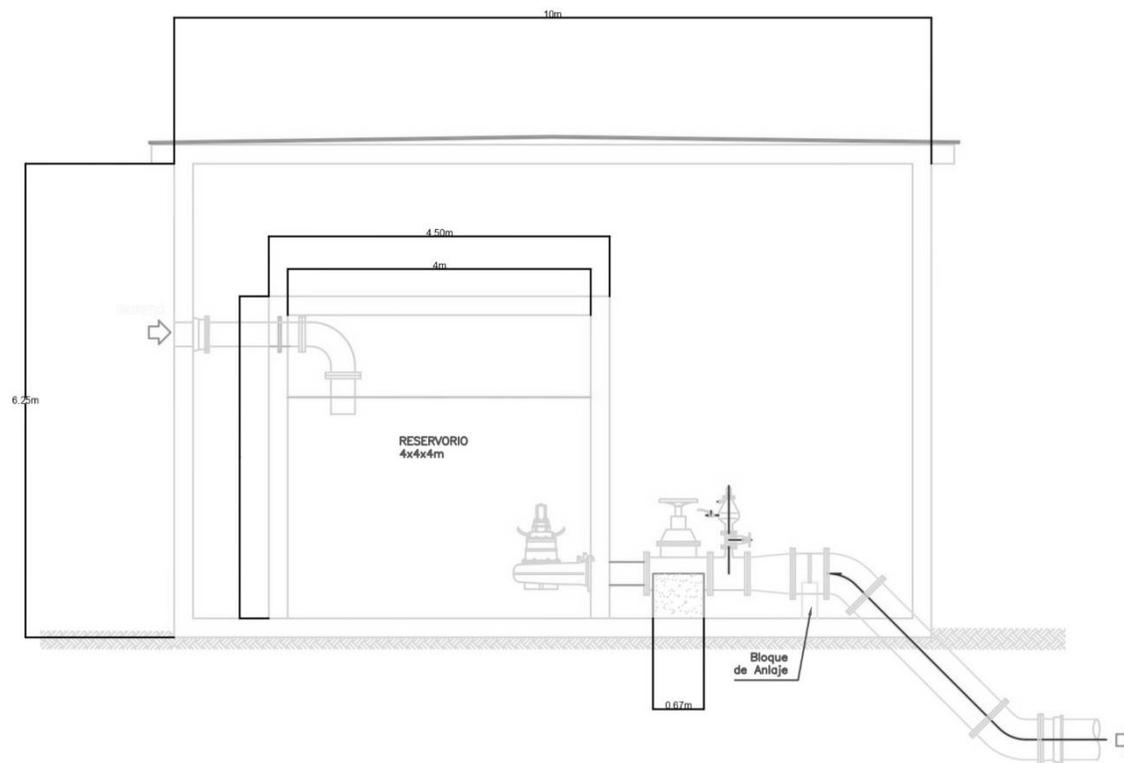


Figura 0.14 Plano de estación de rebombeo para el sector Colinas de Valle Lindo (planta)



CORTE A-A
1:50

Figura 0.15 Plano de estación de rebombeo del sector Colinas de Valle Lindo (corte A-A)



CORTE B-B
1:50

Figura 0.16 Plano estación de rebombeo del sector Colinas de Valle Lindo (corte B-B)

4.3.3 Resultados de la propuesta para Colina El Limón

En este sector también se optó por una estación de rebombeo pequeña, luego de introducir los datos de los equipos de bombeo, mejoraron las presiones significativamente en las áreas más vulneradas como se observa en nuestras tablas comparativas:

Tabla 4.11 Resultados de la evaluación en EPANET de la red en el sector Colinas El Limón antes de la propuesta

Tabla de Red - Nudos			
ID Nudo	Cota (m)	Demanda (LPS)	Presión (m)
n429	147	0.08	-1.01
n430	112	0.45	34.97
2	114	0.36	35.44
n425	142	0.21	-6.32
n426	144	0.52	4.01
n438	167	0.11	-18.99
n429	147	0.08	1.01
n442	139	0.28	9.74
n443	141	0.1	7.49
n711	140	0.09	8.64
n712	142	0.08	6.56
n385	241	0.45	-93
n394	173	0.6	-24.98
n395	173	0.25	-24.98
n417	171	0.1	-22.95
n406	177	0.16	-28.98
n407	182	0.02	-33.98
n408	174	0.04	-25.98
n410	170	0.22	-21.95
n413	160	0.17	-11.86
n416	168	0.08	-19.86
n421	174	0.03	-25.98
n402	197	0.2	-48.98

Fuente: EPANET. (s.f.). Tabla de resultados de demanda y presión en las tuberías. Recuperado el 15 de septiembre, 2024, de: EPANET v2.00.12

Tabla 4.12 Resultados de la evaluación en EPANET de la red en el sector Colinas El Limón antes de la propuesta

Tabla de Red – Líneas				
ID Línea	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)
Tubería 49	53.71	100	18.58	2.37
Tubería 158	271.52	100	0.2	0.03
Tubería 159	602.81	100	0.45	0.06
Tubería 166	177.88	100	2.32	0.3
Tubería 160	112.86	100	0.08	0.01
Tubería 161	132.74	100	0.1	0.01
Tubería 162	51.364	100	1.75	0.22
Tubería 163	133.73	100	0.22	0.03
Tubería 164	110.4	100	0.08	0.01
Tubería 165	113.34	100	2.07	0.26
Tubería 167	353.08	100	4.2	0.53
Tubería 168	147.58	100	0.11	0.01
Tubería 169	249.23	150	7.99	0.45
Tubería p445	79.67	100	4.91	0.62
Tubería p461	20.68	100	7.44	0.95
Tubería p817	65.07	100	4.8	0.61
Tubería p818	62.18	100	2.91	0.37
Tubería p819	57.56	100	2.82	0.36
Tubería p820	52.97	100	2.74	0.35
Tubería p414	22.78	100	0.49	0.06
Tubería p426	28.67	100	0.02	0
Tubería p427	50.11	100	0.04	0
Tubería p440	43.48	100	0.03	0

Fuente: EPANET. (s.f.). Tabla de resultados de caudal y velocidad en las tuberías. Recuperado el 15 de septiembre, 2024, de: EPANET v2.00.12

Tabla 4.13 Resultados de la evaluación en EPANET de la red en el sector Colinas de El Limón después de la propuesta

Tabla de Red - Nudos			
ID Nudo	Cota (m)	Demanda Base (LPS)	Presión (m)
n430	112	0.45	38.85
2	114	0.36	34.79
13	114	0.36	57.98
n442	139	0.28	74.93
n443	141	0.1	76.24
n711	140	0.09	71.5
n712	142	0.08	70.27
n425	142	0.21	70.26
n426	144	0.52	71
n429	147	0.08	78
n438	167	0.11	58
n406	177	0.16	64.97
n407	182	0.02	59.97
n408	174	0.04	67.97
n410	170	0.22	72
n413	160	0.17	82.09
n416	168	0.08	74.09
n394	173	0.6	68.97
n395	173	0.25	68.97
n417	171	0.1	71
n421	174	0.03	67.97
n402	197	0.2	44.96
n385	241	0.45	20.94

Fuente: EPANET. (s.f.). Tabla de resultados de demanda y presión en las tuberías. Recuperado el 15 de septiembre, 2024, de: EPANET v2.00.12

Tabla 4.14 Resultados de la evaluación en EPANET de la red en el sector Colinas de El Limón después de la propuesta.

Tabla de Red - Líneas				
ID Línea	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)
Tubería 49	53.71	100	16.83	2.14
Tubería 179	249.23	150	45.95	2.6
Tubería 167	353.08	100	42.16	2.37
Tubería 168	147.58	100	0.11	0.61
Tubería 160	112.86	100	0.08	0.51
Tubería 166	177.88	100	2.32	0.67
Tubería p817	65.07	100	28.67	1.65
Tubería p818	62.18	100	17.01	2.17
Tubería p819	57.56	100	16.92	2.15
Tubería p820	52.97	100	16.83	2.14
Tubería 158	271.52	100	0.2	0.03
Tubería 159	602.81	100	0.45	0.06
Tubería 161	132.74	100	0.1	0.01
Tubería 162	51.364	100	1.75	0.22
Tubería 163	133.73	100	0.22	0.03
Tubería 164	110.4	100	0.08	0.01
Tubería 165	113.34	100	2.07	0.26
Tubería p414	22.78	100	0.49	0.61
Tubería p426	28.67	100	0.02	0,62
Tubería p427	50.11	100	0.04	0.65
Tubería p440	43.48	100	0.03	0,70

Fuente: EPANET. (s.f.). Tabla de resultados de caudal y velocidad en las tuberías. Recuperado el 15 de septiembre, 2024, de: EPANET v2.00.12

En la figura 4.17 a continuación, se muestra el comportamiento hidráulico de esa parte de la red existente al sector Valle Lindo y en la figura 4.18 el comportamiento hidráulico una vez implementada la propuesta de mejora. Por otro lado, en las figuras 4.19, 4.20 y 4.21, el diseño del tanque propuesto con sus características.

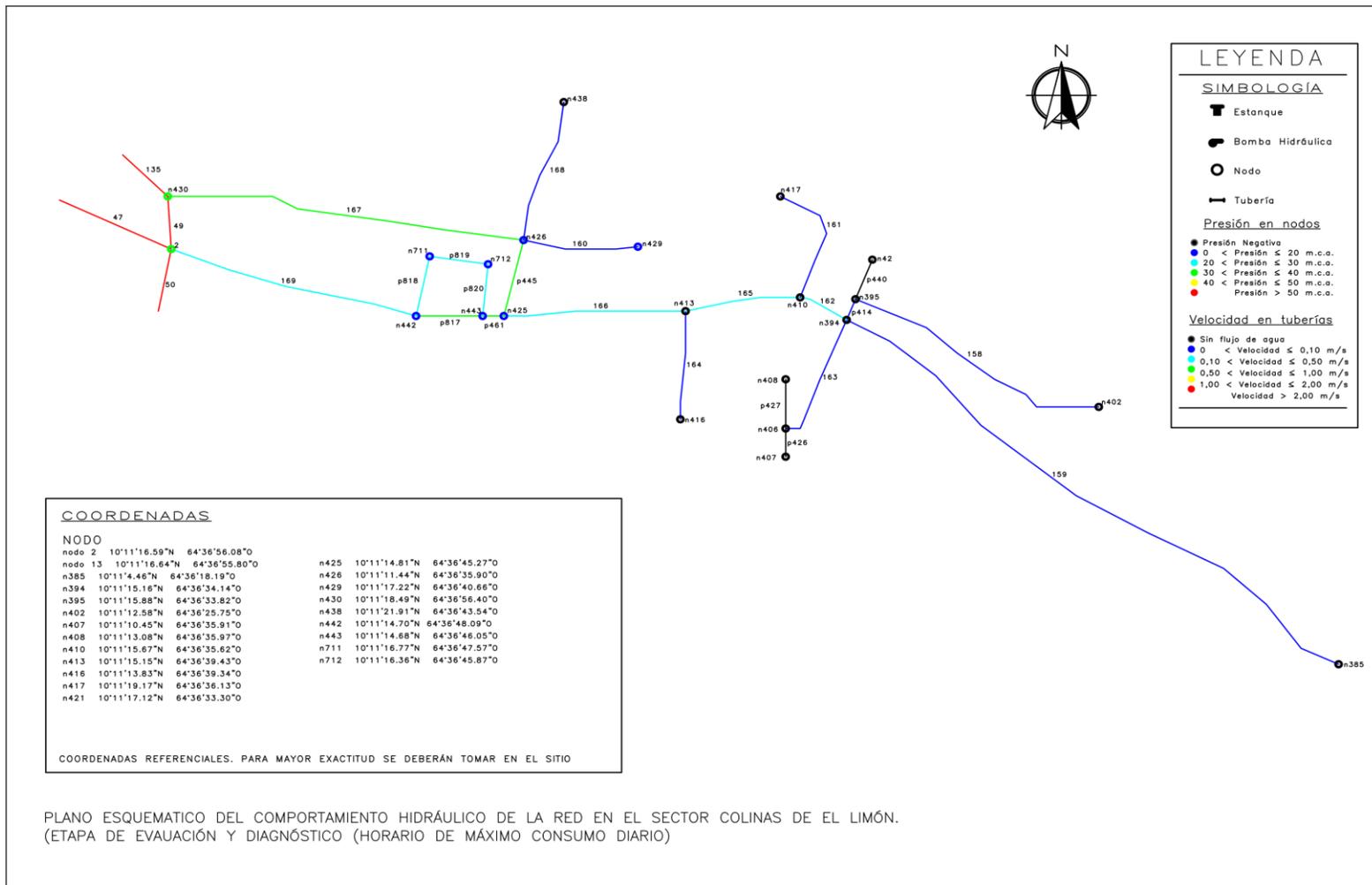


Figura 0.17 Plano esquemático de la red existente en el sector Colinas El Limón

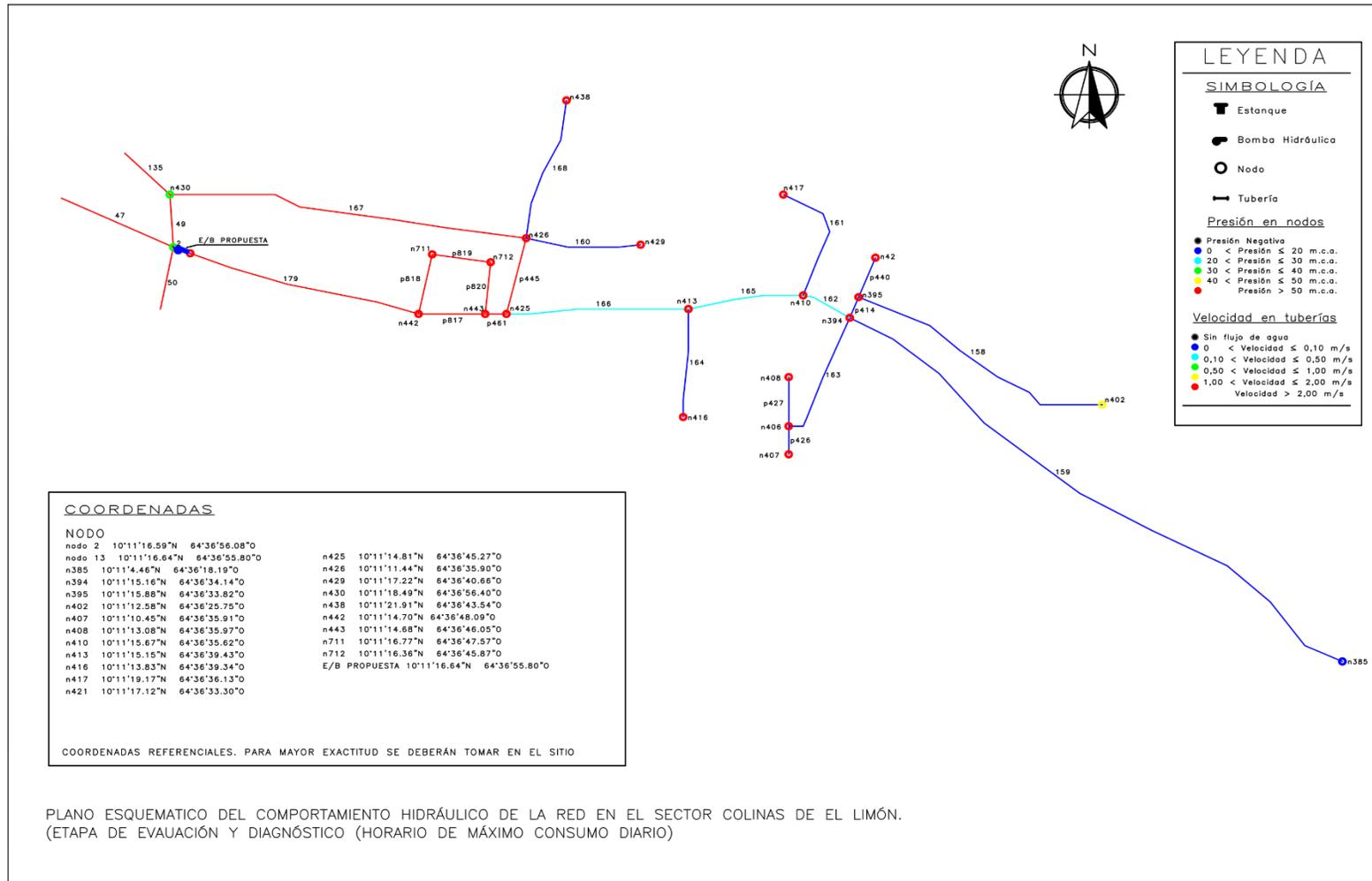


Figura 0.18 Plano esquemático de la red con propuesta para el sector Colinas El Limón

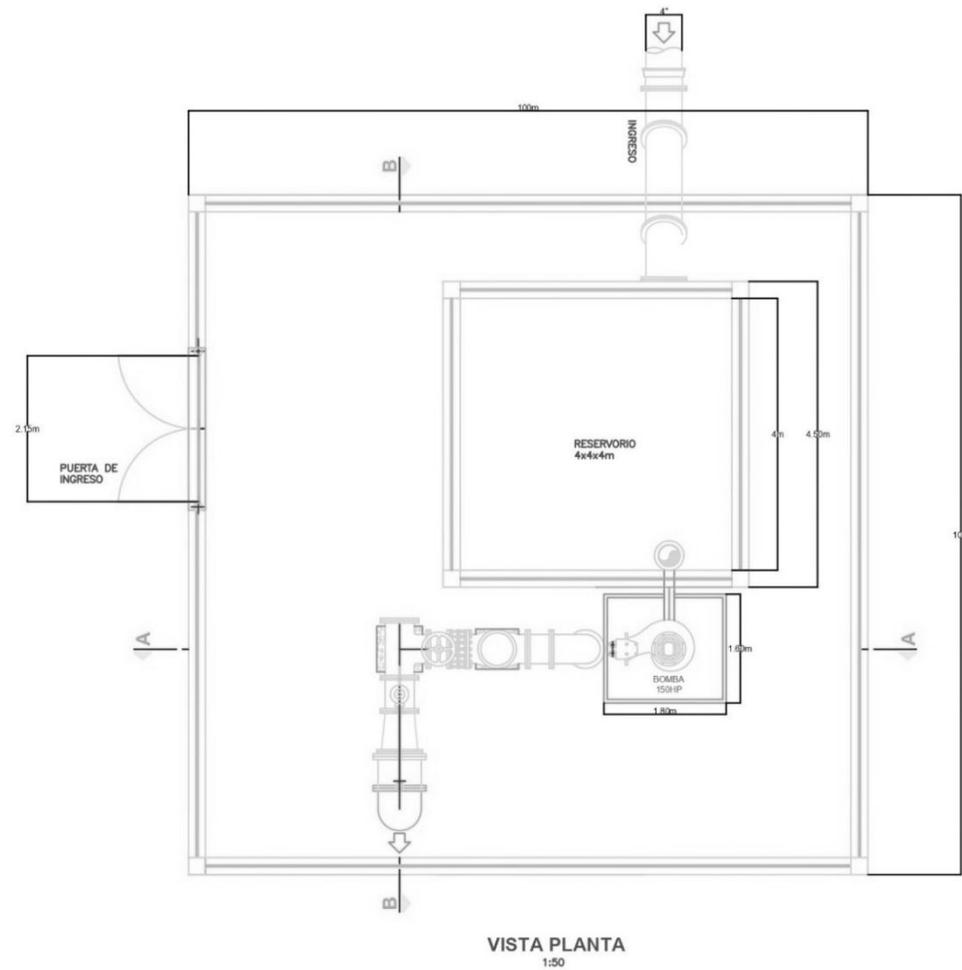
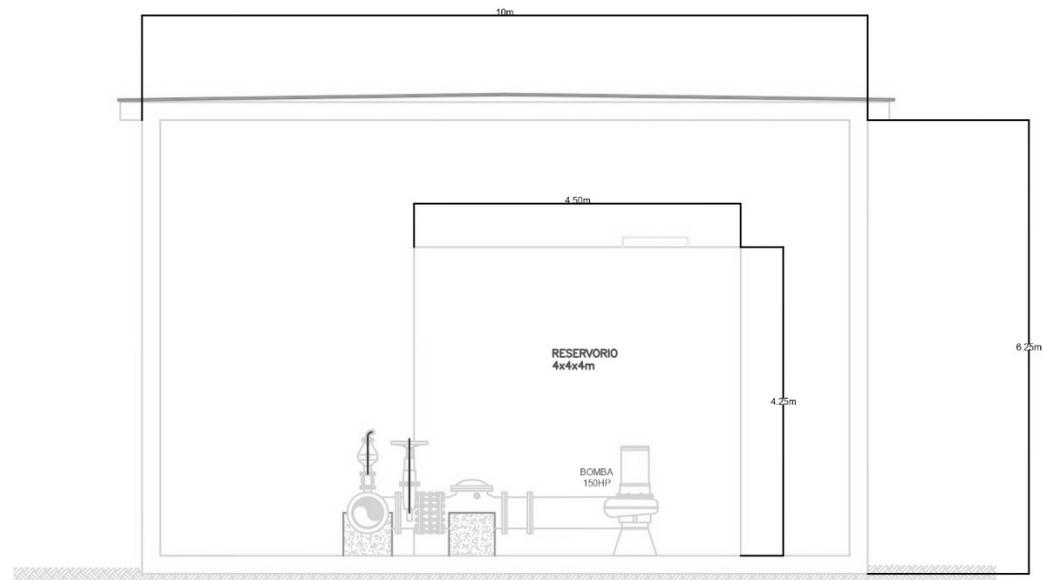


Figura 0.19 Plano de la estación de bombeo propuesta para el sector Colinas El Limón (planta)



CORTE A-A
1:50

Figura 0.20 Plano de la estación de bombeo propuesta para el sector Colinas El Limón (corte A-A)

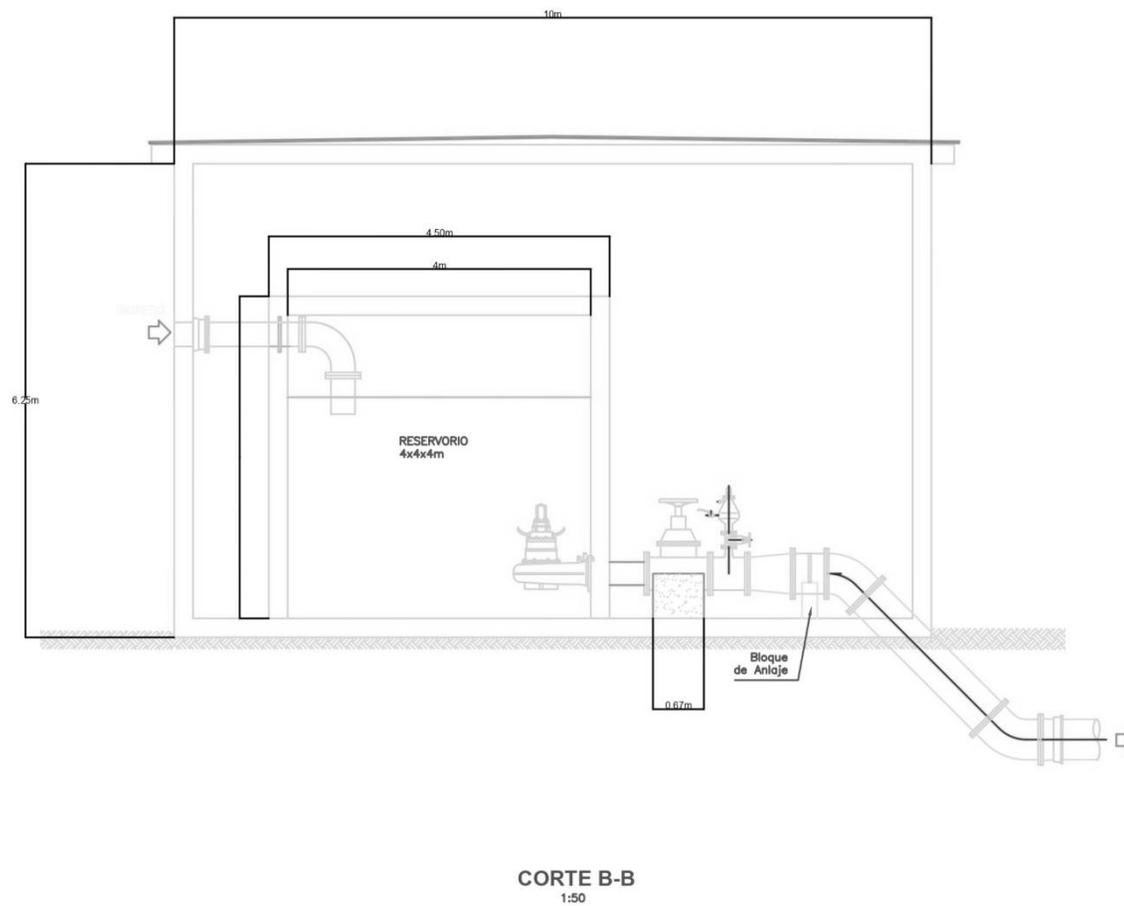


Figura 0.21 Plano de la estación de bombeo propuesta para el sector Colinas El Limón (corte B-B)

4.4 Análisis de precio unitario y presupuesto del proyecto

Mediante el software IP3-Control de Obras y con una base de datos actualizada hasta julio de 2024, se estimó que para el sector Vista Al Mar, se propuso un tanque tipo australiano con un costo de 9,489.28 Bs. sumando el monto los trabajos necesarios para su instalación arroja un subtotal de 46,584.85 Bs. Mientras que para las propuestas de nuevas estaciones de bombeo en los sectores Colinas de Valle Lindo y El Limón, los equipos tienen un costo de 679,783.63 Bs. y 523,184.29 Bs. respectivamente. El precio global de todos los trabajos arroja un monto estimando de 1,332,956.99 Bs. para el mejoramiento de la red de distribución de agua potable para un periodo de diseño de 17 años, como fue establecido en los cálculos realizados. A continuación, se muestra el presupuesto previsto para la implementación del proyecto:

IP3-Control de Obras 2017

OBRA: ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO Y PRESUPUESTO GLOBAL REQUERIDOS PARA LA MEJORA DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE LINEA LAS CHARAS, PUERTO LA CRUZ, ANZOATEGUI.

PRESUPUESTO

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total Bs
1	S/C CONSTRUCCION DE UN TANQUE AUSTRALIANO PARA EL SECTOR VISTA AL MAR	und	1,00	280.381,60	280.381,60
2	ES/C CONSTRUCCION DE ESTACION DE BOMBEO EN SECTOR EL LIMON	und	1,00	2.297.403,22	2.297.403,22
3	S/C CONSTRUCCION DE ESTACION DE BOMBEO EN SECTOR COLINAS DE VALLE LINDO	und	1,00	2.581.673,22	2.581.673,22
Sub-Total:					5.159.458,04
Total del Presupuesto:					5.159.458,04

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- En la actualidad, la red de distribución no cuenta con la capacidad de conducción necesaria para satisfacer la demanda asociada al sector. Debido a esto, los sectores Colinas de Valle Lindo, Colinas El Limón y Vista Al Mar poseen carencias en cuanto al suministro de agua potable se trata. Esto se debe al crecimiento exponencial de la población en esa zona, donde para poderse suministrar el vital líquido, deben hacer diversas maniobras como cerrar y abrir válvulas, racionar la distribución por día, entre otras cosas.
- Los sectores motivo de estudio cuentan con una población de aproximadamente 25.809 habitantes según los consejos comunales. Se consideró un periodo de diseño de 17 años, dando como resultado una población futura estimada de 38.980 tomando en consideración el aumento exponencial de habitantes en años anteriores.
- A pesar de contar con 3 estaciones de bombeo y 3 estanques, la red que distribuye el agua en los sectores motivo de estudio no cuenta con la capacidad de conducción necesaria para satisfacer la demanda de la zona. Asociamos esta problemática al crecimiento exponencial de la población en toda la parte alta de Puerto La Cruz, mismas que han construido caserías e instalado tomas ilegales cerca de los estanques.
- Al analizar la red en el software EPANET v2.0 se pudo constatar las bajas presiones en ciertos puntos de la red, donde se vieron más afectados los sectores: Colinas El Limón, Colinas de Valle Lindo y Vista al Mar. Para cada problemática se planteó una posible solución a corto-mediano plazo.
- Para el sector Vista al Mar se planteó un tanque del tipo australiano de 360.000 litros de capacidad, con la instalación de tuberías de hierro fundido de 4" de alimentación y de descarga. Se pretende que el llenado

se realice utilizando el equipo de bombeo existente en dicho sector. Las presiones cumplieron con lo establecido en las normas venezolanas.

- Para el sector Colinas de Valle Lindo se propuso la implementación de una pequeña estación de rebombeo parecida a la que se encuentra en el sector Vista al Mar, con una bomba marca KSB de 150 HP. Al implementar estos cambios en el software EPANET las presiones aumentaron de manera considerable en los puntos más vulnerables.
- Por último, se propone para el sector Colinas El Limón la misma solución: una estación de rebombeo. En este caso, se sugiere una bomba marca KSB de 80 HP. Las presiones en los puntos más vulnerables cumplieron con lo establecido en las normas venezolanas.
- En cuanto al presupuesto, el precio global de todos los trabajos necesarios arroja un monto estimando de 1,332,956.99 Bs. para el mejoramiento de la red de distribución de agua potable para un periodo de diseño de 17 años, como fue establecido en los cálculos realizados.

5.2 Recomendaciones

- Realizar análisis técnico-económico de las propuestas, así como un estudio de factibilidad constructiva de las mismas.
- Los resultados de la etapa de ingeniería básica no pretenden ser definitivas y se recomienda un estudio posterior y detallado, para definir con exactitud los valores obtenidos del análisis.
- Para la construcción de las estaciones y el tanque se recomienda adquirir los terrenos donde estarán ubicados para evitar problemas legales futuros.
- Los grupos de bombeo en la E/B deben ser de iguales características para su fácil operación y garantizar la alternabilidad de los equipos.
- Incluir en los manuales de las hidrológicas, parámetros de diseño para los sistemas de abastecimiento de agua en desarrollos no controlados como, por ejemplo: velocidades máximas permisibles, presiones máximas y mínimas, condición de incendio; de manera tal de flexibilizar y estandarizar

su diseño, con el objeto de hacer viable la construcción y operación de los mismos, brindar el servicio, consolidar estos sectores y mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

- Se debe realizar mantenimiento preventivo al sistema de acueducto una vez ejecutado el diseño para que pueda tener un mejor funcionamiento y así evitar futuras fallas en el sistema.

Por último, se recomienda crear un plan de inversión, con el objeto de distribuir la construcción de la infraestructura necesaria, a lo largo del horizonte de diseño, de forma tal que la inversión vaya acorde al crecimiento de la demanda

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, F. (2015). Abastecimiento de agua Potable para comunidades rurales. *1era edición*. Machala, Ecuador: Universidad Técnica de Machala.
- Alayón, L. (2013). Evaluación de un sistema de abastecimiento de agua potable para los sectores, El Trabuco, Los Amarillos, Caña larga y Finca Chacao, municipio Guaicapuro, estado Miranda. Universidad Central de Venezuela.
- Álvarez, A. (2003). Rediseño de estación de bombeo de refuerzo. Universidad Central de Venezuela.
- Arias, F. (2006). El Proyecto de Investigación: Introducción a la Metodología Científica. *6ta edición*. Caracas.
- Arocha, S. (1977). Abastecimiento de agua potable, teoría y diseño. Caracas.
- Barreto, L. (2024). *¿Sabes que son los sistemas de abastecimiento de agua?* Obtenido de SSWM: <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/acerca-de-esta-herramienta/%C2%BFsabes-qu%C3%A9-son-los-sistemas-de-abastecimiento-de-agua%3F>
- Bolinaga, I., & JJ y Colaboradores. (1999). Proyectos de Ingeniería Hidráulica. Caracas: Fundación Polar.
- González, L. (2002). Metodología para diseñar y evaluar redes de distribución de agua potable. *3era edición*. Puerto La Cruz, Venezuela.
- Google Earth. (11 de Octubre de 2024). *Mapa de Puerto La Cruz, Anzoátegui, Venezuela en Google Maps*. Obtenido de <https://earth.google.com/web/@10.18899397,64.61828178,96.83598>
- INOS. (1965). Normas para el diseño de los abastecimientos de agua. Caracas, Venezuela.
- López, R. (2009). Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para las comunidades de Santa Fe y Capachal, Piritu, estado Anzoátegui. Universidad de Oriente.
- Morales, F. (2012). Tipos de investigación científica. Mérida, Venezuela.

- Pariguan, J., & González, S. (2024). *Sectorización del área de estudio y de la red de distribución, Puerto La Cruz, Venezuela, Recuperado el 12 de octubre, en Solidworks.*
- Pariguan, J., & Samuel, G. (2024). Mapas de curva de contorno de la red en estudio. Puerto La Cruz, Venezuela. *Recuperado el 11 de octubre, 2024 de Epanet v2.00.12.*
- Ramírez, J. (1989). Diseño de las estaciones de bombeo para la localidad de Río Caribe. Universidad Central de Venezuela.
- Rivas, G. (1983). Abastecimiento de aguas y alcantarillado. *3era edición.* Caracas, Venezuela.
- Wikipedia. (15 de mayo de 2024). *Mapa de municipio Juan Antonio Sotillo, Anzoategui, Venezuela en Wikipedia.* Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Municipio_Sotillo_%28Anzo%C3%A1tegui%29

ANEXOS

ANEXOS A
RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS EN EPANET ANTES Y
DESPUES DE IMPLEMENTAR LAS PROPUESTAS DE MEJORA

Tabla Anexo A 1 Demanda base de cada nodo que conforma la red de distribución utilizando el gasto medio para la población futura calculada.

ID Nudo	Cota (m)	Demanda Base (l/s)
Conexión n1	23	0.250494543
Conexión n5	29	1.380277198
Conexión n13	85	1.401049642
Conexión n16	133	0.211620397
Conexión n17	132	0.234270005
Conexión n18	88	0.497358404
Conexión n24	110	0.292961152
Conexión n30	85	0.496065746
Conexión n33	95	0.927802111
Conexión n34	95	0.359268861
Conexión n37	100	0.347376412
Conexión n40	108	0.131480129
Conexión n41	108	0.010509868
Conexión n43	108	0.539030309
Conexión n50	138	0.788790847
Conexión n52	199	0.173249827
Conexión n53	198	0.274380605
Conexión n58	167	0.442740814
Conexión n62	150	0.272053822
Conexión n69	162	0.277977565
Conexión n79	213	0.791859504
Conexión n87	280	0.510397384
Conexión n88	282	0.468324192
Conexión n93	110	0.181713923
Conexión n95	85	0.320309288
Conexión n96	83	0.345960109
Conexión n97	76	0.330268371
Conexión n98	85	0.487095827
Conexión n99	72	0.5103187
Conexión n100	72	0.364259643
Conexión n101	72	0.326053184
Conexión n103	61	0.2167056
Conexión n104	59	0.203070873
Conexión n105	59	0.404017292
Conexión n108	49	0.383896797
Conexión n109	49	0.420068726
Conexión n110	59	0.371498525
Conexión n111	56	0.572377501
Conexión n115	53	0.342621681

ID Nudo	Cota (m)	Demanda Base (l/s)
Conexión n116	53	0.020794925
Conexión n118	147	0.170597069
Conexión n119	142	0.312418457
Conexión n120	113	0.375961004
Conexión n121	124	0.473400402
Conexión n122	116	0.264511446
Conexión n123	114	0.189627235
Conexión n125	108	0.202654975
Conexión n126	108	0.025504695
Conexión n128	108	0.021259158
Conexión n129	198	0.159502695
Conexión n130	140	0.187806274
Conexión n131	137	0.244233584
Conexión n132	118	0.708357201
Conexión n149	108	0.309304839
Conexión n151	105	0.23650012
Conexión n152	106	0.14139425
Conexión n155	103	0.079054437
Conexión n156	101	0.170495904
Conexión n157	108	0.573377905
Conexión n161	114	0.463007436
Conexión n162	116	0.808956304
Conexión n176	115	0.402926963
Conexión n177	115	0.481486818
Conexión n178	112	0.446427698
Conexión n182	116	0.528314741
Conexión n183	118	0.586394404
Conexión n184	116	0.331707155
Conexión n185	125	0.593835615
Conexión n186	124	0.538880811
Conexión n187	134	0.521368112
Conexión n188	135	0.57506398
Conexión n189	137	0.350085373
Conexión n190	128	0.246403001
Conexión n191	129	0.418281486
Conexión n192	126	0.618418589
Conexión n193	126	0.416370601
Conexión n194	126	0.564835125
Conexión n195	124	0.413144578
Conexión n196	120	0.261993574
Conexión n200	150	0.427880873

ID Nudo	Cota (m)	Demanda Base (l/s)
Conexión n201	147	0.235117539
Conexión n202	145	0.421473788
Conexión n207	137	0.474158012
Conexión n208	135	0.339811556
Conexión n210	126	0.42870143
Conexión n211	126	0.338271607
Conexión n212	125	0.183568606
Conexión n213	132	0.517906038
Conexión n217	145	0.379310673
Conexión n220	140	0.471561456
Conexión n224	118	0.276482579
Conexión n225	120	0.275336048
Conexión n227	144	0.600029131
Conexión n249	171	0.807877216
Conexión n250	175	0.154006091
Conexión n251	181	0.299356996
Conexión n253	191	0.615147603
Conexión n256	201	0.242862243
Conexión n257	213	0.072141529
Conexión n260	212	0.089159646
Conexión n267	226	0.867024727
Conexión n268	248	0.129827775
Conexión n276	268	0.36239372
Conexión n283	156	0.602243509
Conexión n285	174	0.428914999
Conexión n289	180	0.154804166
Conexión n290	179	0.183793416
Conexión n292	185	0.060934751
Conexión n295	158	0.199946014
Conexión n296	146	0.251416264
Conexión n297	147	0.153848724
Conexión n298	145	0.422946294
Conexión n299	151	0.232723312
Conexión n300	156	0.132784027
Conexión n301	166	0.21738003
Conexión n302	168	0.325311311
Conexión n303	161	0.215997448
Conexión n305	143	0.442369878
Conexión n307	150	0.265961471
Conexión n310	148	0.600321384
Conexión n316	188	0.242603712

ID Nudo	Cota (m)	Demanda Base (l/s)
Conexión n317	197	0.289431635
Conexión n322	158	0.403646355
Conexión n323	170	0.441841574
Conexión n324	159	0.242311459
Conexión n329	192	0.568072389
Conexión n330	187	0.39251826
Conexión n337	223	0.241771915
Conexión n342	123	0.501972629
Conexión n350	96	0.414976779
Conexión n351	100	0.350905929
Conexión n357	123	0.163324465
Conexión n360	94	0.429027404
Conexión n365	103	0.228496884
Conexión n372	128	0.312307176
Conexión n377	130	0.031642008
Conexión n381	116	0.797078468
Conexión n384	92	0.180949569
Conexión n385	241	0.677588581
Conexión n394	173	0.91124935
Conexión n395	173	0.379681609
Conexión n402	197	0.305202056
Conexión n406	177	0.238871866
Conexión n407	182	0.032226514
Conexión n408	174	0.056326146
Conexión n410	170	0.334341928
Conexión n413	160	0.251494947
Conexión n416	168	0.12409512
Conexión n417	171	0.149206397
Conexión n421	174	0.048873694
Conexión n425	142	0.312744432
Conexión n426	144	0.77918022
Conexión n429	147	0.126860283
Conexión n430	112	0.674317595
Conexión n438	167	0.165887299
Conexión n442	139	0.423182344
Conexión n443	141	0.155928216
Conexión n445	100	0.299413199
Conexión n446	101	0.278438426
Conexión n447	101	0.449586279
Conexión n448	93	0.585922303
Conexión n449	92	0.474214214

ID Nudo	Cota (m)	Demanda Base (l/s)
Conexión n450	133	0.26572542
Conexión n454	92	0.414302349
Conexión n457	100	0.455408858
Conexión n459	87	0.396081499
Conexión n460	88	0.357773875
Conexión n462	90	0.233813641
Conexión n465	112	0.236342753
Conexión n466	107	0.360437873
Conexión n472	105	0.369374071
Conexión n473	104	0.038464991
Conexión n474	99	0.225338304
Conexión n475	75	0.33720376
Conexión n476	77	0.443291599
Conexión n477	81	0.517535101
Conexión n478	61	0.456117009
Conexión n479	62	0.356874635
Conexión n480	63	0.292972392
Conexión n484	218	0.682635565
Conexión n485	183	0.405838253
Conexión n486	164	0.424328875
Conexión n487	51	0.262184663
Conexión n488	53	0.376017206
Conexión n489	51	0.384031683
Conexión n490	48	0.473719632
Conexión n491	47	0.387549959
Conexión n492	50	0.46715518
Conexión n493	44	0.330504422
Conexión n494	43	0.282012905
Conexión n495	43	0.472235886
Conexión n496	57	0.299154667
Conexión n497	53	0.385358062
Conexión n498	48	0.464412498
Conexión n499	83	0.1641113
Conexión n500	72	0.269659595
Conexión n501	68	0.394339221
Conexión n502	73	0.190031893
Conexión n503	73	0.230441491
Conexión n504	77	0.315891772
Conexión n505	69	0.498336327
Conexión n506	78	0.461478728
Conexión n507	82	0.503619362

ID Nudo	Cota (m)	Demanda Base (l/s)
Conexión n508	80	0.273031745
Conexión n509	60	0.497976631
Conexión n510	60	0.48512874
Conexión n511	49	0.354210636
Conexión n512	47	0.446888559
Conexión n513	44	0.43118558
Conexión n514	45	0.291185153
Conexión n515	49	0.17242927
Conexión n516	43	0.351490435
Conexión n518	50	0.371509766
Conexión n519	48	0.293433253
Conexión n520	49	0.272492201
Conexión n521	46	0.31158666
Conexión n522	43	0.422541636
Conexión n523	42	0.396879574
Conexión n524	41	0.358661874
Conexión n525	41	0.347410134
Conexión n526	42	0.26190365
Conexión n527	45	0.427498696
Conexión n528	39	0.347533779
Conexión n529	40	0.358706836
Conexión n530	38	0.354199396
Conexión n531	39	0.35114198
Conexión n532	40	0.262431954
Conexión n533	37	0.374376093
Conexión n534	37	0.391944995
Conexión n535	43	0.19715837
Conexión n536	37	0.446933521
Conexión n537	42	0.219987826
Conexión n538	46	0.543433213
Conexión n539	49	0.548322831
Conexión n540	52	0.489681142
Conexión n541	53	0.318072429
Conexión n542	51	0.496920024
Conexión n543	51	0.488174915
Conexión n545	45	0.457072452
Conexión n546	47	0.454577061
Conexión n547	44	0.242637433
Conexión n549	88	0.294568543
Conexión n551	88	0.340452264
Conexión n552	37	0.402814558

ID Nudo	Cota (m)	Demanda Base (l/s)
Conexión n553	38	0.264185472
Conexión n554	39	0.289521559
Conexión n555	44	0.292365405
Conexión n556	63	0.42015865
Conexión n557	74	0.423823053
Conexión n560	134	0.289218065
Conexión n561	84	0.0966683
Conexión n562	84	0.38914611
Conexión n564	150	0.388584085
Conexión n565	63	0.525324768
Conexión n566	58	0.44623661
Conexión n567	61	0.365518579
Conexión n568	62	0.285160245
Conexión n569	74	0.215750157
Conexión n570	83	0.072085327
Conexión n571	69	0.522199909
Conexión n572	66	0.267254128
Conexión n573	72	0.280461716
Conexión n574	97	0.14073106
Conexión n575	84	0.063351458
Conexión n576	79	0.233206654
Conexión n577	74	0.328042752
Conexión n578	105	0.15421966
Conexión n579	43	0.149521131
Conexión n580	41	0.278944248
Conexión n581	41	0.248572417
Conexión n582	39	0.303639627
Conexión n583	40	0.225293342
Conexión n584	37	0.20974773
Conexión n585	37	0.257890792
Conexión n586	37	0.248684822
Conexión n587	37	0.258902437
Conexión n588	38	0.30259426
Conexión n589	38	0.137673644
Conexión n590	37	0.293017354
Conexión n591	37	0.353300156
Conexión n592	37	0.263960662
Conexión n593	45	0.229879466
Conexión n594	54	0.153882445
Conexión n595	52	0.242311459
Conexión n596	39	0.462602778

ID Nudo	Cota (m)	Demanda Base (l/s)
Conexión n598	39	0.266961875
Conexión n599	71	0.34373449
Conexión n600	76	0.348882639
Conexión n602	84	0.109223939
Conexión n603	76	0.244008774
Conexión n604	76	0.674733494
Conexión n605	92	0.183298834
Conexión n606	96	0.033575374
Conexión n607	95	0.110629001
Conexión n608	103	0.055055969
Conexión n609	59	0.284024954
Conexión n610	56	0.295861201
Conexión n611	57	0.158502291
Conexión n612	57	0.205363935
Conexión n613	56	0.331752117
Conexión n614	58	0.210039983
Conexión n616	56	0.224169292
Conexión n619	54	0.381232798
Conexión n620	53	0.315880531
Conexión n622	50	0.344701173
Conexión n624	94	0.234049691
Conexión n625	91	0.205161606
Conexión n626	188	0.386954213
Conexión n627	195	0.211456286
Conexión n628	197	0.038195219
Conexión n629	196	0.093206226
Conexión n631	37	0.187963641
Conexión n632	45	0.181387949
Conexión n633	47	0.275987997
Conexión n636	52	0.359167697
Conexión n637	43	0.28820642
Conexión n639	49	0.286677712
Conexión n646	75	0.409884833
Conexión n649	247	0.167314843
Conexión n677	147	0.257855946
Conexión n678	148	0.011251741
Conexión n682	151	0.239488969
Conexión n686	145	0.133570862
Conexión n692	135	0.137280227
Conexión n695	152	0.133379773
Conexión n697	149	0.075434996

ID Nudo	Cota (m)	Demanda Base (l/s)
Conexión n701	137	0.08070679
Conexión n704	155	0.084326231
Conexión n709	115	0.272391037
Conexión n711	140	0.134593747
Conexión n712	142	0.124241247
Conexión n713	74	0.058776575
Conexión 1	185	0.035553702
Conexión 2	114	0.547929413
Conexión 8	150	0.087057673
Conexión 9	150	0.106233966
Conexión 3	23	0.00112405
Conexión 6	23	0.072512466

Fuente: EPANET. (s.f.). Tabla de resultados de demanda y presión en los nodos. Recuperado el 15 de septiembre, 2024, de: EPANET v2.00.12

Tabla Anexo A 2 Resultados del análisis hecho por el software EPANET de la red actual.

Nodo	Cota (m)	Demanda Base (LPS)	Demanda (LPS)	Altura (m)	Presión (m)
n1	23	0.1658004	0.17	143.47	120.47
n5	29	0.9135948	0.91	140.35	111.35
n13	85	0.92734392	0.93	126.36	41.36
n16	133	0.140069904	0.14	166.37	33.37
n17	132	0.155061504	0.16	165.77	33.77
n18	88	0.32919768	0.33	100.23	12.23
n24	110	0.19390872	0.19	123	13
n30	85	0.32834208	0.33	122.84	37.84
n33	95	0.61410504	0.61	122.74	27.74
n34	95	0.23779728	0.24	121.93	26.93
n37	100	0.22992576	0.23	120.33	20.33
n40	108	0.08702568	0.09	116.44	8.44
n41	108	0.0069564	0.01	116.1	8.1
n43	108	0.356779992	0.36	209.17	101.17
n50	138	0.52209456	0.52	209.05	71.05
n52	199	0.11467272	0.11	209	10
n53	198	0.1816104	0.18	208.99	10.99
n58	167	0.29304672	0.29	206.39	39.39
n62	150	0.18007032	0.18	205.13	55.13
n69	162	0.1839912	0.18	294.96	132.96
n79	213	0.52412568	0.52	289.85	76.85

Nodo	Cota (m)	Demanda Base (LPS)	Demanda (LPS)	Altura (m)	Presión (m)
n87	280	0.33782808	0.34	290	10
n88	282	0.30998016	0.31	290	8
n93	110	0.12027504	0.12	123	13
n95	85	0.21201024	0.21	123.1	38.1
n96	83	0.22898832	0.23	123.18	40.18
n97	76	0.21860208	0.22	123.22	47.22
n98	85	0.32240496	0.32	123.26	38.26
n99	72	0.337776	0.34	123.23	51.23
n100	72	0.24110064	0.24	123.22	51.22
n101	72	0.21581208	0.22	123.21	51.21
n103	61	0.14343576	0.14	123.19	62.19
n104	59	0.13441104	0.13	123.19	64.19
n105	59	0.26741592	0.27	123.18	64.18
n108	49	0.25409832	0.25	123.17	74.17
n109	49	0.27804024	0.28	123.16	74.16
n110	59	0.245892	0.25	123.16	64.16
n111	56	0.37885224	0.38	123.16	67.16
n115	53	0.22677864	0.23	123.15	70.15
n116	53	0.013764	0.01	123.15	70.15
n118	147	0.11291688	0.11	204.43	57.43
n119	142	0.20678736	0.21	204.53	62.53
n120	113	0.24884568	0.25	204.55	91.55
n121	124	0.313340064	0.31	204.55	80.55
n122	116	0.17507808	0.18	205.19	89.19
n123	114	0.1255128	0.13	205.62	91.62
n125	108	0.13413576	0.13	207.96	99.96
n126	108	0.01688136	0.02	208.69	100.69
n128	108	0.014071272	0.01	209.17	101.17
n129	198	0.1055736	0.11	208.77	10.77
n130	140	0.12430752	0.12	175.93	35.93
n131	137	0.16165632	0.16	169.84	32.84
n132	118	0.468856152	0.47	161.13	43.13
n149	108	0.20472648	0.2	196.25	88.25
n151	105	0.1565376	0.16	171.86	66.86
n152	106	0.09358776	0.09	171.85	65.85
n155	103	0.05232552	0.05	171.85	68.85
n156	101	0.11284992	0.11	143.27	42.27
n157	108	0.3795144	0.38	196.41	88.41

Nodo	Cota (m)	Demanda Base (LPS)	Demanda (LPS)	Altura (m)	Presión (m)
n161	114	0.30646104	0.31	196.44	82.44
n162	116	0.53544192	0.54	194.42	78.42
n176	115	0.26669424	0.27	197.15	82.15
n177	115	0.3186924	0.32	199.06	84.06
n178	112	0.29548704	0.3	199.1	87.1
n182	116	0.34968744	0.35	202.91	86.91
n183	118	0.38812992	0.39	201.72	83.72
n184	116	0.2195544	0.22	200.25	84.25
n185	125	0.3930552	0.39	203.3	78.3
n186	124	0.35668104	0.36	204.04	80.04
n187	134	0.34508952	0.35	204.63	70.63
n188	135	0.3806304	0.38	204.53	69.53
n189	137	0.2317188	0.23	203.54	66.54
n190	128	0.16309224	0.16	202.81	74.81
n191	129	0.27685728	0.28	203.08	74.08
n192	126	0.40932648	0.41	201.24	75.24
n193	126	0.27559248	0.28	201.99	75.99
n194	126	0.37386	0.37	200.25	74.25
n195	124	0.2734572	0.27	199.57	75.57
n196	120	0.17341152	0.17	199.1	79.1
n200	150	0.28321104	0.28	200.53	50.53
n201	147	0.15562248	0.16	200.44	53.44
n202	145	0.27897024	0.28	200.39	55.39
n207	137	0.31384152	0.31	199.64	62.64
n208	135	0.22491864	0.22	199.57	64.57
n210	126	0.28375416	0.28	199.24	73.24
n211	126	0.22389936	0.22	198.93	72.93
n212	125	0.12150264	0.12	198.84	73.84
n213	132	0.342798	0.34	198.69	66.69
n217	145	0.2510628	0.25	199	54
n220	140	0.31212288	0.31	199.16	59.16
n224	118	0.18300168	0.18	198.3	80.3
n225	120	0.1822428	0.18	198.96	78.96
n227	144	0.39715464	0.4	200.13	56.13
n249	171	0.53472768	0.53	200.13	29.13
n250	175	0.10193544	0.1	200.09	25.09
n251	181	0.19814208	0.2	200.08	19.08
n253	191	0.40716144	0.41	200.01	9.01

Nodo	Cota (m)	Demanda Base (LPS)	Demanda (LPS)	Altura (m)	Presión (m)
n256	201	0.16074864	0.16	200.01	-0.99
n257	213	0.04774992	0.05	200.01	-12.99
n260	212	0.05901408	0.06	200.01	-11.99
n267	226	0.57387696	0.57	199.96	-26.04
n268	248	0.085932	0.09	199.96	-48.04
n276	268	0.2398656	0.24	199.95	-68.05
n283	156	0.39862032	0.4	200.39	44.39
n285	174	0.28389552	0.28	200.43	26.43
n289	180	0.10246368	0.1	200.43	20.43
n290	179	0.12165144	0.12	200.09	21.09
n292	185	0.04033224	0.04	200.09	15.09
n295	158	0.13234272	0.13	200.49	42.49
n296	146	0.16641048	0.17	203.75	57.75
n297	147	0.10183128	0.1	205.64	58.64
n298	145	0.27994488	0.28	207.55	62.55
n299	151	0.15403776	0.15	221.04	70.04
n300	156	0.08788872	0.09	245.13	89.13
n301	166	0.14388216	0.14	285.65	119.65
n302	168	0.21532104	0.22	285.16	117.16
n303	161	0.14296704	0.14	283.65	122.65
n305	143	0.2928012	0.29	206.47	63.47
n307	150	0.17603784	0.18	208.82	58.82
n310	148	0.39734808	0.4	203.58	55.58
n316	188	0.16057752	0.16	203.58	15.58
n317	197	0.19157256	0.19	245.13	48.13
n322	158	0.2671704	0.27	245.13	87.13
n323	170	0.29245152	0.29	283.36	113.36
n324	159	0.16038408	0.16	273.29	114.29
n329	192	0.37600272	0.38	285.85	93.85
n330	187	0.2598048	0.26	286.81	99.81
n337	223	0.16002696	0.16	285.85	62.85
n342	123	0.3322518	0.33	199.86	76.86
n350	96	0.27466992	0.27	145.41	49.41
n351	100	0.23226192	0.23	143.83	43.83
n357	123	0.1081032	0.11	143.83	20.83
n360	94	0.28396992	0.28	137.27	43.27
n365	103	0.15124032	0.15	137.27	34.27
n372	128	0.206713704	0.21	202.9	74.9

Nodo	Cota (m)	Demanda Base (LPS)	Demanda (LPS)	Altura (m)	Presión (m)
n377	130	0.0209436	0.02	202.9	72.9
n381	116	0.527580072	0.53	140.37	24.37
n384	92	0.11976912	0.12	127.31	35.31
n385	241	0.44849064	0.45	148	-93
n394	173	0.603148896	0.6	148.02	-24.98
n395	173	0.25130832	0.25	148.02	-24.98
n402	197	0.20201088	0.2	148.02	-48.98
n406	177	0.15810744	0.16	148.02	-28.98
n407	182	0.02133048	0.02	148.02	-33.98
n408	174	0.03728184	0.04	148.02	-25.98
n410	170	0.221298336	0.22	148.05	-21.95
n413	160	0.16646256	0.17	148.14	-11.86
n416	168	0.0821376	0.08	148.14	-19.86
n417	171	0.09875856	0.1	148.05	-22.95
n421	174	0.03234912	0.03	148.02	-25.98
n425	142	0.20700312	0.21	148.32	6.32
n426	144	0.51573336	0.52	148.01	4.01
n429	147	0.08396784	0.08	148.01	1.01
n430	112	0.4463256	0.45	146.97	34.97
n438	167	0.10979952	0.11	148.01	-18.99
n442	139	0.28010112	0.28	148.74	9.74
n443	141	0.10320768	0.1	148.49	7.49
n445	100	0.19817928	0.2	134.47	34.47
n446	101	0.18429624	0.18	134.11	33.11
n447	101	0.29757768	0.3	134.83	33.83
n448	93	0.38781744	0.39	131.26	38.26
n449	92	0.31387872	0.31	130.28	38.28
n450	133	0.1758816	0.18	133.79	0.79
n454	92	0.27422352	0.27	130.09	38.09
n457	100	0.3014316	0.3	134.85	34.85
n459	87	0.26216328	0.26	127.17	40.17
n460	88	0.23680776	0.24	128.31	40.31
n462	90	0.15475944	0.15	127.19	37.19
n465	112	0.15643344	0.16	137.75	25.75
n466	107	0.23857104	0.24	139.84	32.84
n472	105	0.24448584	0.24	133.79	28.79
n473	104	0.02545968	0.03	133.79	29.79
n474	99	0.14914968	0.15	133.8	34.8

Nodo	Cota (m)	Demanda Base (LPS)	Demanda (LPS)	Altura (m)	Presión (m)
n475	75	0.22319256	0.22	123.22	48.22
n476	77	0.29341128	0.29	123.24	46.24
n477	81	0.34255248	0.34	123.25	42.25
n478	61	0.30190032	0.3	123.19	62.19
n479	62	0.23621256	0.24	123.2	61.2
n480	63	0.19391616	0.19	123.2	60.2
n484	218	0.4518312	0.45	289.86	71.86
n485	183	0.2686212	0.27	289.65	106.65
n486	164	0.28086	0.28	291.36	127.36
n487	51	0.173538	0.17	123.15	72.15
n488	53	0.24888288	0.25	123.15	70.15
n489	51	0.2541876	0.25	123.14	72.14
n490	48	0.31355136	0.31	123.14	75.14
n491	47	0.25651632	0.26	123.14	76.14
n492	50	0.3092064	0.31	123.16	73.16
n493	44	0.21875832	0.22	123.12	79.12
n494	43	0.18666216	0.19	123.11	80.11
n495	43	0.31256928	0.31	123.11	80.11
n496	57	0.19800816	0.2	123.15	66.15
n497	53	0.25506552	0.26	123.15	70.15
n498	48	0.30739104	0.31	123.16	75.16
n499	83	0.108624	0.11	123.15	40.15
n500	72	0.1784856	0.18	123.22	51.22
n501	68	0.26101008	0.26	123.21	55.21
n502	73	0.12578064	0.13	123.22	50.22
n503	73	0.15252744	0.15	123.23	50.23
n504	77	0.20908632	0.21	123.24	46.24
n505	69	0.32984496	0.33	123.21	54.21
n506	78	0.3054492	0.31	123.24	45.24
n507	82	0.33334176	0.33	124.64	42.64
n508	80	0.1807176	0.18	123.2	43.2
n509	60	0.32960688	0.33	123.18	63.18
n510	60	0.32110296	0.32	123.19	63.19
n511	49	0.23444928	0.23	123.13	74.13
n512	47	0.29579208	0.3	123.13	76.13
n513	44	0.2853984	0.29	123.11	79.11
n514	45	0.1927332	0.19	123.11	78.11
n515	49	0.1141296	0.11	123.1	74.1

Nodo	Cota (m)	Demanda Base (LPS)	Demanda (LPS)	Altura (m)	Presión (m)
n516	43	0.2326488	0.23	123.1	80.1
n518	50	0.24589944	0.25	123.14	73.14
n519	48	0.1942212	0.19	123.12	75.12
n520	49	0.18036048	0.18	123.13	74.13
n521	46	0.2062368	0.21	123.14	77.14
n522	43	0.27967704	0.28	123.13	80.13
n523	42	0.26269152	0.26	123.12	81.12
n524	41	0.23739552	0.24	123.11	82.11
n525	41	0.22994808	0.23	123.12	82.12
n526	42	0.173352	0.17	123.13	81.13
n527	45	0.28295808	0.28	123.14	78.14
n528	39	0.23002992	0.23	123.11	84.11
n529	40	0.23742528	0.24	123.11	83.11
n530	38	0.23444184	0.23	123.11	85.11
n531	39	0.23241816	0.23	123.11	84.11
n532	40	0.17370168	0.17	123.11	83.11
n533	37	0.24779664	0.25	123.1	86.1
n534	37	0.25942536	0.26	123.11	86.11
n535	43	0.1304976	0.13	123.11	80.11
n536	37	0.29582184	0.3	123.1	86.1
n537	42	0.14560824	0.15	123.11	81.11
n538	46	0.35969424	0.36	123.15	77.15
n539	49	0.36293064	0.36	123.15	74.15
n540	52	0.32411616	0.32	123.15	71.15
n541	53	0.21052968	0.21	123.16	70.16
n542	51	0.32890752	0.33	123.16	72.16
n543	51	0.3231192	0.32	123.16	72.16
n545	45	0.30253272	0.3	123.14	78.14
n546	47	0.30088104	0.3	123.14	76.14
n547	44	0.16059984	0.16	123.13	79.13
n549	88	0.19497264	0.19	124.79	36.79
n551	88	0.22534272	0.23	125.43	37.43
n552	37	0.26661984	0.27	123.1	86.1
n553	38	0.17486232	0.17	123.11	85.11
n554	39	0.19163208	0.19	123.11	84.11
n555	44	0.1935144	0.19	123.11	79.11
n556	63	0.27809976	0.28	121.5	58.5
n557	74	0.2805252	0.28	116.64	42.64

Nodo	Cota (m)	Demanda Base (LPS)	Demanda (LPS)	Altura (m)	Presión (m)
n560	134	0.1914312	0.19	100.23	-33.77
n561	84	0.063984	0.06	86.37	2.37
n562	84	0.2575728	0.26	137.78	53.78
n564	150	0.2572008	0.26	137.78	-12.22
n565	63	0.3477084	0.35	123.27	60.27
n566	58	0.29536056	0.3	123.38	65.38
n567	61	0.24193392	0.24	123.18	62.18
n568	62	0.18874536	0.19	123.16	61.16
n569	74	0.14280336	0.14	123.16	49.16
n570	83	0.04771272	0.05	123.16	40.16
n571	69	0.34564008	0.35	123.95	54.95
n572	66	0.17689344	0.18	124.18	58.18
n573	72	0.18563544	0.19	125.19	53.19
n574	97	0.0931488	0.09	125.19	28.19
n575	84	0.04193184	0.04	137.7	53.7
n576	79	0.15435768	0.15	128.98	49.98
n577	74	0.21712896	0.22	127.12	53.12
n578	105	0.1020768	0.1	127.12	22.12
n579	43	0.09896688	0.1	123.13	80.13
n580	41	0.18463104	0.18	123.11	82.11
n581	41	0.16452816	0.16	123.11	82.11
n582	39	0.20097672	0.2	123.11	84.11
n583	40	0.14911992	0.15	123.11	83.11
n584	37	0.1388304	0.14	123.11	86.11
n585	37	0.17069592	0.17	123.11	86.11
n586	37	0.16460256	0.16	123.1	86.1
n587	37	0.17136552	0.17	123.1	86.1
n588	38	0.2002848	0.2	123.1	85.1
n589	38	0.09112512	0.09	123.1	85.1
n590	37	0.19394592	0.19	123.11	86.11
n591	37	0.23384664	0.23	123.11	86.11
n592	37	0.17471352	0.17	123.1	86.1
n593	45	0.15215544	0.15	123.12	78.12
n594	54	0.1018536	0.1	123.15	69.15
n595	52	0.16038408	0.16	123.15	71.15
n596	39	0.3061932	0.31	123.11	84.11
n598	39	0.1767	0.18	123.1	84.1
n599	71	0.2275152	0.23	123.19	52.19

Nodo	Cota (m)	Demanda Base (LPS)	Demanda (LPS)	Altura (m)	Presión (m)
n600	76	0.23092272	0.23	123.2	47.2
n602	84	0.07229448	0.07	123.2	39.2
n603	76	0.16150752	0.16	123.18	47.18
n604	76	0.44660088	0.45	123.18	47.18
n605	92	0.12132408	0.12	123.18	31.18
n606	96	0.02222328	0.02	123.18	27.18
n607	95	0.07322448	0.07	123.18	28.18
n608	103	0.03644112	0.04	123.18	20.18
n609	59	0.18799392	0.19	123.18	64.18
n610	56	0.19582824	0.2	123.18	67.18
n611	57	0.10491144	0.1	123.18	66.18
n612	57	0.1359288	0.14	123.18	66.18
n613	56	0.21958416	0.22	123.17	67.17
n614	58	0.13902384	0.14	123.18	65.18
n616	56	0.14837592	0.15	123.17	67.17
n619	54	0.25233504	0.25	123.17	69.17
n620	53	0.20907888	0.21	123.15	70.15
n622	50	0.22815504	0.23	123.14	73.14
n624	94	0.15491568	0.15	124.91	30.91
n625	91	0.13579488	0.14	124.82	33.82
n626	188	0.256122	0.26	289.69	101.69
n627	195	0.13996128	0.14	289.68	94.68
n628	197	0.02528112	0.03	289.68	92.68
n629	196	0.06169248	0.06	289.68	93.68
n631	37	0.12441168	0.12	123.1	86.1
n632	45	0.12005928	0.12	123.11	78.11
n633	47	0.18267432	0.18	123.12	76.12
n636	52	0.23773032	0.24	123.17	71.17
n637	43	0.1907616	0.19	123.11	80.11
n639	49	0.18974976	0.19	123.13	74.13
n646	75	0.2712996	0.27	123.17	48.17
n649	247	0.1107444	0.11	289.86	42.86
n677	147	0.170672856	0.17	166.36	19.36
n678	148	0.00744744	0.01	166.36	18.36
n682	151	0.158515896	0.16	166.36	15.36
n686	145	0.08840952	0.09	166.36	21.36
n692	135	0.09086472	0.09	165.77	30.77
n695	152	0.08828304	0.09	205.13	53.13

Nodo	Cota (m)	Demanda Base (LPS)	Demanda (LPS)	Altura (m)	Presión (m)
n697	149	0.04992984	0.05	205.13	56.13
n701	137	0.0534192	0.05	169.84	32.84
n704	155	0.05581488	0.06	245.13	90.13
n709	115	0.18029352	0.18	123.01	8.01
n711	140	0.08908656	0.09	148.64	8.64
n712	142	0.08223432	0.08	148.56	6.56
n713	74	0.03890376	0.04	123.16	49.16
1	185	0.02353272	0.02	206.39	21.39
2	114	0.36267024	0.36	149.44	35.44
8	150	0.0576228	0.06	204.39	54.39
9	150	0.07031544	0.07	310.52	160.52
3	84	0.000744	0	137.78	53.78
6	59	0.04799544	0.05	123.16	64.16

Fuente: EPANET. (s.f.). Tabla de resultados de demanda y presión en los nodos. Recuperado el 15 de septiembre, 2024, de: EPANET v2.00.12

Tabla Anexo A 3 Resultados del análisis hecho con el software EPANET posterior a la aplicación de propuestas

ID Nudo	Cota (m)	Demanda Base (l/s)	Demanda (l/s)	Altura (m)	Presión (m)
Conexión n1	23	0.250494543	0.17	143.47	120.47
Conexión n5	29	1.380277198	0.91	140.35	111.35
Conexión n13	85	1.401049642	0.93	126.36	41.36
Conexión n16	133	0.211620397	0.14	165.95	32.95
Conexión n17	132	0.234270005	0.16	165.35	33.35
Conexión n18	88	0.497358404	0.33	128.4	40.4
Conexión n24	110	0.292961152	0.19	123	21
Conexión n30	85	0.496065746	0.33	122.86	37.86
Conexión n33	95	0.927802111	0.61	122.77	27.77
Conexión n34	95	0.359268861	0.24	121.99	26.99
Conexión n37	100	0.347376412	0.23	120.38	20.38
Conexión n40	108	0.131480129	0.09	116.49	8.49
Conexión n41	108	0.010509868	0.01	116.15	8.15
Conexión n43	108	0.539030309	0.36	209.17	101.17
Conexión n50	138	0.788790847	0.52	209.05	71.05
Conexión n52	199	0.173249827	0.11	209	23
Conexión n53	198	0.274380605	0.18	208.99	10.99
Conexión n58	167	0.442740814	0.29	206.39	39.39
Conexión n62	150	0.272053822	0.18	205.14	55.14
Conexión n69	162	0.277977565	0.18	294.96	132.96
Conexión n79	213	0.791859504	0.52	289.85	76.85
Conexión n87	280	0.510397384	0.34	290	25
Conexión n88	282	0.468324192	0.31	290	28
Conexión n93	110	0.181713923	0.12	123	23
Conexión n95	85	0.320309288	0.21	123.34	38.34
Conexión n96	83	0.345960109	0.23	123.6	40.6
Conexión n97	76	0.330268371	0.22	123.83	47.83
Conexión n98	85	0.487095827	0.32	124.05	39.05
Conexión n99	72	0.5103187	0.34	124.11	52.11
Conexión n100	72	0.364259643	0.24	124.12	52.12
Conexión n101	72	0.326053184	0.22	124.13	52.13
Conexión n103	61	0.2167056	0.14	124.17	63.17
Conexión n104	59	0.203070873	0.13	124.17	65.17
Conexión n105	59	0.404017292	0.27	124.19	65.19
Conexión n108	49	0.383896797	0.25	124.25	75.25
Conexión n109	49	0.420068726	0.28	124.27	75.27

Conexión n110	59	0.371498525	0.25	124.3	65.3
Conexión n111	56	0.572377501	0.38	124.33	68.33
Conexión n115	53	0.342621681	0.23	124.33	71.33
Conexión n116	53	0.020794925	0.01	124.33	71.33
Conexión n118	147	0.170597069	0.11	204.45	57.45
Conexión n119	142	0.312418457	0.21	204.55	62.55
Conexión n120	113	0.375961004	0.25	204.56	91.56
Conexión n121	124	0.473400402	0.31	204.56	80.56
Conexión n122	116	0.264511446	0.18	205.21	89.21
Conexión n123	114	0.189627235	0.13	205.64	91.64
Conexión n125	108	0.202654975	0.13	207.97	99.97
Conexión n126	108	0.025504695	0.02	208.7	100.7
Conexión n128	108	0.021259158	0.01	209.18	101.18
Conexión n129	198	0.159502695	0.11	208.76	10.76
Conexión n130	140	0.187806274	0.12	175.6	35.6
Conexión n131	137	0.244233584	0.16	169.46	32.46
Conexión n132	118	0.708357201	0.47	160.66	42.66
Conexión n149	108	0.309304839	0.2	196.26	88.26
Conexión n151	105	0.23650012	0.16	171.88	66.88
Conexión n152	106	0.14139425	0.09	171.88	65.88
Conexión n155	103	0.079054437	0.05	171.88	68.88
Conexión n156	101	0.170495904	0.11	143.32	42.32
Conexión n157	108	0.573377905	0.38	196.42	88.42
Conexión n161	114	0.463007436	0.31	196.46	82.46
Conexión n162	116	0.808956304	0.54	194.44	78.44
Conexión n176	115	0.402926963	0.27	197.16	82.16
Conexión n177	115	0.481486818	0.32	199.08	84.08
Conexión n178	112	0.446427698	0.3	199.11	87.11
Conexión n182	116	0.528314741	0.35	202.92	86.92
Conexión n183	118	0.586394404	0.39	201.73	83.73
Conexión n184	116	0.331707155	0.22	200.26	84.26
Conexión n185	125	0.593835615	0.39	203.32	78.32
Conexión n186	124	0.538880811	0.36	204.05	80.05
Conexión n187	134	0.521368112	0.35	204.64	70.64
Conexión n188	135	0.57506398	0.38	204.55	69.55
Conexión n189	137	0.350085373	0.23	203.55	66.55
Conexión n190	128	0.246403001	0.16	202.82	74.82
Conexión n191	129	0.418281486	0.28	203.09	74.09
Conexión n192	126	0.618418589	0.41	201.25	75.25
Conexión n193	126	0.416370601	0.28	202	76
Conexión n194	126	0.564835125	0.37	200.26	74.26
Conexión n195	124	0.413144578	0.27	199.59	75.59

Conexión n196	120	0.261993574	0.17	199.11	79.11
Conexión n200	150	0.427880873	0.28	200.54	50.54
Conexión n201	147	0.235117539	0.16	200.46	53.46
Conexión n202	145	0.421473788	0.28	200.41	55.41
Conexión n207	137	0.474158012	0.31	199.66	62.66
Conexión n208	135	0.339811556	0.22	199.59	64.59
Conexión n210	126	0.42870143	0.28	199.25	73.25
Conexión n211	126	0.338271607	0.22	198.94	72.94
Conexión n212	125	0.183568606	0.12	198.85	73.85
Conexión n213	132	0.517906038	0.34	198.7	66.7
Conexión n217	145	0.379310673	0.25	199.01	54.01
Conexión n220	140	0.471561456	0.31	199.18	59.18
Conexión n224	118	0.276482579	0.18	198.31	80.31
Conexión n225	120	0.275336048	0.18	198.97	78.97
Conexión n227	144	0.600029131	0.4	200.15	56.15
Conexión n249	171	0.807877216	0.53	200.14	29.14
Conexión n250	175	0.154006091	0.1	200.11	25.11
Conexión n251	181	0.299356996	0.2	285.61	104.61
Conexión n253	191	0.615147603	0.41	285.54	94.54
Conexión n256	201	0.242862243	0.16	285.54	84.54
Conexión n257	213	0.072141529	0.05	285.54	72.54
Conexión n260	212	0.089159646	0.06	285.54	73.54
Conexión n267	226	0.867024727	0.57	285.49	59.49
Conexión n268	248	0.129827775	0.09	285.49	37.49
Conexión n276	268	0.36239372	0.24	285.48	17.48
Conexión n283	156	0.602243509	0.4	200.41	44.41
Conexión n285	174	0.428914999	0.28	200.45	26.45
Conexión n289	180	0.154804166	0.1	200.45	20.45
Conexión n290	179	0.183793416	0.12	230.77	51.77
Conexión n292	185	0.060934751	0.04	230.77	45.77
Conexión n295	158	0.199946014	0.13	200.5	42.5
Conexión n296	146	0.251416264	0.17	203.76	57.76
Conexión n297	147	0.153848724	0.1	205.66	58.66
Conexión n298	145	0.422946294	0.28	207.56	62.56
Conexión n299	151	0.232723312	0.15	221.05	70.05
Conexión n300	156	0.132784027	0.09	245.14	89.14
Conexión n301	166	0.21738003	0.14	285.65	119.65
Conexión n302	168	0.325311311	0.22	285.16	117.16
Conexión n303	161	0.215997448	0.14	283.65	122.65
Conexión n305	143	0.442369878	0.29	206.48	63.48
Conexión n307	150	0.265961471	0.18	208.83	58.83
Conexión n310	148	0.600321384	0.4	203.59	55.59

Conexión n316	188	0.242603712	0.16	203.59	15.59
Conexión n317	197	0.289431635	0.19	245.14	48.14
Conexión n322	158	0.403646355	0.27	245.14	87.14
Conexión n323	170	0.441841574	0.29	283.37	113.37
Conexión n324	159	0.242311459	0.16	273.3	114.3
Conexión n329	192	0.568072389	0.38	285.85	93.85
Conexión n330	187	0.39251826	0.26	286.81	99.81
Conexión n337	223	0.241771915	0.16	285.85	62.85
Conexión n342	123	0.501972629	0.33	199.9	76.9
Conexión n350	96	0.414976779	0.27	145.7	49.7
Conexión n351	100	0.350905929	0.23	144.13	44.13
Conexión n357	123	0.163324465	0.11	144.13	21.13
Conexión n360	94	0.429027404	0.28	137.61	43.61
Conexión n365	103	0.228496884	0.15	137.61	34.61
Conexión n372	128	0.312307176	0.21	202.92	74.92
Conexión n377	130	0.031642008	0.02	202.92	72.92
Conexión n381	116	0.797078468	0.53	140.68	24.68
Conexión n384	92	0.180949569	0.12	127.7	35.7
Conexión n385	241	0.677588581	0.45	241.94	20.94
Conexión n394	173	0.91124935	0.6	241.97	68.97
Conexión n395	173	0.379681609	0.25	241.97	68.97
Conexión n402	197	0.305202056	0.2	241.96	44.96
Conexión n406	177	0.238871866	0.16	241.97	64.97
Conexión n407	182	0.032226514	0.02	241.97	59.97
Conexión n408	174	0.056326146	0.04	241.97	67.97
Conexión n410	170	0.334341928	0.22	242	72
Conexión n413	160	0.251494947	0.17	242.09	82.09
Conexión n416	168	0.12409512	0.08	242.09	74.09
Conexión n417	171	0.149206397	0.1	242	71
Conexión n421	174	0.048873694	0.03	241.97	67.97
Conexión n425	142	0.312744432	0.21	242.26	100.26
Conexión n426	144	0.77918022	0.52	225	81
Conexión n429	147	0.126860283	0.08	225	78
Conexión n430	112	0.674317595	0.45	150.85	38.85
Conexión n438	167	0.165887299	0.11	225	58
Conexión n442	139	0.423182344	0.28	253.93	114.93
Conexión n443	141	0.155928216	0.1	247.24	106.24
Conexión n445	100	0.299413199	0.2	135.58	35.58
Conexión n446	101	0.278438426	0.18	134.98	33.98
Conexión n447	101	0.449586279	0.3	135.43	34.43
Conexión n448	93	0.585922303	0.39	131.92	38.92
Conexión n449	92	0.474214214	0.31	131.07	39.07

Conexión n450	133	0.26572542	0.18	134.86	21.86
Conexión n454	92	0.414302349	0.27	130.92	38.92
Conexión n457	100	0.455408858	0.3	135.44	35.44
Conexión n459	87	0.396081499	0.26	127.76	40.76
Conexión n460	88	0.357773875	0.24	128.82	40.82
Conexión n462	90	0.233813641	0.15	127.6	37.6
Conexión n465	112	0.236342753	0.16	138.09	26.09
Conexión n466	107	0.360437873	0.24	140.01	33.01
Conexión n472	105	0.369374071	0.24	134.86	29.86
Conexión n473	104	0.038464991	0.03	134.86	30.86
Conexión n474	99	0.225338304	0.15	134.86	35.86
Conexión n475	75	0.33720376	0.22	123.99	48.99
Conexión n476	77	0.443291599	0.29	124.02	47.02
Conexión n477	81	0.517535101	0.34	124.08	43.08
Conexión n478	61	0.456117009	0.3	124.12	63.12
Conexión n479	62	0.356874635	0.24	124.13	62.13
Conexión n480	63	0.292972392	0.19	124.16	61.16
Conexión n484	218	0.682635565	0.45	289.86	71.86
Conexión n485	183	0.405838253	0.27	289.65	106.65
Conexión n486	164	0.424328875	0.28	291.36	127.36
Conexión n487	51	0.262184663	0.17	124.33	73.33
Conexión n488	53	0.376017206	0.25	124.31	71.31
Conexión n489	51	0.384031683	0.25	124.3	73.3
Conexión n490	48	0.473719632	0.31	124.29	76.29
Conexión n491	47	0.387549959	0.26	124.28	77.28
Conexión n492	50	0.46715518	0.31	124.33	74.33
Conexión n493	44	0.330504422	0.22	124.24	80.24
Conexión n494	43	0.282012905	0.19	124.23	81.23
Conexión n495	43	0.472235886	0.31	124.23	81.23
Conexión n496	57	0.299154667	0.2	124.33	67.33
Conexión n497	53	0.385358062	0.26	124.33	71.33
Conexión n498	48	0.464412498	0.31	124.33	76.33
Conexión n499	83	0.1641113	0.11	124.33	41.33
Conexión n500	72	0.269659595	0.18	124.05	52.05
Conexión n501	68	0.394339221	0.26	124.08	56.08
Conexión n502	73	0.190031893	0.13	124.06	51.06
Conexión n503	73	0.230441491	0.15	124.06	51.06
Conexión n504	77	0.315891772	0.21	124.1	47.1
Conexión n505	69	0.498336327	0.33	124.08	55.08
Conexión n506	78	0.461478728	0.31	123.94	45.94
Conexión n507	82	0.503619362	0.33	125.19	43.19
Conexión n508	80	0.273031745	0.18	123.71	43.71

Conexión n509	60	0.497976631	0.33	124.11	64.11
Conexión n510	60	0.48512874	0.32	124.11	64.11
Conexión n511	49	0.354210636	0.23	124.24	75.24
Conexión n512	47	0.446888559	0.3	124.24	77.24
Conexión n513	44	0.43118558	0.29	124.25	80.25
Conexión n514	45	0.291185153	0.19	124.25	79.25
Conexión n515	49	0.17242927	0.11	124.21	75.21
Conexión n516	43	0.351490435	0.23	124.21	81.21
Conexión n518	50	0.371509766	0.25	124.3	74.3
Conexión n519	48	0.293433253	0.19	124.27	76.27
Conexión n520	49	0.272492201	0.18	124.29	75.29
Conexión n521	46	0.31158666	0.21	124.22	78.22
Conexión n522	43	0.422541636	0.28	124.22	81.22
Conexión n523	42	0.396879574	0.26	124.22	82.22
Conexión n524	41	0.358661874	0.24	124.22	83.22
Conexión n525	41	0.347410134	0.23	124.21	83.21
Conexión n526	42	0.26190365	0.17	124.21	82.21
Conexión n527	45	0.427498696	0.28	124.2	79.2
Conexión n528	39	0.347533779	0.23	124.21	85.21
Conexión n529	40	0.358706836	0.24	124.22	84.22
Conexión n530	38	0.354199396	0.23	124.21	86.21
Conexión n531	39	0.35114198	0.23	124.22	85.22
Conexión n532	40	0.262431954	0.17	124.22	84.22
Conexión n533	37	0.374376093	0.25	124.21	87.21
Conexión n534	37	0.391944995	0.26	124.21	87.21
Conexión n535	43	0.19715837	0.13	124.23	81.23
Conexión n536	37	0.446933521	0.3	124.22	87.22
Conexión n537	42	0.219987826	0.15	124.23	82.23
Conexión n538	46	0.543433213	0.36	124.2	78.2
Conexión n539	49	0.548322831	0.36	124.17	75.17
Conexión n540	52	0.489681142	0.32	124.15	72.15
Conexión n541	53	0.318072429	0.21	124.15	71.15
Conexión n542	51	0.496920024	0.33	124.17	73.17
Conexión n543	51	0.488174915	0.32	124.2	73.2
Conexión n545	45	0.457072452	0.3	124.17	79.17
Conexión n546	47	0.454577061	0.3	124.15	77.15
Conexión n547	44	0.242637433	0.16	124.17	80.17
Conexión n549	88	0.294568543	0.19	125.16	37.16
Conexión n551	88	0.340452264	0.23	125.86	37.86
Conexión n552	37	0.402814558	0.27	124.22	87.22
Conexión n553	38	0.264185472	0.17	124.23	86.23
Conexión n554	39	0.289521559	0.19	124.23	85.23

Conexión n555	44	0.292365405	0.19	124.25	80.25
Conexión n556	63	0.42015865	0.28	126.44	63.44
Conexión n557	74	0.423823053	0.28	128.32	54.32
Conexión n560	134	0.289218065	0.19	175.82	41.82
Conexión n561	84	0.0966683	0.06	114.28	30.28
Conexión n562	84	0.38914611	0.26	165.22	81.22
Conexión n564	150	0.388584085	0.26	186.68	36.68
Conexión n565	63	0.525324768	0.35	126.93	63.93
Conexión n566	58	0.44623661	0.3	126.84	68.84
Conexión n567	61	0.365518579	0.24	124.72	63.72
Conexión n568	62	0.285160245	0.19	124.46	62.46
Conexión n569	74	0.215750157	0.14	124.46	50.46
Conexión n570	83	0.072085327	0.05	124.46	41.46
Conexión n571	69	0.522199909	0.35	131.35	62.35
Conexión n572	66	0.267254128	0.18	131.23	65.23
Conexión n573	72	0.280461716	0.19	133.87	61.87
Conexión n574	97	0.14073106	0.09	133.87	36.87
Conexión n575	84	0.063351458	0.04	165	81
Conexión n576	79	0.233206654	0.15	143.56	64.56
Conexión n577	74	0.328042752	0.22	138.85	64.85
Conexión n578	105	0.15421966	0.1	138.85	33.85
Conexión n579	43	0.149521131	0.1	124.18	81.18
Conexión n580	41	0.278944248	0.18	124.2	83.2
Conexión n581	41	0.248572417	0.16	124.2	83.2
Conexión n582	39	0.303639627	0.2	124.21	85.21
Conexión n583	40	0.225293342	0.15	124.2	84.2
Conexión n584	37	0.20974773	0.14	124.21	87.21
Conexión n585	37	0.257890792	0.17	124.21	87.21
Conexión n586	37	0.248684822	0.16	124.21	87.21
Conexión n587	37	0.258902437	0.17	124.21	87.21
Conexión n588	38	0.30259426	0.2	124.22	86.22
Conexión n589	38	0.137673644	0.09	124.22	86.22
Conexión n590	37	0.293017354	0.19	124.21	87.21
Conexión n591	37	0.353300156	0.23	124.21	87.21
Conexión n592	37	0.263960662	0.17	124.21	87.21
Conexión n593	45	0.229879466	0.15	124.26	79.26
Conexión n594	54	0.153882445	0.1	124.33	70.33
Conexión n595	52	0.242311459	0.16	124.33	72.33
Conexión n596	39	0.462602778	0.31	124.24	85.24
Conexión n598	39	0.266961875	0.18	124.22	85.22
Conexión n599	71	0.34373449	0.23	124.15	53.15
Conexión n600	76	0.348882639	0.23	124.14	48.14

Conexión n602	84	0.109223939	0.07	124.14	40.14
Conexión n603	76	0.244008774	0.16	124.15	48.15
Conexión n604	76	0.674733494	0.45	124.15	48.15
Conexión n605	92	0.183298834	0.12	124.15	32.15
Conexión n606	96	0.033575374	0.02	124.15	28.15
Conexión n607	95	0.110629001	0.07	124.15	29.15
Conexión n608	103	0.055055969	0.04	124.15	21.15
Conexión n609	59	0.284024954	0.19	124.19	65.19
Conexión n610	56	0.295861201	0.2	124.17	68.17
Conexión n611	57	0.158502291	0.1	124.16	67.16
Conexión n612	57	0.205363935	0.14	124.14	67.14
Conexión n613	56	0.331752117	0.22	124.13	68.13
Conexión n614	58	0.210039983	0.14	124.13	66.13
Conexión n616	56	0.224169292	0.15	124.13	68.13
Conexión n619	54	0.381232798	0.25	124.13	70.13
Conexión n620	53	0.315880531	0.21	124.14	71.14
Conexión n622	50	0.344701173	0.23	124.14	74.14
Conexión n624	94	0.234049691	0.15	125.22	31.22
Conexión n625	91	0.205161606	0.14	125.18	34.18
Conexión n626	188	0.386954213	0.26	289.69	101.69
Conexión n627	195	0.211456286	0.14	289.69	94.69
Conexión n628	197	0.038195219	0.03	289.69	92.69
Conexión n629	196	0.093206226	0.06	289.69	93.69
Conexión n631	37	0.187963641	0.12	124.22	87.22
Conexión n632	45	0.181387949	0.12	124.23	79.23
Conexión n633	47	0.275987997	0.18	124.25	77.25
Conexión n636	52	0.359167697	0.24	124.22	72.22
Conexión n637	43	0.28820642	0.19	124.25	81.25
Conexión n639	49	0.286677712	0.19	124.28	75.28
Conexión n646	75	0.409884833	0.27	124.15	49.15
Conexión n649	247	0.167314843	0.11	289.86	42.86
Conexión n677	147	0.257855946	0.17	165.95	28.95
Conexión n678	148	0.011251741	0.01	165.95	27.95
Conexión n682	151	0.239488969	0.16	165.94	24.94
Conexión n686	145	0.133570862	0.09	165.94	20.94
Conexión n692	135	0.137280227	0.09	165.35	30.35
Conexión n695	152	0.133379773	0.09	205.14	53.14
Conexión n697	149	0.075434996	0.05	205.14	56.14
Conexión n701	137	0.08070679	0.05	169.46	32.46
Conexión n704	155	0.084326231	0.06	245.14	90.14
Conexión n709	115	0.272391037	0.18	123.01	28.01
Conexión n711	140	0.134593747	0.09	251.5	111.5

Conexión n712	142	0.124241247	0.08	249.27	107.27
Conexión n713	74	0.058776575	0.04	124.46	50.46
Conexión 1	185	0.035553702	0.02	206.39	21.39
Conexión 2	114	0.547929413	0.36	148.79	34.79
Conexión 8	150	0.087057673	0.06	204.41	54.41
Conexión 9	150	0.106233966	0.07	310.53	160.53
Conexión 3	23	0.00112405	0	43.12	20.12
Conexión 6	23	0.072512466	0	43.12	20.12

Fuente: Epanet. (s.f.). Tabla de resultados de demanda y presión en los nodos luego de aplicar las mejoras a la red de distribución. Recuperado el 15 de septiembre, 2024, de: Epanet v2.00.12

ANEXOS B
ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO Y PRESUPUESTO

OBRA: ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO Y PRESUPUESTO REQUERIDOS PARA LA CONTRUCCION DE UN TANQUE AUSTRALIANO PARA EL SECTOR VISTA AL MAR

PRESUPUESTO

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total Bs
1	E011010500 ESTUDIOS PRELIMINARES PARA IMPLANTACION DE PROYECTOS.	m2	289.00	14.83	4,285.87
2	C.S/C REPLANTEO TOPOGRAFICO EN SITIO, SEGUN PROYECTO O ESPECIFICACIONES EXISTENTES	m2	289.00	0.68	196.52
3	ES/C LIMPIEZA Y DESMALEZAMIENTO DEL AREA DE TRABAJO	m2	289.00	0.87	251.43
4	C.100100102 REMOCION ORDINARIA DE TIERRAS DESECHABLES EN LA BASE TERRAPLENES, CON EMPLEO DE MOTOTRAILLAS Y TRACTOR DE EMPUJE, CARGA, TRANSPORTE HASTA 200 M. DE DISTANCIA Y DESCARGA.	m3	40.00	528.72	21,148.80
5	US/C TANQUE AUSTRALIANO PARA ALMAC. DE AGUA NO TRATADA, D= 14 M, 3 ANILLOS, H TOT= 2.70 M, CAP. HASTA 360.000 LTS. INCL. ZAPATA PERIM. Y LOSA DE FUND. NO INCLUYE PREP. DEL SITIO, ENCOFRADOS, INST. DE SERVICIOS, TRANSP. DE MATERIALES NI PINTURA.	und	1.00	9,489.28	9,489.28
6	C.240500109 CONSTRUCCION DE CERCAS DE MALLA CICLON, CALIBRE NRO. 9, SIN ALAMBRE DE PUAS	m	68.00	105.44	7,169.92
7	C.05 S/C COLOCACION TUBERIA HIERRO FUNDIDO-HF DUCTIL JUNTA AUTOMATICA, D=100 MM (4")	m	340.00	4.54	1,543.60
8	ES/C LIMPIEZA FINAL DE LA OBRA.	m2	280.00	3.34	935.20
9	E631010102 SUMINISTRO Y TRANSPORTE DE LLAVE DE PASO, TIPO COMPUERTA, DE BRONCE, DIAMETRO 4 PLG (102 MM).	pza	2.00	774.83	1,549.66
10	E644001102 I.S. VALVULA TIPO FLOTANTE, DE BRONCE, DIAMETRO 4 PLG (102 MM)	pza	1.00	284.57	284.57
Sub-Total:					46,854.85

OBRA:ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO Y PRESUPUESTO REQUERIDOS PARA LA CONSTRUCCION DE ESTACION DE BOMBEO EN SECTOR COLINAS DE VALLE LINDO

PRESUPUESTO

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total Bs
1	E011010500 ESTUDIOS PRELIMINARES PARA IMPLANTACION DE PROYECTOS.	m2	100.00	14.83	1,483.00
2	ES/C LIMPIEZA Y DESMALEZAMIENTO DEL AREA DE TRABAJO	m2	100.00	0.87	87.00
3	C.S/C REPLANTEO TOPOGRAFICO EN SITIO, SEGUN PROYECTO O ESPECIFICACIONES EXISTENTES	m2	100.00	0.68	68.00
4	E334000120 CONCRETO DE F'C 200 KGF/CM2 A LOS 28 DIAS, ACABADO CORRIENTE, PARA LA CONSTRUCCION DE MACHONES, VIGAS DE CORONA, DINTELES, ARRIOSTRAMIENTO DE PAREDES	m3	7.18	284.21	2,040.63
5	E411063415 CONSTRUCCION DE PAREDES DE BLOQUE ORNAMENTAL DE CONCRETO DE CUATRO HUECOS ACABADO OBRA LIMPIA POR LAS DOS CARAS, E=15 CM. NO INCLUYE MACHONES, DINTELES Y BROCALES.	m2	245.00	37.83	9,268.35
6	ES/C CONCRETO DE F'C 210 KG/CM2 A LOS 28 DIAS PARA LA CONSTRUCCION DE PAREDES DE TANQUE DE CONCRETO ARMADO. INCLUYE EL TRANSPORTE DE CEMENTO Y AGREGADOS HASTA 50 KM Y EXCLUYE EL REFUERZO METALICO Y EL ENCOFRADO	m3	64.00	315.80	20,211.20
7	E42 S/C IMPERMEABILIZACION DE MUROS DE ESTANQUE CON FRISO TIPO SIKA 1 O SIMILAR.	m2	80.00	13.17	1,053.60
8	E631010152 SUMINISTRO Y TRANSPORTE DE LLAVE DE PASO, TIPO COMPUERTA, DE BRONCE, DIAMETRO 6 PLG (152 MM).	pza	2.00	2,405.07	4,810.14
9	S/C INSTALACION DE ACCESORIOS DE COBRE (CODOS, ANILLOS, TEE, ETC)	und	9.00	16.78	151.02
10	E3420 S/C ENCOFRADO COLABORANTE TIPO LOSACERO O SIMILAR CAL. 22 EN TECHO. INCLUYE PUENTES DE CORTE, ARANDELAS Y SOLDADURAS S/D, CORREAS DE APOYO Y POSIBLES PERFILES TRANSVERSALES	m2	16.00	131.85	2,109.60
11	E644001102 I.S. VALVULA TIPO FLOTANTE, DE BRONCE, DIAMETRO 4 PLG (102 MM)	pza	1.00	284.57	284.57
12	E7 S/C S/T/C BOMBA CENTRIFUGA KSB 125-400 1750M CAP = 1150 GPM, MOTOR 150HP, 4Ø, 220V, 60HZ INCLUYE BASES DE CONCRETO H=15 CM, 0,90 X 0,41 M.	und	1.00	679,783.63	679,783.63
Sub-Total:					721,350.74

OBRA:ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO Y PRESUPUESTO REQUERIDOS PARA LA CONSTRUCCION DE ESTACION DE BOMBEO EN SECTOR EL LIMON

PRESUPUESTO

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total Bs
1	E011010500 ESTUDIOS PRELIMINARES PARA IMPLANTACION DE PROYECTOS.	m2	100.00	14.83	1,483.00
2	ES/C LIMPIEZA Y DESMALEZAMIENTO DEL AREA DE TRABAJO	m2	100.00	0.87	87.00
3	C.S/C REPLANTEO TOPOGRAFICO EN SITIO, SEGUN PROYECTO O	m2	100.00	0.68	68.00
4	E334000120 CONCRETO DE F'C 200 KG/CM2 A LOS 28 DIAS, ACABADO CORRIENTE, PARA LA CONSTRUCCION DE MACHONES, VIGAS DE	m3	7.18	284.21	2,040.63
5	E411063415 CONSTRUCCION DE PAREDES DE BLOQUE ORNAMENTAL DE CONCRETO DE CUATRO HUECOS ACABADO OBRA LIMPIA POR LAS DOS CARAS, E=15 CM. NO INCLUYE MACHONES, DINTELES Y BROCALES.	m2	245.00	37.83	9,268.35
6	ES/C CONCRETO DE F'C 210 KG/CM2 A LOS 28 DIAS PARA LA CONSTRUCCION DE PAREDES DE TANQUE DE CONCRETO ARMADO. INCLUYE EL TRANSPORTE DE CEMENTO Y AGREGADOS HASTA 50 KM Y EXCLUYE EL REFUERZO METALICO Y EL	m3	64.00	315.80	20,211.20
7	E42 S/C IMPERMEABILIZACION DE MUROS DE ESTANQUE CON FRISO TIPO SIKA 1 O SIMILAR.	m2	80.00	13.17	1,053.60
8	E631010152 SUMINISTRO Y TRANSPORTE DE LLAVE DE PASO, TIPO COMPUERTA, DE BRONCE, DIAMETRO 6 PLG (152 MM).	pza	2.00	2,405.07	4,810.14
9	S/C INSTALACION DE ACCESORIOS DE COBRE (CODOS, ANILLOS, TEE, ETC)	und	9.00	16.78	151.02
10	E3420 S/C ENCOFRADO COLABORANTE TIPO LOSACERO O SIMILAR CAL. 22 EN TECHO. INCLUYE PUENTES DE CORTE, ARANDELAS Y	m2	16.00	131.85	2,109.60
11	E644001102 I.S. VALVULA TIPO FLOTANTE, DE BRONCE, DIAMETRO 4 PLG (102 MM)	pza	1.00	284.57	284.57
12	E7 S/C S/T/C BOMBA CENTRIFUGA KSB 100-400 1750M CAP = 650 GPM, MOTOR 80HP, 6Ø, 220V, 60HZ INCLUYE BASES DE CONCRETO H=15 CM, 0,90 X 0,41 M.	und	1.00	523,184.29	523,184.29
Sub-Total:					564,751.40

ANEXOS C
PLANOS PROPUESTOS PARA LA ESTACIÓN DE BOMBEO

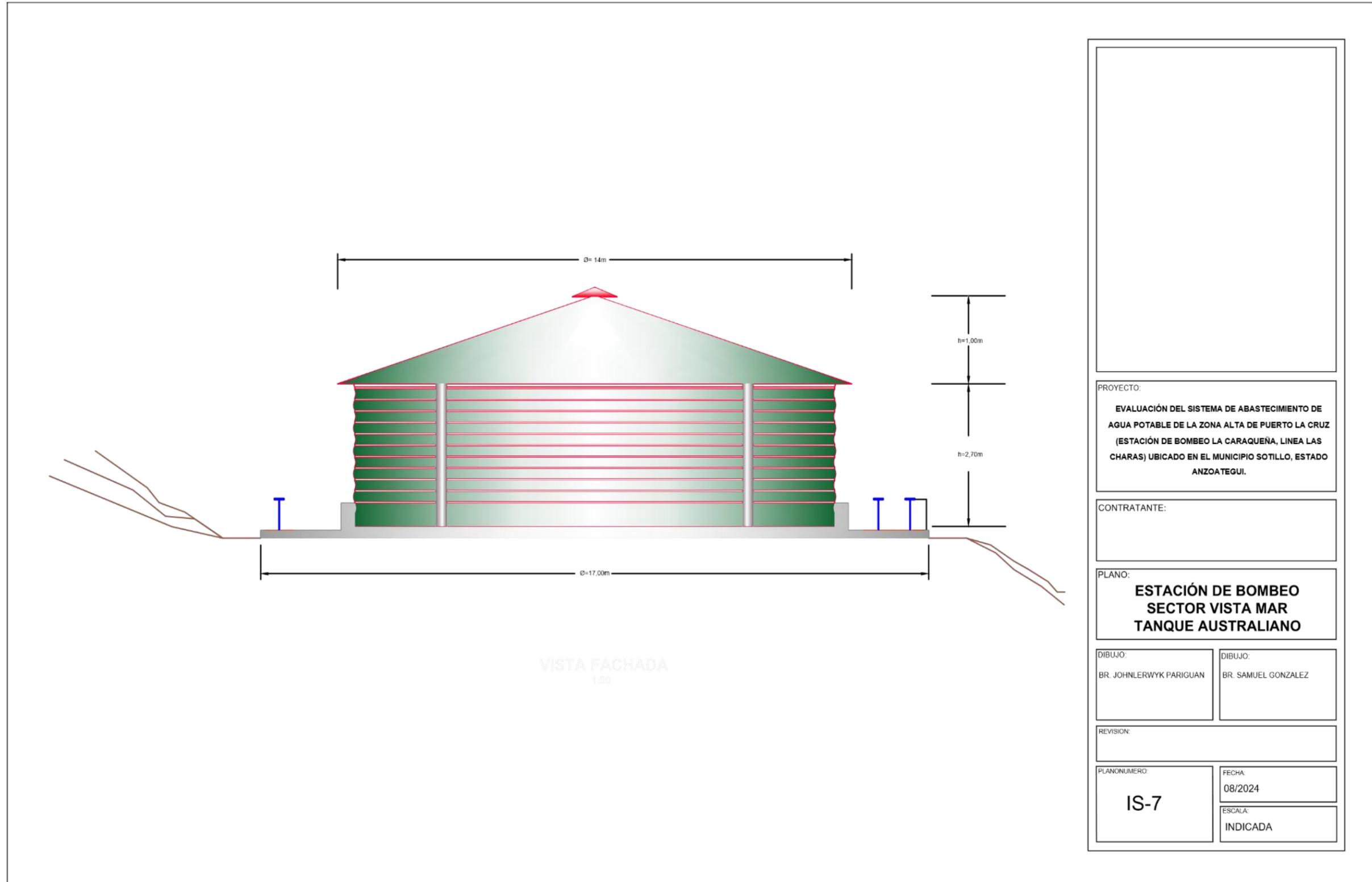


Figura Anexo C 1. Tanque Australiano Sector Vista Mar

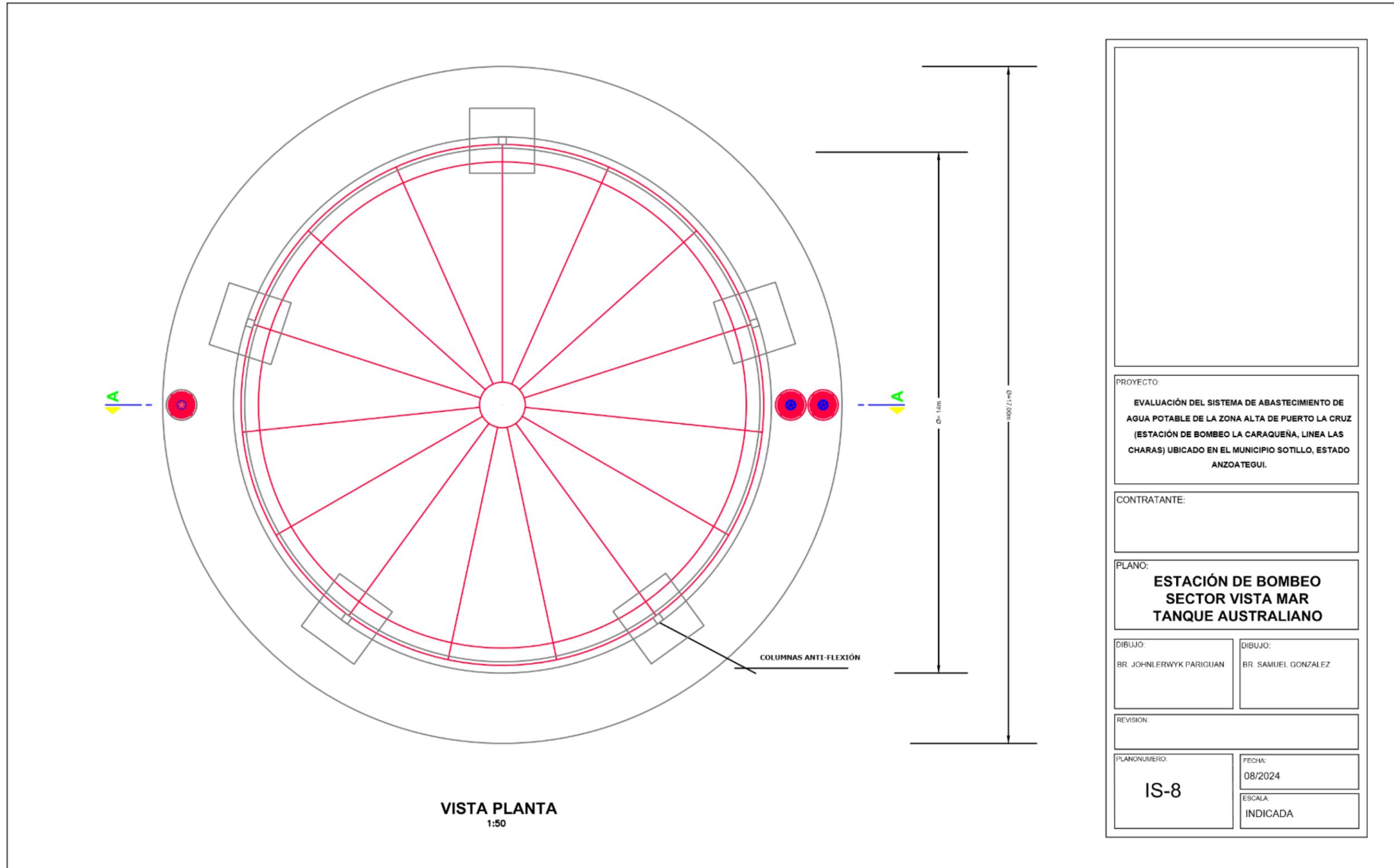
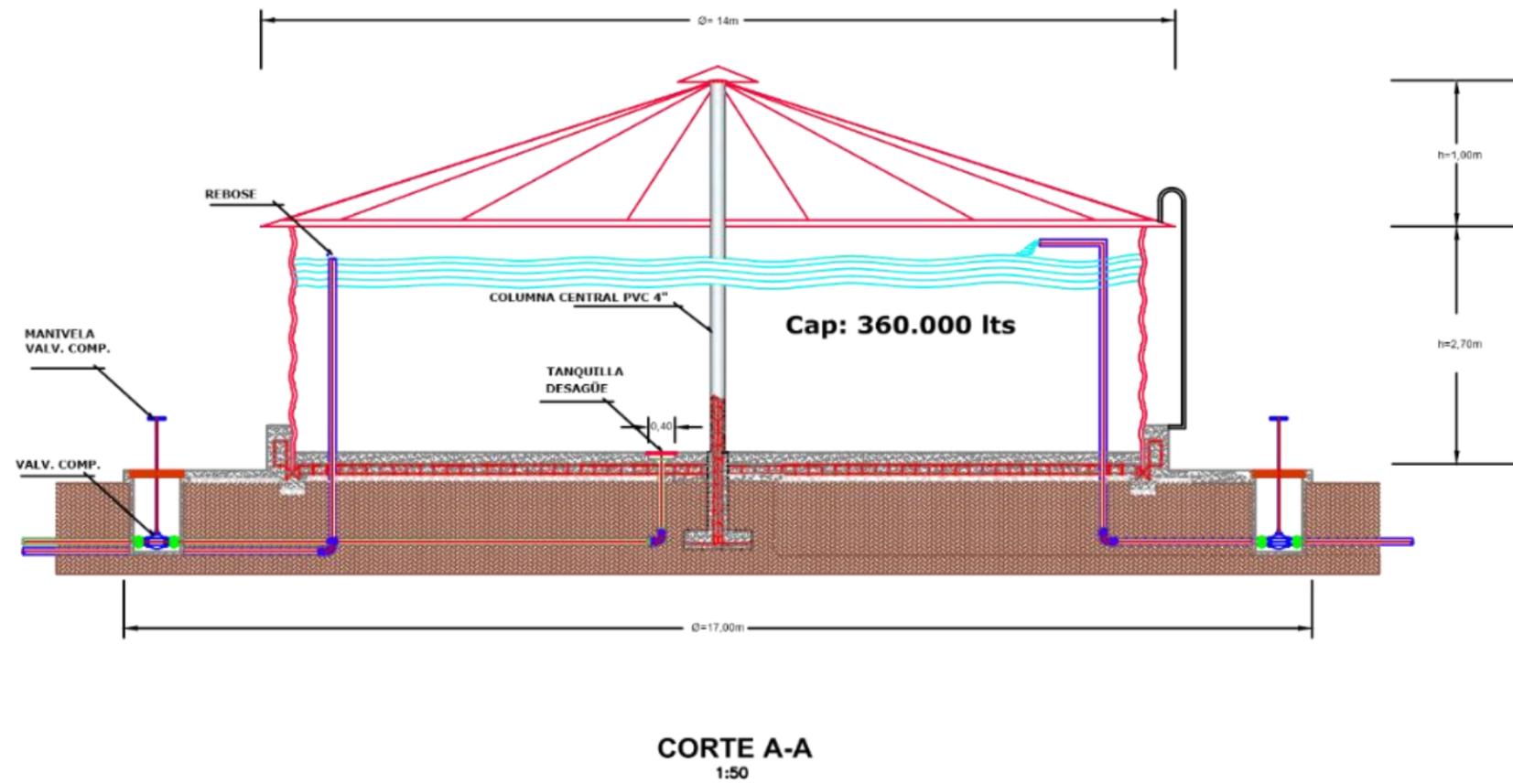
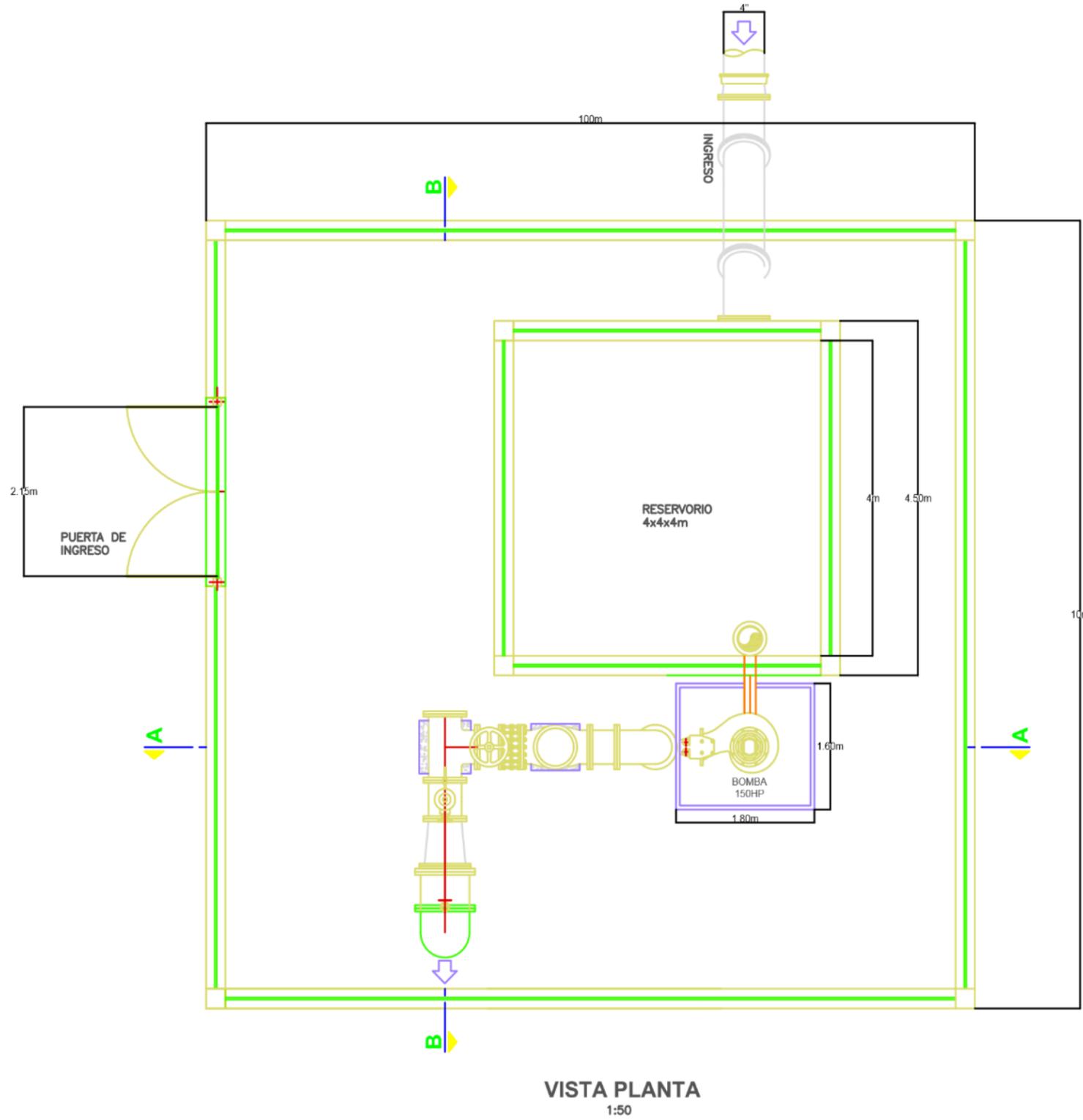


Figura Anexo C 2. Tanque Australiano sector Vista Mar (vista planta)



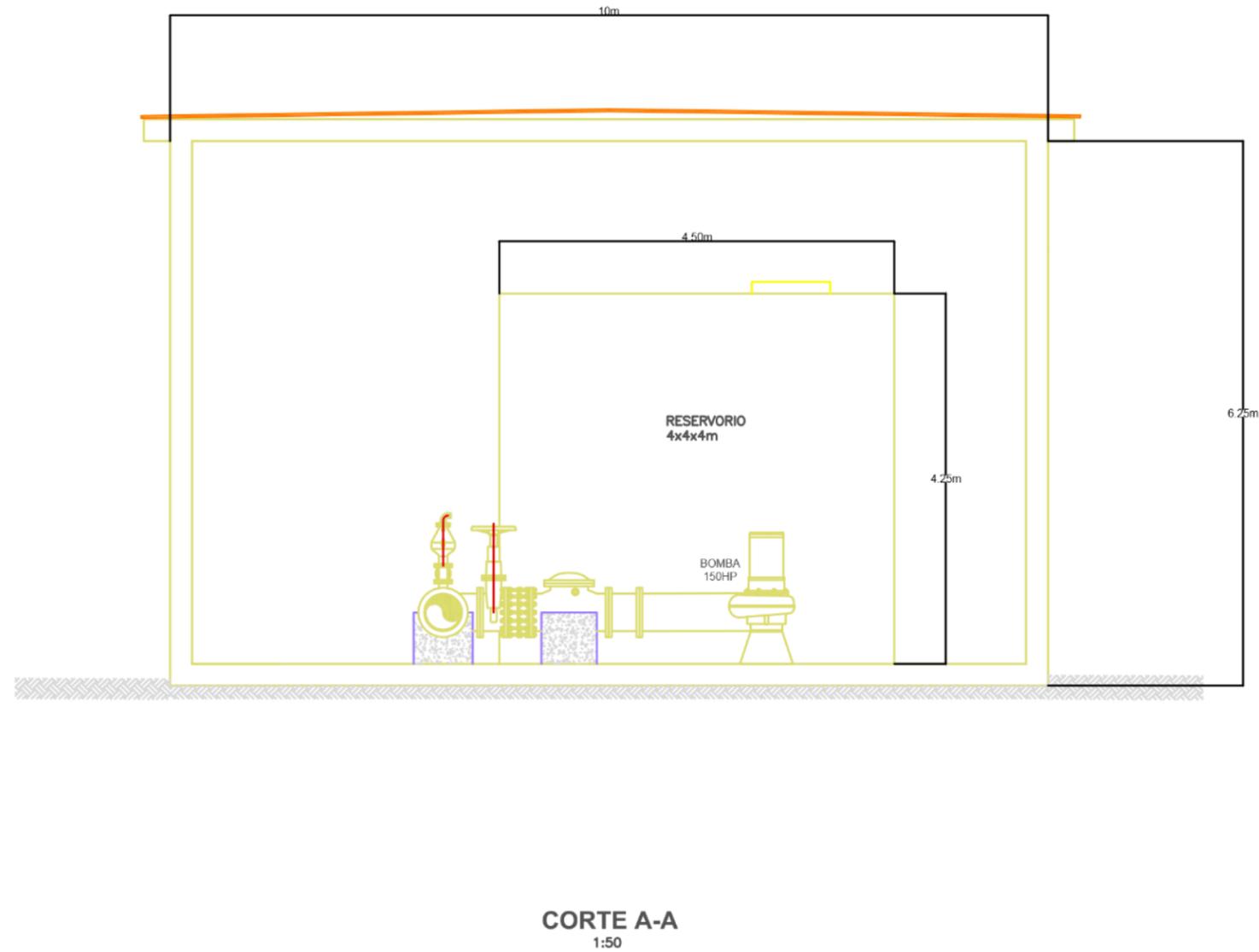
PROYECTO: EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ZONA ALTA DE PUERTO LA CRUZ (ESTACIÓN DE BOMBEO LA CARAQUEÑA, LINEA LAS CHARAS) UBICADO EN EL MUNICIPIO SOTILLO, ESTADO ANZOATEGUI.	
CONTRATANTE:	
PLANO: ESTACIÓN DE BOMBEO SECTOR VISTA MAR TANQUE AUSTRALIANO	
DIBUJO: BR. JOHNLERWYK PARIGUAN	DIBUJO: BR. SAMUEL GONZALEZ
REVISION:	
PLANONUMERO: IS-9	FECHA: 08/2024
ESCALA: INDICADA	

Figura Anexo C 3. Tanque Australiano Sector Vista Mar (Corte A-A)



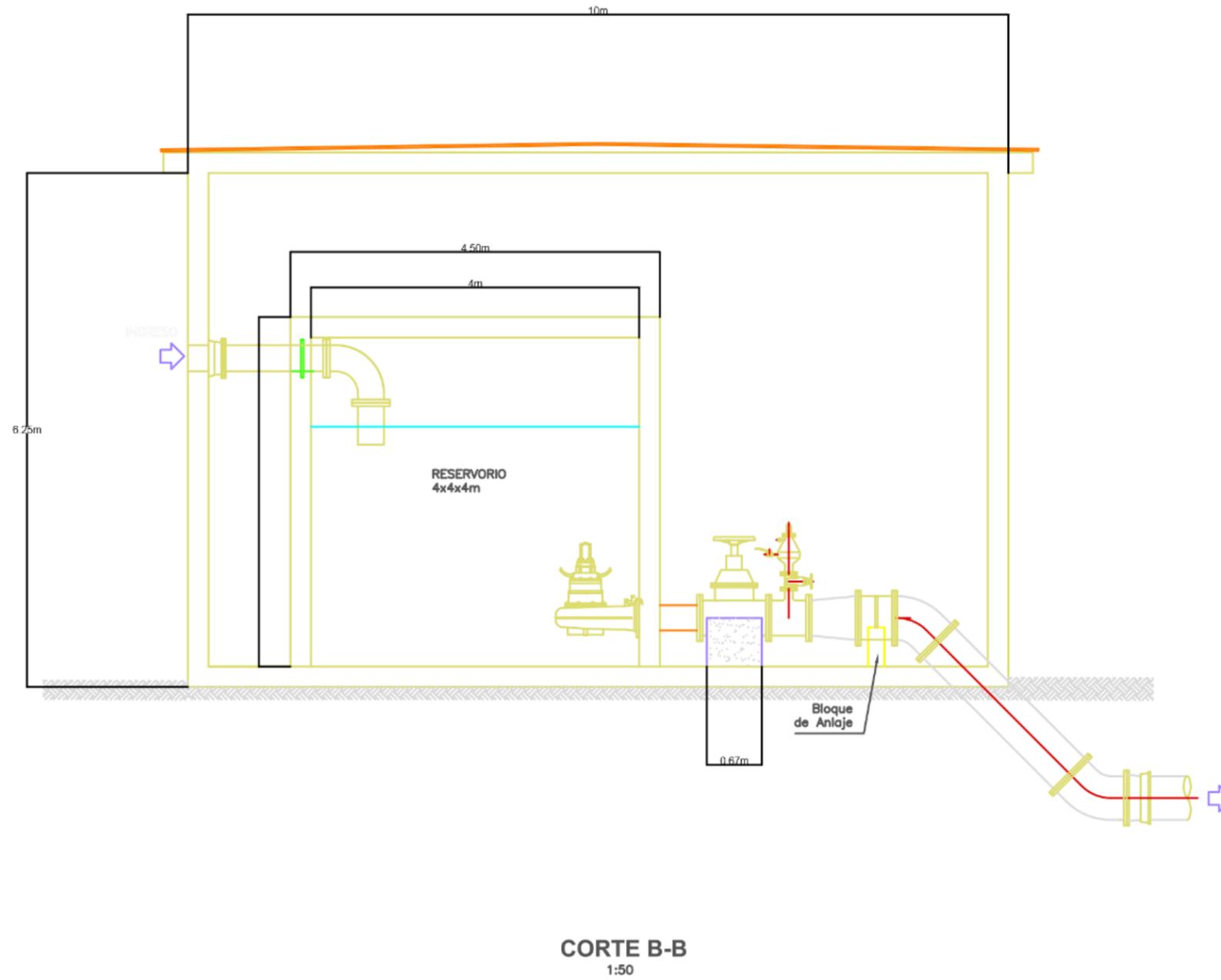
PROYECTO:	
EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ZONA ALTA DE PUERTO LA CRUZ (ESTACIÓN DE BOMBEO LA CARAQUEÑA, LINEA LAS CHARAS) UBICADO EN EL MUNICIPIO SOTILLO, ESTADO ANZOATEGUI.	
CONTRATANTE:	
PLANO: ESTACION DE BOMBEO SECTOR COLINAS DE VALLE LINDO PLANTA	
DIBUJO: BR. JOHNLERWYK PARIGUAN	DIBUJO: BR. SAMUEL GONZALEZ
REVISION:	
PLANONUMERO: IS-1	FECHA: 08/2024
	ESCALA: INDICADA

Figura Anexo C 4. Estación de Bombeo Colinas de Valle Lindo (Vista Planta)



PROYECTO: EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ZONA ALTA DE PUERTO LA CRUZ (ESTACIÓN DE BOMBEO LA CARAQUEÑA, LINEA LAS CHARAS) UBICADO EN EL MUNICIPIO SOTILLO, ESTADO ANZOATEGUI.	
CONTRATANTE:	
PLANO: ESTACION DE BOMBEO SECTOR COLINAS DE VALLE LINDO CORTE A-A	
DIBUJO: BR. JOHNLERWYK PARIGUAN	DIBUJO: BR. SAMUEL GONZALEZ
REVISION:	
PLANONUMERO: IS-2	FECHA: 08/2024
ESCALA: INDICADA	

Figura Anexo C 5. Estación de Bombeo Sector Colinas de Valle Lindo (Corte A-A)



PROYECTO	
EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ZONA ALTA DE PUERTO LA CRUZ (ESTACIÓN DE BOMBEO LA CARAQUEÑA, LINEA LAS CHARAS) UBICADO EN EL MUNICIPIO SOTILLO, ESTADO ANZOATEGUI.	
CONTRATANTE:	
PLANO: ESTACION DE BOMBEO SECTOR COLINAS DE VALLE LINDO CORTE B-B	
DIBUJO: BR. JOHNLERWYK PARIGUAN	DIBUJO: BR. SAMUEL GONZALEZ
REVISION:	
PLANONUMERO: IS-3	FECHA: 08/2024
ESCALA: INDICADA	

Figura Anexo C 6. Estación de Bombeo Sector Colinas de Valle Lindo (Corte B-B)

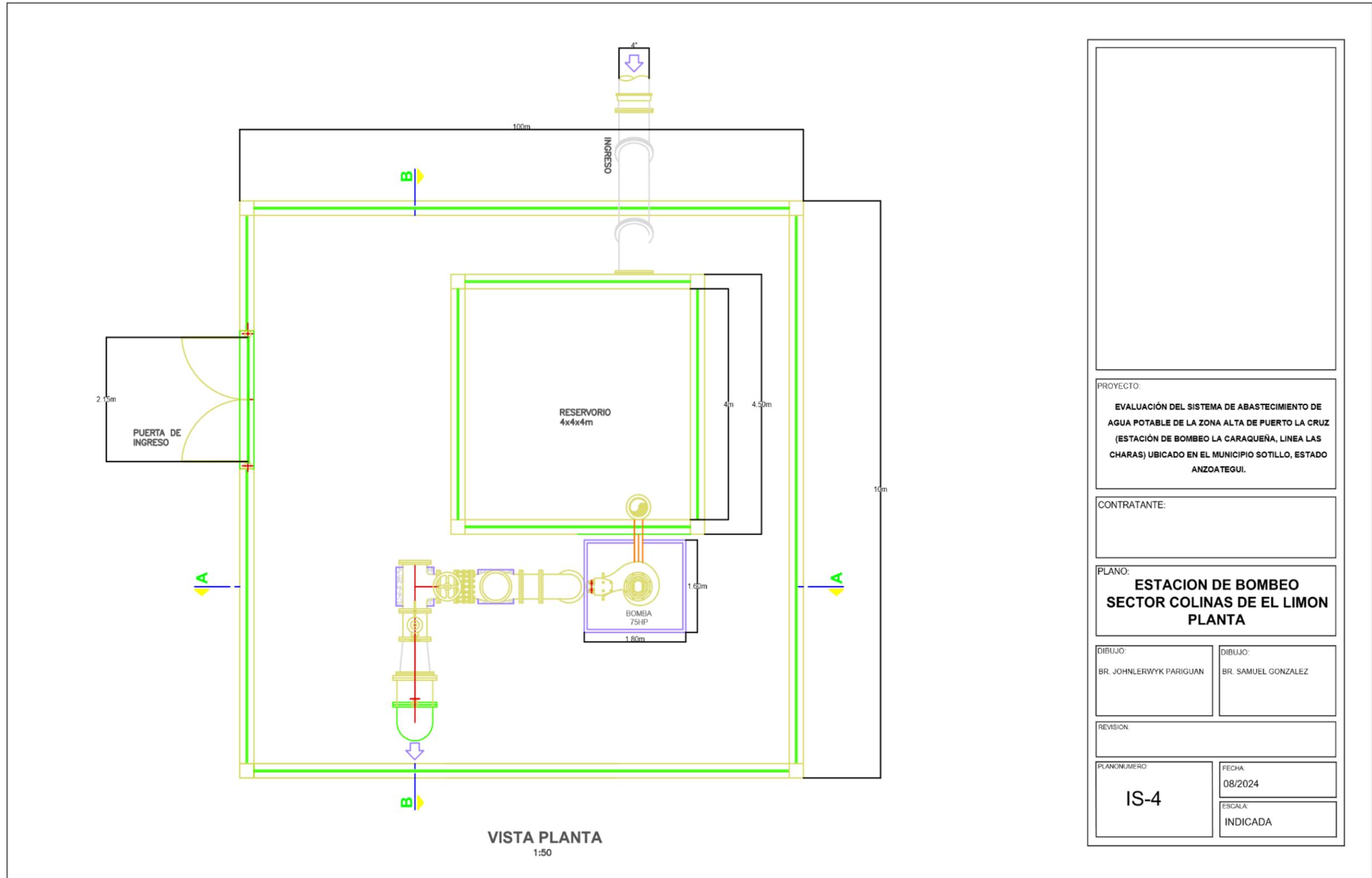
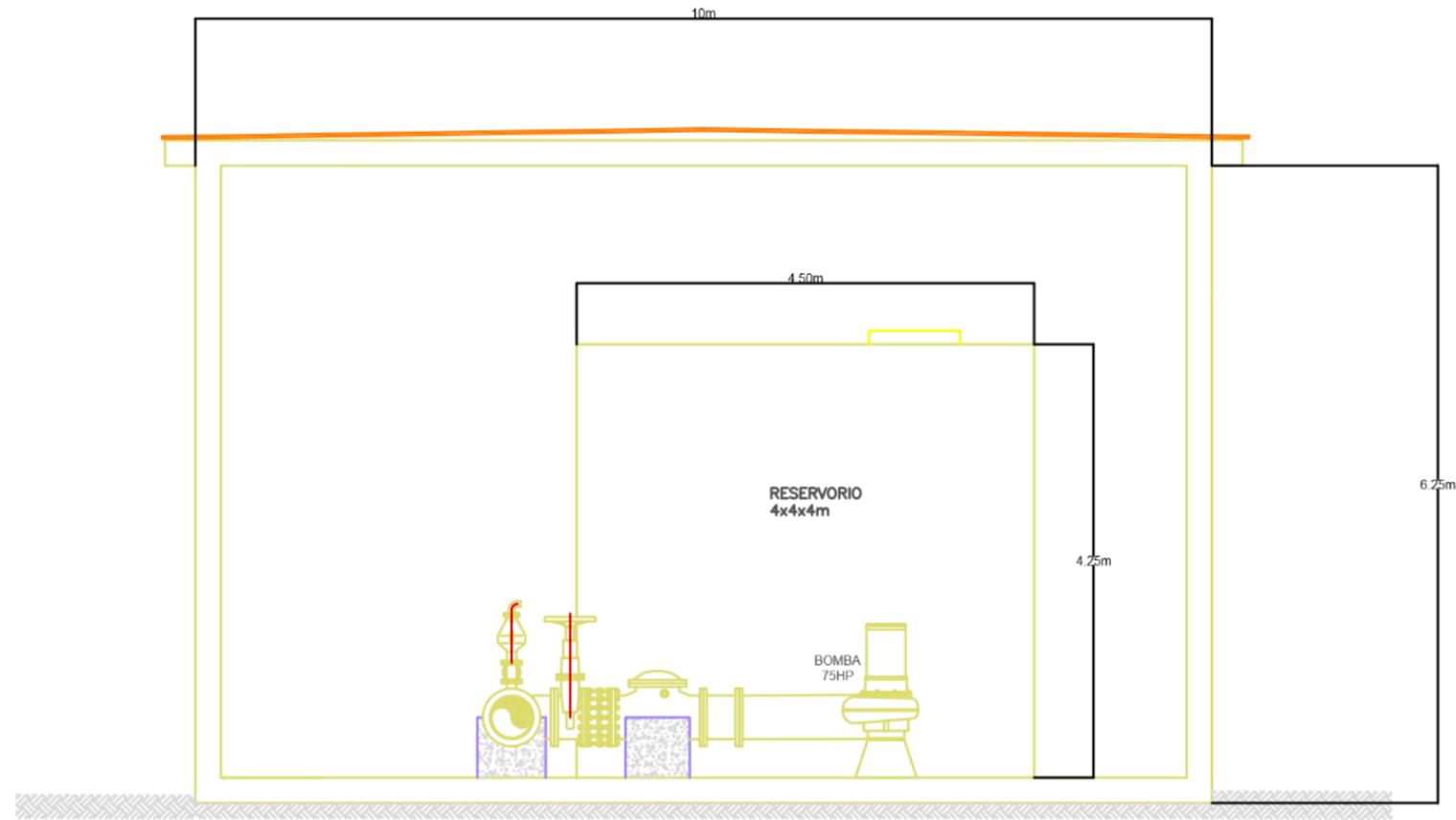
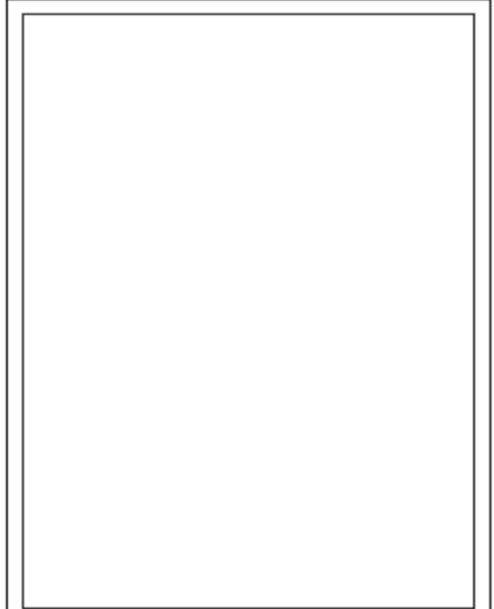


Figura Anexo C 7. Estación de Bombeo, Sector El Limón (Vista Planta)



CORTE A-A
1:50



PROYECTO:
EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ZONA ALTA DE PUERTO LA CRUZ (ESTACIÓN DE BOMBEO LA CARAQUEÑA, LINEA LAS CHARAS) UBICADO EN EL MUNICIPIO SOTILLO, ESTADO ANZOATEGUI.

CONTRATANTE:

PLANO:
ESTACIÓN DE BOMBEO SECTOR COLINAS DE EL LIMÓN CORTE A-A

DIBUJO:
BR. JOHNLERWYK PARIGUAN

DIBUJO:
BR. SAMUEL GONZALEZ

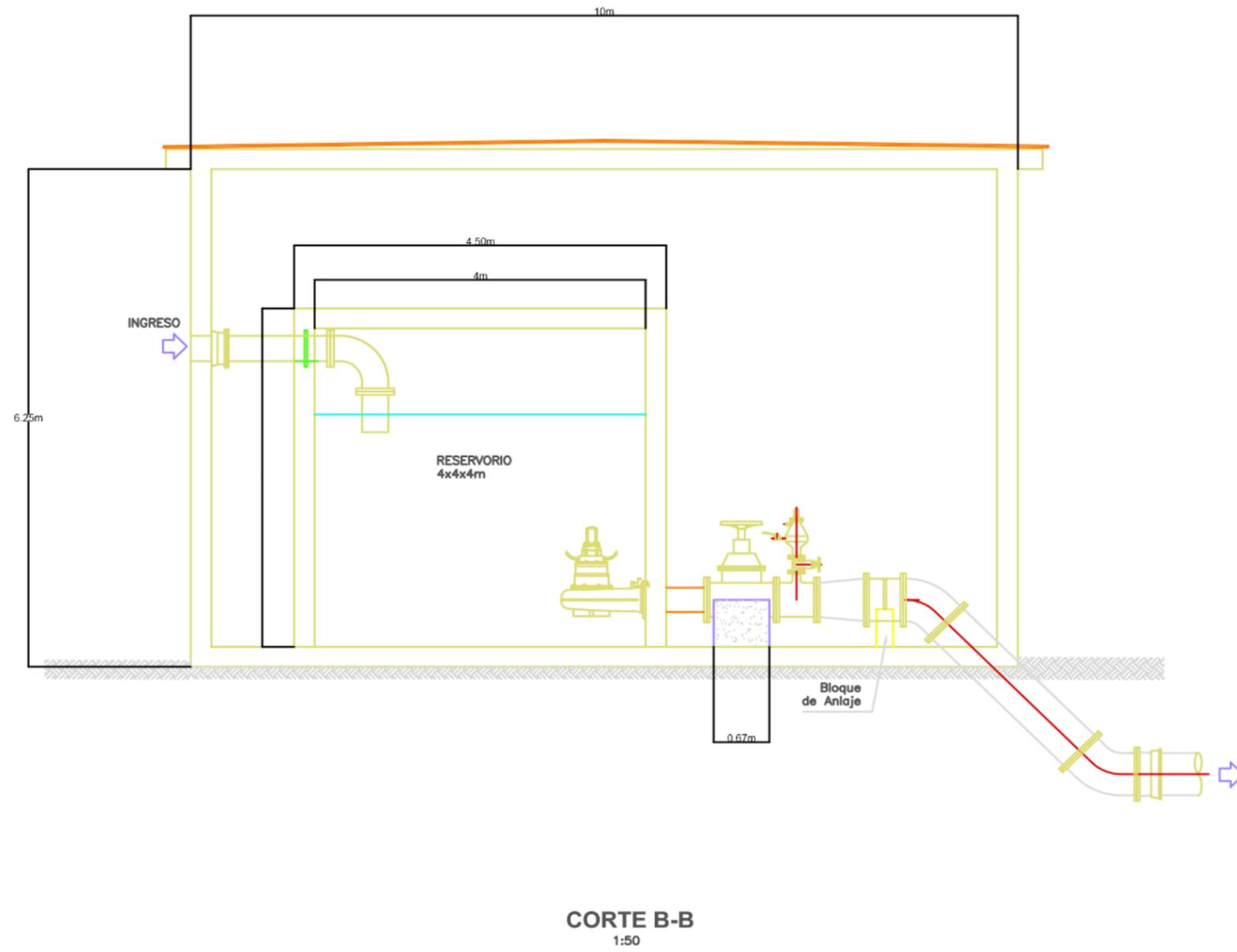
REVISION:

PLANONUMERO:
IS-5

FECHA:
08/2024

ESCALA:
INDICADA

Figura Anexo C 8. Estación de Bombeo, Sector El Limón (Corte A-A)



PROYECTO: EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ZONA ALTA DE PUERTO LA CRUZ (ESTACIÓN DE BOMBEO LA CARAQUEÑA, LINEA LAS CHARAS) UBICADO EN EL MUNICIPIO SOTILLO, ESTADO ANZOATEGUI.	
CONTRATANTE:	
PLANO: ESTACIÓN DE BOMBEO SECTOR COLINAS DE EL LIMÓN CORTE B-B	
DIBUJO: BR. JOHNLERWYK PARIGUAN	DIBUJO: BR. SAMUEL GONZALEZ
REVISION:	
PLANONUMERO: IS-6	FECHA: 08/2024
ESCALA: INDICADA	

Figura Anexo C 9 Estación de Bombeo sector El Limón (Corte B-B)

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

TÍTULO	Evaluación del sistema de abastecimiento de agua potable de la zona alta de Puerto la Cruz (estación de bombeo La Caraqueña, línea las Charas) ubicado en el municipio Sotillo, estado Anzoátegui.
SUBTÍTULO	

AUTOR(ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CVLAC / E_MAIL	
Pariguan L, Johnlerwyk J	ORCID	
	E_MAIL	johnparig@gmail.com
González R, Samuel J	ORCID	
	E_MAIL	sjgr1011@gmail.com

Palabras o frases claves:

abastecimiento
gasto
demanda
distribución
bombeo

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÁREA	SUBÁREA
Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas	INGENIERÍA CIVIL

RESUMEN (ABSTRACT):

Este proyecto pretende establecer soluciones hidráulicas a sectores pertenecientes a la parte alta de Puerto la Cruz, estado Anzoátegui, como lo son: Valle Lindo, Las Charas, Ezequiel Zamora, Colinas de Valle Lindo, Colinas El Limón y Vista al Mar, con la finalidad de lograr un sistema de abastecimiento eficaz que logre surtir a los habitantes de la zona del vital líquido, tomando en cuenta el rápido crecimiento poblacional. Para ello se tomó como referencia data de los consejos comunales y se estudió la red de distribución con información suministrada por HIDROCARIBE. La parte alta de Puerto La Cruz es abastecida por la estación de bombeo La Caraqueña y los sectores anteriormente mencionados por la línea Las Charas. Cuenta con tres estaciones de bombeo en funcionamiento y tres tanques, sin embargo, estos no logran satisfacer en su totalidad la demanda generada en la zona. Esta investigación se considera un proyecto factible, de carácter descriptivo. Adicionalmente, está apoyado en un diseño de campo no experimental y los procedimientos utilizados cumplen con todo lo establecido en las Leyes y Normas que rigen la materia. Se estableció un periodo de diseño de 17 años, obteniéndose así la población futura correspondiente al año 2040, mediante el método de crecimiento geométrico. Una vez proporcionada la información antes mencionada, se realizaron cálculos hidráulicos de acuerdo con las Normas Sanitarias Venezolanas necesarias para obtener las características del sistema. Para dibujar la red se usó el programa SOLIDWORKS, para la evaluación y propuestas EPANET V2.0, para el diseño de planos AUTOCAD y para el presupuesto IP3-CONTROL DE OBRAS. En este estudio se presentan tres propuestas evaluadas a corto-mediano plazo, una para cada sector en mayor estado de vulnerabilidad. Estas soluciones se basaron en criterios de funcionamiento hidráulico, apoyados en la búsqueda y recopilación de información documental de estudios previos.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

CONTRIBUIDORES

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC/ E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU x	JU
Ramírez, María	ORCID				
	E_MAIL	profmariajramirezt@gmail.com			
	ROL	CA	AS	TU	JU x
Velásquez, Gerlys	ORCID				
	E_MAIL	profgerlys@gmail.com			
	ROL	CA	AS	TU	JU x
Carreño, Narciso	ORCID				
	E_MAIL	narfraudo@gmail.com			
	ROL	CA	AS	TU	JU x

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

AÑO	MES	DIA
2025	05	23

LENGUAJE: SPA.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
NAZTTG_GRSJ2025	Application/msword

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: ALCANCE

ESPACIAL: inespacial

TEMPORAL: intemporal

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero civil

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pregrado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de ingeniería civil

INSTITUCIÓN:

Universidad de oriente/núcleo de anzoátegui.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda "SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009".

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR *[Signature]*
FECHA 05/08/09 HORA 5:00

hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

[Signature]
JUAN A. BOLAÑOS CUMPELE
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Telesinformática, Coordinación General de Postgrado.
JABC/YGC/maruja

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS

De acuerdo al artículo N° 41 del Reglamento de Trabajo de Grado (Vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034.2009):

“Los trabajos de Grado son exclusivamente propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, el cual lo participará al Consejo Universitario para su autorización”

Johnlerwyk Pariguan

AUTOR

Samuel González

AUTOR

Ing. María Ramírez

Asesor académico

Ing. Narciso Carreño

Jurado principal

Ing. Gerlys Velásquez

Jurado principal

Prof. Anna Álvarez

Coordinadora de la Comisión

POR LA COMISIÓN DE TRABAJO DE GRADO