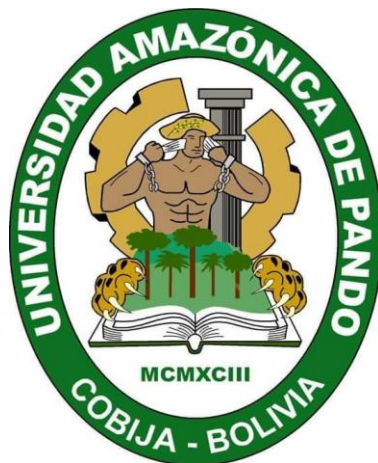


UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO

ÁREA DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



TRABAJO DIRIGIDO

**“MODELACION HIDRAULICA DE LA RED DE AGUA
POTABLE EN EL BARRIO SAN CARLOS DE LA CIUDAD
DE COBIJA”**

Postulante:

Univ. Dunya Rebeca Von Boeck Toyama

Tutor Colectivo:

Ing. Fabricio Ocampo Vedia

Asesor:

Ing. Erika Guevara Alba

COBIJA – PANDO - BOLIVIA

2023

AGRADECIMIENTOS

A Dios

DEDICATORIA

A Dios

RESUMEN

La modelación de una red de agua potable en el barrio San Carlos de la ciudad de Cobija se refiere al diseño de un modelo en el software (Watercad) que simula el comportamiento del flujo del agua a través de la red de tuberías que suministran agua potable a los residentes del barrio. Este modelo utiliza la topografía del terreno, la ubicación de las tuberías y las características del flujo del agua para predecir el comportamiento de la red en diferentes escenarios.

La modelación permite diseñar una nueva red, permite una planificación más eficiente y efectiva para realizar los trabajos a detalle y precisión y además reduce los costos de mantenimiento y reparación de la red.

En este trabajo se modelará la red de distribución de agua potable en el Barrio San Carlos de la ciudad de Cobija en la gestión 2023.

Palabras clave: Agua potable, red de tuberías, modelación hidráulica

ABSTRACT

The modeling of a drinking water network in the San Carlos neighborhood of the city of Cobija refers to the design of a software model (Watercad) that simulates the behavior of water flow through the network of pipes that supply drinking water to the residents of the neighborhood. This model uses the topography of the terrain, the location of the pipes and the water flow characteristics to predict the behavior of the network in different scenarios.

Modeling allows the design of a new network, enables more efficient and effective planning for detailed and accurate work, and reduces the costs of network maintenance and repair.

This work will model the drinking water distribution network in the San Carlos neighborhood of the city of Cobija in 2023.

Key words: Drinking water, pipe network, hydraulic modeling.

ÍNDICE

CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES	3
1.2. OBJETIVOS	5
1.2.1. Objetivo general.	5
1.2.2. Objetivos específicos.	5
1.3. JUSTIFICACIÓN	5
1.3.1. Justificación técnica.	5
1.3.2. Justificación socioeconómica	6
2. CAPITULO II: MARCO TEORICO	7
2.1. MARCO TEÓRICO	7
2.1.1. Red de agua potable	7
2.1.2. Topografía	7
2.1.3. Presión de Servicio	7
2.1.4. Tanque de almacenamiento	7
2.1.5. Red de distribución	8
2.1.6. Bomba	8
2.1.7. Tuberías	8
2.1.8. Válvulas	8
2.1.9. Válvulas reguladoras de presión	8
2.1.10. Llaves de paso	9
2.1.11. Caudales de diseño	9
2.1.12. Caudal medio diario	9
2.1.13. Caudal máximo horario	9
2.1.14. Software Watercad	10
2.1.15. Modelo hidráulico	10
2.1.16. Simulación	10
2.2. MARCO INSTITUCIONAL	11
2.2.1. Datos generales de la entidad pública.	11
2.2.2. Datos generales del proyecto.	12
3. CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	14
3.1. METODOLOGÍA	14

3.2.	ALCANCE Y DELIMITACIÓN	15
4.	CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN	16
4.1.	REVISIÓN DE INFORMACIÓN BRINDADA POR EPSA	16
4.2.	RECONOCIMIENTO DEL BARRIO SAN CARLOS	16
4.3.	UBICACIÓN DEL BARRIO SAN CARLOS	16
4.4.	DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN DEL BARRIO SAN CARLOS	17
4.5.	DOTACION DE CAUDAL	18
4.6.	LLENADO DEL TANQUE	18
4.7.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	19
4.8.	DETERMINACIÓN DE PRESIONES	21
4.9.	MODELACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DEL BARRIO SAN CARLOS	27
4.9.1.	Creación del modelo	28
4.9.2.	Comparación de resultados obtenidos en campo y el software	30
5.	CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	31
5.1.	CONCLUSIONES	31
5.2.	RECOMENDACIONES	32
	BIBLIOGRAFÍA	33
	ANEXOS	37
	ANEXO A - Equipo topográfico	37
	ANEXO B – Memoria de Calculo	40
	ANEXO C – Fotografías	41
	ANEXO D - Planos	42
	ANEXO E – Documentos para optar la modalidad de TRABAJO DIRIGIDO	43

INDICE TABLAS

Tabla 1	Coordenadas U.T.M. del Barrio San Carlos	13
Tabla 2	Plan de trabajo del proyecto de modelado de la red de agua potable.	14
Tabla 3	Dotación	18
Tabla 4	Coordenadas auxiliares	21
Tabla 5	Medidor zona baja Nodo 4	24
Tabla 6	Medidor zona media Nodo 23	25
Tabla 7	Medidor zona alta Nodo 43	26
Tabla 8	comparación de presiones	30

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica Barrio San Carlos	12
Figura 2 Barrio San Carlos	16
Figura 3 Ubicación cartográfica del Barrio San Carlos	17
Figura 4 Uso de Estación Total	20
Figura 5 Manómetro	23
Figura 6 Marcación de casas para medición de presiones	23
Figura 7 Mapa Técnico del Departamento Pando	28
Figura 8 Nuevo Modelo Hidráulico del Barrio San Carlos	30

CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como objetivo principal la modelación hidráulica de la red de agua potable en el barrio San Carlos de la ciudad de Cobija, de los cuales destacaremos varios aspectos fundamentales. En primer lugar, se resalta la importancia de difundir la modelación hidráulica de redes de distribución de agua potable para la EPSA Cobija. Esto implica comunicar y compartir los resultados y avances en este campo, con el fin de que otros actores involucrados en el suministro de agua potable puedan beneficiarse de esta información y aplicarla en otras redes.

Asimismo, se menciona que la modelación hidráulica considera todos los componentes que conforman la red, como líneas de tuberías, válvulas, bombas y llaves de paso. Estos elementos están interconectados entre sí con el propósito de llevar agua potable a los consumidores. Al introducir estos componentes en los modelos hidráulicos, se logra una representación precisa y detallada de la red de distribución, lo que permite obtener resultados más fiables y efectivos.

Actualmente, la modelación hidráulica se ha convertido en la principal herramienta para diseñar y operar sistemas de distribución de agua potable. Mediante el uso de software especializado, se puede simular el comportamiento de la red en tiempo real. Para ello, se emplean datos geoespaciales y de topografía para crear un modelo tridimensional de la red, el cual es fundamental para realizar la simulación del flujo de agua.

La simulación de la red de agua potable ofrece numerosos beneficios. En primer lugar, permite optimizar el diseño de la red, identificando posibles problemas de presión o caudal y brindando la oportunidad de resolverlos de manera anticipada. Además, mediante la simulación es posible prever el impacto que podrían tener cambios en la red o en la demanda de agua, lo que facilita la toma de decisiones informadas.

La modelación hidráulica de la red de agua potable en el barrio San Carlos de la ciudad de Cobija es de vital importancia para la EPSA Cobija y para el adecuado suministro de agua potable a los consumidores. La simulación de la red permitirá optimizar su diseño, identificar y resolver problemas, prever impactos y mejorar la eficiencia y sostenibilidad del sistema.

1.1. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

El agua es un elemento esencial para la existencia de vida en nuestro planeta. por esto significa que los seres humanos han almacenado y distribuido agua desde sus inicios. Desde las tecnologías de almacenamiento, limpieza y distribución hasta infraestructuras y tecnología de tratamiento de agua actual.

Según la organización Mundial de la Salud (OMS) el 80% de las enfermedades que suceden en los países en desarrollo es causada por la contaminación de bacterias en el agua. 15 millones de niños de 0 a 5 años mueren directa e indirectamente por la falta o insuficiencia del sistema de abastecimiento de agua y tratamiento de aguas residuales. (Cano, L.2008)

En Bolivia, durante las últimas décadas en ciudades grandes y pequeñas, se ha realizado esfuerzos notables en beneficio del pueblo con servicios básicos y saneamiento. Actualmente alrededor de 20 entidades se dedican a brindar estos servicios en las áreas urbanas y rurales. Sin embargo, se puede apreciar que a pesar de los esfuerzos realizados, existe la necesidad de mejorar la calidad de los servicios, especialmente en la eficiencia del servicio de agua potable. (UAJMS, 2023)

Estos servicios están disponibles tanto en zonas urbanas como rurales. Si embargo, en el análisis se puede observar que, a pesar de los esfuerzos realizados, aún queda la necesidad de mejorar la calidad del servicio especialmente en términos de controles, la calidad del servicio de agua potable desde la fuente hasta el producto final entregado al pueblo. (Espinoza G. 2003)

En el departamento de Pando (al norte de Bolivia) se encuentra la ciudad de Cobija, el barrio San Carlos está situado a 4 kilómetros del centro de la ciudad, dicho barrio cuenta con una población de 800 habitantes la cual se abastece de agua potable de un sistema abierto.

Desde 2007 EPSA MUNICIPAL es la encargada de la administración y tratamiento del agua potable y alcantarillado de la ciudad de Cobija.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el barrio San Carlos, se evidencio que el consumo de agua potable ha aumentado debido al crecimiento de la población que reside en la zona, lo cual ha generado ciertos problemas en la distribución del agua, como la disminución de la presión y la escasez en algunas áreas del barrio. La red de distribución de agua del barrio en estudio, es bastante compleja, con una gran cantidad de elementos como tuberías, tanque y válvulas.

Debido a la complejidad de la red, se nos dificulta identificar las causas de los problemas en la distribución y encontrar soluciones adecuadas sin tener un modelo preciso de la red.

La ausencia de un modelo hidráulico detallado y actualizado obstaculiza realizar un análisis del funcionamiento de la red de agua potable en el barrio San Carlos. Esto nos impide tomar decisiones informadas y eficientes para mejorar la distribución del agua en el barrio.

Por lo tanto, es decisivo que realicemos un modelo hidráulico preciso de la red de agua potable en el barrio San Carlos. Este modelo nos permitirá tener una información precisa de la red, considerando todos los componentes y conexiones existentes. Con base en este modelo, podremos simular y analizar el flujo de agua en la red, identificar áreas problemáticas, evaluar la pérdida de presión y la distribución desigual de agua, así como diseñar y probar diferentes soluciones y escenarios.

La modelación hidráulica de la red de agua potable en el barrio San Carlos es esencial para comprender completamente cómo funciona el sistema y tomar decisiones acertadas sobre su gestión y mantenimiento. Además, nos permitirá mejorar la eficiencia de la distribución de agua, reducir las pérdidas y asegurar un suministro equitativo y de calidad para todos los residentes del barrio. Por lo tanto, es necesario llevar a cabo este proyecto de modelación hidráulica para abordar de manera efectiva los problemas de distribución de agua en el barrio San Carlos y contribuir al desarrollo de un sistema de agua potable confiable y sostenible.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general.

Modelar la Red de Distribución de Agua Potable en el Barrio San Carlos de la ciudad de Cobija, 2023.

1.2.2. Objetivos específicos.

- Realizar un relevamiento de datos topográficos e hidráulicos en el Barrio San Carlos de la ciudad de Cobija, 2023.
- Procesar los datos recabados mediante software de Diseño Asistido por Computadora (CAD)
- Realizar una encuesta sobre el estado del flujo de agua potable en el Barrio San Carlos.
- Emplear un software especializado de modelación para la mejora de la red actual de agua potable en barrio San Carlos.
- Elaborar una propuesta de mejora para la red de agua potable del Barrio San Carlos.

1.3. JUSTIFICACIÓN

1.3.1. Justificación técnica.

La modelación de una red de agua potable es una herramienta muy importante para evaluar el desempeño de la red y hacer predicciones sobre su funcionamiento en diferentes escenarios a continuación, se presentan algunas justificaciones para la modelación de una red de agua potable.

- Identificación de problemas: la modelación permite identificar los puntos de la red con mayores pérdidas de presión y escasez de agua, lo que facilita la identificación de los problemas y la toma de decisiones para resolverlos. La identificación temprana de los problemas también permite evitar costosos reemplazos de tuberías o la construcción de nuevas infraestructuras.

- Diseño de soluciones adecuadas: la modelación permite diseñar soluciones específicas para cada problema identificado, lo que reduce los costos y aumenta la eficiencia en la gestión de la red.
- Mejora de calidad de servicio: la modelación permite mejorar la calidad del servicio de agua potable a los usuarios finales, al garantizar una distribución constante y adecuada de agua en todas las áreas de la red. Esto aumenta la satisfacción de los usuarios y mejora su calidad de vida.

1.3.2. Justificación socioeconómica

Es importante realizar una justificación socioeconómica; debido a que el acceso al agua potable es un derecho humano básico, esencial para la salud y bienestar de las personas. Además, el acceso al agua potable es importante para el desarrollo económico y social de una comunidad, barrio y población en general. En términos económicos, permite el pago justo y equitativo por el servicio, al tener un sistema de medición individualizado (medidor) que refleja el consumo real de cada usuario.

2. CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Red de agua potable

La modelación de una red de agua potable es un proceso complejo que implica la aplicación de principios teóricos y prácticos de la hidráulica. En términos generales, una red de agua potable se compone de una serie de tuberías, válvulas, bombas y otros elementos que permiten el suministro de agua potable a un barrio o zona geográfica determinada. En los fundamentos teóricos que se aplican en la modelación de una red de agua potable, se encuentran los siguientes. (Cabrera & Béjar, 2012)

2.1.2. Topografía

Es la ciencia que determina las dimensiones y el contorno (características tridimensionales), de la superficie de la tierra a través de la medición de distancias, direcciones y elevaciones. Define también las líneas y niveles que se necesitan para la construcción de caminos, redes de distribución, presas y otras estructuras, además de estas mediciones en campo, la topografía incluye el cálculo de áreas, volúmenes y otras cuantificaciones, así como la elaboración de los diagramas y planos. (Jack Mc Comarc,2006)

2.1.3. Presión de Servicio

Es la presión del agua en el punto de interconexión de la red de distribución con la prevista domiciliar. Según la norma NB689 su valor debe estar en el rango 13-70 mca para evitar problemas de abastecimiento dentro de las viviendas. (NB689, 2004)

2.1.4. Tanque de almacenamiento

Los tanques de almacenamiento son estructuras civiles destinadas al almacenamiento de agua. Tienen como función de mantener un volumen adicional como reserva y garantizar las presiones de servicio en la red de distribución para satisfacer la demanda de agua. (NB689, 2004)

2.1.5. Red de distribución

La red de distribución es un conjunto de tuberías, accesorios y dispositivos que permiten el suministro de agua a los consumidores de forma constante, con presión apropiada, en cantidad suficiente y calidad adecuada para satisfacer sus necesidades domésticas comerciales, industriales y otros usos. (NB 495, 2005)

2.1.6. Bomba

Actualmente son muchas las variedades y marcas de estos equipos, además de sus múltiples utilidades. Entendemos por bomba de agua como aquella máquina que transforma energía, aplicándola para mover el agua. Este movimiento normalmente es ascendente, las bombas pueden ser de tipo volumétricas o turbo-bombas, todas constan de un orificio de entrada (aspiración) y otro de salida (impulsión), las volumétricas mueven el agua mediante la variación. (IGME, 2023)

2.1.7. Tuberías

Las tuberías de PVC se utilizan para el transporte de agua de alta presión. Están en distintos diámetros, estos son los tipos de tuberías para agua potable que con mayor frecuencia podemos encontrar en las distintas instalaciones. Todas las tuberías que transportan agua, son de forma geométrica circular lo cual las hace más eficientes, pues las perturbaciones debido a las pérdidas de presión son mucho menores que en otras formas geométricas. (CTA, 2023)

2.1.8. Válvulas

Las válvulas son dispositivos de control de presión y flujo, que son fundamentales en la confiabilidad de los sistemas de distribución de agua potable que tienen entre otras funciones específicas, permitir el aislamiento de sectores, evitar excesos de presiones, impedir el vaciado de las tuberías, mantener la dirección del flujo y mantener el flujo en una sola fase, etc. (DICA, 2009)

2.1.9. Válvulas reguladoras de presión

Las válvulas reguladoras de presión deben producir una pérdida de altura determinada, con el

fin de controlar la presión, manteniéndola constante independientemente del caudal que pasa a través de ella. (DICA, 2009)

2.1.10. Llaves de paso

Están colocadas antes del grifo y permiten controlar la entrada o salida de agua en una instalación, pueden ser roscadas o soldadas y se diferencian por el tipo de apertura, mariposa o palanca. (ASADAS, 2023)

2.1.11. Caudales de diseño

Los caudales de diseño deben ser estimados para el dimensionamiento de los diferentes componentes: se deben considerar los siguientes caudales. (NB689, 2004)

2.1.12. Caudal medio diario

Es el consumo medio diario de una población, obtenido en un año de registros. Se determina con base de la población del proyecto y dotación, de acuerdo a la siguiente expresión. (NB 689, 2004)

$$Q_{md} = \frac{P_f * D_f}{86400}$$

Donde: Q_{md} = Caudal medio diario

P_f = Poblacion futura en hab.

D_f = Dotacion futura en l/hab – dia.

2.1.13. Caudal máximo horario

Es la demanda máxima que se presenta en una hora durante un año completo. Se determina multiplicando el caudal máximo diario por el coeficiente k_2 que varía, según el número en de habitantes, de 1,5 a 2,2. (NB 689, 2004)

$$Q_{maxh} = k_2 * Q_{max.d}$$

Donde: Q_{maxh} = caudal maximo horario en l/s

k_2 = coeficiente de caudal maximo horario

$Q_{max.d}$ = caudal maximo diario en l/s

2.1.14. Software Watercad

Es un programa de cómputo que permite modelar sistemas de distribución y/o conducción de líquidos a presión, para analizar su comportamiento hidráulico o efectuar su dimensionamiento, cuya aplicación es amplia en el abastecimiento de agua para consumo humano, distribución de agua para riego, sistemas contra incendio, conducción de diversos líquidos a presión, etcétera.

Los aspectos que diferencian este software por sobre los demás se pueden dividir en 5 grupos: interfaz de usuario con plataformas externas, procesamiento de datos, análisis hidráulico extendido y elementos de modelación, herramientas de análisis, soporte técnico y asistencia comercial.

Los aspectos anteriormente mencionados se ven representados con las herramientas tanto de calibración como de diseño optimizado que brinda watercad, también debido a la flexibilidad de manejo de datos que posee, el hecho de importar data de otras plataformas como el caso de Excel se reduce a un copiar/pegar. por otra parte, ofrece alta compatibilidad con plataformas gis y cad optimizando considerablemente el tiempo de trabajo, ofrece facilidades para el análisis de situaciones mediante sus herramientas de escenario, las cuales pueden agruparse dependiendo de las características compartidas, por mencionar algunas. (bentley communities, 2013)

2.1.15. Modelo hidráulico

Es la construcción digital (virtual) de una red de distribución de agua, que permite reproducir y prever el comportamiento de la misma, para poder realizar pruebas y definir soluciones. La utilidad práctica de un software hidráulico reside en que permite hacer pruebas de “que es lo que pasaría si...” Esto sin grandes inversiones de tiempo y dinero. (ULALE, 2014)

2.1.16. Simulación

La simulación de los sistemas de distribución de agua potable, puede entenderse como el uso de una representación matemática del sistema real (denominado modelo matemático), con el que

se pretende aumentar su comprensión hacer predicciones y posiblemente ayudar a controlar el sistema utilizándose como la base en el cálculo hidráulico para simular las diferentes cargas que se producen en la red de distribución (MP, 2023)

2.2. MARCO INSTITUCIONAL

2.2.1. Datos generales de la entidad pública.

“La EPSA municipal fue creada por ordenanza municipal N°44/2006 del H. Concejo Municipal de Cobija de fecha 14 de junio de 2006, promulgada en el despacho del Ejecutivo Municipal en la misma fecha y por ordenanza Municipal N°020/2007 del H. Concejo Municipal de Cobija de fecha 01 de marzo de 2007 que aprueba el Estatuto Orgánico y su reglamento de la EPSA, promulgada en el Despacho del Dr. Luis Adolfo Flores Roberts en su calidad de H. alcalde Municipal de Cobija en fecha 02/03/2007”. (R.A.N°017/2015).

El Director Ejecutivo en su calidad de Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Servicios Básicos con las atribuciones que le confiere la ley N°2066 y D. S. 071/09 Otorga a la Empresa Pública Municipal de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario “EPSA Municipal Cobija” la correspondiente LICENCIA para la prestación de Servicios de Agua Potable y/o Alcantarillado Sanitario y la Autorización para el Uso y Aprovechamiento de Recurso Hídrico mediante resolución Administrativa Regulatoria AAPS N°49/2009 de fecha 26 de agosto de 2009, por cuanto la Empresa se halla facultada para el uso y aprovechamiento del Recurso Hídrico en su área de prestación del servicio.

2.2.2. Datos generales del proyecto.

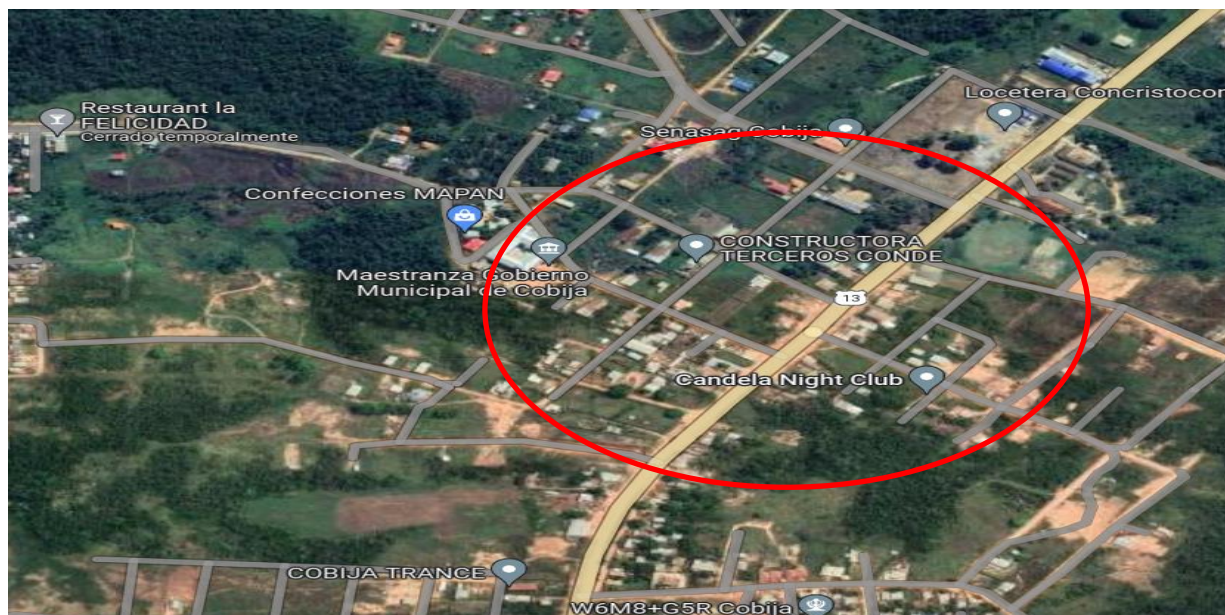
Ubicación del proyecto.

El Barrio San Carlos se encuentra ubicado en la zona C de distribución de agua potable establecida por EPSA municipal Cobija, actualmente con una red de distribución que beneficia aproximadamente a 300 familias.

La aproximación del Barrio San Carlos se muestra y se describe de la siguiente manera.

- País: ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA
- Departamento: PANDO
- Provincia: NICOLAS SUAREZ
- Municipio: COBIJA
- Barrio: SAN CARLOS

Figura 1 Ubicación geográfica Barrio San Carlos



Fuente: www.educa.com.bo/geografia-municipios/cobija-ciudad-que-acoge-al-turismo

La ubicación del barrio mediante coordenadas se presenta en la tabla 2.1, dato determinado mediante uso del programa Google Earth.

Tabla 1 Coordenadas U.T.M. del Barrio San Carlos

Nombre	UTM		Grados decimales		Longitud
	Este	Norte	Banda	Latitud	
San Carlos INICIO	523663	8777620	L	-11.0578	- 68.7833
San Carlos FIN	523814	8776985	L	-11.0635	-68.7819

Fuente: Elaborado en base a datos topográficos

3. CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. METODOLOGÍA

Tabla 2 Plan de trabajo del proyecto de modelado de la red de agua potable.

Fases	Actividades	Medios de verificación	Fecha
Primera fase	<ul style="list-style-type: none"> Reconocimiento del Barrio San Carlos, determinación de la población de estudio y muestra. Recopilación de información a moradores y presidente de barrio. 	<ul style="list-style-type: none"> Plano Catastral del Barrio San Carlos Planilla Estadística del INE Registro Fotográfico 	<ul style="list-style-type: none"> Primera semana de septiembre del 2022
Segunda fase	<ul style="list-style-type: none"> Revisión de información cartográfica brindada por EPSA Determinación de la presión en algunos puntos de la red de agua potable en el Barrio San Carlos. 	<ul style="list-style-type: none"> Planos de red de agua potable Planilla técnica 	Segunda y tercera semana de septiembre del 2022
Tercera fase	<ul style="list-style-type: none"> Determinación del caudal de agua potable consumida por los moradores del Barrio San Carlos. Levantamiento y verificación de los datos topográficos en el Barrio San Carlos. Emplear un software especializado de modelación para la mejora de la red actual de agua potable en barrio San Carlos. 	<ul style="list-style-type: none"> Planilla de Ms. Excel Plano en AUTOCAD Plano en WaterCAD 	<ul style="list-style-type: none"> Cuarta semana de septiembre
Cuarta fase	<ul style="list-style-type: none"> Propuesta de Modelación Final de la red de agua potable del Barrio San Carlos. 	<ul style="list-style-type: none"> Plano Propuesta de Modelación de la Red de Agua Potable para el Barrio San Carlos 	<ul style="list-style-type: none">

Fuente: Elaboración propia

NOTA: Se detallan las diferentes actividades en el capítulo 4 (desarrollo de la solución)

3.2. ALCANCE Y DELIMITACIÓN

La sección de alcance y delimitación del proyecto establece los límites y la extensión de la investigación y define claramente lo que se abordará. En este caso, el objetivo es desarrollar un modelo hidráulico de la red de distribución de agua potable en el barrio San Carlos, que abarca una longitud de 4 km. Esta delimitación geográfica permite enfocar los esfuerzos en una zona específica y obtener resultados precisos y aplicables.

El principal propósito de la actualización de la información y la elaboración del modelo hidráulico es mejorar el funcionamiento y la eficiencia de la red de distribución de agua potable en el barrio San Carlos. Mediante este modelo, se podrá analizar el comportamiento del sistema, identificar posibles problemas, como pérdidas de presión o escasez de agua, y diseñar soluciones adecuadas.

El alcance del proyecto incluye la elaboración de varios documentos esenciales para lograr los objetivos planteados. En primer lugar, se desarrollará la modelación hidráulica de la red de distribución de agua potable en el barrio San Carlos. También se generarán planos detallados que reflejen la ubicación y configuración de los elementos de la red de agua potable. Estos planos son fundamentales para comprender la distribución y la interconexión de los componentes y facilitar el análisis del sistema y, se recopilarán datos de tipo topográficos para el modelaje hidráulico.

Ya en la última etapa, se buscarán soluciones para mejorar el funcionamiento de la red de distribución de agua potable en el barrio San Carlos, identificando puntos críticos, optimización en la distribución de la presión, análisis de la capacidad de suministro, y otros aspectos clave para garantizar un servicio confiable y eficiente.

4. CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

4.1. REVISIÓN DE INFORMACIÓN BRINDADA POR EPSA

Con la información brindada por EPSA (empresa municipal de servicio de agua potable y alcantarillado de cobija), sobre el barrio San Carlos se pudo conocer a detalle la calidad del servicio que actualmente se está prestando al sector, así como la cantidad de acometidas domiciliarias que tiene y el promedio de consumo que se tiene en el antes mencionado barrio.

4.2. RECONOCIMIENTO DEL BARRIO SAN CARLOS

Figura 2 Barrio San Carlos



Fuente: Google Maps

El barrio San Carlos cuenta con un área de servicio de 491.819 m², está ubicado al noroeste del centro de la ciudad de Cobija, está compuesto por viviendas de 1 nivel, es un barrio que cuenta con los servicios básicos luz y agua.

Este barrio es uno de los más jóvenes de la ciudad, por lo que sus calles aún son de tierra (ripio) también cuenta con una topografía bastante ondulada.

En cuanto al sistema de agua potable, el barrio San Carlos está satisfecho de tener un sistema de abastecimiento de agua potable, cada hogar cuenta con su propio medidor y tiene acceso al agua 24 horas.

4.3. UBICACIÓN DEL BARRIO SAN CARLOS

Figura 3 Ubicación cartográfica del Barrio San Carlos



Fuente: Google Maps

4.4. DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN DEL BARRIO SAN CARLOS

La determinación de la población de un barrio se puede realizar de varias maneras, dependiendo de la disponibilidad de información y de los recursos disponibles. Una de las formas más comunes de estimar la población de un barrio es a través del censo. El censo es un recuento de todas las personas que viven en una determinada área geográfica en un momento dado. En muchos países, se realiza un censo de población y vivienda cada diez años, aunque en algunos lugares el periodo pueda variar. Los datos obtenidos en el censo pueden ser utilizados para determinar la población de un barrio.

Otra forma de determinar la población de un barrio es a través de los registros administrativos, como los registros de votantes, los registros de escuelas o los registros de atención médica. Estos registros pueden proporcionar información sobre el número de personas que viven en un área determinada y pueden ser utilizados para estimar la población de un barrio. También se pueden

utilizar encuestas de hogares para determinar la población de un barrio. En estas encuestas, se hace una muestra de hogares en el barrio y se pregunta sobre el número de personas que viven en el hogar. Los resultados de las encuestas se utilizan para hacer una estimación de la población total del barrio.

Es importante tener en cuenta que ninguna de estas metodologías de determinación de población es completamente precisa, ya que siempre habrá un margen de error. Sin embargo, combinando varias fuentes de información y utilizando técnicas estadísticas adecuadas, es posible obtener una estimación razonablemente precisa de la población de un barrio.

Se determino la población mediante encuestas.

4.5. DOTACION DE CAUDAL

Es la cantidad de agua en promedio que consume cada habitante y que comprende todos los tipos de consumos en un día, en este caso para el barrio San Carlos dicho valor fue suministrado por la Epsa Municipal Cobija.

Tabla 3 Dotación

DOTACION
195,41 (l/Hab-d)

Fuente: Dato brindado por Epsa

4.6. LLENADO DEL TANQUE

El llenado de un tanque de agua sin horario se refiere a la operación de abastecer el tanque con agua sin seguir un cronograma fijo, sino según la demanda y disponibilidad del recurso. Esta forma de llenado puede tener algunas desventajas dependiendo de las condiciones del sistema de distribución.

Algunas de las desventajas de llenar el tanque sin horario son:

- se puede perder el control sobre el nivel y la presión del agua en el tanque, lo que puede afectar al servicio de los usuarios.
- Se puede dificultar el mantenimiento y limpieza del tanque, al no tener un momento establecido para vaciarlo e inspeccionarlo.
- En el caso del tanque que distribuye el agua al barrio San Carlos en base a la simulación realizada de la red, nos indica que el tanque actualmente no cuenta con un horario establecido para su llenado.

4.7. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El levantamiento topográfico de un barrio es un proceso que implica la medición y registro de la información geoespacial relevante para el área en cuestión. Este tipo de levantamiento se puede realizar con diferentes técnicas y equipos, dependiendo del nivel de detalle y precisión requerido. A continuación, se detallan los pasos generales que se suelen seguir en un levantamiento topográfico de un barrio:

- **Planificación:** Antes de comenzar el trabajo de campo, se debe realizar una planificación detallada del levantamiento. Esto incluye definir los objetivos del levantamiento, alcance del trabajo, el equipo y técnicas que se utilizarán, y el tiempo estimado para completar el trabajo.
- **Revisión de documentación existente:** Se revisan los planos y mapas existentes del barrio, así como cualquier otro tipo de información relevante, para obtener una completa comprensión del área de trabajo y poder planificar el levantamiento de manera más eficiente.
- **Trabajo de campo:** Una vez se han planificado los detalles del levantamiento, se procede al trabajo de campo. Esto implica la utilización de equipos topográficos, como nivel, estación total y GPS para registrar la información geoespacial relevante. Durante el trabajo de campo, se pueden llevar a cabo mediciones de elevación, ángulos, distancia y otros datos necesarios para crear un mapa detallado del área.

- **Procesamiento de datos:** después de completar el trabajo de campo, se procesan los datos recopilados utilizando un software especializado. Esto implica la creación de modelos digitales del terreno y la generación de mapas topográficos detallados que muestran la elevación, la ubicación de elementos del terreno como edificios, calles, parques y otros elementos importantes.
- **Análisis y presentación de resultados:** una vez que se ha procesado la información, se realizan los análisis adicionales para obtener información más detallada sobre el área de trabajo.

Figura 4 Uso de Estación Total



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4 Coordenadas auxiliares

CORDENADAS AUXILIARES					
Punto	Descripción	E	N	Z	Observación
1	Clavo Viejo	523432,559	8776745,888	287,477	cerca al tanque
2	Clavo Nuevo	523433,558	8776739,2	287,416	cerca al tanque
3	Clavo	523432,545	8776745,931	287,485	Mango
4	Clavo	523658,64	8776754,518	281,961	Entrada barraca
5	Clavo	523711,777	8776709,801	276,787	Casa de flores verdes
6	Clavo	523742,898	8776753,826	277,804	Bajada perros esq. barraca
7	Clavo	523817,305	8776860,851	262,656	Esq. alcantarilla
8	Clavo	523874,614	8776944,85	249,846	
9	Clavo	523815,072	8776483,343	249,394	Poste sin foco
10	Clavo	523703,928	8777064,27	258,992	Ladrillera
11	Clavo	523644,573	8777100,51	269,098	Candela
12	Clavo	523587,283	8777139,366	278,306	Casa Verde
13	Clavo	523556,373	8777095,973	277,351	Ambaibo
14	Clavo	523528,599	8777177,661	283,573	Avenida
15	Clavo	523616,303	8777314,154	282,715	Letrero 6 de agosto
16	Clavo	523245,96	8777060,757	283,342	Taller de camiones
17	Clavo	523162,991	8777099,773	278,531	Casa rosada
18	Clavo	523139,869	8777049,578	279,284	mango 2
19	Clavo	523110,467	8776998,467	273,274	calle perros
20	Clavo	523437,225	8777328,677	276,042	Calle camión
21	Clavo	523288,698	8777282,096	277,532	Esquina escuela
22	Clavo	523293,799	8777438,986	276,329	poste quemado intersección final

Fuente: Elaboración propia

4.8. DETERMINACIÓN DE PRESIONES

La determinación de las presiones en el barrio San Carlos por 24 horas implica la medición y análisis de las presiones de agua en diferentes puntos del sistema de distribución de agua durante un periodo de 24 horas. A continuación, se detallan los pasos generales que se suelen seguir para realizar la determinación:

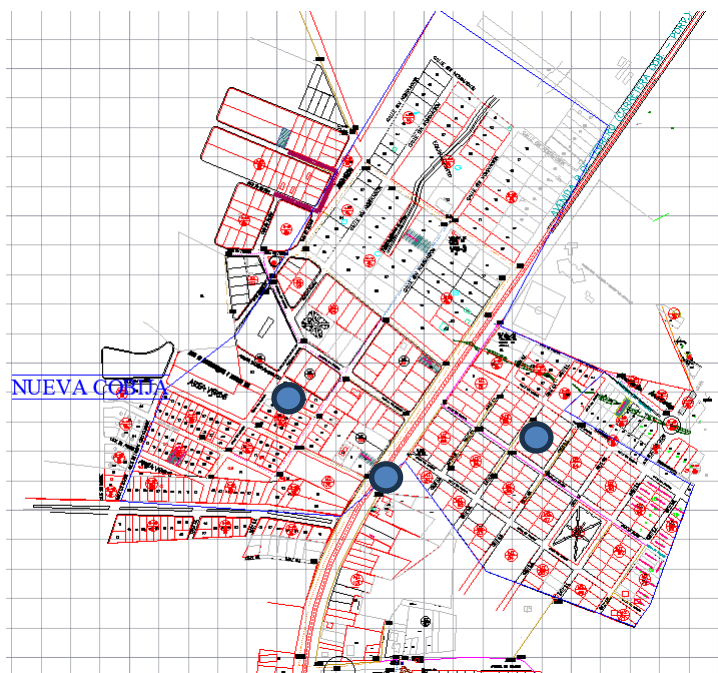
- Selección de puntos de medición: Se seleccionaron tres puntos diferentes de medición en el sistema de distribución de agua potable del barrio. Estos puntos deben ser representativos de diferentes zonas del sistema y deben incluir puntos cercanos y lejanos a la fuente de agua.
- Instalación de manómetros de presión: Se instalan manómetros en los puntos seleccionados de presión en los puntos seleccionados. Estos manómetros deben estar calibrados y ajustados adecuadamente para asegurar la presión en las mediciones.
- Medición de presiones: Se realizan las mediciones de presiones de agua en los puntos de medición durante un periodo de 24 horas los cuales tuvieron un intervalo de cada hora.
- Registro de datos: Se registran los datos de las mediciones de presión en una hoja de cálculo o en una base de datos. Es importante registrar la hora de cada medición, así como la ubicación y la presión medida.
- Análisis de datos: Después de haber registrado los datos, se procede a analizarlos, se pueden utilizar diferentes herramientas para analizar datos, como gráficos y tablas, para identificar patrones y tendencias en las presiones de agua a lo largo del tiempo y en diferentes puntos del sistema.
- Identificación de problemas: A partir del análisis de los datos, se pueden identificar problemas en el sistema de distribución de agua potable, como caídas de presión o puntos de estrangulamiento en la tubería. Estos problemas pueden ser corregidos para mejorar la eficiencia del sistema y garantizar que los usuarios del barrio reciban agua con la presión adecuada.

Figura 5 Manómetro



Fuente: Elaboración propia

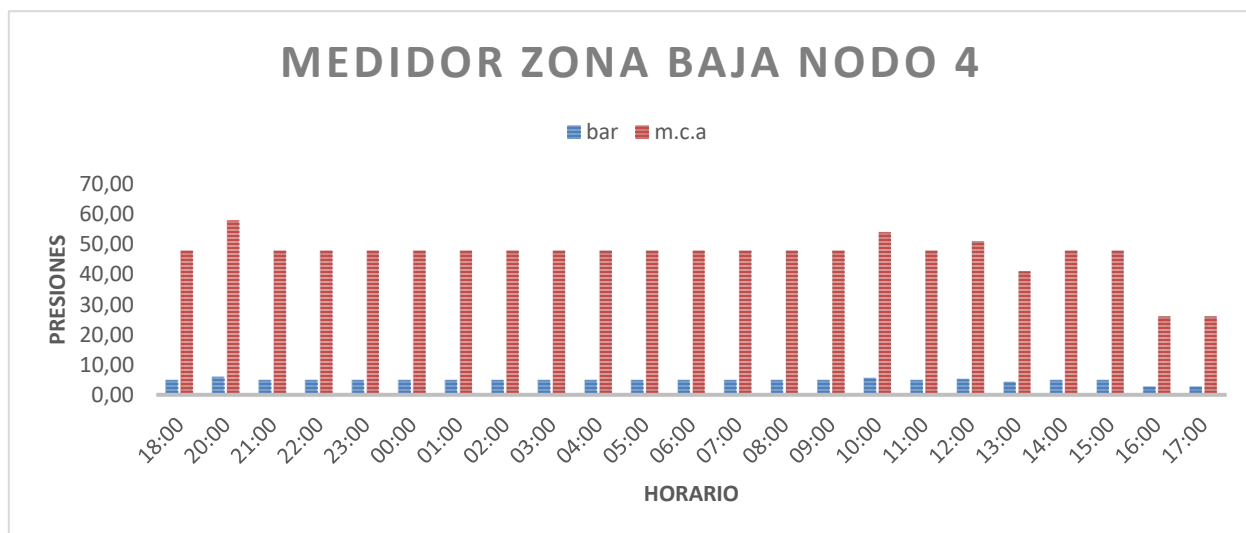
Figura 6 Marcación de casas para medición de presiones



Fuente: elaboración propia

Tabla 5 Medidor zona baja Nodo 4

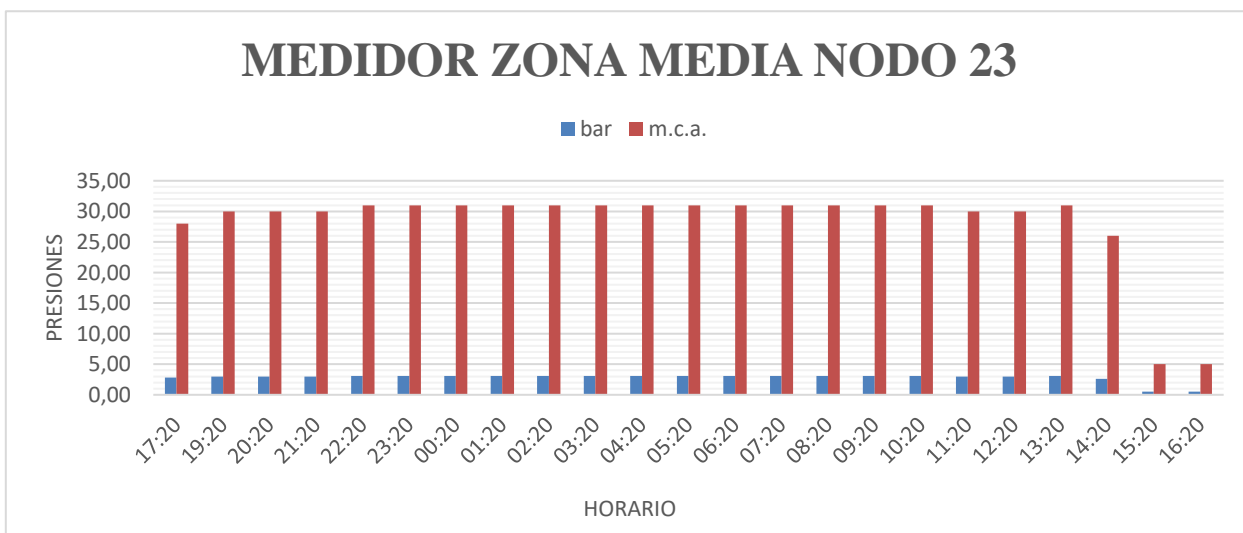
Medidor zona baja		
Hora	Presión	
	bar	m.c.a.
18:00	4,80	48,00
20:00	5,80	58,00
21:00	4,80	48,00
22:00	4,80	48,00
23:00	4,80	48,00
00:00	4,80	48,00
01:00	4,80	48,00
02:00	4,80	48,00
03:00	4,80	48,00
04:00	4,80	48,00
05:00	4,80	48,00
06:00	4,80	48,00
07:00	4,80	48,00
08:00	4,80	48,00
09:00	4,80	48,00
10:00	5,40	54,00
11:00	4,80	48,00
12:00	5,10	51,00
13:00	4,10	41,00
14:00	4,80	48,00
15:00	4,80	48,00
16:00	2,60	26,00
17:00	2,60	26,00



Fuente: Elaboración propia

Tabla 6 Medidor zona media Nodo 23

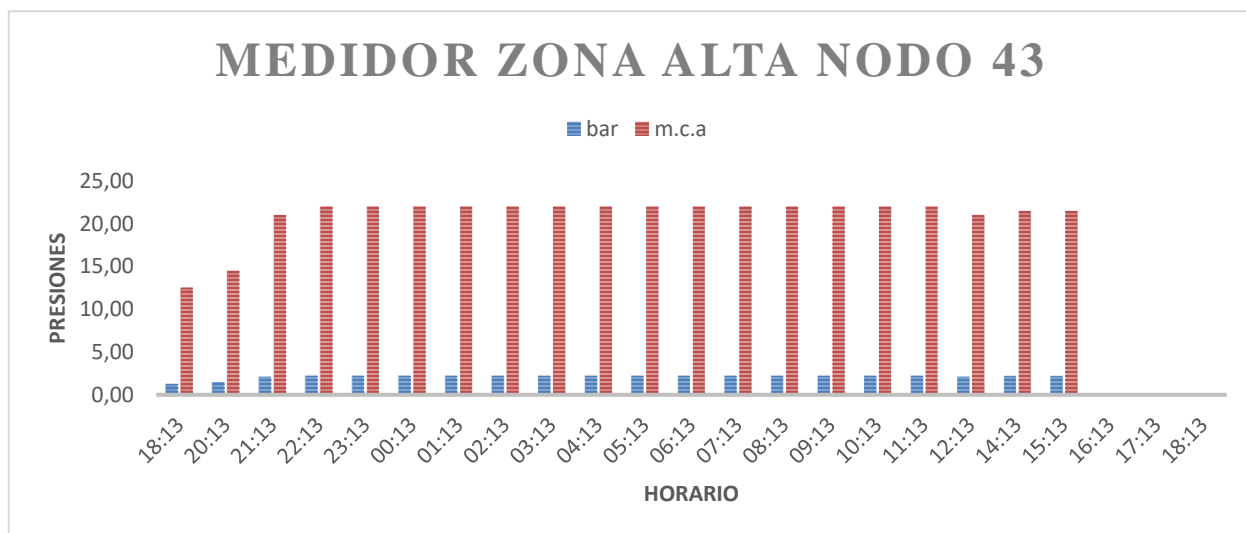
Medidor zona media		
Hora	Presión	
	bar	m.c.a
17:20	2,80	28,00
19:20	3,00	30,00
20:20	3,00	30,00
21:20	3,00	30,00
22:20	3,10	31,00
23:20	3,10	31,00
00:20	3,10	31,00
01:20	3,10	31,00
02:20	3,10	31,00
03:20	3,10	31,00
04:20	3,10	31,00
05:20	3,10	31,00
06:20	3,10	31,00
07:20	3,10	31,00
08:20	3,10	31,00
09:20	3,10	31,00
10:20	3,10	31,00
11:20	3,00	30,00
12:20	3,00	30,00
13:20	3,10	31,00
14:20	2,60	26,00
15:20	0,50	5,00
16:20	0,50	5,00



Fuente: Elaboración propia

Tabla 7 Medidor zona alta Nodo 43

Medidor zona alta		
Hora	Presión	
	bar	m.c.a
18:13	1,25	12,50
20:13	1,45	14,50
21:13	2,10	21,00
22:13	2,20	22,00
23:13	2,20	22,00
00:13	2,20	22,00
01:13	2,20	22,00
02:13	2,20	22,00
03:13	2,20	22,00
04:13	2,20	22,00
05:13	2,20	22,00
06:13	2,20	22,00
07:13	2,20	22,00
08:13	2,20	22,00
09:13	2,20	22,00
10:13	2,20	22,00
11:13	2,20	22,00
12:13	2,10	21,00
14:13	2,15	21,50
15:13	2,15	21,50
16:13	0,00	0,00
17:13	0,00	0,00
18:13	0,00	0,00



Fuente: Elaboración propia

4.9. MODELACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DEL BARRIO SAN CARLOS

Que es una modelación hidráulica

Es un proceso utilizado para analizar y simular el comportamiento de un sistema hidráulico, como una red de agua potable, un sistema de drenaje pluvial o un río. Este proceso implica la creación de un modelo matemático del sistema hidráulico, que se utiliza para simular el comportamiento del sistema bajo diferentes condiciones y escenarios.

La modelación hidráulica se basa en la resolución de ecuaciones matemáticas que describen las leyes de la física y la hidráulica que rigen el funcionamiento del sistema. Estas ecuaciones se utilizan para simular el flujo del agua y la transferencia de materiales, como sedimentos y contaminantes, a través del sistema hidráulico.

El objetivo principal de la modelación hidráulica es proporcionar información útil sobre el comportamiento del sistema hidráulico, que se utiliza para tomar decisiones informadas sobre la gestión y el mejoramiento del sistema. Por ejemplo, la modelación hidráulica puede utilizarse para identificar áreas de una red de agua potable que requieren mejoras, para evaluar el impacto de una nueva construcción en el sistema de drenaje pluvial o para predecir el efecto de las inundaciones en un río.

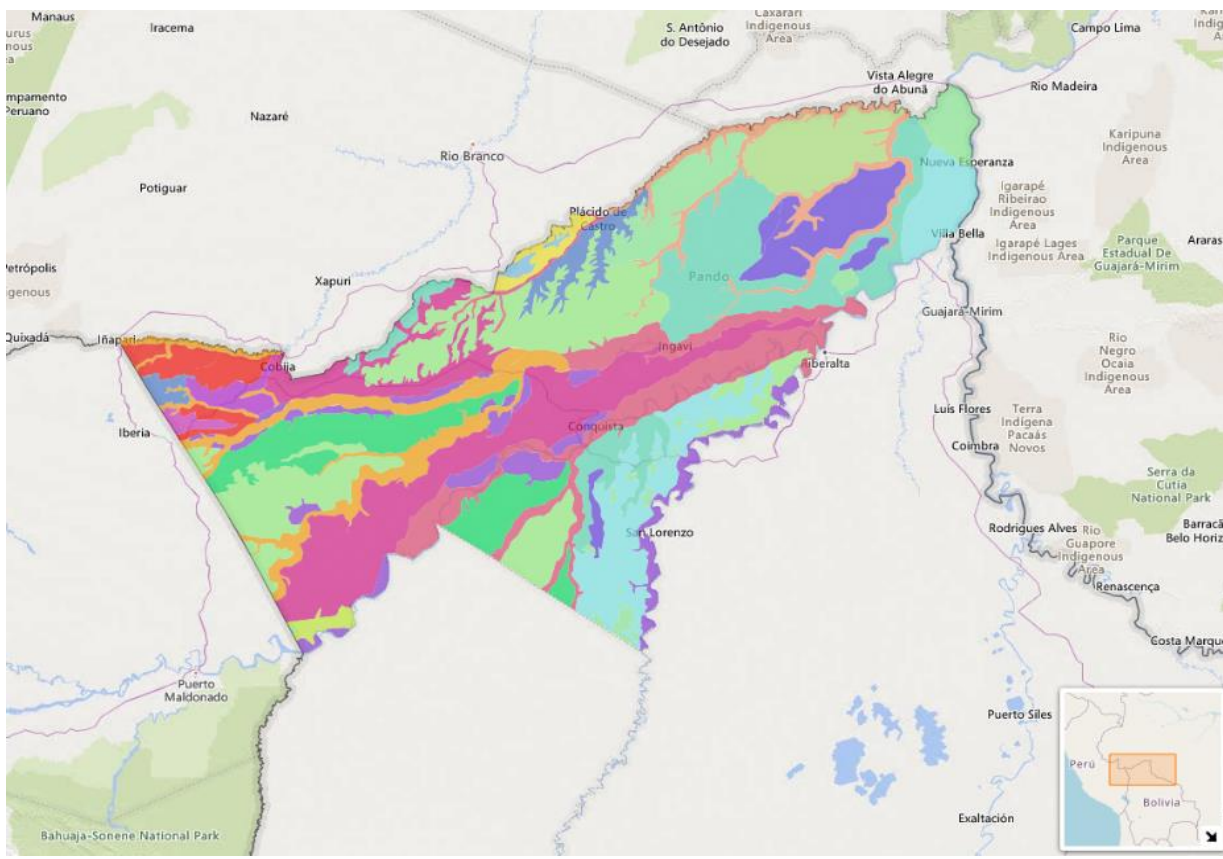
En resumen, la modelación hidráulica es un proceso fundamental para la gestión efectiva de los sistemas hidráulicos. Al proporcionar una comprensión detallada del comportamiento del sistema, la modelación hidráulica permite a los ingenieros y responsables de la gestión del agua tomar decisiones informadas y mejorar la eficiencia y la sostenibilidad del sistema hidráulico.

Partes de una modelación hidráulica

Recopilación de datos:

- Topografía. - es necesario contar con información detallada sobre la topografía de la zona a modelar, ya que esto permitirá conocer la pendiente del terreno y la dirección del flujo de agua.

Figura 7 Mapa Técnico del Departamento Pando



Fuente: EPSA Municipal, Cobia

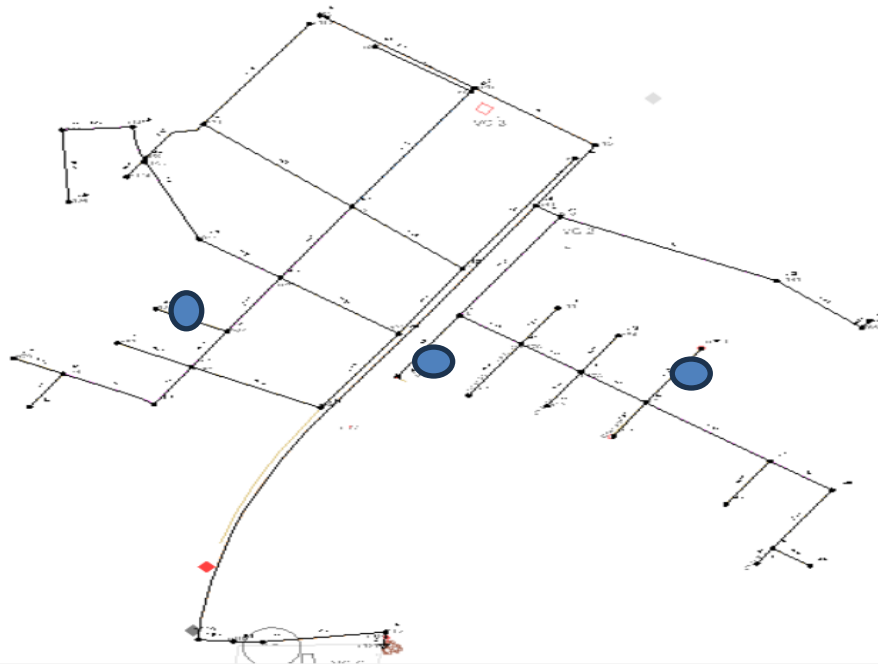
4.9.1. Creación del modelo

La creación de un modelo hidráulico en un software de simulación implica varios pasos que se deben seguir para crear un modelo preciso y funcional. A continuación, los pasos que se deben seguir:

- Crear el modelo de la red de tuberías: En este paso, se debe crear la red de tuberías que representara el sistema hidráulico que se quiere simular. Esto incluye la definición de las tuberías, válvulas, bombas, tanques y cualquier otro elemento que forme parte del sistema. Para ello, se suele utilizar una interfaz gráfica en las que se puedan arrastrar y soltar los elementos para construir la red.

- Definir las propiedades hidráulicas: Cada elemento de la red de tuberías debe tener definidas sus propiedades hidráulicas, como el diámetro, la longitud, el coeficiente de rugosidad, la elevación y la posición geográfica. Estas propiedades se utilizan para calcular la velocidad del fluido, la pérdida de carga y la presión en cada punto de la red.
- Configurar las condiciones de contorno: Son las condiciones que se aplican en los extremos de la red de tuberías y que definen el comportamiento del sistema. Por ejemplo, se puede definir la presión o el caudal que entra el sistema, el nivel de agua en el tanque o la demanda de agua en los puntos de consumo.
- Ejecutar la simulación: Una vez definido el modelo y las simulaciones, se ejecuta la simulación para obtener los resultados. El software utiliza los datos de entrada (propiedades hidráulicas y condiciones de contorno) para calcular el comportamiento del sistema en cada hora de tiempo, generando una serie de resultados que se pueden analizar.
- Analizar los resultados: Finalmente se analizan los resultados de la simulación para evaluar el comportamiento del sistema y detectar posibles problemas y mejoras en el diseño. Es posible visualizar los resultados gráficos, tablas y mapas, lo que facilita la identificación de los puntos críticos del sistema.

Figura 8 Nuevo Modelo Hidráulico del Barrio San Carlos



Fuente: Red brindada por Epsa Municipal

4.9.2. Comparación de resultados obtenidos en campo y el software

A continuación, se comparan los resultados obtenidos a partir de la simulación con watercad y los datos obtenidos en campo a nivel presiones, en la siguiente tabla se detalla las presiones medidas en tres viviendas del barrio, esta comparación nos permite optimizar la eficiencia, la seguridad, la confiabilidad de la modelación.

Tabla 8 comparación de presiones

PRESION		
NODO	OBTENIDA EN WATERCAD (m.c.a)	PROMEDIO OBTENIDA EN CAMPO (m.c.a)
3	42,88	44,66
4	40,67	
22	26,81	26,41
23	27,3	
42	18,34	17,45
43	18,43	

Fuente: elaboración propia

5. CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Con el levantamiento topográfico realizado en la zona de estudio, determino las diferencias de niveles encontrándose una topografía ondulada y del otro lado del barrio una topografía plana.

Logramos automatizar los datos tomados en campo, y así desarrollamos planos y curvas de nivel del sector.

La encuesta realizada en el barrio San Carlos, nos permitió obtener datos de población existente y de cuantas viviendas cuenta con el medidor de agua.

Con los datos obtenidos en el trabajo de campo se realizó la simulación en el software watercad de acuerdo a los resultados obtenidos se puede afirmar que la red de distribución es confiable para su funcionamiento del servicio de agua potable.

La modelación realizada a la red de agua potable del barrio San Carlos permitió evidenciar que la red no presenta fallas ni deterioros y que el abastecimiento de agua es eficiente dentro del barrio.

Sabemos que este proyecto será bastante útil para la empresa encargada de la distribución del agua potable de nuestra ciudad, a su vez es un proyecto que se puede aplicar en los distintos barrios de la ciudad de Cobija, con el bien de priorizar y hacer más eficientes los trabajos realizados por Epsa Municipal Cobija.

El software watercad ha demostrado ser una poderosa herramienta para el modelado y simulación de redes de distribución de agua potable, ya que, al proporcionarle los datos necesarios, puede visualizar diferentes comportamientos con diferentes características y complejidad de una manera sencilla y amigable. ayuda a identificar puntos de conflicto, patrones de comportamiento de elementos, resultados ordenados, etc., además de ayudar en las etapas de evaluación y planificación de proyectos de investigación.

Basándonos en la comparación realizada, se puede concluir que existen similitudes entre los resultados de la simulación en watercad y los datos reales de la red.

La simulación nos indica que la baja presión en algún punto de la red se debe a la falta de un horario establecido para el llenado del tanque de almacenamiento.

5.2. RECOMENDACIONES

Para realizar el trabajo de gabinete en la etapa de procesamiento de datos recabados de campo es recomendable que las mismas personas que obtuvieron los datos de campo intervengan en este proceso.

Es aconsejable realizar mantenimientos oportunos en la red de agua potable, para así seguir brindando un buen servicio al barrio.

Se recomienda el uso de programas de modelación, ya que facilitan y ayudan a una mejor planificación de los distintos proyectos que se pudieran realizar, dado que permiten la simulación de varios escenarios en distintos instantes de tiempo, facilitan la elección de la propuesta mejor y más óptima

Se recomienda hacer continuas actualizaciones de los datos y registros para lograr un mejor control del servicio prestado. además, es importante tener en cuenta la facturación, ya que de esta forma se contribuye a la reducción del agua no facturada, el cual es un problema muy frecuente en nuestra ciudad.

se recomienda contar con un sistema de medición y control del nivel del agua y la presión del agua en el tanque que permita regular el flujo de entrada y salida del agua.

BIBLIOGRAFÍA

Cabrera-Béjar, J. A., y Tzatchkov, V. G. (2012). Modelación de redes de distribución de agua con suministro intermitente. *Tecnología y ciencias del agua*, 3(2), 05–25. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-24222012000200001&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Ingeniero Técnico Agrícola por la UPM. Autor del libro: Diseño agronómico e hidráulico de riegos agrícolas a presión (2018). Nominado premios iAgua al mejor post (2018), blog y post (2019), blog (2020 y 2021). Líder en número global de lecturas.

<https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/tuberias-y-caracterizacion-parte-i>

(Universidad de Los Andes facultad de Ingeniería-Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental)

BOGOTA, D.C., ENERO DE 2009

<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/23961/u346151.pdf?sequence=1#:~:text=Las%20v%C3%A1lvulas%20son%20dispositivos%20que,o%20varios%20tubos%20o%20conductos.&text=Corresponden%20a%20las%20v%C3%A1lvulas%20instaladas,fin%20de%20sectorizar%20la%20red.>

Conceptos de accesorios hidráulicos utilizados en redes de agua potable

<https://www.tuandco.com/aprendeymejora/tipos-de-llaves-de-paso-de-agua/#:~:text=Las%20llaves%20de%20paso%20est%C3%A1n,o%20de%20apertura%20de%20mariposa.>

Cooperación técnica alemana, en modelos hidráulicos.

https://www.bivica.org/files/ag_modelacion.pdf

guía proyecto, fortalecimiento de ASADAS, estrategias de adaptación al cambio climático y gestión de riesgo.

https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/cr/undp_cr_ficha_tecnica_acueductos_presion_20.pdf

Universidad internacional de riego noviembre 7 del 2017

<https://www.universidadderiego.com/sobre-el-caudal-y-la-presion-del-agua/#:~:text=Se%20define%20caudal%20como%20el,superficie%20en%20un%20tiempo%20determinado.>

Monografías plus.

<https://www.monografias.com/trabajos39/simulacion-hidraulica/simulacion-hidraulica2>

Universidad de Colima, facultad de ingeniería civil (topografía)

<https://portal.ucol.mx/fic/topo05.htm#:~:text=La%20topograf%C3%ADa%20es%20la%20ciencia,de%20distancias%2C%20direcciones%20y%20elevaciones.>

Colaboradores de Wikipedia. (2023a). Departamento de Pando. En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Wikipedia. Recuperado de https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Especial:Citar&page=Departamento_de_Pando&id=151142536&wpFormIdentifier=titleform

Colaboradores de Wikipedia. (2023b). Hidrostática. En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Wikipedia. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Hidrost%C3%A1tica&oldid=150560247>

De la Barra M., F. P. (2012). *Mapa hidrográfico del Departamento Pando* [Hidrográfico]. Recuperado de <https://www.educa.com.bo/content/mapa-hidrografico-de-pando#>

EcuRed. (2019). Ecuación de Bernoulli. En *EcuRed*. Recuperado de

https://www.ecured.cu/Ecuaci%C3%B3n_de_Bernoulli

González, M. (2011, agosto 31). “Principio de Bernoulli” [Comercial]. Recuperado de La Guía website: <https://fisica.laguia2000.com/dinamica-clasica/leyes-de-newton/principio-de-bernoulli#:~:text=El%20EE%80%80principio%20de%20Bernoulli%EE%80%81%20dice%20que%20la%20suma,energ%C3%ADa%20no%20puede%20ser%20creada%20ni%20tampoco%20destruida.>

Ingeniería de Fluidos. (2022). “Gestión de presiones en redes de distribución de agua potable” [Comercial]. Recuperado el 15 de mayo de 2023, de Ingeniería de Fluidos website: <https://www.ingenieriadefluidos.com/gestion-de-presiones>

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (2023). “Modelación y diseño de redes de agua potable con demanda estocástica integrados con sistema de información geográfica” [Gobierno]. Recuperado el 15 de mayo de 2023, de Gobierno de México website: <http://www.gob.mx/imta/articulos/modelacion-y-diseno-de-redes-de-agua-potable-con-demanda-estocastica-integrados-con-sistema-de-informacion-geografica>

Lifeder. (2021a, abril 19). “Ecuación de continuidad” [Comercial]. Recuperado el 15 de mayo de 2023, de Lifeder website: <https://www.lifeder.com/ecuacion-de-continuidad/>

Lifeder. (2021b, junio 2). “Hidrodinámica: Qué es, qué estudia, principios, aplicaciones, ejemplos” [Comercial]. Recuperado el 15 de mayo de 2023, de Lifeder website: <https://www.lifeder.com/hidrodinamica/>

Rodríguez, J. (2018a). Capítulo 1 El Problema. En *Aspectos metodológicos de una investigación en Ingeniería Civil* (p. 14). Colombia: Trillas. Recuperado de <http://virtual.urbe.edu/tesispub/0104731/cap01.pdf>

Rodríguez, J. (2018b). Capítulo 2 Modelación Hidráulica. En *Aspectos metodológicos de una*

investigación en Ingeniería Civil (p. 14). Colombia: Trillas. Recuperado de <http://virtual.urbe.edu/tesispub/0104731/cap01.pdf>

Rodríguez, M. G. Z. (2019). *Análisis y diagnóstico de la Red de Sistema de Agua Potable de la Cabecera Cantonal del Cantón Guano, Provincia de Chimazo, Ecuador* (Proyecto de maestría, Universidad Politécnica de Valencia). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España. Recuperado de <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/118836/Z%C3%BA%C3%B1iga%20-%20An%C3%A1lisis%20y%20diagn%C3%B3stico%20de%20la%20red%20del%20sistema%20de%20Agua%20Potable%20de%20la%20cabecera%20cantonal%20del....pdf?sequence=2>

Ulale, A. (2014, marzo 17). “Justificación de proyecto de agua potable” [Comercial]. Recuperado el 15 de mayo de 2023, de Buenas Tareas website: <https://www.buenastareas.com/ensayos/Justificacion-De-Proyecto-De-Agua-Potable/48963816.html>

Norma Boliviana 689

https://www.google.com/search?q=nb+689+pdf&oq=NB689&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUqCQgBEAAAYChiABDIJCAAQRRg5GIAEMgkIARAAGAoYgAQyCQgCEAAAYChiABNIBCDQzMjdqMGo3qAIAAsIA&sourceid=chrome&ie=UTF-8

ANEXOS

ANEXO A - Equipo topográfico

El equipo topográfico empleado en obra se clasifica en:

Primarios: Consiste en aparatos, estandarizados y normados descritos a continuación:

- Estación total SOKKIA SET 510
- Trípode de aluminio SOKKIA



FIGURA 4. 1 Estación total – SOKKIA Set 510

Fuente: http://www.ibercarto.com/images/estacionestotales/tps400_catalogo_es.pdf



FIGURA 4. 2 Trípode de aluminio – SOKKIA Set 510

Fuente: ▷ Estación Total Sokkia Características Modelos y precios (geobax.com)

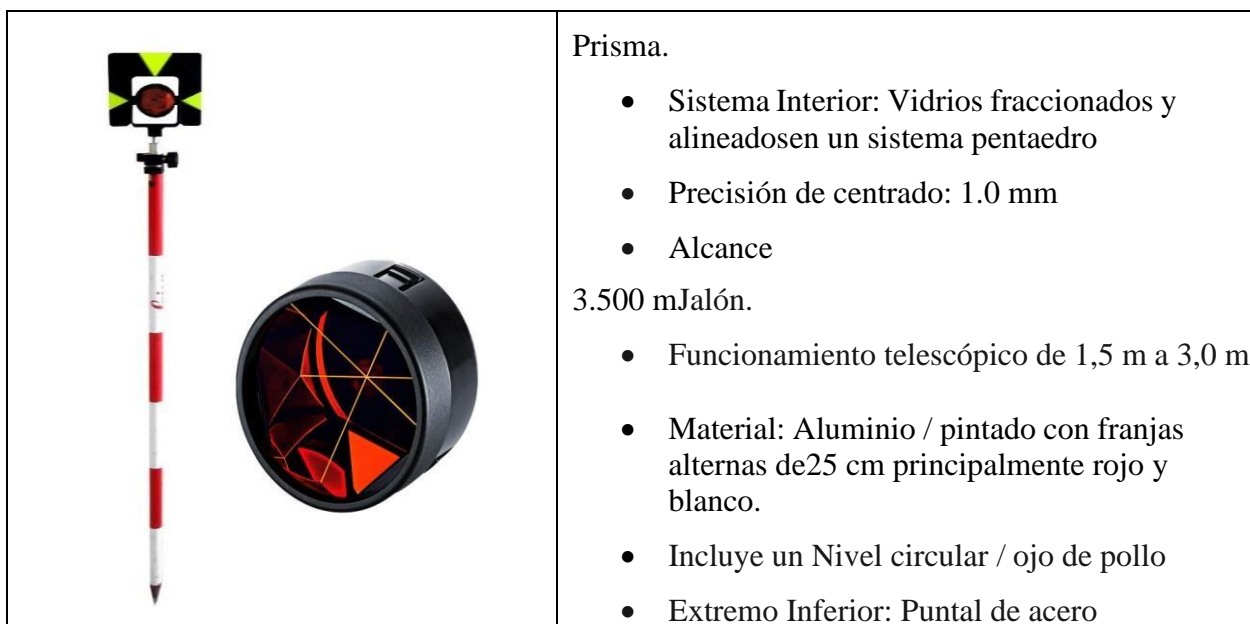


FIGURA 4. 3 Prisma GPR1 incl. Jalón SOKKIA

Fuente: <https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=TXtzEGC6&id=BF0B9F5C20EAEA37117879CB1A384BA6DB4D94C9&>

ANEXO B – Memoria de Calculo

ANEXO C – Fotografías

ANEXO D - Planos

ANEXO E – Documentos para optar la modalidad de TRABAJO DIRIGIDO