



Comisión Estatal del Agua
Gobierno de Baja California Sur

COMISIÓN ESTATAL DEL AGUA GOBIERNO DE BAJA CALIFORNIA SUR

**“Catastro técnico de la infraestructura hidráulica
de la ciudad de La Paz, Baja California Sur”**

**“Actualización de catastro técnico de la
infraestructura hidráulica para la modelación
matemática de la red para el proyecto de
sectorización de redes de la Ciudad de La Paz”**

TOMO III

"Sectorización de la Red Hidráulica del Agua Potable"



Contrato No: LPO-000000003-006-2022

CONTENIDO

TOMO I

I RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE Y EXISTENTE, PARA INTEGRACIÓN Y ACTUALIZACIÓN REPTA

I.1 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE Y EXISTENTE, PARA INTEGRACIÓN Y ACTUALIZACIÓN REPTA

II RECORRIDOS PRELIMINARES

III ACTUALIZACIÓN DEL CATASTRO DE LA RED HIDRÁULICA DE AGUA POTABLE.

III.1 AUDITORÍA CON DIFERENTES DEPARTAMENTOS Y DEPENDENCIAS PARA LA REVISIÓN DEL CATASTRO DE LA RED HIDRÁULICA EXISTENTE.

III.2 UBICACIÓN DE CAJAS DE VÁLVULAS Y ESTRUCTURAS ESPECIALES.

III.3 NIVELACIÓN DE TAPAS Y ESTRUCTURAS ESPECIALES.

III.4 ACTUALIZACIÓN DE PLANIMETRÍA.

III.5 INSPECCIÓN Y REFERENCIACIÓN DE CAJAS DE VÁLVULAS.

TOMO II

III.6 UBICACIÓN Y REFERENCIACIÓN DE ESTRUCTURAS ESPECIALES.

III.7 DETECCIÓN Y UBICACIÓN DE CAJAS OCULTAS.

III.8 DESASFALTADO DE TAPAS.

III.9 APERTURA DE TAPAS SELLADAS.

III.10 DESAZOLVE O ACHIQUE DE CAJAS.

III.12 REVISIÓN Y ANÁLISIS DE CONGRUENCIA HIDRÁULICA.

III.13 ELABORACIÓN DE PLANOS DIGITALIZADOS DEL CATASTRO.

III.14 GENERACIÓN DE LA INFORMACIÓN PARA EL SIG.

TOMO III

IV PROYECTO EJECUTIVO PARA LA SECTORIZACIÓN Y MODELACIÓN DE REDES DE AGUA POTABLE

IV.1 MEDICIÓN DE FUENTES DE ABASTECIMIENTO Y VERIFICACIÓN DE GASTO, PARA ALIMENTAR EL MODELO MATEMÁTICO.

IV.2 ELABORACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO DE LA RED, PARA GENERAR SECTORES EN DIFERENTES ESCENARIOS.

IV.3 MEJORA DE EFICIENCIA DE SECTORES, MEDIANTE DETECCIÓN DE FUGAS BÁSICO, EN EL 10% DE LAS TOMAS.

TOMO IV

- IV.4 MEDICIÓN EN ENTRADAS Y SALIDAS DE LOS TANQUES PARA ALIMENTACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO DE LA RED.
- IV.5 MEDICIÓN DE LAS SALIDAS DE LOS REBOMBEO PARA ALIMENTACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO DE LA RED.
- IV.6 CAMPAÑA DE MEDICIÓN DE VARIABLES DE CAUDAL Y PRESIÓN EN CAMPO, CON REGISTRADORES DE PRESIÓN.
- IV.7 CALIBRACIÓN DE MODELO MATEMÁTICO DE LA RED HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE MACRO SECTORES.
- IV.8 SIMULACIÓN HIDRÁULICA DEL ESTADO INICIAL DE LA RED HIDRÁULICA Y DE DOS ESCENARIOS DE SECTORIZACIÓN.
- IV.9 CAPACITACIÓN DEL PERSONAL EN USO DEL SOFTWARE GRATUITO PARA AJUSTAR CONTINUAMENTE LA MODELACIÓN, EN EPANET CON DURACIÓN DE 40 HRS.
- IV.10 DISEÑO DE SECTORIZACIÓN, YA CALIBRADO EL MODELO PARA GARANTIZAR QUE TODOS TENGAN CAUDAL Y PRESIÓN, CON UNA SOLA ENTRADA PARA REALIZAR BALANCE VOLUMÉTRICO.
- IV.11 GENERACIÓN DE LA INFORMACIÓN PARA EL GIS.

TOMO I "Catastro de la Red Hidráulica del Agua Potable" Parte 1.

TOMO II "Catastro de la Red Hidráulica del Agua Potable" Parte 2.

TOMO III "Sectorización de Redes" Parte 1.

TOMO IV "Sectorización de Redes" Parte 2.

TOMO V "Sectorización de Redes" Parte 3.

IV PROYECTO EJECUTIVO PARA LA SECTORIZACIÓN Y MODELACIÓN DE REDES DE AGUA POTABLE

El propósito de sectorizar la red de distribución de agua potable de La Paz es el de incrementar la eficiencia hidráulica y ejercer un mayor control operativo de parámetros básicos como lo es la regulación en presiones y la cantidad de agua suministrada en los diferentes sectores.

El término sectorización es conocido como la formación de zonas de suministro autónomas dentro de una red de distribución; es la división o partición de la red en muchas pequeñas redes con el fin de facilitar su operación. De este modo, es mucho más sencillo controlar los caudales de entrada en cada sector, las presiones internas de la tubería, la demanda y el consumo, así como las pérdidas de agua, tanto en fugas como en usos no autorizados.

Un distrito hidrométrico es un sector o una sección de la red de distribución de agua potable, delimitada por medio de válvulas de seccionamiento, con el propósito de aforar el caudal de entrada, así como medir y controlar la presión de operación a fin de brindar la misma calidad de servicio de suministro a la totalidad de los usuarios. Son subsistemas que se aíslan hidráulicamente con movimientos de válvulas en forma temporal para realizar pruebas de consumos, detectar fugas y evaluar la eficiencia física.

La sectorización de redes de agua potable tiene otra connotación en su diseño, ya que se trata de formar elementos separados físicamente unos de otros, interconectados hidráulicamente, es así como el diseño de cada sector obedece más a la topografía, a la ubicación y capacidad hidráulica de las captaciones, rebombes, tanques y a los valores de demanda de agua de los usuarios. Los sectores deben analizarse y diseñarse hidráulicamente en forma integrada, considerando el mínimo de cortes, conexiones, movimientos de válvulas e instalaciones de tuberías. Los sectores tienen forma irregular y el número de usuarios dentro de él depende de la disponibilidad de agua y de la infraestructura existente.

Un distrito hidrométrico se basa en especificaciones concretas, para que las pruebas de campo resulten confiables, así, por ejemplo, se maneja un número de usuarios, con la idea de que en la medición de los caudales registrados en la entrada del distrito no se tengan errores significativos; o bien, el distrito puede tener una o varias entradas o salidas y puede estar abasteciendo a varios distritos, puesto que no se altera de ningún modo la prueba en turno.

IV.1 MEDICIÓN DE FUENTES DE ABASTECIMIENTO Y VERIFICACIÓN DE GASTO, PARA ALIMENTAR EL MODELO MATEMÁTICO.

La macromedición en un sistema de abastecimiento de agua potable tiene como objetivo cuantificar los caudales captados, distribuidos y conducidos a lo largo de todo el sistema. Resulta fundamental la planificación y ubicación de este tipo de elementos, ya que con esto se podrán llevar a cabo acciones que permitan tener el control y obtener datos de caudales, presiones y el nivel de agua en los principales puntos de interés, así como de conocer el suministro de agua y presiones en los diferentes sectores, establecer el volumen de agua no facturados y saber los componentes de pérdida en la distribución.

Dentro de la zona urbana de La Paz se cuentan con 44 fuentes de abastecimiento las cuales tratan de pozos profundos los cuales bombean directamente a la red de distribución. Dentro de estas estructuras se cuenta actualmente con medidores electromagnéticos los cuales están ubicados en los trenes de descarga de las obras de captación.

Resulta fundamental para el proyecto de sectorización conocer y realizar la verificación del caudal proporcionado por las fuentes de abastecimiento, además de monitorear las posibles variaciones de presión que puedan existir a lo largo de un periodo de bombeo constante, como es el caso actualmente.

Para ello se llevó a cabo la medición en las fuentes de abastecimiento utilizando un medidor de flujo ultrasónico, en donde de manera no invasiva, se determina el caudal de cada uno de los aprovechamientos.

Con respecto a la metodología utilizada para utilizar este tipo de equipos, se tomó en cuenta el diámetro, material y espesor de la tubería, para calcular la distancia, alineación y la superficie para colocar los rieles de los transductores. Al estar estos conectados al equipo se inició el proceso de medición del caudal que pasa por la tubería, obteniendo así el gasto medio y registrando estos datos en el dispositivo.

Se tomaron registros durante 2 horas en intervalos de 60 segundos, con la finalidad de monitorear los posibles transitorios de presión. A continuación, se muestran los resultados, así como los reportes de los estudios realizados en las fuentes de abastecimiento existentes en La Paz.

ESTRUCTURA ESPECIAL	CAUDAL REPORTADO l/seg	
1 S P	9.61	
2 S P	21.84	
2R	25.34	
4R	10.2	
6R	78.2	
7R	20	
8	23.84	
9	32.9	
10	45.45	
11	20.2	
12	9.08	
14R	17.5	
15 bis	11.2	
16	24.54	
17 R-2	36.79	
17 bis	31.05	
18	30.37	
19R	32.8	
20	21.36	

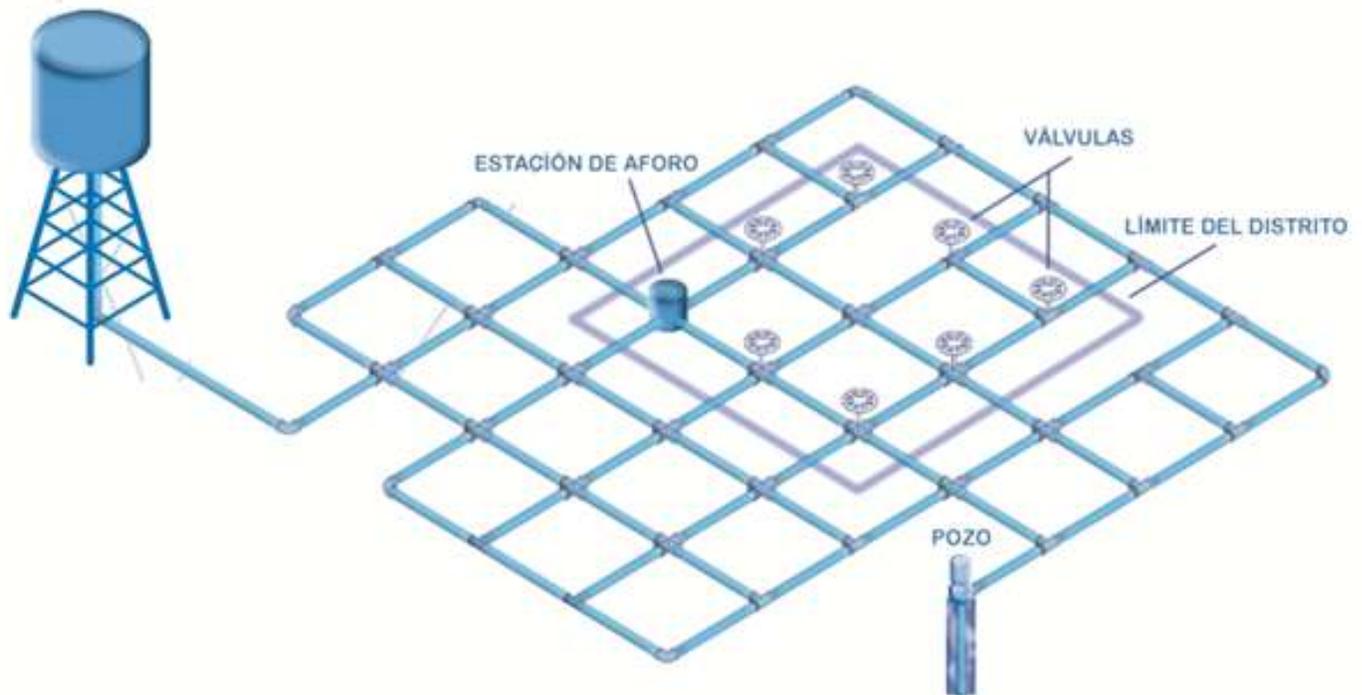
ESTRUCTURA ESPECIAL	CAUDAL REPORTADO l/seg	
21	30.96	
22	43.575	
24	23	
25	21.08	
26	33.67	
27	26.54	
28	38.32	
HERDEZ 1	29	
HERDEZ 2	30.92	
EL MAUTO	26.02	
POZO TALLER	5.97	
PINO PAYAS	31.93	
DUARTE	33	
POLONI	44.81	
SAN PEDRO	12.19	

IV.2 ELABORACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO DE LA RED, PARA GENERAR SECTORES EN DIFERENTES ESCENARIOS.

Los criterios a seguir para llevar a cabo la división en sectores, parten de la infraestructura existente, para ello es de suma importancia contar con un catastro de infraestructura hidráulica actualizado y confiable.

La sectorización partió en función de su infraestructura existente, considerando muchos factores para la delimitación como lo es la aportación al sistema de cada uno de los abastecimientos, la capacidad de los tanques, las condiciones topográficas y las demandas de los usuarios al sistema.

Se trata de dividir el sistema y ajustarse a la geometría de la red, con el objetivo principal de minimizar las variaciones de presión de servicio al interior del sector; esto es, mantener una cierta uniformidad de presiones entre los 15 y 50 metros columna de agua, cuidando las velocidades mínimas y máximas permisibles cumpliendo con las especificaciones y normatividad vigentes.



En la imagen se representan los componentes principales para la sectorización de un sistema de agua potable como el de La Paz.

Se utilizó el programa EPANET el cual permite realizar simulaciones en periodos prolongados del comportamiento hidráulico y de la evolución de la calidad del agua en redes de suministro a presión.

EPANET es un software de uso libre, desarrollado por el Laboratorio Nacional de Investigación para la Prevención de Riesgos de los Estados Unidos. Este programa ha sido creado para analizar el comportamiento y calidad en la distribución de agua potable.

Tomando en cuenta el catastro actualizado del sistema de agua potable, utilizando el plano general de congruencia hidráulica, se diseñó y complementó el resto de la red de agua dando cobertura a la totalidad de las viviendas.

Se procede entonces a la selección de los elementos de control, que son los medios para operar el sistema, para aislar alguna zona de la red, reducir o mantener la presión del agua y/o permitir el flujo entre sectores.

De igual manera, se mantiene la interconexión entre sectores y entre fuentes de suministro, de modo que puedan derivarse caudales en casos extraordinarios. La selección del esquema de sectorización idóneo será aquél que mejor se adapte a las necesidades propias de cada sistema de distribución, pero ante todo, evaluar el costo en la construcción de nuevas líneas de conducción y tanques de regulación, cortes, instalación de válvulas, etc.

Con ello se establecieron los parámetros de diseño definiendo diámetros y material en tuberías; con la colocación de válvulas de seccionamiento se configuró la red general de agua potable de la Ciudad de La Paz tomando en cuenta la infraestructura existente.

Probado y elegido el esquema general del sistema por sectorizar, se generó el diagrama del sistema, del cual parte la construcción del modelo matemático de la red de agua potable junto con la actualización del catastro para nutrir el modelo matemático.

Del plano generado en AutoCAD formato .dwg, se llevó a cabo la exportación de datos (tuberías, tanques, estaciones de bombeo, válvulas de seccionamiento, etc.) al EPANET con la finalidad de respetar en todo sentido el levantamiento físico.

IV.3 MEJORA DE EFICIENCIA DE SECTORES, MEDIANTE DETECCIÓN DE FUGAS BASICO, EN EL 10% DE LAS TOMAS.

Con el propósito de mejorar la eficiencia física en la red de distribución de agua de La Paz, se analizan las opciones para la elección del mejor método para realizar la detección de fugas tanto a lo largo de toda la red de distribución como en la toma domiciliaria de cada uno de los usuarios.

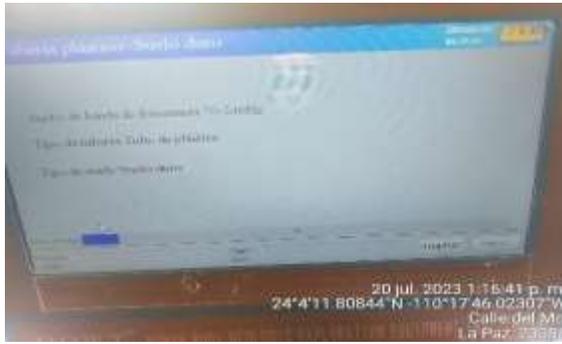
Existen varios métodos para detectar la pérdida de agua no contabilizada ya sea por fugas o por tomas clandestinas dentro de la red de distribución. Para aplicar efectivamente algún método que conlleve la sectorización del sistema, como puede ser por balance hidráulico o por distritos hidrométricos, se debe disponer del diseño y ubicación correcta de válvulas de seccionamiento, así como los puntos de control para la colocación de medidores.

El sistema de agua potable de la Ciudad de La Paz no cuenta con alguna sectorización actualmente de la cual se pueda valer para realizar estudios de detección de fugas por el método de balance hidráulico, ni tampoco cuenta con distritos hidrométricos definidos en la red de distribución; por lo que con el fin de mejorar la eficiencia y conocer la totalidad del alcance del sistema actual, se llevó a cabo un programa de detección de fugas de agua en tuberías de servicio primario y secundario.

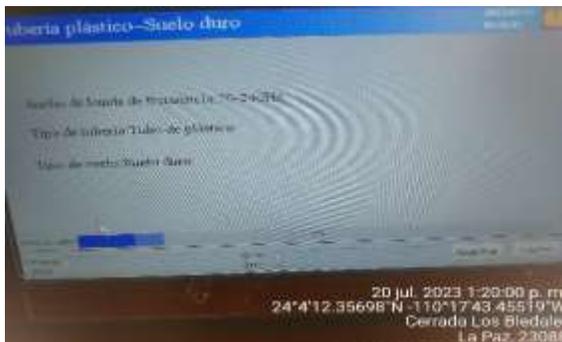
Utilizando geófonos, se realizaron inspecciones a lo largo de la red de distribución y líneas primarias, fueron de utilidad los resultados del levantamiento del catastro previamente elaborado, fue así, y en coordinación con personal encargado en la operación del sistema de agua potable, se realizaron las inspecciones para de manera acústica y no invasiva, se detectarán las posibles fugas existentes en la red.

La información recabada se registró en fichas técnicas las cuales contienen la ubicación de cada sitio donde se realizó la inspección, así como imágenes del proceso, los resultados y observaciones.

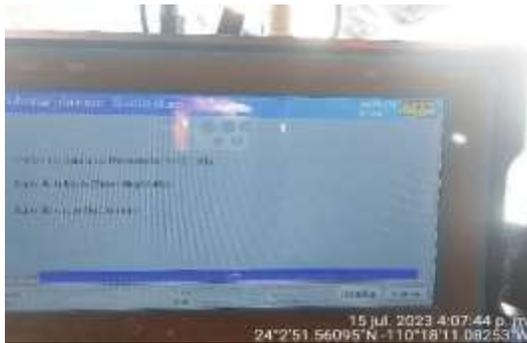
A continuación, se presentan algunas imágenes del proceso del presente estudio, así mismo anexo al presente informe se presentan las fichas generadas.



Se muestra inspección en red de distribución utilizando geófono mediante micrófono pata de elefante, Se determina que no hay fuga.



Se muestra detección de fuga. A la izquierda carátula del equipo donde indica el sitio mediante la frecuencia acústica y a la derecha panorama.



En las imágenes se muestra la revisión de tomas domiciliarias con ayuda de geófono mediante micrófono "pata de elefante". Se tratan de dos sondeos en donde se encontró la existencia de fuga.

Como ya se mencionó, se llevaron a cabo 3500 sondeos de forma acústica, para detectar y localizar la ubicación de las fugas existentes, de los cuales en 18 de ellos se halló dicho problema.

Como también se mencionó anteriormente por cada sondeo se elaboró la ficha correspondiente, en cada una de ellas se encuentran las observaciones pertinentes.

En el siguiente cuadro se enlistan los números de fichas que arrojan los resultados con fugas existentes; dentro de cada ficha se presentan las coordenadas y ubicación de las mismas.

SONDEOS DONDE SE OBTUVO INDICIO DE FUGA EXISTENTE	
49	1044
190	1064
206	1463
207	1487
310	1990
587	2115
963	2469
988	2498
1010	3001