



ING. JOSE SANTOS ESCAMILLA LOPEZ

**ESTUDIO PARA LA IDENTIFICACION DE PERDIDAS FISICAS Y
MEDICION EN EL ACUEDUCTO CEDRAL - MATEHUALA**

**Servicio de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de
Matehuala, S.L.P.**

INFROME FINAL

CONTRATO. No. SAPSAM-AD-SROB-025-2019

ENERO DEL 2020



1. Introducción

El agua es un elemento fundamental en el bienestar social, el desarrollo económico y la preservación del medio ambiente. En México, la adecuada preservación del recurso representa un extraordinario reto derivado en buena medida del crecimiento poblacional.

En el periodo 1950-2010 la población se incrementó en 86.5 millones de habitantes, al pasar de 25.79 a 112.34 millones, lo que representa un incremento del 335.5% en dicho periodo¹. Se prevé que la población siga en aumento y que alcance los 136.96 millones de habitantes en el año 2030.²

Esta situación ha generado una extraordinaria presión sobre los recursos hídricos y sus bienes públicos inherentes, incluyendo un incremento importante de asentamientos humanos en las proximidades de los cauces y vasos de propiedad nacional.

Además, es importante destacar el contraste que existe entre el crecimiento demográfico en el país, el desarrollo económico y la disponibilidad natural de los recursos hídricos y sus bienes públicos inherentes. Así, en las zonas centro y norte del territorio vive el 77% de la población, se genera el 79% del Producto Interno Bruto y se tiene el 32% de la disponibilidad natural de agua. En contraste, las zonas sur y sureste vive el 23% de la población, se genera el 21% del Producto Interno Bruto y se cuenta con el 68% de la disponibilidad natural de agua.³

El futuro que se ha planteado para el país es que sea una nación que cuente con agua en cantidad y calidad suficiente, reconozca su valor estratégico, la utilice de manera eficiente y proteja los cuerpos de agua, para garantizar un desarrollo sustentable y preservar el medio ambiente.⁴ Los retos para lograr estos propósitos son de tal magnitud y trascendencia, que requieren de una participación amplia, comprometida y decidida de los Sectores Público y Privado, de las Organizaciones No Gubernamentales y en un contexto más amplio, de la sociedad en su conjunto.

De hecho, una de las Metas Nacionales del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 consiste en consolidar un México Próspero e incluye como una de sus estrategias el implementar un manejo sustentable del agua, haciendo posible que todos los mexicanos tengan acceso a dicho recurso.

¹Censos de Población y Vivienda 1950, 1960, 1970, 1980, 1990, 2000 y 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <http://www.inegi.org.mx>

² Consejo Nacional de Población. Proyecciones de la Población 2010-2050. <http://www.conapo.gob.mx>

³ Programa Nacional Hídrico 2007-2012. Comisión Nacional del Agua. Febrero de 2008. <http://www.conagua.gob.mx>

⁴ Programa Nacional Hídrico 2007-2012. Comisión Nacional del Agua. Febrero de 2008. <http://www.conagua.gob.mx>



En congruencia con el Plan Nacional de Desarrollo, en el Programa Nacional Hídrico 2014-2018 se precisan como líneas de política pública: el manejo responsable y sustentable del agua para orientar su uso y consumo racionales; y el reducir la vulnerabilidad ante efectos del cambio climático y las contingencias ambientales. Como parte de las acciones que comprende el Programa se incluyen: reforzar los sistemas de medición y verificación del cumplimiento de los volúmenes concesionados y asignados; y fortalecer las acciones de vigilancia, inspección y aplicación de sanciones en materia de extracciones y vertidos.

En esencia, lo que se busca es preservar las cuencas y acuíferos con base en el uso eficiente e inteligente del agua y de sus bienes públicos inherentes, al mismo tiempo que se impulse el desarrollo económico y el bienestar social del país.

Un elemento esencial para ello es la administración del recurso hídrico a través del otorgamiento de concesiones para el uso o explotación de las aguas nacionales, atribución señalada a la Federación, la cual se ejerce a través de la Comisión Nacional del Agua.

El levantamiento de la información en campo permite corroborar la situación real operativa del uso o explotación de las aguas nacionales, lo cual permitirá llevar a cabo las acciones técnico –administrativas correspondientes para vigilar el cumplimiento de la Ley por parte de los usuarios.

OBJETIVO:

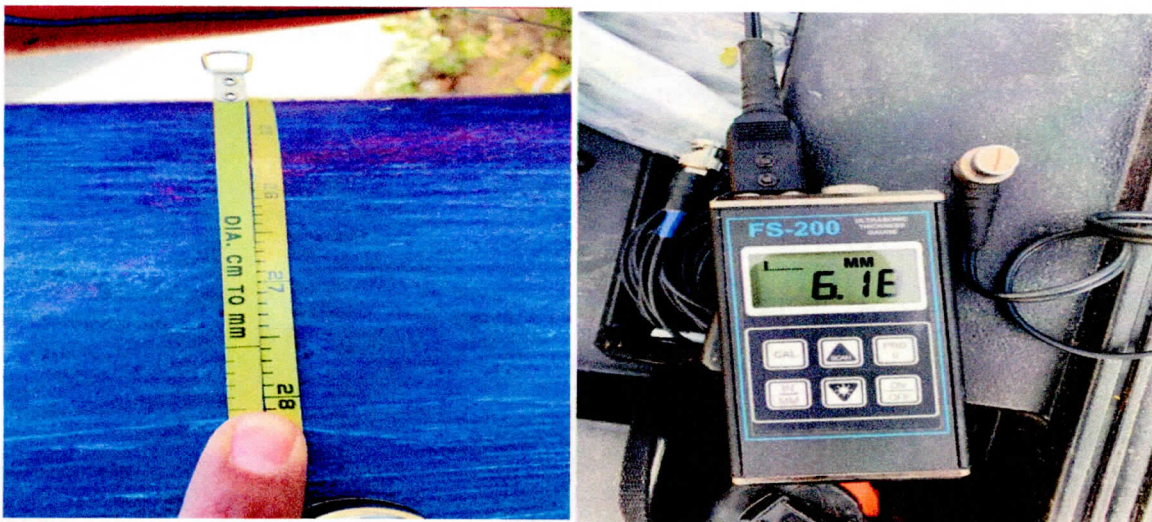
Medir con instrumentos de amplia precisión la producción de agua de agua potable de los de los pozos propiedad del organismo existentes en los municipios de Cedral y Vanegas de forma individual y su traslado conjunto por los acueductos del sistema, así como también detectar y localizar probables fugas o perdidas en el trayecto hacia el tanque las Trojes y en la derivación existentes en el ejido Nora de la Cabra.

SAP 01.-Medición puntual en fuentes con caudalímetro ultrasónico, una hora mínimo, incluye elaboración de informe detallado y entrega en forma impresa y digital

Con el objeto de conocer el volumen de agua que se suministran al sistema de conducción, se procedió a efectuar mediciones de caudal de agua por medio de los medidores portátiles ultrasónico, marca Fuji Electric modelo Portaflow C y X en cada uno de los aprovechamientos. Cabe mencionar que el equipo utilizado se encuentra calibrado por una institución acreditada a nivel nacional como es en este caso Calibración e Instrumentación Profesional, S.A. de C.V., ya que se cuenta con el certificado de calibración.

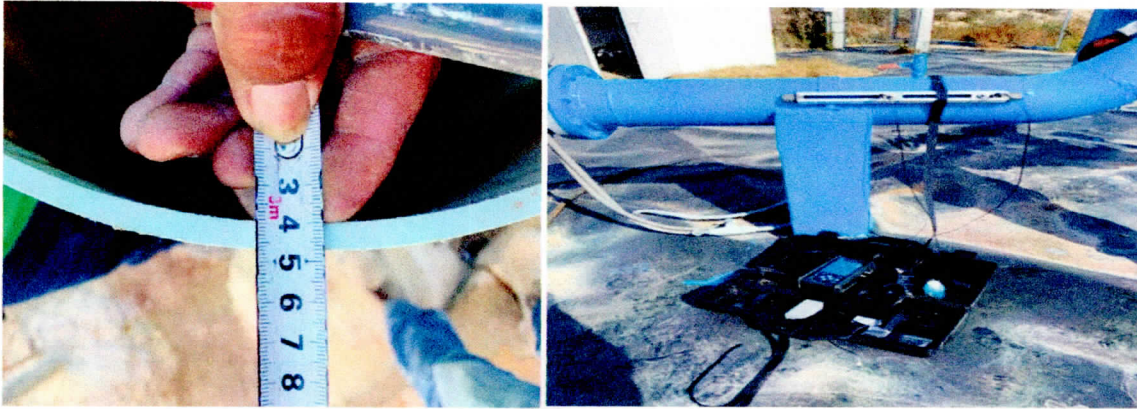
La metodología utilizada para conocer el gasto en los aprovechamientos del Sistema de Agua Potable y Saneamiento de Matehuala, S.L.P. (SAPSAM) fue la siguiente:

1. De acuerdo al diámetro y tipo de material y espesor de la tubería donde se midió el caudal, se programó el medidor de flujo ultrasónico para conocer la separación entre la que se deben colocar los transductores sobre la tubería, tanto aguas arriba como aguas abajo, considerando 5 diámetros antes y después de cualquier pieza especial, para evitar errores de medición, lo cual debido a las condiciones de la infraestructura no siempre fue posibles acatar con exactitud la

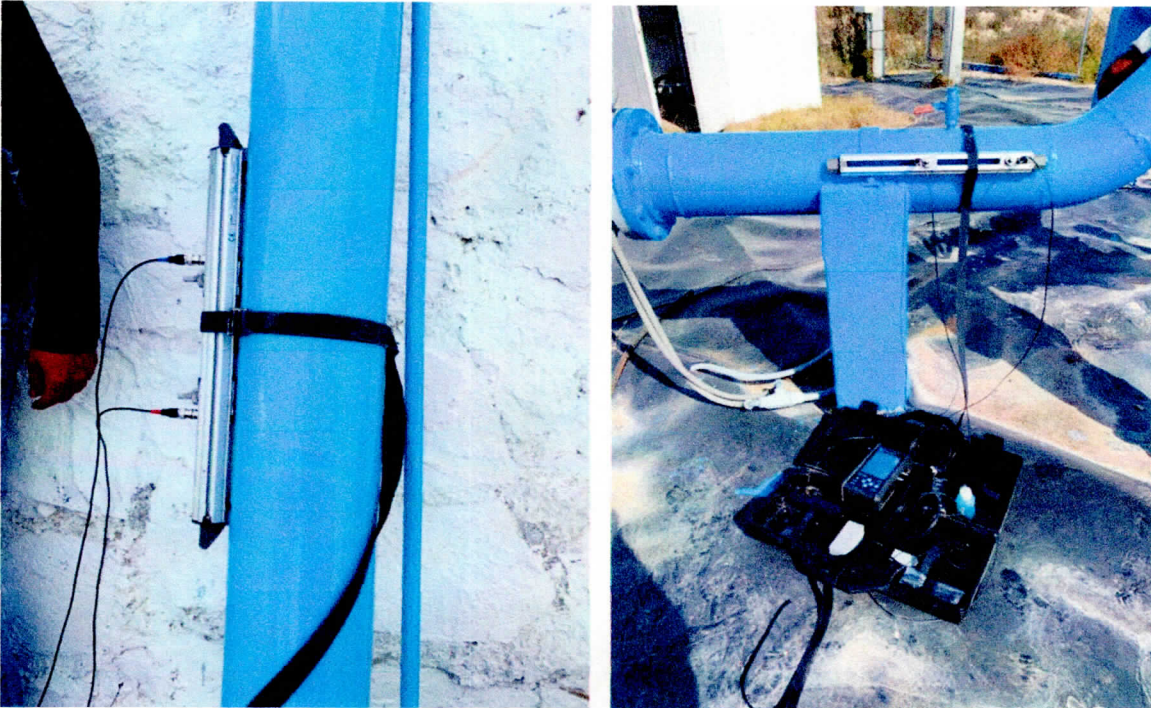


condición.

2. Se seleccionó la superficie de la tubería donde se efectuó la medición, de tal modo que permitiera colocar el riel en el que van instalados los transductores del equipo de medición, y que cumpla con las especificaciones de separación del equipo, con respecto a las singularidades, ya sea de codos, válvulas u otro tipo de pieza especial en el tren de descarga de los componentes del sistema.



3. Una vez preparada la superficie de la tubería para la colocación de los transductores, se colocaron éstos aplicando una capa de gel conductor o silicón acoplante a la separación obtenida con el equipo previamente programado con los datos del apartado anterior, se alinean que sean transversales a la tubería y se fijaron los rieles mediante cinchos de velcro o cinchos elásticos, o con imanes cuando la tubería era metálica.

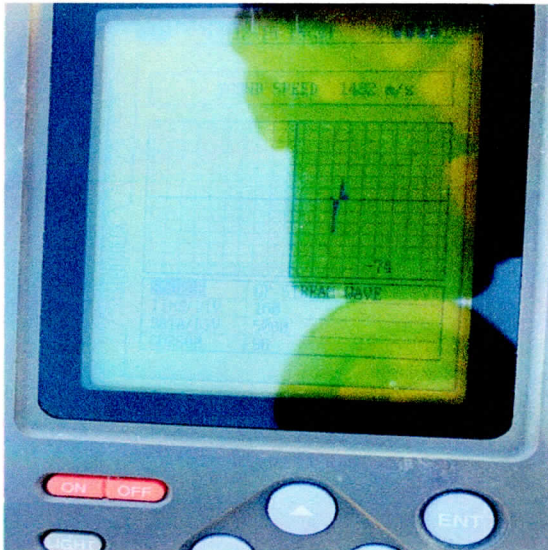




4. Los transductores se conectaron al equipo correspondiendo aguas arriba y aguas abajo, se encendió el equipo para iniciar el proceso de medición. En la pantalla o display del equipo apareció el caudal que pasa por la tubería en cada instante, una vez que se normaliza el flujo.

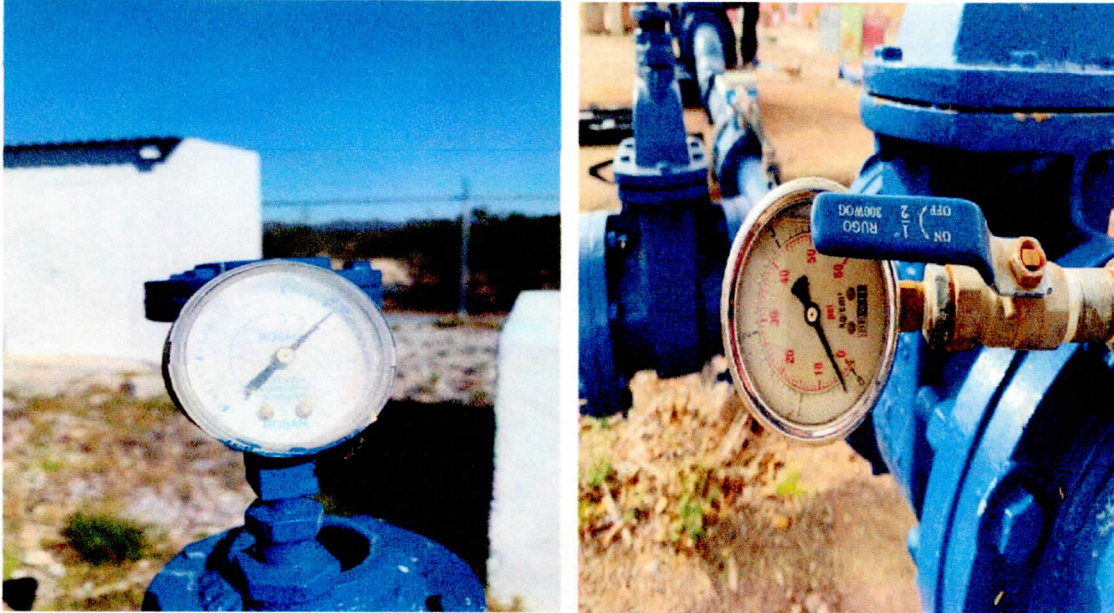


5. Se registraron diferentes lecturas a cada 15 minutos por un periodo de un día, para obtener el caudal medio, y la gráfica de comportamiento de la fuente.





6. La medición de la presión del sitio se tomó del manómetro instalado sobre la línea principal de cada uno de los aprovechamientos que se visitaron, justo en la tubería de descarga del equipo de bombeo, cuando este contaba con él.



Las mediciones resultantes de las fuentes, dieron como resultado un total de 112.79 l/s en el acueducto de PVC y 149 l/s en el acueducto de Asbesto

SAP-02.- Medición en ducto con caudalímetro ultrasónico en 10 diferentes puntos de los acueductos, cuatro horas mínimo, incluye elaboración de informe detallado y entrega en forma impresa y digital

De acuerdo a los términos de referencia en el inciso B .- *El contratista deberá emplear los procedimientos y equipo propuesto, sin embargo, puede poner a consideración del organismo para su aprobación, cualquier cambio que justifique un mejor aprovechamiento de sus equipo y mejora en sus programas de trabajo;* los trabajos de las mediciones por cuatro horas, sobre el acueducto Cedral-Matehuala, por sugerencia del organismo operador SAPSAM, estas mediciones fueron cambiadas para la medición de la entrada de agua de los diferentes tanques que suministran agua a la población del Municipio de Matehuala, quedando al final 8 mediciones reemplazando las 10 marcadas en los términos de referencia.

Las mediciones se hicieron considerando los pozos que son alimentados directamente de los acueductos en cuestión.

Esta información se utilizó para completar el balance hidráulico del cual los resultados nos indican el tamaño del problema de perdidas físicas de agua o agua no contabilizada, y ofrece indicios de la magnitud del problema particular de perdidas por fugas en conexiones domiciliarias, fugas en la tubería principal y secundaria o volúmenes de agua por procesos comerciales. Para determinar las acciones correctivas que se deben implantar para reducir el volumen de perdidas, es conveniente evaluar, por un lado, los beneficios que se tendrían si se redujeran dichas perdidas y, por otro, el costo de inversión para realizar la reducción. Así mismo al determinar la relación costo-beneficio, se esta en posibilidad de definir la conveniencia de llevar a cabo en un programa de reducción de fugas y el mejoramiento de los procesos de comercialización del agua.

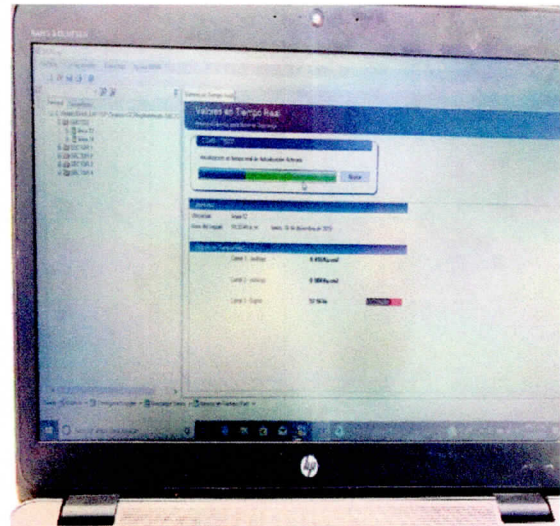
Para realizar lo anterior, se tuvo que determinar; lo volúmenes de agua que son susceptibles de recuperar; segundo, estimar los beneficios ocasionados de operación y mantenimiento del manejo del agua que se pierde.

Para el buen manejo de los datos con los que se realizó el balance hidráulico, fue necesario efectuar mediciones en puntos estratégicos, puntos sobre los acueductos donde se podrían apreciar los volúmenes de agua captados y medidos en las fuentes, que correspondieran al volumen de agua transportadas por los mismos; para estas mediciones se utilizaron los puntos conocidos como Punto de cloración 19, donde se encuentran las adecuaciones para colocar los medidores, estas mediciones se hicieron por 24 horas, dando como resultado un de gasto que corresponde a el volumen extraído en la batería de pozos, cabe mencionar que esta medición sirvió como referencia para las mediciones posteriores realizadas.

SAP-03.- Medición con caudalímetro ultrasónico para comparación del gasto producido puntual contra el conducido en los ductos en puntos estratégicos, 24 horas mínimas de medición, incluye elaboración de informe detallado con análisis de resultados y entrega en forma impresa y digital.

Con relación a las mediciones puntuales con mínimo de 24 horas, se utilizó equipo ultrasónico conectado a una batería externa para poder mantener las mediciones por ese periodo de tiempo; se seleccionaron 6 puntos estratégicos a lo largo de los acueductos, desde su comienzo hasta las derivaciones mas importantes, considerando puntos intermedios cumpliendo así con las especificaciones correspondientes; los objetivos a corroborar con dichas mediciones son contar con la información necesaria para la realización del balance hidráulico, así como conocer los volúmenes durante las diferentes horas del día, con el fin de determinar el funcionamiento del acueducto y poder observar el comportamiento de los consumos durante 24 horas.

Cabe mencionar que el organismo operador SAPSAM cuenta con mediciones puntuales en los puntos inspeccionados, por lo cual se pudo comparar las mediciones realizadas con las ya existentes; una de las discrepancias surgió en el medidor de inserción localizado a la llegada del tanque Trojes, lugar donde culmina el acueducto Cedral Matehuala;

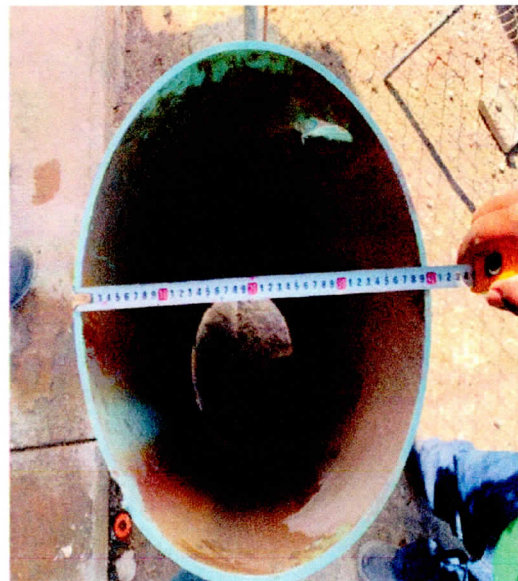
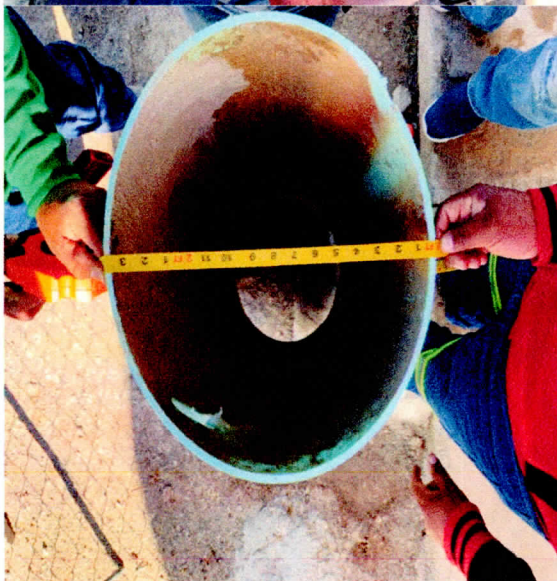


Imágenes: izq.-der; caudal registrado con medidor ultrasónico, caudal registrado con medidor de inserción



debido a las características de la tubería de PVC del acueducto las cuales presentan ciertas discrepancias con las normas establecidas para las tuberías de conducción de agua, tales discrepancias van desde los diámetros internos, diámetros externos, espesores, dichas medidas se describen a continuación: las medidas nominales para tuberías de PVC, de 16", clase 5 son: Diámetro interno en mm 386.0, con un grosor de pared en mm de 9.8 , diámetro exterior en mm 400, los cuales no corresponden, con los márgenes de error permitidos, a las tuberías de conducción del acueducto Cedral – Matehuala, el cual presenta las siguientes medidas: diámetro interior 388.94 mm, con un grosor de pared de 7.5mm y diámetro exterior 404mm,

el cual no se verificó en la instalación del medidor de inserción, por lo que provoca que exista una diferencia de volumen de agua recibida en la llegada del acueducto en el tanque Trojes.





En conclusión, de las mediciones de 24 horas se pudo observar que la problemática que se presentaba de pérdida de volumen de agua en las tuberías de conducción es debidamente a las características de la tubería, como se mencionó anteriormente, el medidor de inserción se calibró con las medidas nominales permitidas y no con las medidas reales, dando como resultado la variación que se atribuía a pérdidas por tomas clandestinas o fugas.



SAP-04.- Revisión en ductos para ubicación de probables fugas por medio de equipo localizador de fugas por correlación de ruidos incluye elaboración de informe detallado con análisis de resultados y entrega en forma impresa y digital.

Los resultados obtenidos del balance hidráulico indicaron que no existe una pérdida considerable de volumen de agua en el total del recorrido del acueducto, siendo la detección de fugas intuida con las mediciones puntuales de flujo con el medidor ultrasónico de caudales, tomando en cuenta que los caudales son los mismos en los puntos conocidos como estación de cloración Pozo 19 y la llegada a tanque Trojes.

Una de las recomendaciones que se hacen después de realizar el balance hidráulico, es llevar a cabo la calibración del medidor de inserción localizado en la llegada del tanque Trojes para corregir la diferencia de caudal que se está considerando como pérdidas, como antes se mencionó en este reporte, las tuberías son de una medida distinta a la establecida por la norma, por lo cual se debe ajustar los parámetros del medidor para su correcta lectura.

SAP-05.- Levantamiento fotogramétrico e inspección visual del trayecto de los acueductos con vuelo guiado con GSD de 10cm por pixel, incluye entrega de memoria fotográfica con metadatos, orto fotografía restituida fotogramétricamente en formato digital con modelo de elevación digital y curvas de nivel en forma impresa y digital.

Objetivo

Levantar una imagen georreferenciada del trayecto del acueducto Cedral-Matehuala utilizando para ello vuelos no tripulados, marcas de control de tierra utilizando una estación total para una posterior calibración.

Desarrollo

Se planificaron 5 vuelos completos lo cual representa 30 km lineales para cubrir el área que abarca el área total del acueducto Cedral – Matehuala el cual tiene una longitud de 32 km.

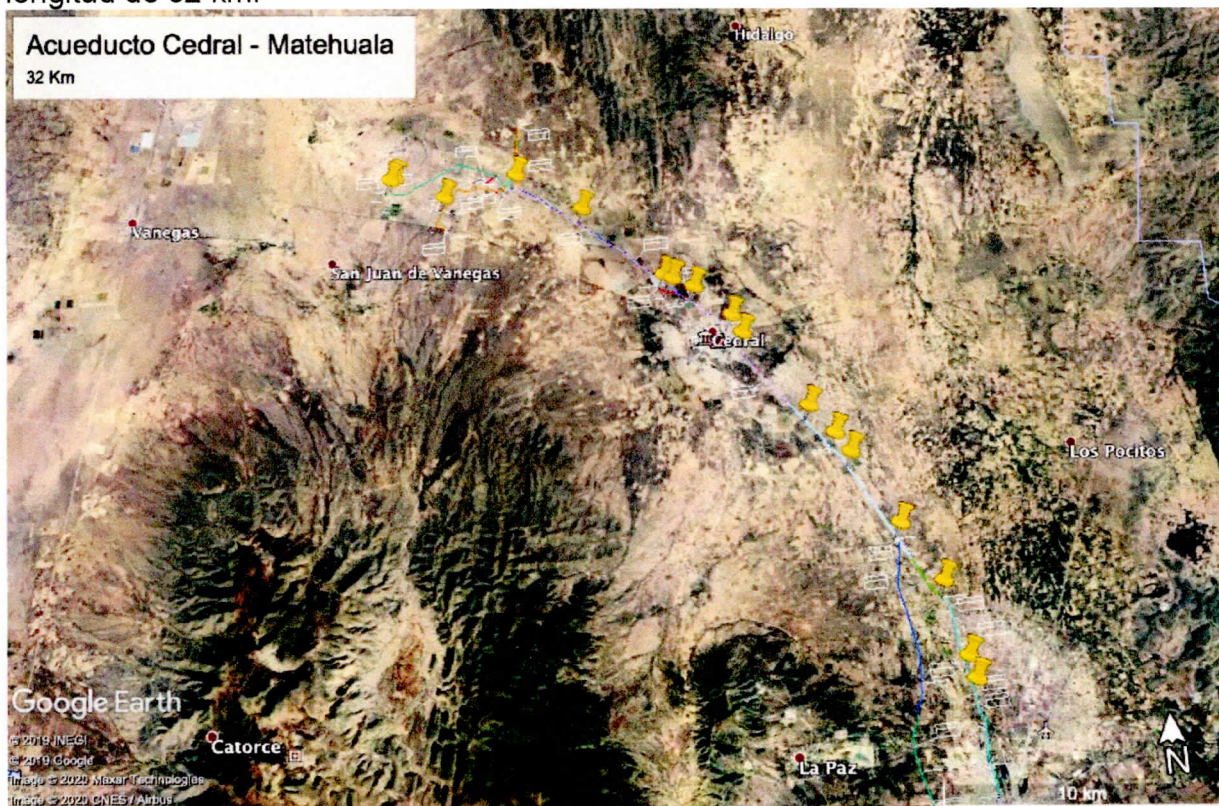


Imagen. Representación del acueducto Cedral Matehuala

Los cuales se llevaron a cabo mediante vuelos guiados y controlados remotamente, para lo cual se utilizan dos computadores, uno para el software de vuelo y la otra para almacenamiento del material recolectado en el vuelo; utilizando un UAV de 47'' con cámaras RGB, con tiempos de vuelo de 30 a 40 min como máximo.

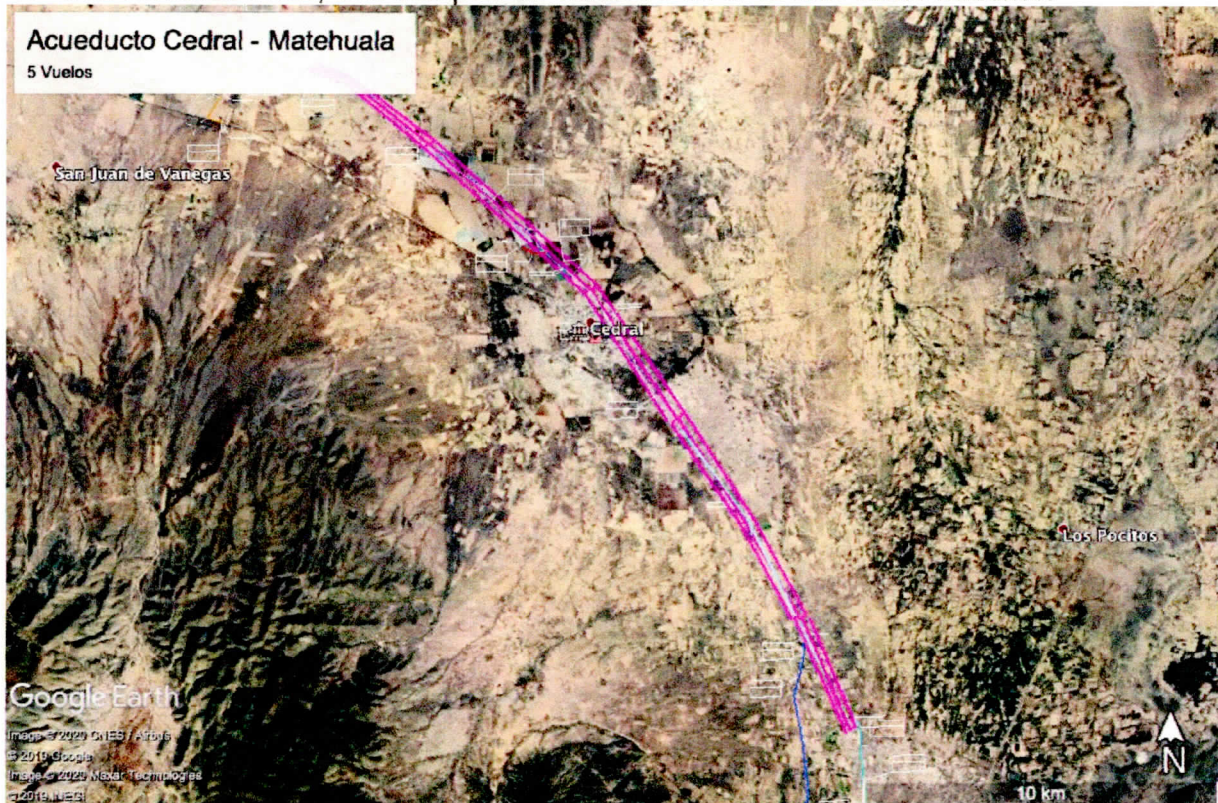


Imagen. Representación de planes de vuelo sobre la línea del acueducto Cedral Matehuala

El sistema de comunicación entre la computadora y el UAV se hizo mediante un sistema de transponder con transmisor y antena del tipo planar que permite dicha comunicación con un alcance de 16 km lineales, lo cual permite una comunicación sin interrupciones en los vuelos realizados.

Durante la inspección y después del procesamiento de la ortofotografía, se observó que, durante el trayecto del acueducto, confirmado con la medición con equipo ultrasónico, que no existen tomas clandestinas, fugas visibles que pudiesen considerar la pérdida significativa de volumen del agua transportada, cabe mencionar que existen cajas rompedoras donde debido a los cambios de nivel que ocasionan almacenamiento de aire lo cual genera que el agua se regrese y se derrame por la caja rompedora



Procesado de imágenes en Pix4D

Las fotografías capturadas con cámara RGB mediante vuelos no tripulados, fueron procesadas mediante el software de fotogrametría para mapeo con drones, donde se tiene que cargar, las imágenes con metadato, los puntos de control de tierra; el procesamiento incluye la restitución, calibración con los puntos de control de tierra. Cabe mencionar que la restitución y calibración de la fotografía se realiza con punto de control de tierra tomados con estación total, para el cual se le solicito al SAPSAM que se colocaran múltiples marcas de control a lo largo de el recorrido del acueducto, y que se tomaran las coordenadas con estación total RTK, las cuales no se nos fueron proporcionadas en forma solicitada, la información proporcionada fue tomada con GPS Garmin que contenía las coordenadas de Latitud y Longitud, siendo indispensable la coordenada Z (Altitud), la cual se nos proporcionó obtenida del software Google Earth; para cuestiones de calibración en el modelo de elevación es necesario las coordenadas mas exactas posibles; dado lo antes mencionado se especifica que la fotografía fue calibrada con los datos proporcionados el cual tiene

1 - Puertas Viejas

N = 23°41'24.3"
W = 100°38'47.9"

2 - Desfogue "cruce de ducto oriente/poniente"

N = 23°41'50.9"
W = 100°38'52.7"

3 - Tanque "Trojes"

N = 23°43'21.7"
W = 100°39'08.8"

4 - Derivación

N = 23°44'36.2"
W = 100°39'53.9"

5 - Medidor "Santa Teresa"

N = 23°46'10.7"
W = 100°40'45.4"

6 - Caja Rompedora "El yunque"

N = 23°46'36.4"
W = 100°41'02.9"

7 - Rancho "El saladito"

N = 23°47'14.2"
W = 100°41'33.2"

8 - Secundaria Técnica de Cedral

N = 23°48'57.7"
W = 100°42'51.2"

9 - Caja Rompedora "Cedral"

N = 23°49'22.9"
W = 100°43'03.2"

10 - Pozo 19 "Cloradores"

N = 23°50'06.5"
W = 100°43'51.3"

11 - Pozo 16

N = 23°50'20.4"
W = 100°44'20.2"

un margen de error considerable.



Los resultados arrojados por el software son de tres tipos, la ortofotografía restituida, el modelo de elevación calibrado mediante las coordenadas de los puntos de control de tierra y las curvas de nivel a los metros previamente predeterminados

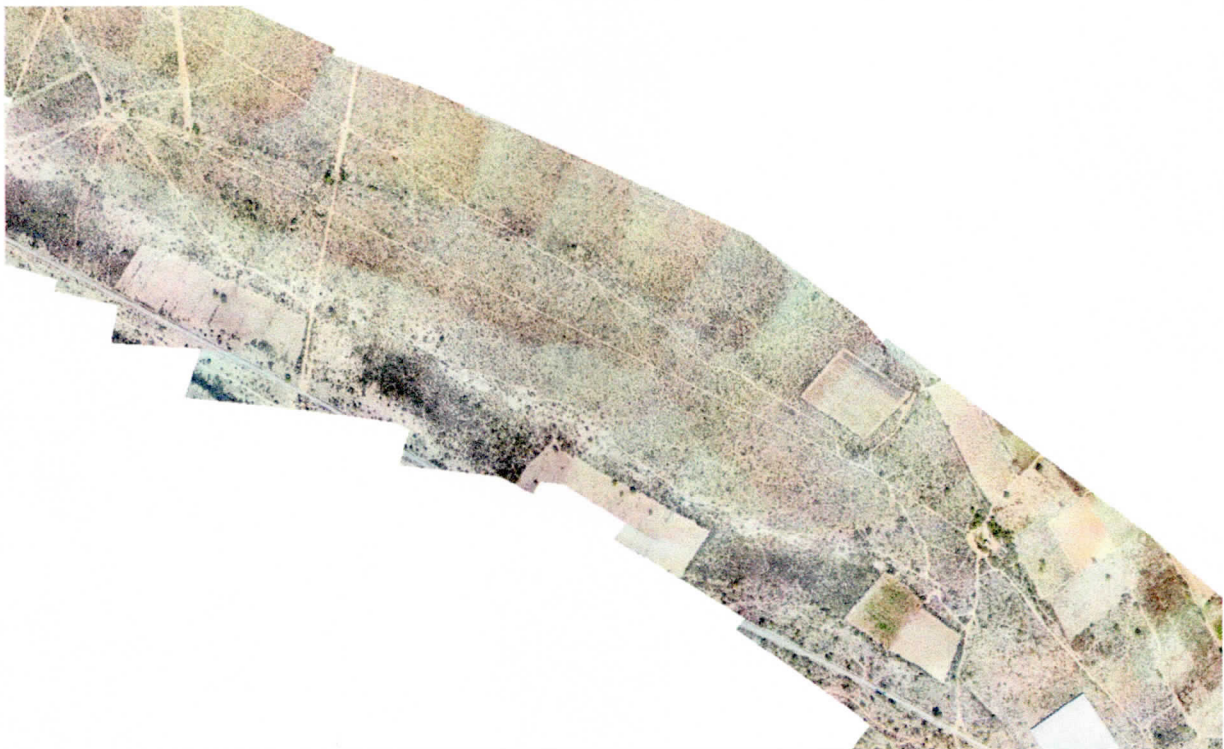
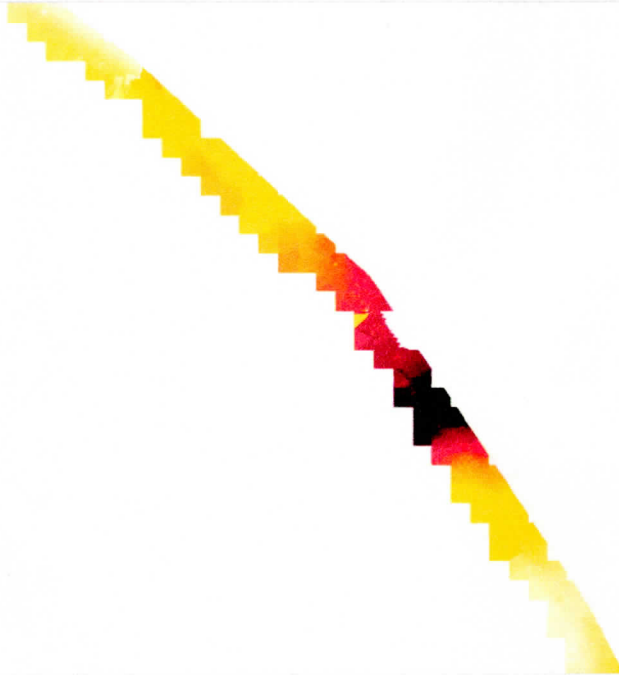


Imagen #. Ejemplo del inicio del acueducto en las coordenadas $23^{\circ}53'7.40''N$, $100^{\circ}47'54.17''W$



Acercamiento con personal de SAPSAM

Durante las mediciones y aforos, el personal del SAPSAM estuvo todo el tiempo proporcionando transporte, asesoramiento y mostrando interés en el uso de los equipos de medición, así mismo proporcionando información crucial para la correcta medición de los caudales, tal como las discrepancias en las dimensiones de las tuberías de conducción, las posiciones reales de los puntos de interés, proporcionando y sugiriendo los puntos que el organismo necesitaba inspeccionar y corroborar.





El personal del organismo hizo presencia durante el tiempo que se realizaron los vuelos, tanto para la seguridad como para el asesoramiento de las condiciones y ubicaciones del las áreas de inspección, considerando que los vuelos son completamente autónomos, el personal mostró interés en la realización de la inspección y los métodos empleados.

