



**VIII** Congreso Nacional y  
**I** Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



**CONFERENCISTA MAGISTRAL**

# La distribución de agua potable en la Cd. de Monterrey: alternativas para su optimización

Dr. Fernando Augusto Villarreal Reyna



UNIVERSIDAD DE MONTERREY



Fecha de presentación: 04 de octubre 2023

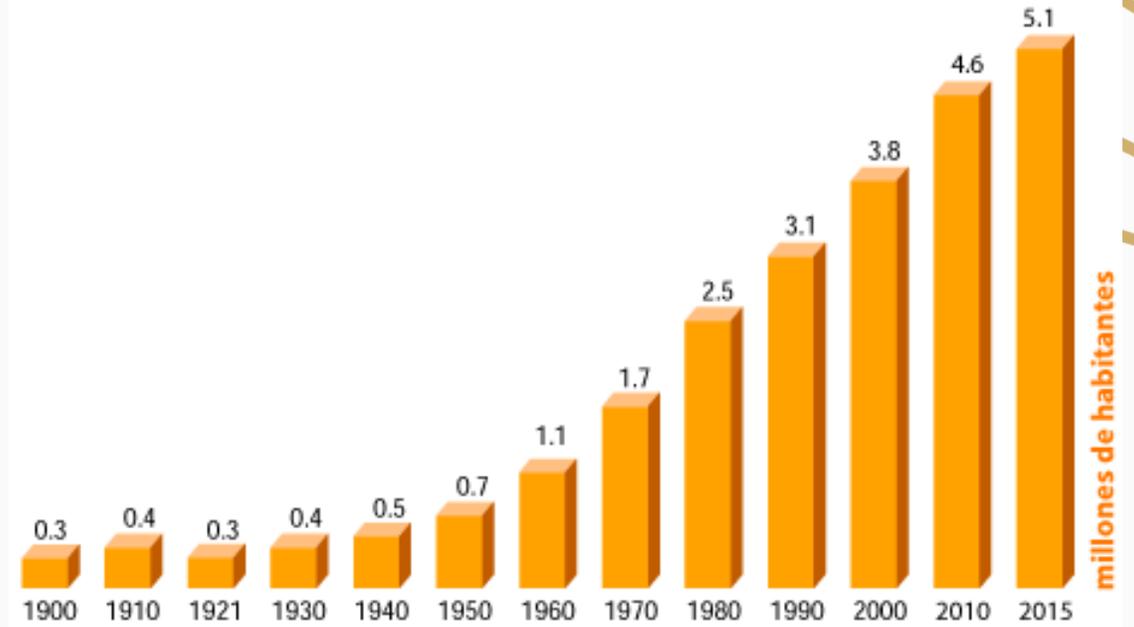




Monterrey Nuevo León, México

PIB 1'344,947 millones de pesos. Representa el 7.6% Nacional  
1.35 billones de pesos

En los 13 municipios que conforman el Área Metropolitana de Monterrey: Apodaca, Cadereyta Jiménez, El Carmen, García, San Pedro Garza García, General Escobedo, Guadalupe, Juárez, Monterrey, Salinas Victoria, San Nicolás de los Garza, Santa Catarina y Santiago.



### HABITANTES EN EL AREA METROPOLITANA DE MONTERREY (año 2023)

**5'341,177 habitantes.**

Índice de Consumo 120 Lts/hab/día

0.640941 Hm<sup>3</sup>/Día

7.41 M<sup>3</sup>/seg

12.5 M<sup>3</sup>/SEG GASTO DISPONIBLE

Escenario de Precipitación de 600 mm



**La ciudad de Monterrey**, capital de Estado de Nuevo León, al igual que otras ciudades de nuestro país, ha tenido que enfrentar el aumento de población como resultado de su desarrollo industrial que la ha convertido en un polo de desarrollo importante en el Noreste de México. Dicha ciudad se sitúa al borde de la sierra Madre Oriental (SMO) en una latitud de 25°40' Norte y 100°19' de longitud Oeste, con una altura promedio de 537 metros sobre el nivel del mar.

La situación geográfica del Estado de Nuevo León con climas templados y secos, morfología variada, hidrografía pobre, precipitaciones bajas y evaporaciones altas, así como el explosivo crecimiento demográfico, ha provocado que el abastecimiento de agua a la ciudad de Monterrey y su área Metropolitana, haya representado un reto importante para lograr cubrirlo, a lo largo de su historia; en el actual año 2023, se tiene una demanda promedio anual de 12,500 litros por segundo, la cual es igual a la capacidad de las Fuentes existentes que se encuentran en operación.

## ANTECEDENTES

El Valle de Monterrey, se encuentra ubicado sobre dos diferentes acuíferos, uno somero localizado en los sedimentos del Cuaternario y otro profundo localizado en las formaciones calcáreas Cupido/Aurora del Cretácico medio las cuales presentan una conductividad hidráulica y transmisibilidad alta.

El agua subterránea que circula a través de estas calizas, se debe principalmente a fenómenos kársticos, así como a zonas fracturadas y fallecidas.

Este acuífero profundo se encuentra confinado por las Formaciones Cuesta del Cura, Agua Nueva, San Felipe y la roca sana de la Formación Méndez.

El acuífero somero es el que trata en el presente estudio y a el corresponden la mayoría de los pozos que conforman la batería Monterrey/Topo Chico, existiendo muy pocos aprovechamientos que explotan el acuífero profundo en el valle de Monterrey.

El acuífero somero en el valle de Monterrey, se encuentra principalmente constituido por paquetes de gravas y la parte superior de la Formación Méndez, la cual se encuentra muy fracturada e intemperizada. El espesor de gravas del acuífero en el área de estudio varía de 8 a 30 m.



Las **permeabilidades del acuífero de gravas** pueden variar dependiendo de su contenido de material fino , por ejemplo si las gravas se encuentran sin limos y con oquedades kársticas tienen permeabilidades altas al contrario de lo que sucede si presentan limos.

El acuífero puede actuar en ocasiones como semiconfinado o confinado cuando las gravas o lutitas donde se encuentra están cubiertas por lentes de arcillas, o bien puede actuar como un acuífero libre cuando no existe ninguna capa confinante que lo cubra.

La recarga del acuífero ocurre en parte, en los depósitos de talud localizados al pie de la Sierra de la Silla, de las Mitras y del frente de la SMO, así como de aportes provenientes del Cañón de la Huasteca, siendo esta la principal área de recarga.



VIII Congreso Nacional y  
I Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMETI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



# FUENTES DE ABASTECIMIENTO superficiales

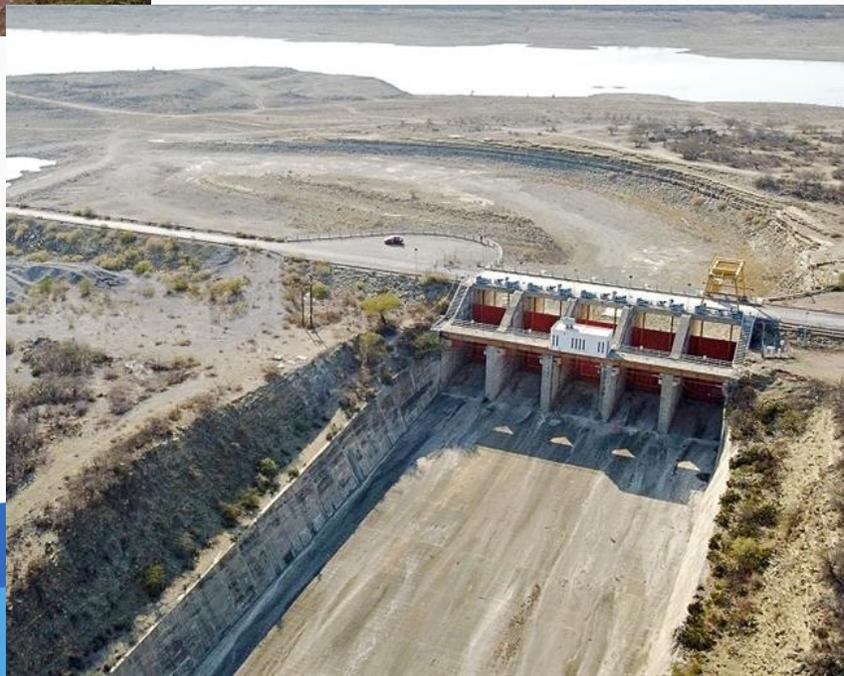
El hombre es lo que llueve



**Cerro Prieto 1984**  
**Capacidad: 300.0 Mm<sup>3</sup>**  
19 km de la cabecera  
municipal de Linares



**Presa La Boca 1960**  
**Capacidad: 39.5 Mm<sup>3</sup>**  
Municipio de Santiago,  
Nuevo León, a 39 kilómetros  
al sureste de la ciudad de  
Monterrey



**Presa el Cuchillo-Solidaridad 1994**  
**Capacidad: 1,123.0 Mm<sup>3</sup>**  
UTM en 467943.02 mE y 2845308.09 mN.  
Cauce del río San Juan  
Localizada a 102 km al este de la ciudad de Monterrey  
Río San Juan, este tiene un área de cuenca 32 mil km<sup>2</sup>  
Capacidad de extracción 10 M<sup>3</sup>/Seg

# FUENTES DE ABASTECIMIENTO

## Subterráneas



➤ Sistema Monterrey

- 41 pozos profundos
- 59 pozos Someros

• Fuente: Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey



➤ Sistema Buenos Aires



➤ Tunel San Francisco



VIII Congreso Nacional y  
I Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



# Fuentes subterráneas área Metropolitana de Monterrey

**Sistema  
Buenos Aires**



**Sistema  
Monterrey**



**Túnel  
San Francisco**



41 Pozos Profundos: Mina y Buenos Aires  
59 Pozos Someros y 5 Pozos Profundos

## Área Metropolitana

3 Túneles : Cola de Caballo I y II y San Francisco  
1 Manantial : La Estanzuela  
1 Galería Filtrante : La Huasteca



Antecedente de Participación  
Del departamento de Riego y  
Drenaje en el desarrollo de  
Monterrey

1.- Estudios previos de la  
construcción de la línea 3 del  
metro

2.- Construcción de la línea del  
metro en medios inestables y  
anclado en un medio saturado

3.- Generación de una  
Estrategia de bombeo  
automatizada para Establecer  
las condiciones de obra civil  
en la línea 3 del metro

4.- Construcción de zapatas de  
anclaje en el Rio Santa  
Catarina y puente de  
Gonzalitos



5.- Evaluación de la eficiencia de aplicación y requerimiento de los macro sectores más críticos en el área metropolitana de Monterrey coordinado por el organismo operador agua y drenaje considerando que la Automatización en Macro sectores es una vía de optimización en la distribución de agua potable en Monterrey.

6.- Estudio de mecánica de suelos para la construcción de columnas de carga en el viaducto santa Catarina anclados en medios saturados.



VIII Congreso Nacional y  
I Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



## Aportación de la Universidad a la crisis del agua urbana 2022

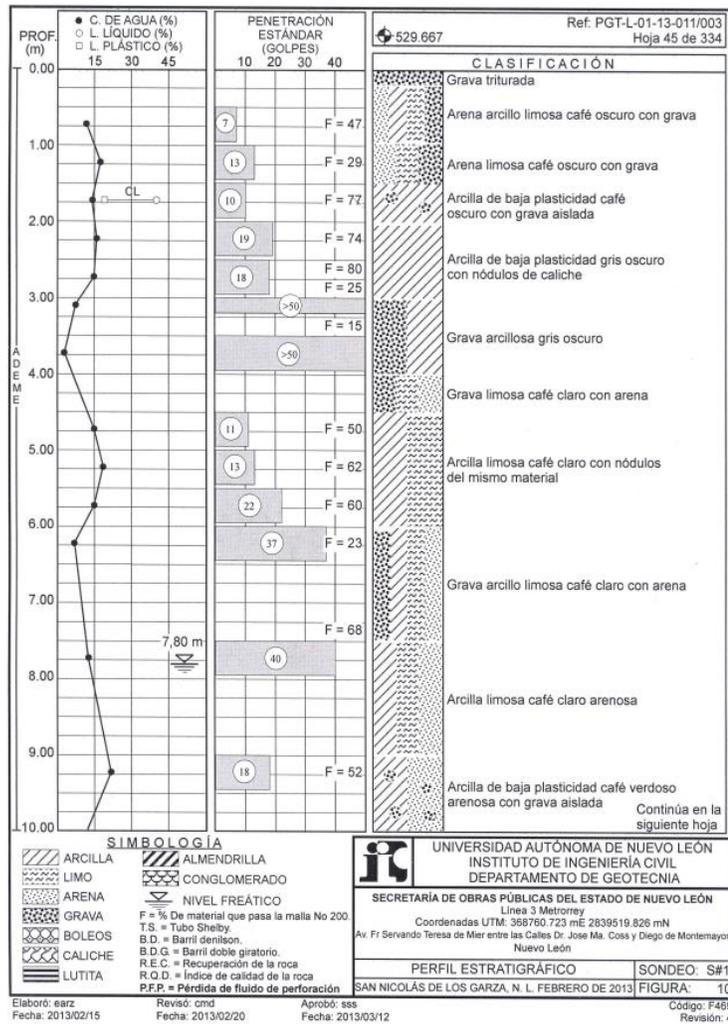
El Acuífero Superficial del ÁREA  
METROPOLITANA DE  
MONTERREY (1906)

Era en ese momento un recurso  
para mitigar el déficit de agua.

Localización de los puntos de  
perforación para la  
construcción de pozos de  
emergencia a lo largo del río  
Santa Catarina

UANL, FIC, UDEM

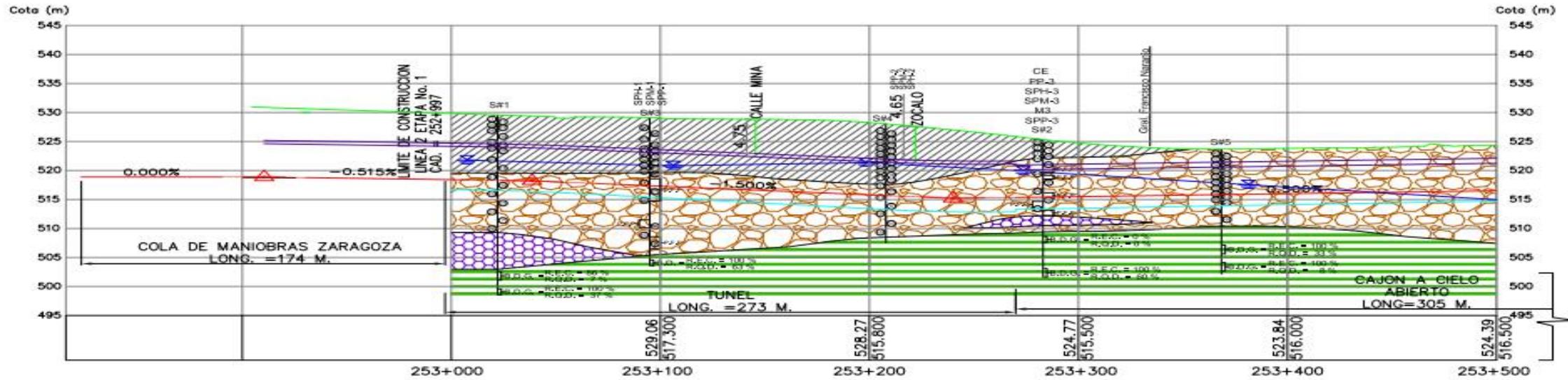
Evaluación de la perforación  
en medios saturados con fines  
de anclaje y sostén en el  
puente Churubusco y Madero  
para la línea del metro 6.



En los estudios previos de la construcción del metro línea 3 se inicia la participación de la UAAAN departamento de Riego y drenaje coordinado con la FIC en el área de hidrología subterránea, y apoyado por la geofísica de las pruebas de mecánica del suelo se determina que existe un acuífero libre montado en una plataforma aluvial impermeable de calizas de la formación Méndez, por lo que se tiene que generar una estrategia de bombeo para provocar el abatimiento frontal y permitir la acción de construir una caverna por donde va a circular el metro.



Tramo: Padre Mier entre Dr. Coss - Florencio Antillón



- SIMBOLOGIA**
- Sectos con predominio de partículas gruesas
  - Lutita
  - Suelos con predominio de partículas finas
  - Materiales con un cierto grado de cementación
  - P.F.P. = Pérdida de fluido de perforación
  - R.E.C. = Recuperación de la roca
  - R.Q.D. = Índice de calidad de la roca
  - B.D.G. = Barril doble giratorio
  - NIVEL FREATICO
  - SONDEO
  - NUMERO DE GOLPES
  - B.D. = Barril dentado
  - Nivel Hongo de riel
  - Nivel de techo túnel y/o cajón
  - Nivel de Rasante Existente
  - Nivel de desplante de túnel y/o cajón



APROBADO PARA CONSTRUCCION  
 BAJO LA TOTAL RESPONSABILIDAD DE LA COMPANIA DISEÑADORA  
 FECHA: 18 SEPTIEMBRE 2013  
 REF: 04-15-0180-0

Esc. Horizontal 1:1000  
 Esc. Vertical 1:250

PLANO DE REFERENCIA		REVISIONES				REVISION ORIGINADA			
No. DE PLANO	DESCRIPCION	No.	FECHA	DESCRIPCION	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA
31-00-00-00-0112-P	PLANO UBICACION DE SONDEOS PARA PERFORAR EN EL BARRIL A ZARAGOZA	0		APROBADO PARA CONSTRUCCION					

**INSTITUTO DE INGENIERIA CIVIL**  
  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL DE LA U.A.N.L.  
 DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA  
ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACION CONTENIDA EN EL MISMO ES PROPIEDAD DEL S.T.C. METORREY Y NO DEBE SER REPRODUCCION SIN SU ASESORAMIENTO, MANEJO O ELECTRONICO SIN PERMISO PREVIO ESCRITO.

**APROBADO PARA CONSTRUCCION**  
 COMPANIA DISEÑADORA  
 REVISOR: S.S.S.  
 APROBADO: S.S.S.  
 FECHA: 27/09/13  
 REVISOR: M.E.M.R.  
 APROBADO: M.A.E.C.  
 FECHA: 27/09/13

GOBIERNO DEL ESTADO DE NUEVO LEON  


**METORREY**  

FOR	FECH	TRAMO	PERFIL ESTRATEGICO
J.P.P.A.	27/MARZO/13	TRAMO PADRE MIER ENTRE DR. COSS-FLORENCIO ANTILLON	
J.P.P.A.	27/MARZO/13		
S.S.S.	27/MARZO/13		
S.S.S.	27/MARZO/13		



**VIII** Congreso Nacional y  
**I** Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



## **Diseño de una estrategia de bombeo múltiple en paralelo con fines de abatimiento frontal**

Palabras clave: Acuífero libre, plataforma aluvial Automatización en bombeo, abatimiento sensor de humedad, recarga líneas en paralelo

### **INTRODUCCIÓN.**

El desarrollo urbano de las grandes urbes o mega ciudades ha generado la necesidad de construir obras de transporte público de gran magnitud retando o desafiando las variables de la naturaleza específicamente obras civiles, específicamente “Líneas de Metro” enfrentándose con medios saturados en diferentes formaciones geológicas, esta es un área de trabajo relativamente nueva para los especialistas de uso y manejo del agua agrícola, que poco a poco ha ido incursionando en el área de la ingeniería civil cuya participación específica es realizar el estudio Geo Hidrológico del área de trabajo y lograr abatir o controlar ese medio saturado a un punto de humedad que se pueda extraer los materiales y construir las cavernas con una estructura rígida, para esto, los especialistas en Irrigación o Sistemas de Abastecimiento de Agua, elaboran estrategias de bombeo para controlar los gastos de extracción y los niveles de abatimiento. Esto sería imposible sin herramientas de bombeo múltiple en paralelo y la automatización o control de nivel.

# HIPOTESIS

Para poder obtener un abatimiento frontal en un acuífero libre debido a su formación geológica, a la recarga horizontal y montado sobre lutitas, donde la pendiente de la curva de abatimiento es somera y pronunciada es imposible lograrlo con bombeos de grandes gastos ya que se manifiesta el fenómeno de cavitación, por lo tanto “Considero” que es necesario bombear en línea con mayor número de puntos con gastos pequeños en paralelo y controlar el nivel con un sistema de automatización. En el cual el gasto de bombeo es intermitente y discontinuo dependiendo del control del nivel freático



Perforadora rotaria con mesa giratoria de 300 Newton de torque modelo Ingersoll Rand para construir 124 pozos con una profundidad de 35 Mts y ademar con 8 Pulgadas para instalar equipos de bombeo sumergible de 10 y 15 hp para extraer un gasto de 10 lps a cada 3 Mts de separación y provocar un abatimiento frontal, conectados a un colector múltiple en paralelo, donde el paro y arranque de las bombas es a base de un sensor de humedad que cierra el circuito y Acciona un contactor y relevador que reciben la energía de una fuente generadora a base de Diésel .



Vista de Oriente a Poniente de la calle Padre Mier frente a los multifamiliares Constitución, en donde se puede observar el inicio del bombeo y el frente freático, así como el arreglo de bombeo, se puede observar las descargas de las bombas, los controles eléctricos completamente automatizados, así como los muros de carga y la construcción de un amarre tipo BERLIN



Imagen que describe el inicio de la construcción del túnel, de la línea del metro, así se puede observar el abatimiento gradual del agua y al extraer el material de relleno van quedando los ademes expuestos, todas las bombas están funcionando y continúan extrayendo gasto para permitir la extracción de material



Imagen que describe la automatización de bombeo y las tuberías colectoras de gasto en paralelo de las bombas sumergibles en la calle Padre Mier, por debajo se presenta el túnel de la imagen anterior.



En esta imagen se puede observar que los gabinetes de control eléctrico de bombeo poseen una torreta de emergencia, esto es para avisar al operario que la bomba no esta funcionando. Entonces se mezcla recarga del acuífero, nivel, acción mecánica hidráulica del bombeo, electricidad básica sobre arrancadores y electrónica sobre automatización de sensor.





Imagen que describe la evolución del trabajo de extracción de material, y que coincide con la mecánica de suelos previa al proyecto, los alumnos de Maestría de la FIC a lo largo de un año y medio lograron complementar su formación en este proyecto.



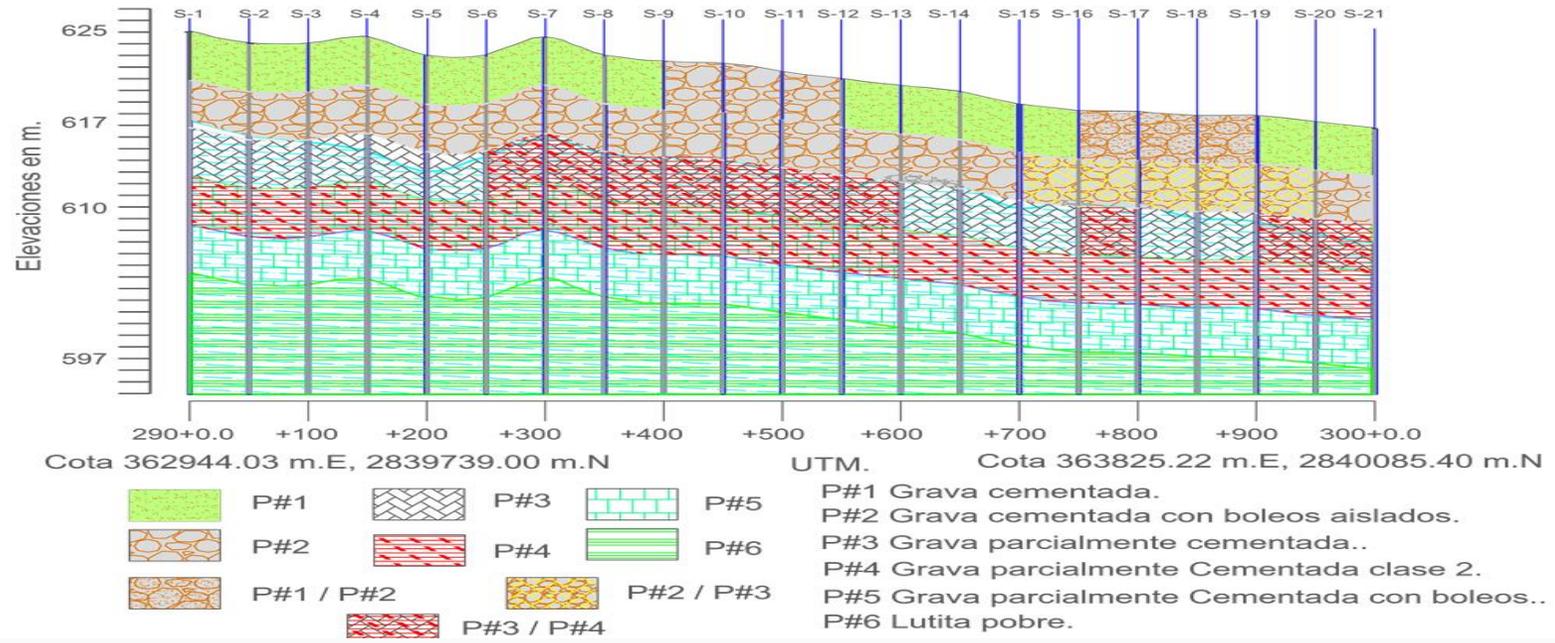
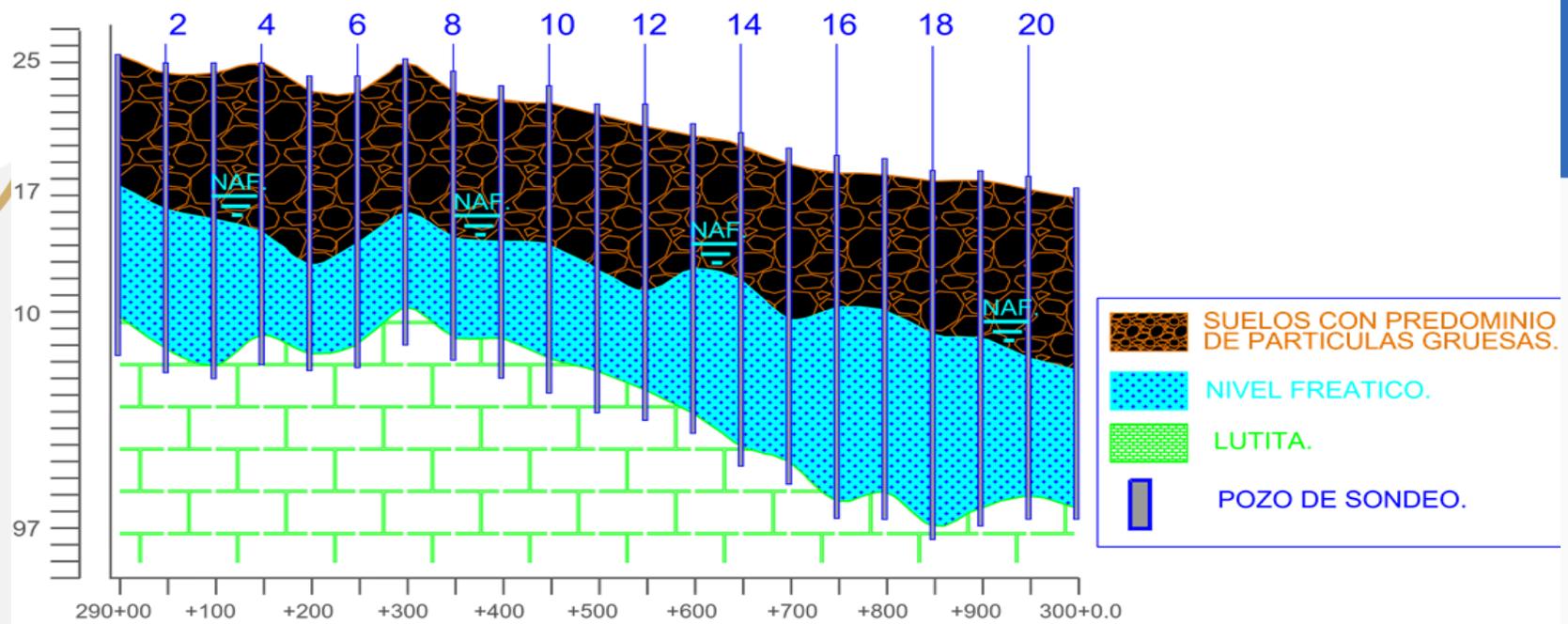
Mismo lugar de la imagen anterior solo que ya terminado el túnel, se detuvo el bombeo y el nivel del agua atrapo el túnel por completo, la iluminación es especial para encontrar las infiltraciones en las uniones del concreto



Una bomba sumergible de las 128 que se utilizaron en este proyecto, aquí se puede observar los dos bulbos sensores de humedad que generan la automatización en control de nivel



Imagen que describe los pozos de bombeo y la litografía presente.



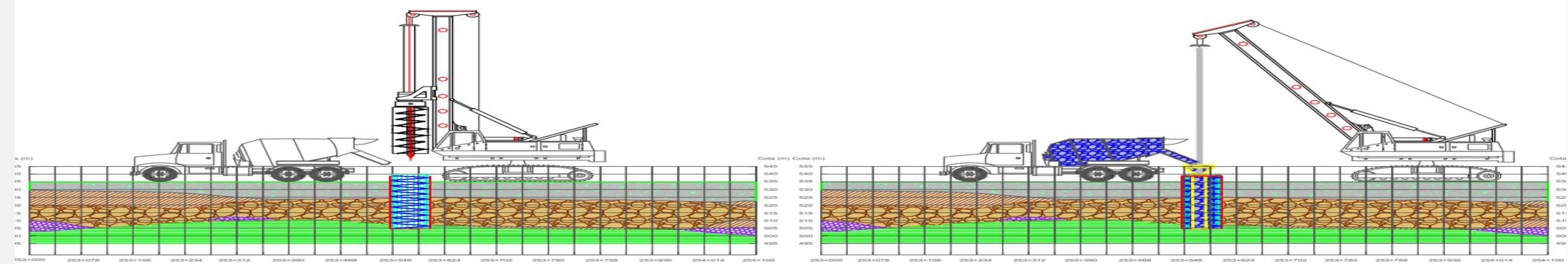
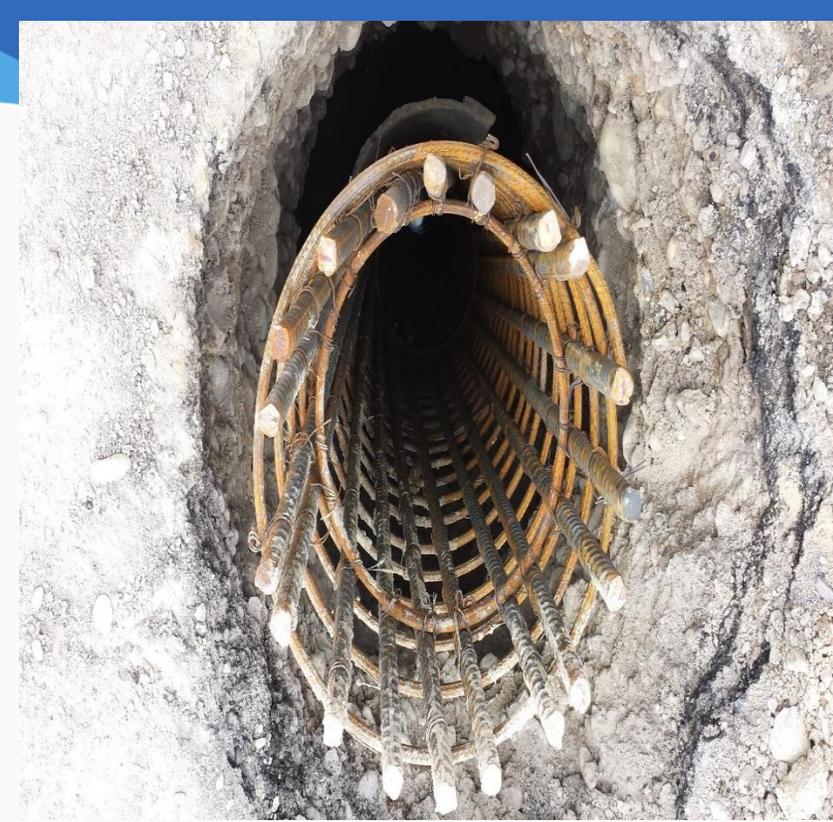


Imagen que describe la construcción de un pozo con fines de anclaje y carga



Alumno de la UAAAN de Irrigación que realizo su tesis en este proyecto

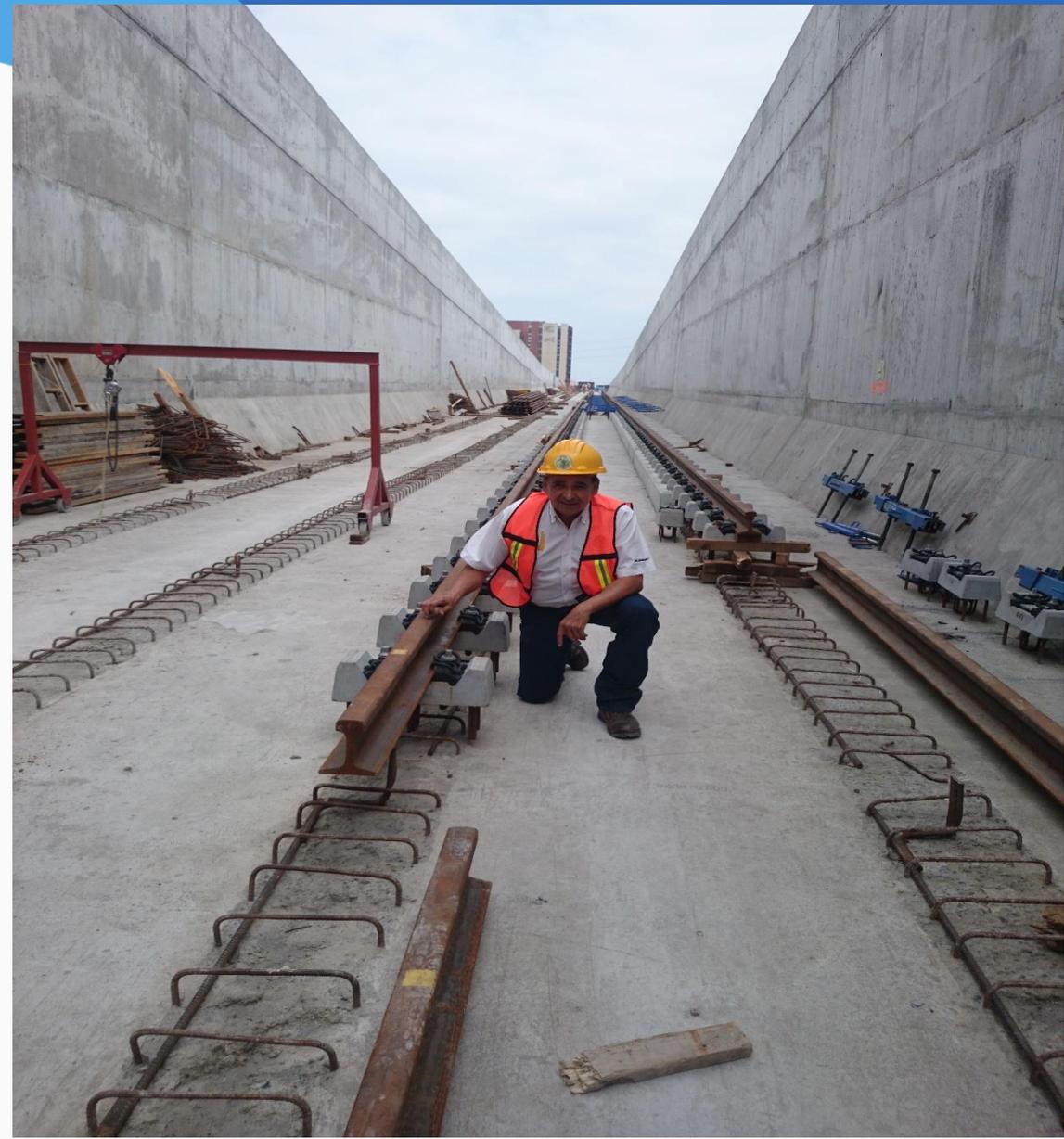
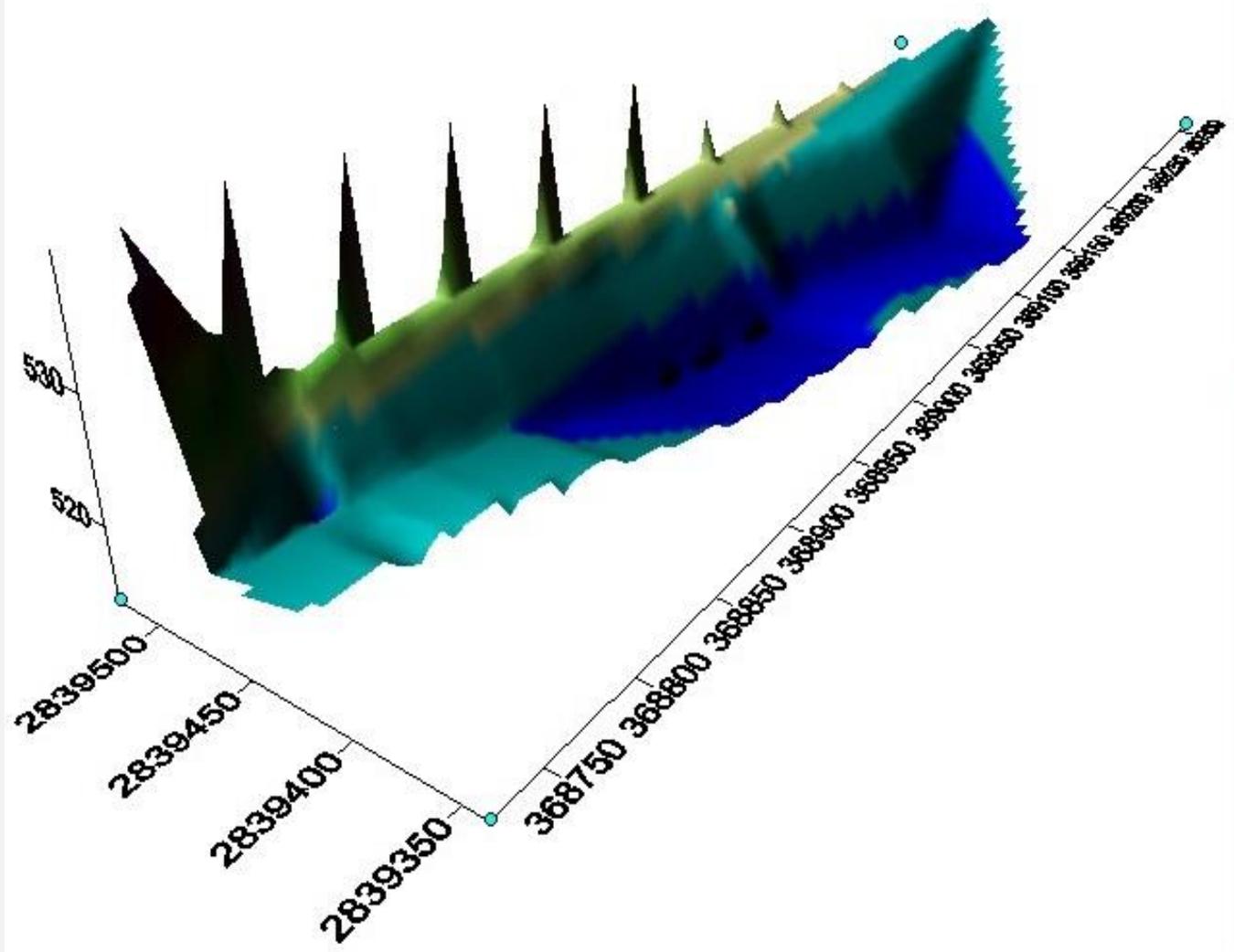
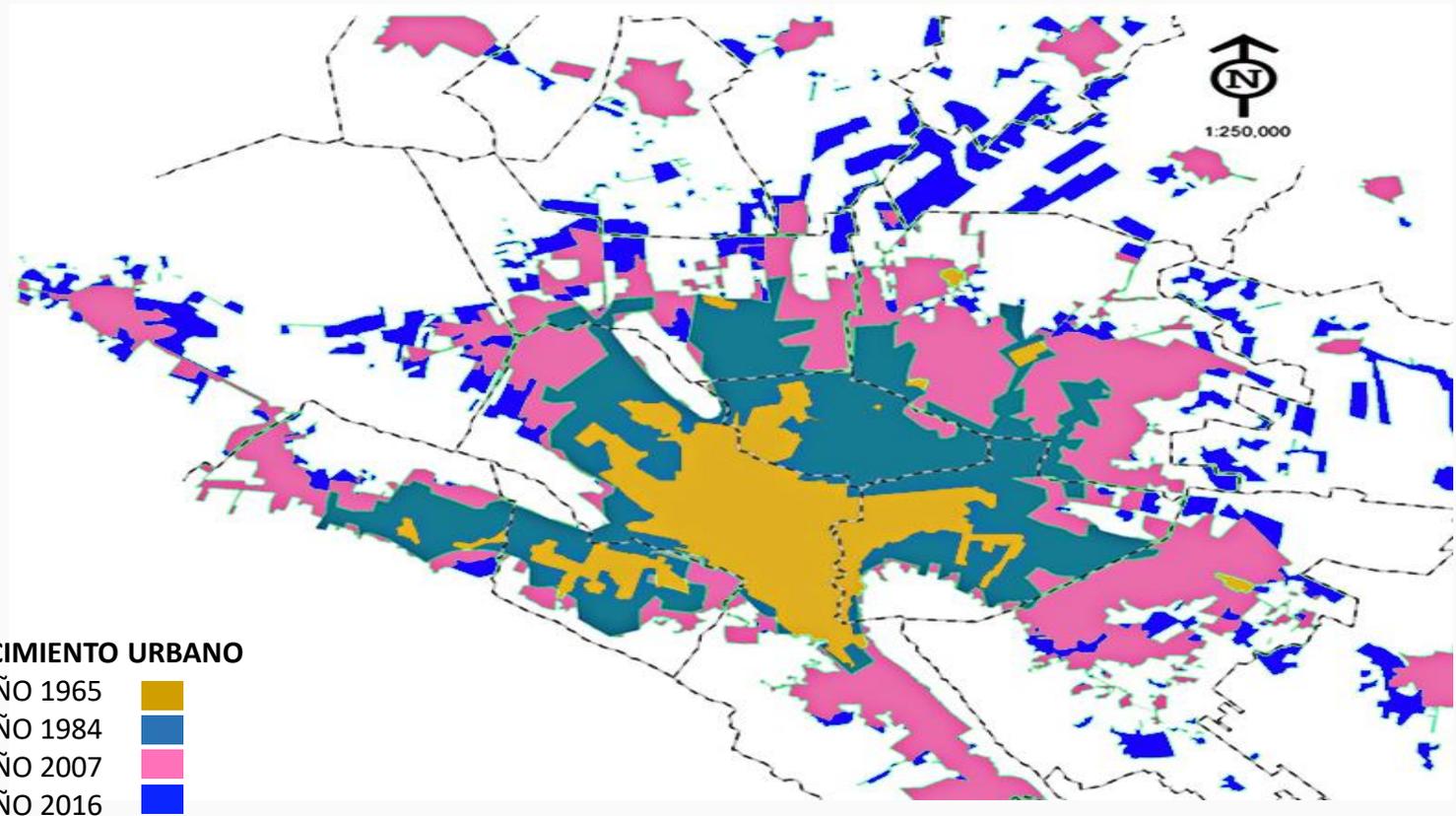


Imagen que describe en el paquete SURFER el nivel de abatimiento del nivel freático en el túnel ya terminado

# Sectorización

En la ciudad de Monterrey año 2015 se realizó un nuevo programa de sectorización de la red de distribución de agua potable donde este tiene como objetivo entregar al usuario un mínimo de 1.5 kg/cm<sup>2</sup> como presión. Y cumplir con el gasto de demanda a cualquier horario

Una de las desventajas de esta ciudad además de la **topografía (ciudad anclada a las montañas)**, es que la precipitación media es muy baja (Menor a 600 mm ) esto nos obliga a un mejor manejo del vital líquido.



**CRECIMIENTO URBANO**  
 AÑO 1965    ■  
 AÑO 1984    ■  
 AÑO 2007    ■  
 AÑO 2016    ■

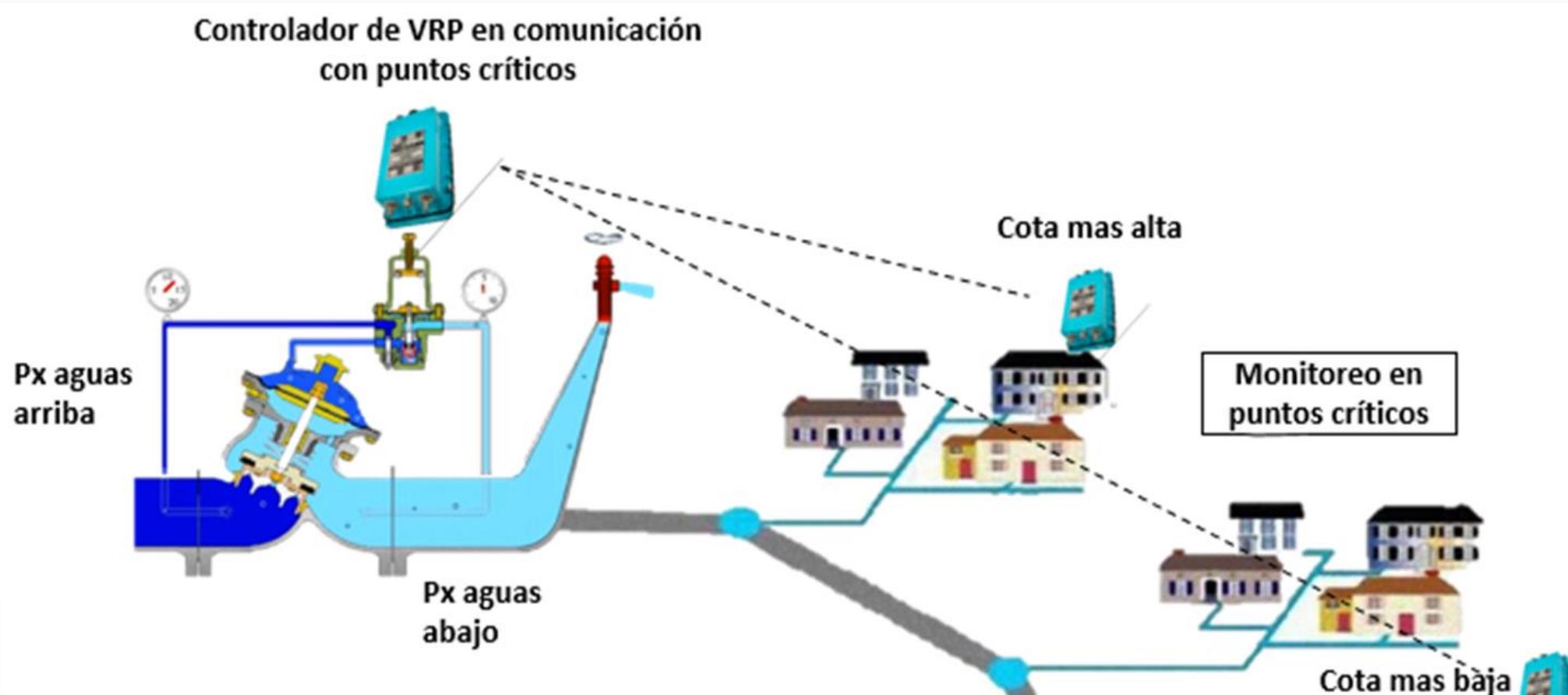
# SECTORIZACIÓN



2,864 circuitos en red de distribución de agua potable

# Modulación de presiones

Esto nos ayuda a mejorar significativamente la eficiencia física de la Red de Agua Potable, mediante el diseño y construcción de macro sectores, estableciendo en ellos un control inteligente que permita suministrar el gasto y la presión adecuada para la operación sin comprometer la seguridad y el servicio de la población. (Ayala, 2019)



## Controlador de VRP en comunicación con puntos críticos



El controlador de VRPs abre y cierra la válvula en horarios de alta y baja demanda, manteniendo siempre comunicación con los puntos críticos de tal manera de asegurar las presiones establecidas en dichos puntos.



VIII Congreso Nacional y  
I Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



# Ventajas de Generar un Macrosector

- ✓ Protección continua de las tuberías.
- ✓ Reducción de fugas.
- ✓ Gestión y control del agua en época de sequía
- ✓ Recuperación de caudal suministrado
- ✓ Mayor volumen de agua disponible.
- ✓ Control inteligente de la presión.
- ✓ Ahorro energético (menos horas de bombeo)



# Objetivo general

Estudiar el comportamiento hidráulico después de la válvula reguladora de presión en 8 macrosectores con diferentes propiedades distribuidos aleatoriamente en el AMM. del macro sector Niño Artillero.

## Objetivos Especifico como muestra

Calcular el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen del macro sector del Valle en Monterrey, N.L.  
Determinar la eficiencia de aplicación

Determinar la eficiencia de requerimiento

Construir una malla topográfica del macro sector.

Construir una malla de presiones georreferenciada con el comportamiento de la válvula principal.

Evaluar físicamente si la distribución de los datos evaluados en este caso las presiones en los puntos más críticos son generalmente por su topografía, lo cual la malla topográfica debe de ensamblar inversamente en la malla de presiones.

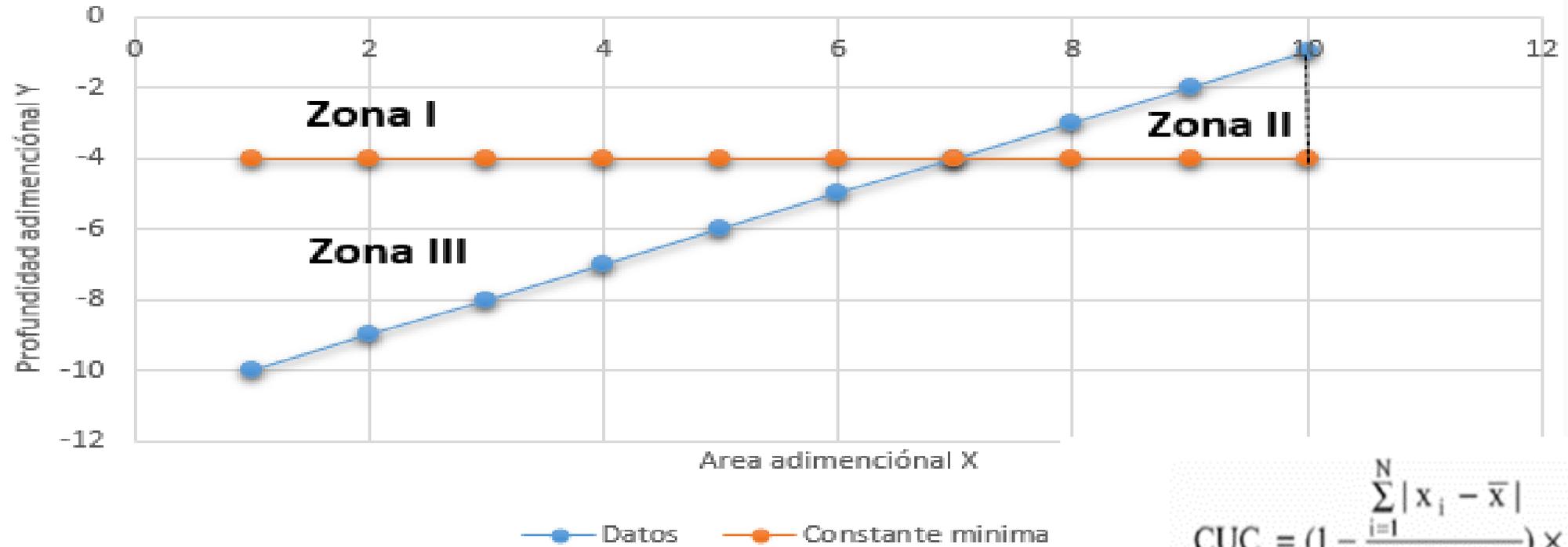
Evaluar la desviación media standard de los datos contra el testigo que en este caso es la hipótesis de cumplimiento de la demanda el gasto generado en una presión de  $1.5 \text{ kgs} / \text{cm}^2$  en cualquier punto a cualquier hora del día.

# Hipótesis

Dado el gran desnivel que presentan los lotes en la ciudad de Monterrey es imposible tener una eficiencia de aplicación mayor o igual que el 85%.

Aunque se le cumpla con una eficiencia de requerimiento del 100% el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen tendría valores del 70-75%, y esto es generado a que no existen accesorios de control de presión al interior de los lotes provocando una des uniformidad en los datos de evaluación muy variados.

## CUC



$$CUC = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^N |x_i - \bar{x}|}{N\bar{x}}\right) \times 100$$

Donde:

CUC = Coeficiente de uniformidad de Christiansen  
 Xi = Cada uno de las observaciones desde i=1 hasta N  
 X = Promedio de las observaciones  
 N = Número de observaciones

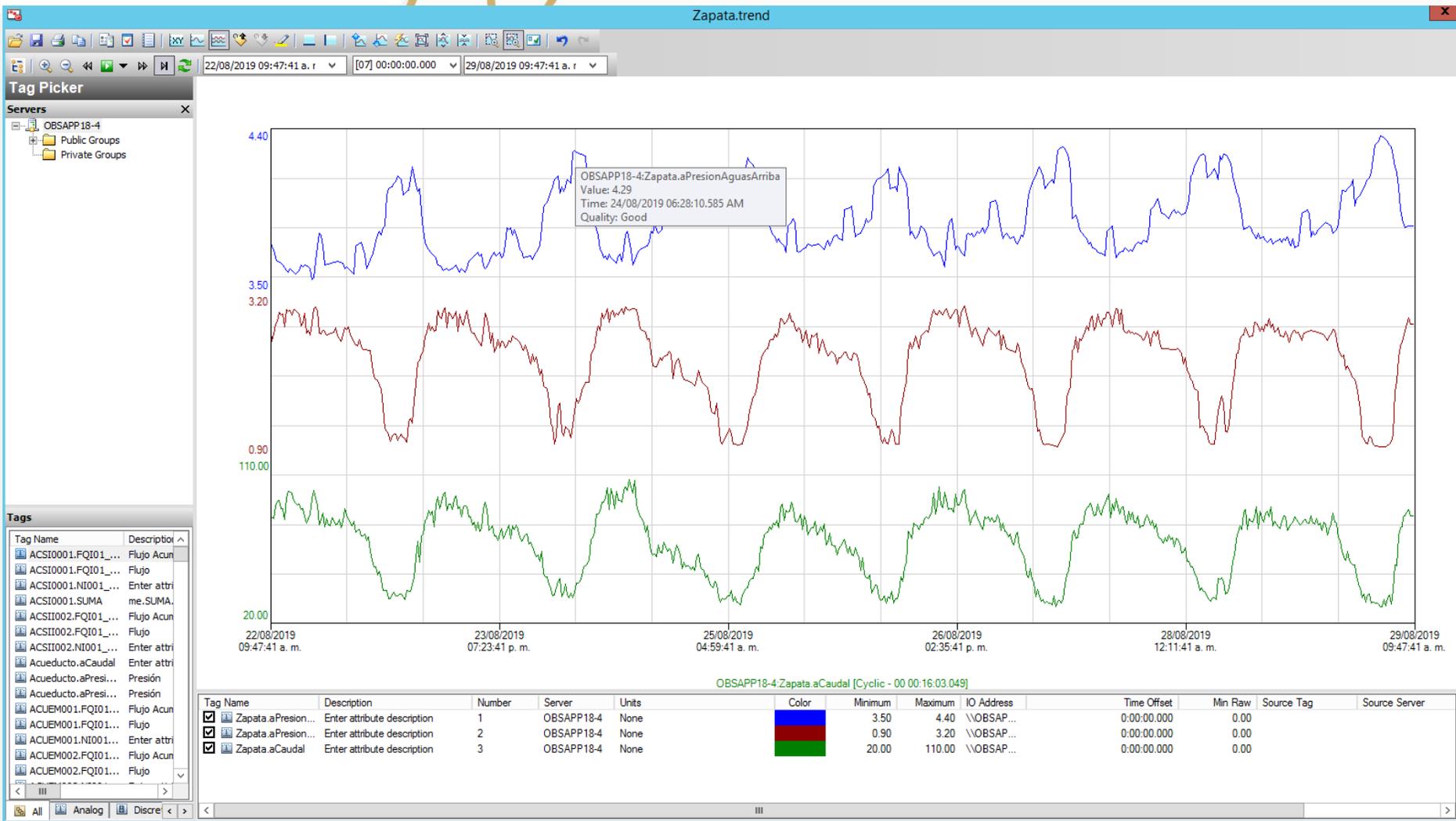
$$Er = \left(\frac{\text{zona I}}{\text{zona I} + \text{zona II}}\right) * 100$$

$$Ea = \left(\frac{\text{zona I}}{\text{zona I} + \text{zona III}}\right) * 100$$

## La válvula reguladora de presión registra:

- Diámetro de la VRP: 13".
- Gasto (Q) promedio de 59.5 lps.
- Una presión mínima de 1.96 kg/cm<sup>2</sup>.
- Una presión máxima de 3.2 kg/cm<sup>2</sup>.
- Una presión de entrada de 3.34 kg/cm<sup>2</sup>.
- Una presión de salida de 1.96 kg/cm<sup>2</sup>.
- Cantidad de tomas: 2, 585.
- Cantidad de medidores: 2, 500.





Tipica imagen de la pantalla de monitoreo de una valvula reguladora de presion, variables de Gasto, Presion antes y despues y tiempo



***Evaluación de la Eficiencia del Uso del Agua Urbano en el Abastecimiento a Un Macro-sector por medio de la Optimización de Presiones en un Sistema Automatizado***

# Metodología

Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey cumple con la demanda a los usuarios del macro sector del Valle con gasto y presión de 1.5 kg/cm<sup>2</sup> en cualquier punto a cualquier hora del día.

El proyecto inicia con la delimitación de un macro sector bien definido con coordenadas georreferenciadas utilizando el paquete de Arc Gis con coordenadas UTM NAD 27. A este polígono se le montan sus correspondientes valores de curvas a nivel. (Paquete Surfer)

Al observar los puntos críticos (más elevados, más bajos y más distantes de la válvula reguladora de presión) se seleccionan 31 puntos para hacer el registro los cuales son puntos que representan adecuadamente el comportamiento del macro sector.

Se determinan las fechas de evaluación en base a su demanda más crítica y poder obtener 5 registros de observación. Con estos datos de campo se construyen las mallas de presión en el paquete Surfer y así mismo se calcula el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen (CUC), Eficiencia de Aplicación (Ea) y la Eficiencia de Requerimiento (Er).

# #1

## DELIMITACION DEL AREA DE ESTUDIO

Uso del software ArcGIS

# #3

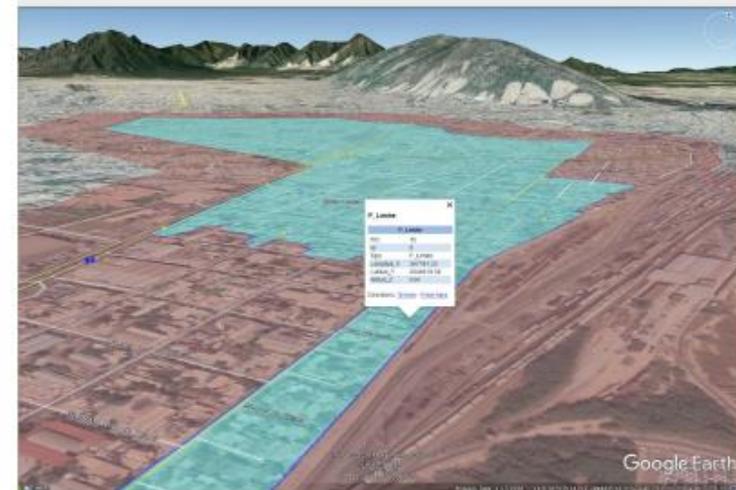
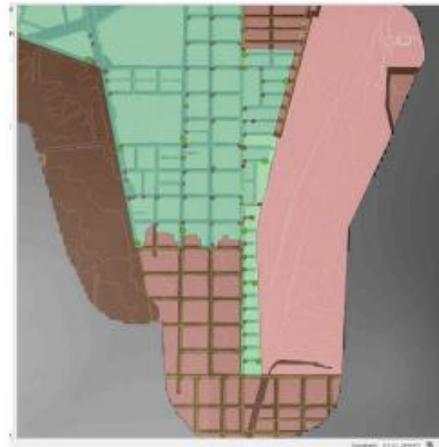
## METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Toma de presiones

# #2

## RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE TRABAJO

Puntos de registro y válvula



## Manómetro

De glicerina de 0- 100 psi, ¼ “



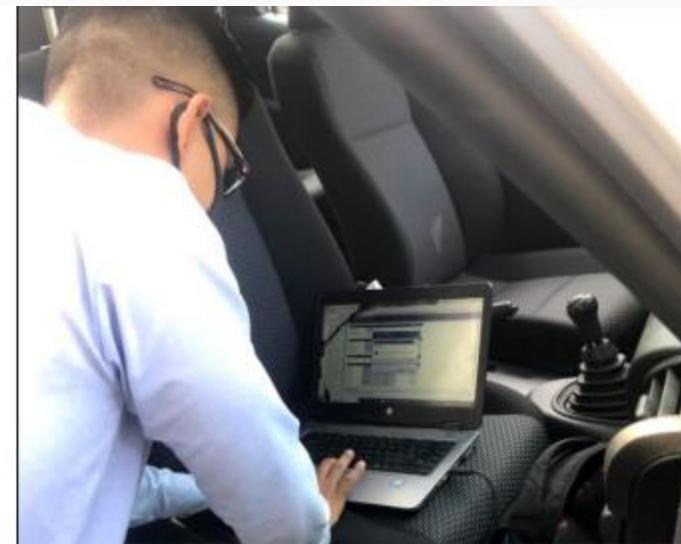
## Registrador

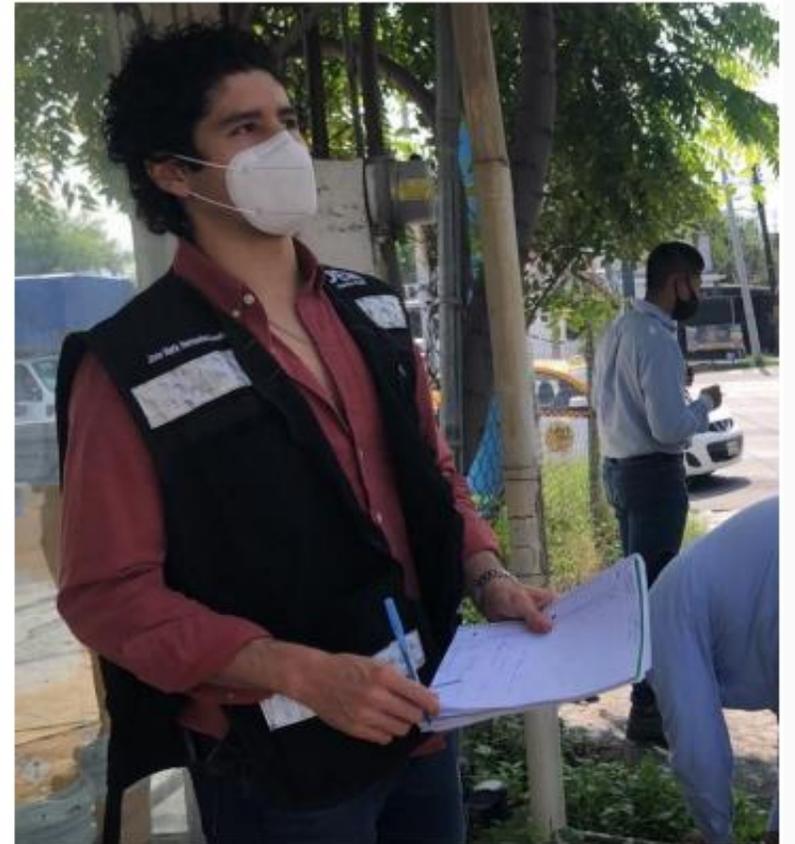
Registrador de datos de presión y caudal con GRPS. Sabalog D-3



## Regulador

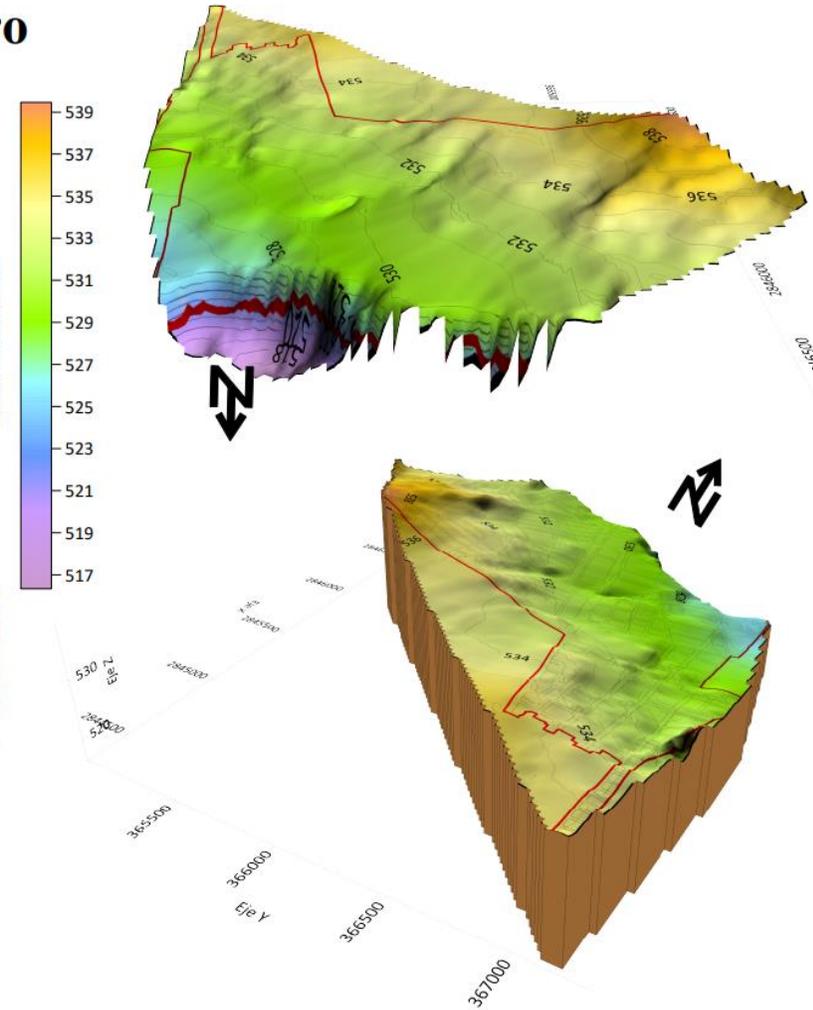
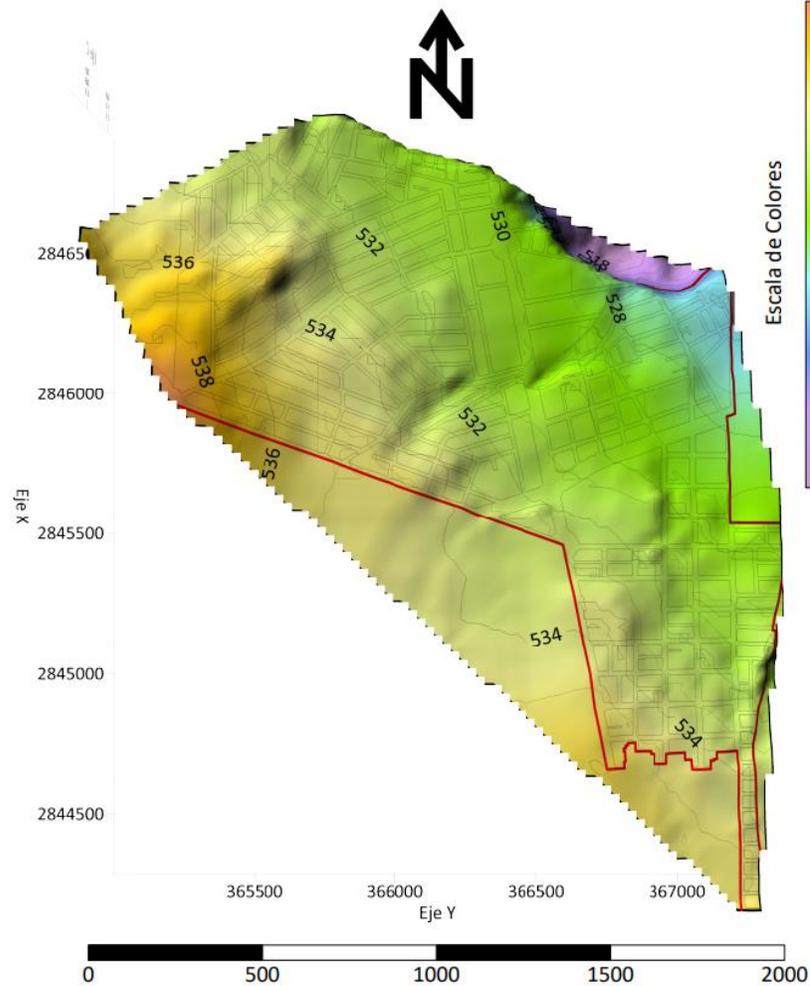
Regulador de presión GPRS NEPTUNE II FM





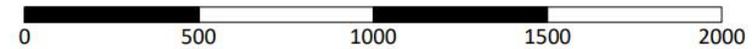
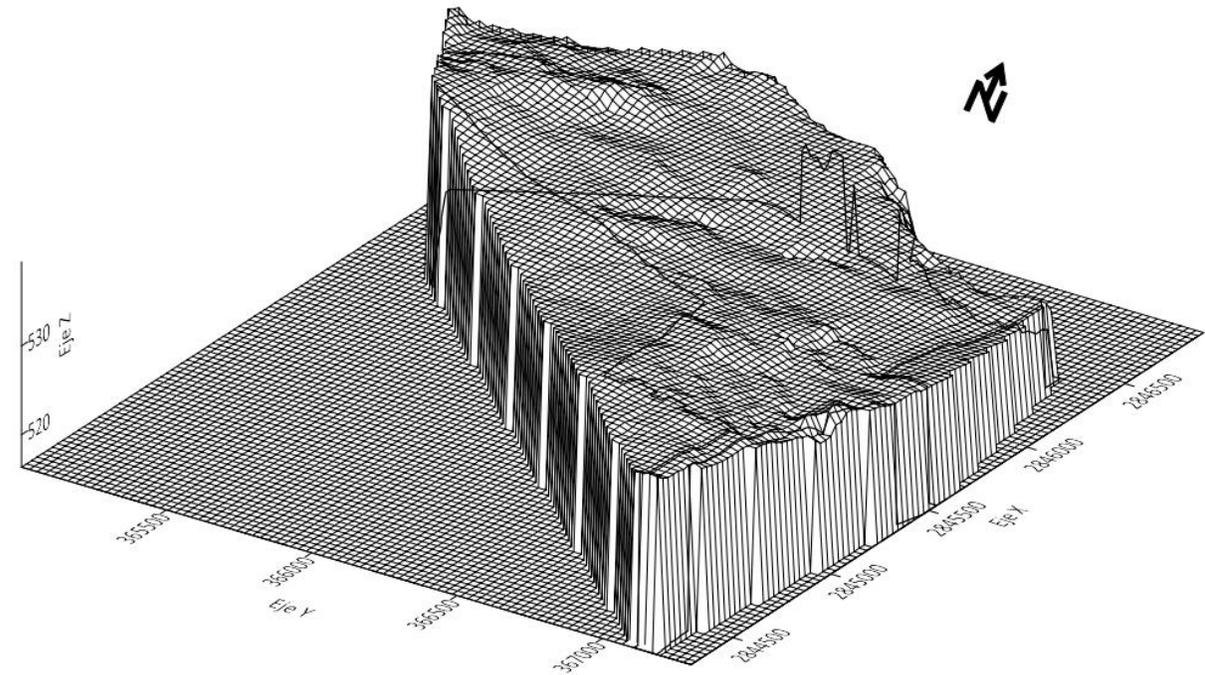
La toma de datos se realizaron con 8 repeticiones en diferentes horarios incluyendo los horarios críticos.

## Modelo Topografico Macrosector Niño Artillero





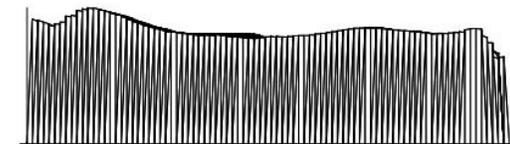
## MALLA TOPOGRAFICA MACROSECTOR NIÑO ARTILLERO



PERFIL NORTE

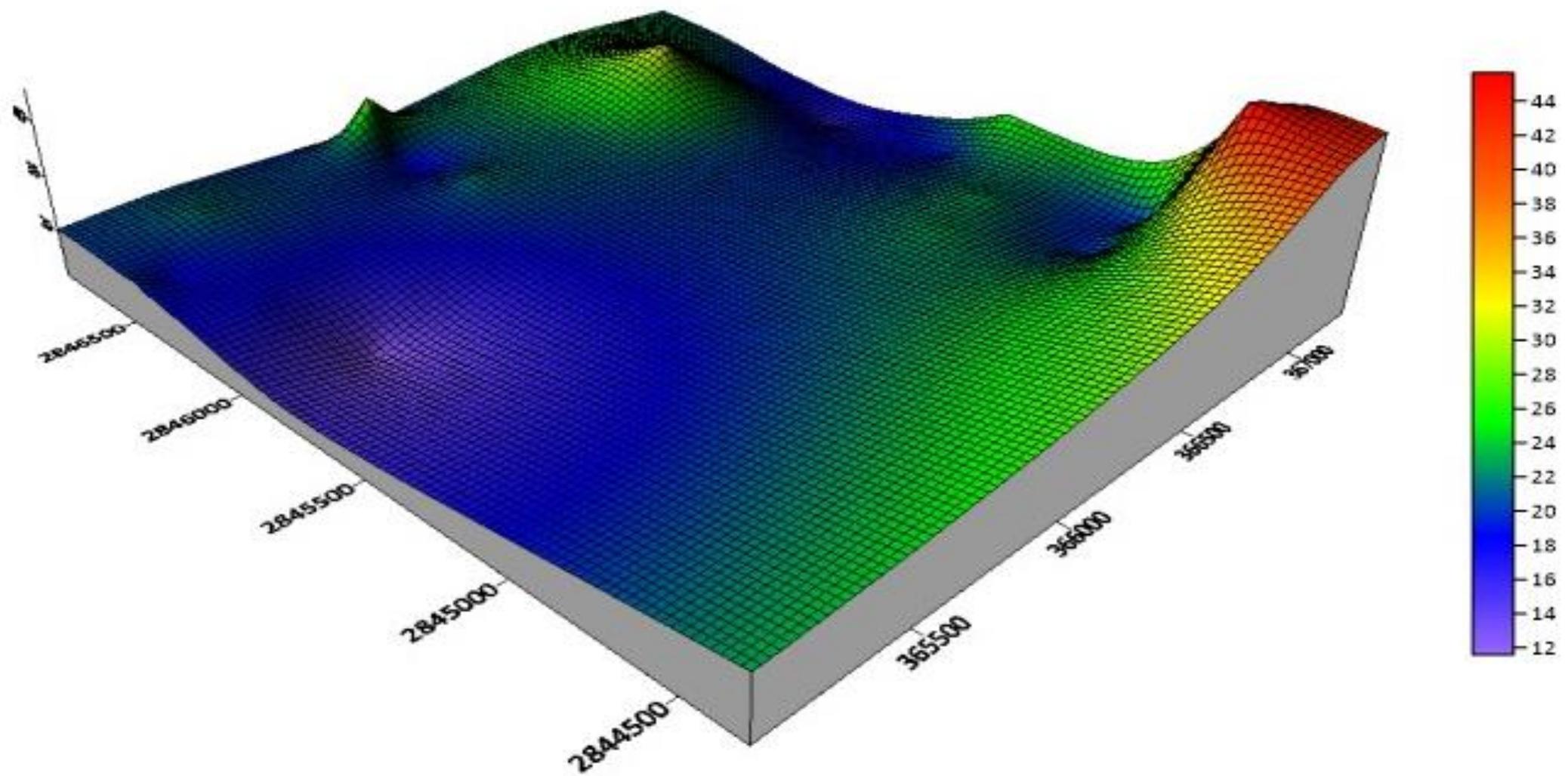


PERFIL ESTE

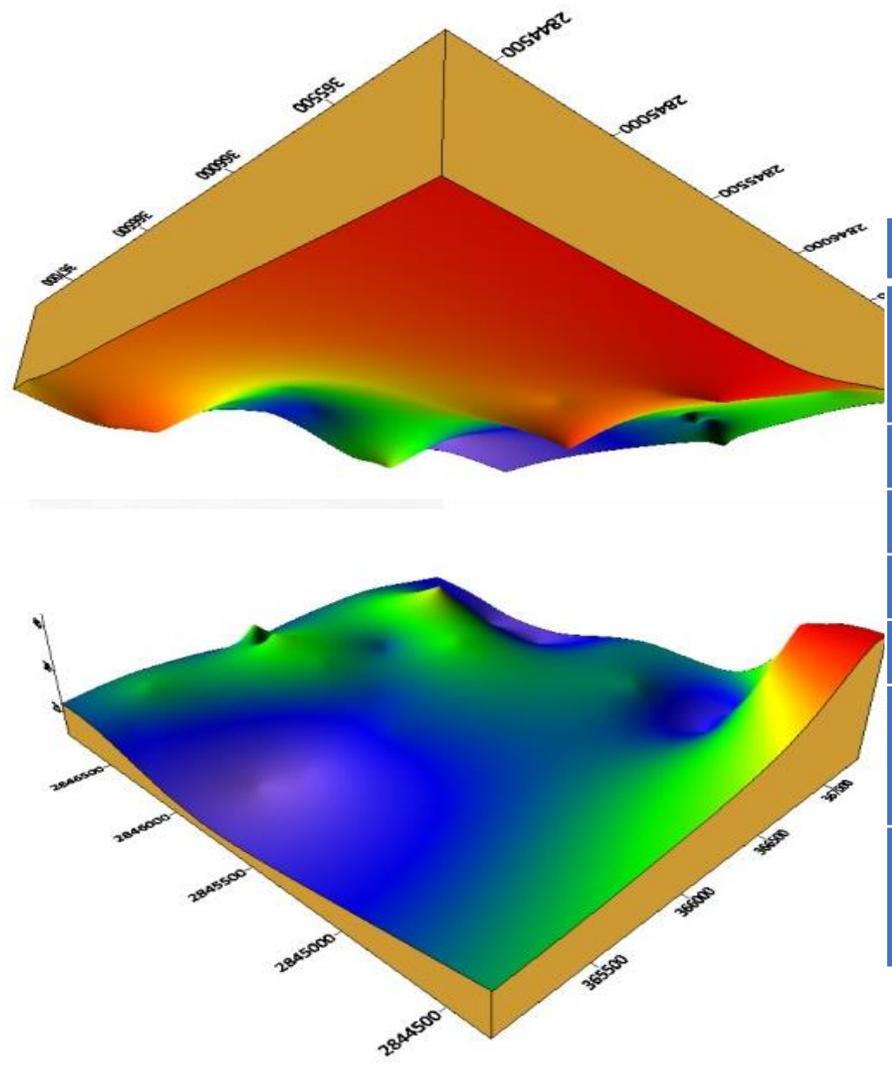


PERFIL SUR

### primer registro de presiones



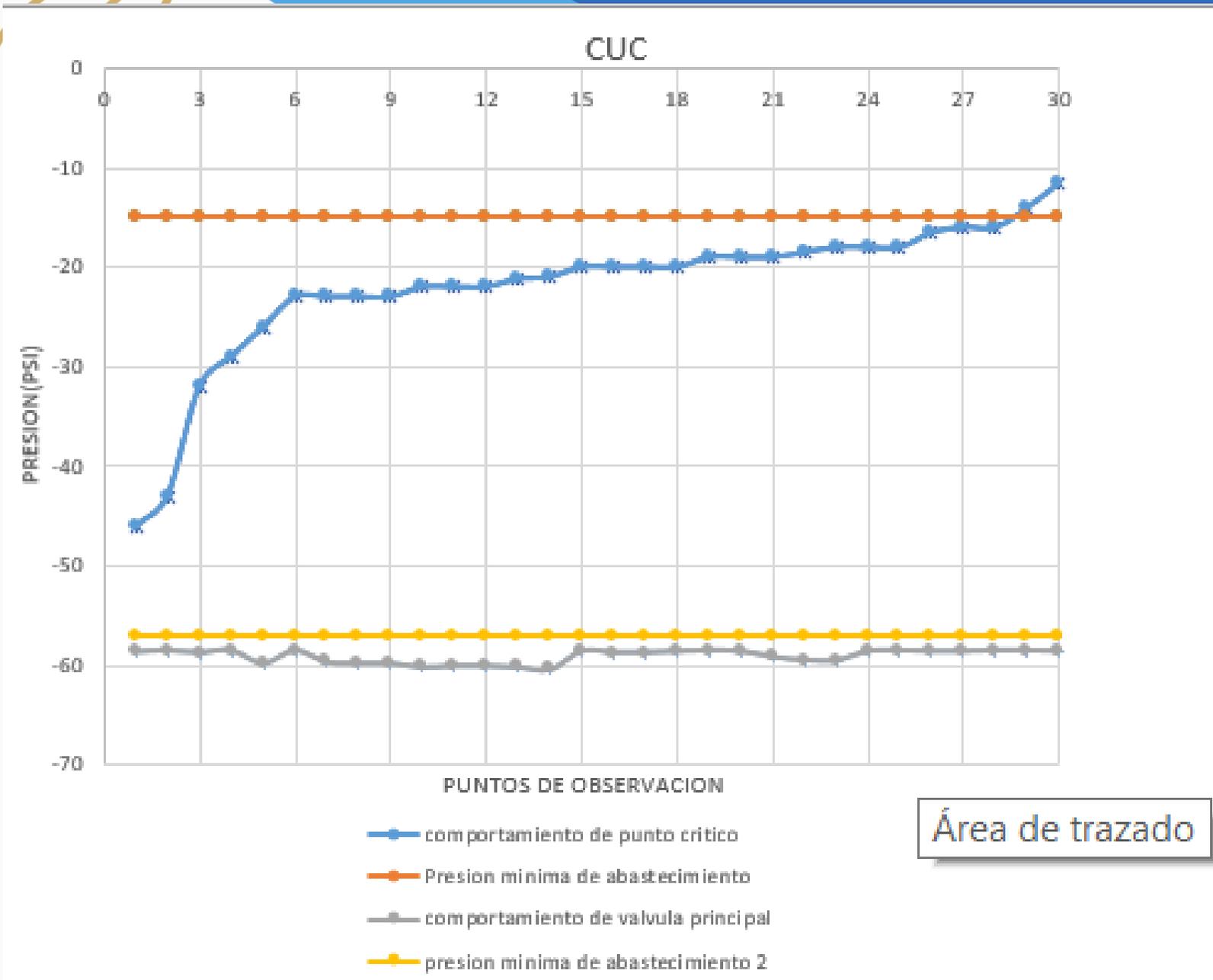
Monta de mallas topográfica vs de presiones Macro sector Niño Artillero.



ZONAS DEL REGISTRO 1		
Zonas	Registro	Válvula principal
	1	
Área I	445.5	1711.5
Área II	4.5	0
Área III	214.20	63.08
CUC	78.74%	99.01
Eficiencia de aplicación (Ea)	67.53%	100%
Eficiencia de requerimiento (Er)	99%	100%

Comportamiento de mallas topográfica contra presión a una Ea del 67.53 % y Er del 99.0 % y un CUC del 78.74 %

Area I	445.5
Area II	4.5
Area III	214.20
Eficiencia de Aplicación (Ea)	<b>67.53%</b>
Eficiencia de Requerimiento (Er)	<b>99.00%</b>



Comportamiento Macro Sector Niño Artillero



## **Conclusiones de las evaluaciones de macro sectores.**

Es imposible estabilizar la presión de operación como se puede observar en la monta de mallas, ya que dicha presión obedece a la topografía del terreno.

Esto ocurre ya que la masa del volumen de agua se precipita hacia las partes bajas por efecto gravitacional, ya que no existe al interior del macro sector válvulas reguladores de presión secundarias o específicas que estabilicen esto.

Esto en los macro sectores evaluados con pendiente significativa.

Fue un gran logro el subdividir el suministro en macro sectores ya que la válvula reguladora de presión principal si cumple su función como se puede observar en las graficas de comportamiento en presión y gasto en base a la demanda. Según se muestra el data base de las 8 evaluaciones por sector

El organismo operador si cumple su hipotesis de abastecer en tiempo a cualquier horario las demandas, mas sin embargo poseen una eficiencia de aplicación por debajo de la mínima standard.

Al suministrar solo el requerimiento en el macro sector a través de la válvula reguladora de presión, también se eficiente el gasto complementario de las fugas que con llevan el suministro.



El CUC nos expresa la desviación media standard de los valores medidos con respecto a su mismo promedio y tiene un valor aceptable es decir que tan cerca están los datos de su promedio.

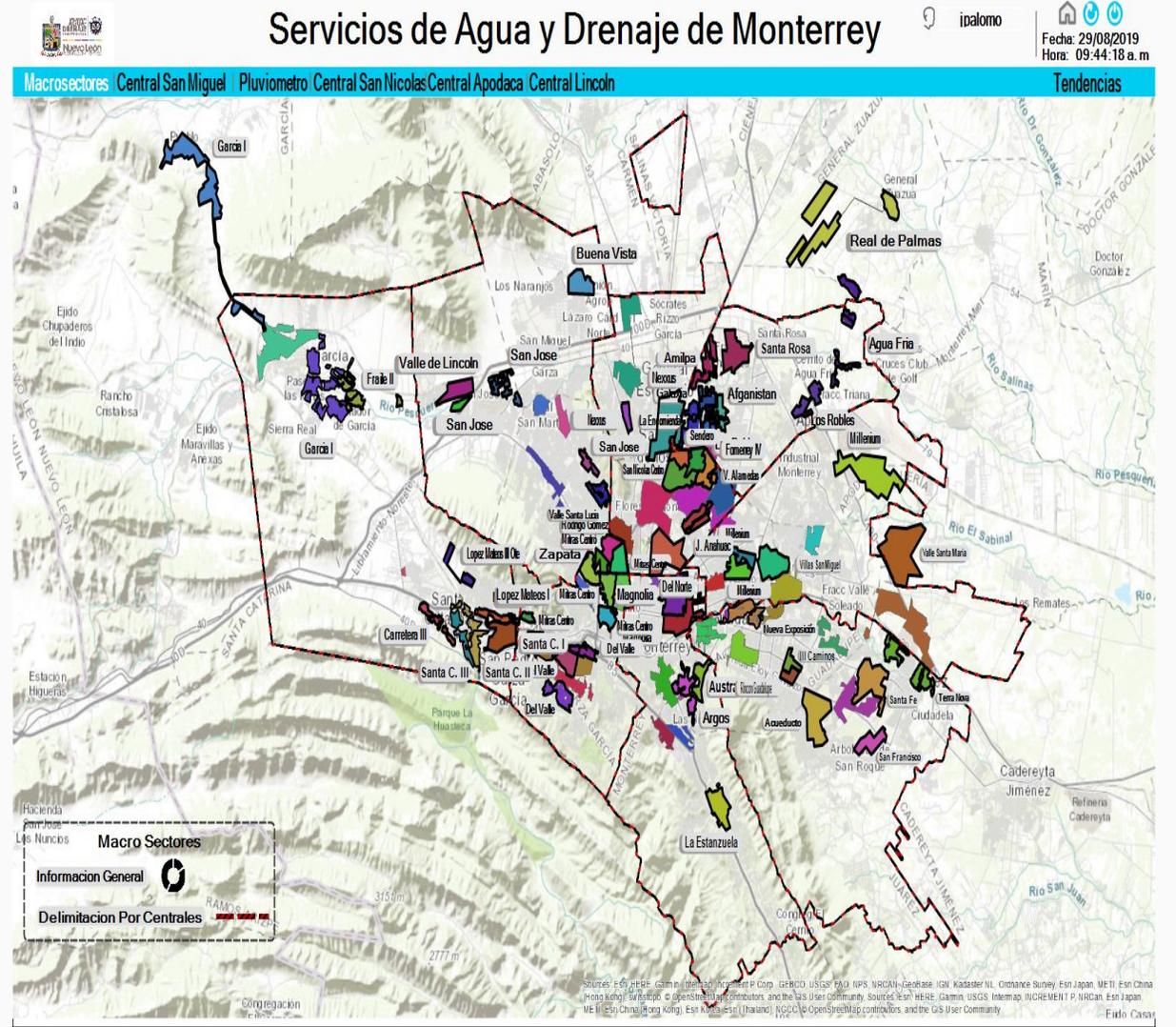
Se requiere una segunda inversión en los macro sectores con la instalación de válvulas reguladoras de presión secundarias en el preciso punto medio de las mallas y localizar su ubicación.

Este trabajo considero de vital importancia, ya que a través de una gráfica se puede mostrar el comportamiento hidráulico de la distribución del gasto y la carga, y debería de evaluarse por parte del organismo operador todos los macro sectores de abastecimiento del AMM, ya que se requiere en la ciudad de las Montañas aún más la sectorización para poder reducir la pérdida que se tiene en la eficiencia de aplicación, esto requiere la inversión de grandes capitales aunado a un sistema integral de telemetría para la Automatización de esa atomización de los sectores.

Es obvio pensar que a mayor sectorización involucre mayor mano de obra y en consecuencia mayor inversión en sistemas modernos de control automatizado, pero llegara el tiempo en que esto no está a discusión sobre la inversión de capital, ya que cada vez la disponibilidad de agua por habitante es menor.

Modulación de Presiones: este proyecto cuyo principal objetivo es suministrar a nuestros usuarios una presión adecuada en sus domicilios, disminuyendo los excedentes y bajando la presión en horario que no es necesaria; ha permitido tener un ahorro significativo en el consumo de agua, así como una menor pérdida en fugas de nuestra red; actualmente se tienen moduladas **503,000** tomas domiciliarias; por lo anterior podemos concluir que la **Modulación de Presiones es el factor que ha permitido disminuir la extracción de nuestras Fuentes de Abastecimiento.**

<b>MACRO SECTORES MODULADOS</b>	<b>89</b>
<b>MACRO SECTORES PROYECTADOS</b>	<b>8</b>
<b>TOMAS MODULADAS</b>	<b>595,658</b>
<b>TOMAS POR MODULAR</b>	<b>28,642</b>
<b>TOTAL DE TOMAS</b>	<b>624,300</b>
<b>RECUPERACIÓN (LPS)</b>	<b>1,090.61</b>



## DATOS DEL SECTOR

N°	MACRO SECTOR	CENTRAL	UBICACIÓN	FECHA DE INICIO DE CONTROL	TIPO DE CONTROL	Proveed	No. Toma	GASTOS		RECUPERACION		
								QMED LPS ANTES	Q MED LPS DESPUES	QMED M3/MES	RECUPERACION LF	% RECUPERACION
53	QUINTO CENTENARIO	SAN NICOLAS	AV ACUEDUCTO C/C CRISTOBAL COLON COL QUINTO CENTENARIO.	abr-18	CONTROLADOR DE PRESIONES	MARFEL		29	23.97	13255.056	5.03	17.34
54	SENDERO	SAN NICOLAS	CARRETERA A COLOMBIA C/C ESCOCIA	may-18	CONTROLADOR DE PRESIONES	MARFEL		56.95	43.62	35127.22	13.33	23.41
55	LOMAS DE ANAHUAC	SAN NICOLAS	AV ALMAZAN ENTRE ARMANDO MANZANERO Y JURICA COL LOMAS DE ANAHUAC	may-18	CONTROLADOR DE PRESIONES	MARFEL	6430	114.75	81.73	87014.304	33.02	28.78
56	SANTA CATARINA I	FAMA	AV. ACUEDUCTO Y AV FRANCISCO I. MADERO COL EL LECHUGAL	jun-18	CONTROLADOR DE PRESION	GRHIDRO	5,033	67.76	54.43	35127.216	13.33	19.67
57	SANTA CATARINA II	FAMA	ACEQUIA ENTE TAMUIN Y DICIEMBRE SANTA CATARIANA CENTRO.	jun-18	CONTROLADOR DE PRESION	GRHIDRO	7633	46.22	40.41	15310.512	5.81	12.57
58	SANTA CATARINA III	FAMA	CASA DEL OBRERO ENTRE CULEBRA Y FIDEL VELAZQUEZ COL PEDREGAL DE LA HUSTECA.	jun-18	CONTROLADOR DE PRESION	GRHIDRO	5386	32.21	26.87	14071.968	5.34	16.58
59	VISTA HERMOSA	PONIENTE	ANTILLAS Y REPUBLICA DOMINICANA	jun-18	CONTROLADOR DE PRESION	I20	1425	21.25	19.82	3768.336	1.43	6.73
60	LAS GOLONDRINAS	SAN MIGUEL	LAS GOLONDRINAS Y URUGUAYOS COL ROBERTHO ESPINOZA	jun-18	CONTROLADOR DE PRESION	RADCOM		53	50	7905.6	3	5.66
61	LA TALAVERNA	SAN MIGUEL	EMPERADOR C/C AV. MIGUEL ALEMAN, COL ARBOLEDAS DE NUEVA LINDA VISTA	jun-18	CONTROLADOR DE PRESION	RADCOM	4305	34.241	27	19081.4832	7.241	21.15
							<b>439848</b>				<b>1090.6</b>	<b>26.39</b>

Como podemos observar en esta tabla la pura acción de subdividir el suministro en el anillo que abastece los macro sectores se observa una tendencia del 26.39 % de ahorro entre los gastos antes y después de la instalación de estos equipos, aun se tiene una tendencia de ahorro al instalar válvulas secundarias en el interior de los macro sectores de otro 16 %.



**VIII** Congreso Nacional y  
**I** Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



# GRACIAS!

**Dr. Fernando Augusto Villarreal Reyna**

dinribo@live.com

Fecha de presentación: 04 de octubre 2023



**AGRICULTURA**  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



**Sonhos**  
universidad personalizada

