



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

**Modelación de régimen permanente y no permanente del agua potable y residual en el campus matriz de la ESPE con caudalímetros que utiliza la tecnología de internet de las cosas (IoT)**

AUTORES:

Narváez Terán Daniel Alejandro

Vaca Lescano Dylan José

TUTOR:

Ing. David Carrera Villacrés, Ph.D.

Sangolquí, 06 de marzo 2023



## Tabla de contenido

01

Introducción

02

Objetivos

03

Marco Teórico

04

Metodología

05

Resultados

06

Conclusiones y Recomendaciones



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# INTRODUCCIÓN



## Planteamiento del problema

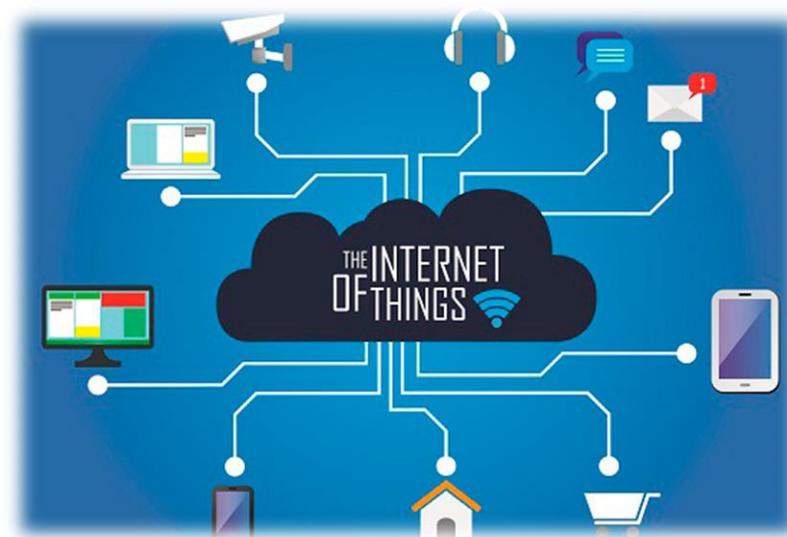
### 6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO



Acceso al agua y saneamiento



Smart Water



Internet of Things





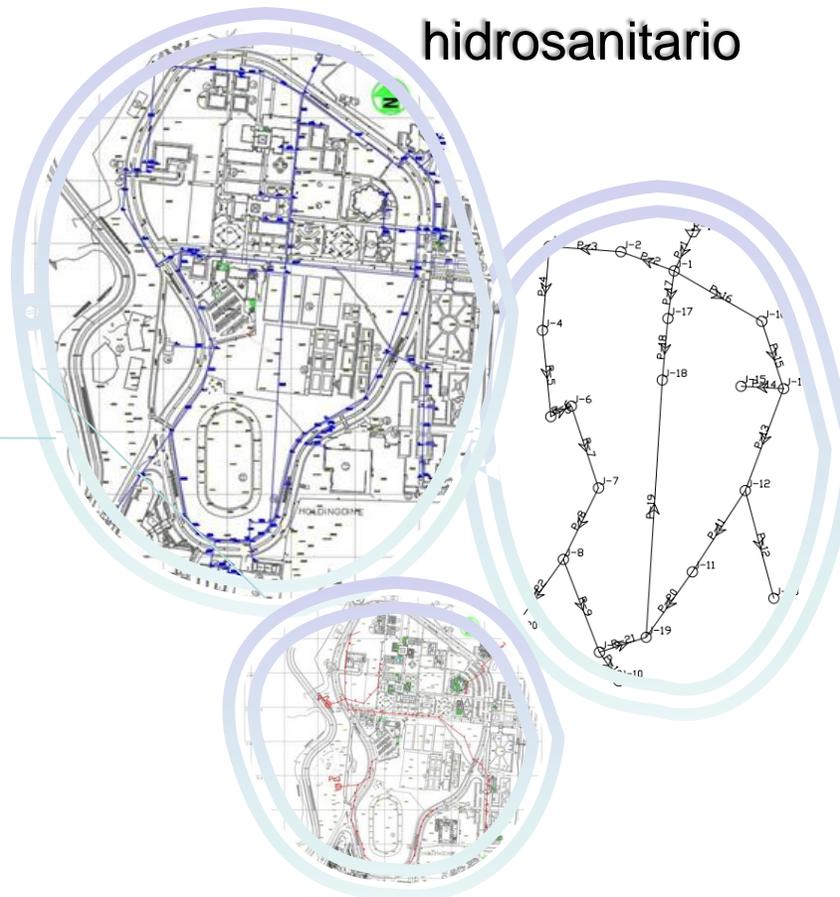
# INTRODUCCIÓN



## Justificación



Reconocimiento de tuberías



Catastro hidrosanitario

Modelación Dinámica



Presupuesto de mejora



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# INTRODUCCIÓN



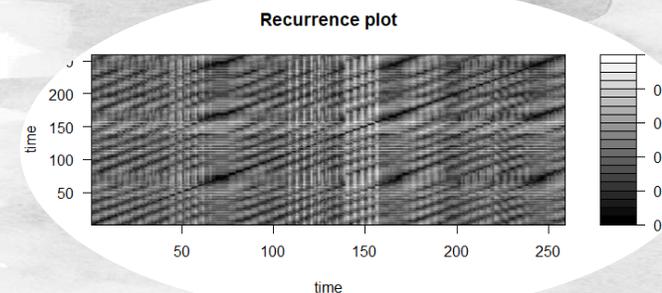
## Alcance

*Mediante el levantamiento de información para la actualización del catastro se puede proponer lugares estratégicos para la implementación de dispositivos IoT, y por medio de la modelación en WaterCAD, SewerCAD y QGIS, se obtiene los datos para graficar y analizar en régimen permanente y no permanente las redes de agua potable y residual de la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe*



## Hipótesis

*La implementación de dispositivos IoT puede medir el consumo y dotación real para estudiar el recurso hídrico de la UFA ESPE.*



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# OBJETIVOS



## **Objetivo General**

Analizar los datos de equipos con tecnología IoT que permitan realizar una modelación en régimen permanente y no permanente de la red de agua potable y residual, además, procesar las series temporales que generarán la infraestructura IoT, para mejorar el aprovechamiento del recurso hídrico de la ESPE.



## **Objetivos Específicos**

- Realizar un catastro hidrosanitario a fin de colocar los caudalímetros IoT, para generar la base datos de caudal y volumen acumulado de agua potable consumida por los usuarios de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE matriz.
- Realizar campañas de medición de la cantidad de agua potable y residual, y estudiar la dinámica de la cisterna mediante niveles de agua para obtener el consumo agua potable del campus matriz.
- Modelar el consumo de agua potable y residual para régimen permanente y no permanente, a través de la variación de los gastos en los nodos del sistema de agua potable y alcantarillado de la Universidad ocupando los softwares de WaterCAD y SewerCAD.
- Generar con un SIG de mapas de la modelación de régimen permanente y no permanente de la red de agua potable y residual del campus matriz de la ESPE
- Proponer el presupuesto de un sistema óptimo de agua potable y saneamiento que requiera el número indicado de sensores IoT instalados en distintos sectores de la ESPE para el uso idóneo del recurso hídrico.





# MARCO TEÓRICO



## Agua potable

El agua potable es aquella destinada al consumo humano, es agua que se utiliza para beber, preparación de alimentos, higiene, entre otros usos domésticos.

(EMAAP-Q, 2009).



## Agua residual

Es el agua sobrante o residual del producto de usarla para fines humanos, sean estos, domésticos, industriales, municipales producto (EMAAP-Q, 2009).



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

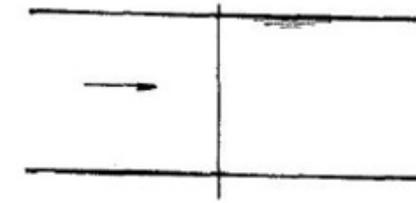


# MARCO TEÓRICO



## Régimen permanente

El modelo más simple (régimen permanente) no tiene en cuenta la variable tiempo

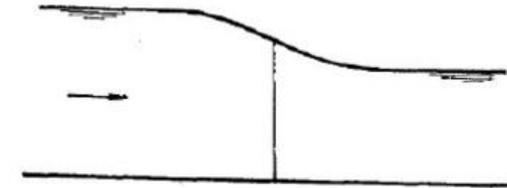


$$\frac{\partial v}{\partial t} = 0$$



## Régimen no permanente

En las redes de distribución se sabe que los gastos de demanda son de tipo variable a lo largo del tiempo, es por este motivo que se cambian los gastos en su tubería, es necesario considerar el tiempo en las ecuaciones de flujo.



$$\frac{\partial v}{\partial t} \neq 0$$





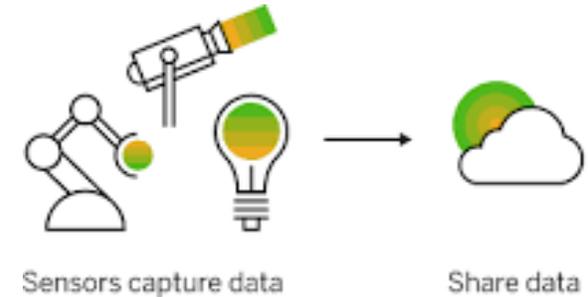
# MARCO TEÓRICO



## Series temporales

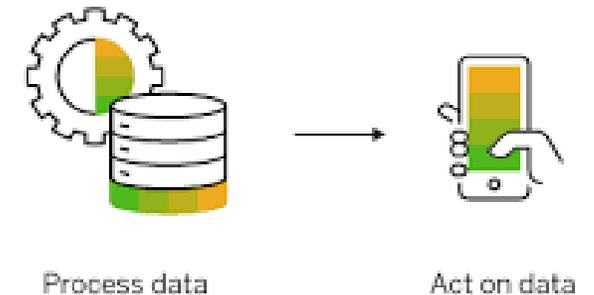
Las series temporales se define como una sucesión de observaciones de una variable analizada a lo largo del tiempo, esta variable es diferente en cada instante.

la teoría del caos estudia la sensibilidad a condiciones iniciales de algunos sistemas, es decir, de aquellos sistemas en los que un pequeño cambio, puede generar grandes consecuencias



## Tecnología IoT

La tecnología de internet de las cosas (IoT) ha incrementado la atención debido a varias aplicaciones y la facilidad de obtener información desde cualquier lugar del mundo siempre y cuando se encuentre conectado a internet, depende de la capacidad de enviar y recibir datos a través de servidores de red sin la intervención entre personas o de una persona a computadora

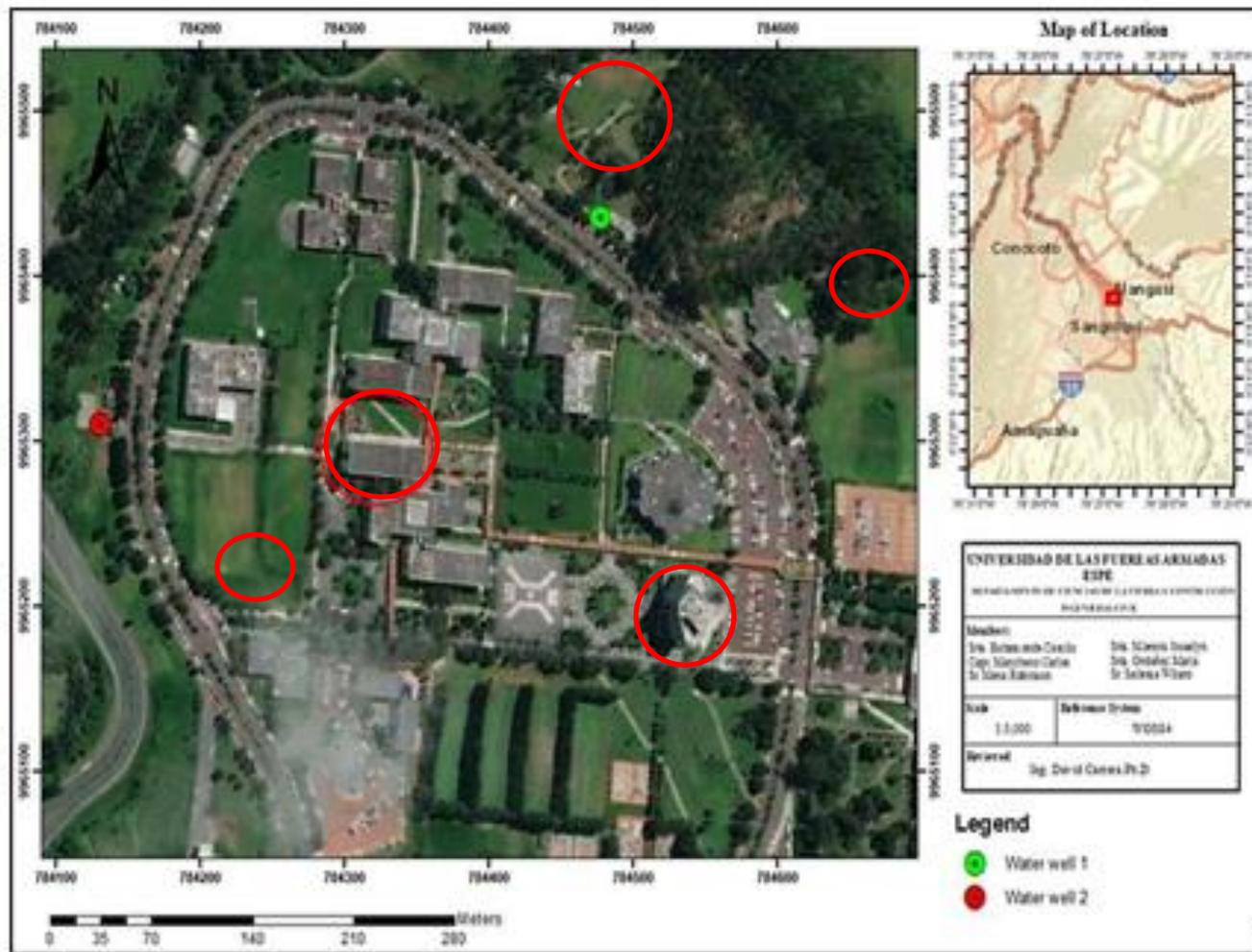




# METODOLOGÍA



## Área de estudio



Área de estudio Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE:

- Bloque B
- Edificio administrativo
- Cisterna principal
- Puntos de control de agua residual y potable



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



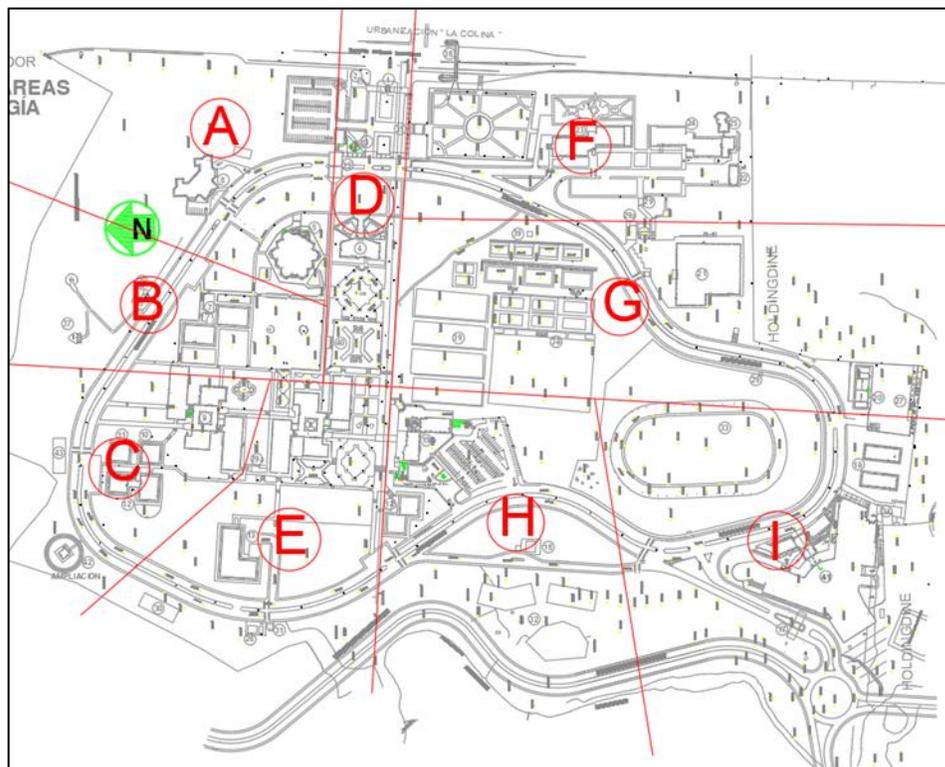
# METODOLOGÍA



## Catastro hidrosanitario



Edificios levantados



Zonas levantadas del campus

### Tuberías existentes en la UFA ESPE

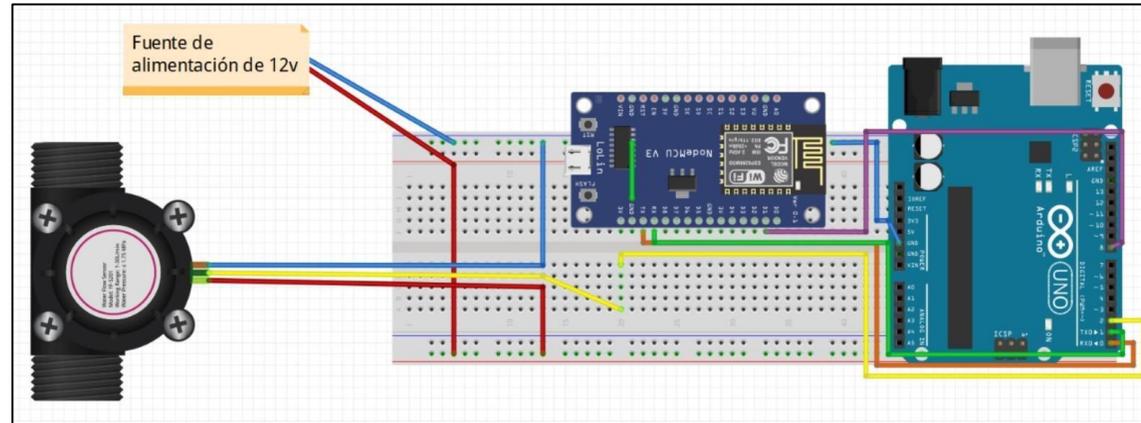
- Tubería de agua potable
- Tubería de agua residual
- Tubería de agua pluvial



# METODOLOGÍA



## Tecnología IoT implementada



*Esquema del caudalímetro IoT*



*Caudalímetro edificio administrativo*



*Caudalímetro Bloque B*



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# METODOLOGÍA



## Depuración de datos del IoT (Edificio Administrativo)

	A	B	C
1	ts	Qhora	hora
2	2021-07-26T17:59:08,422Z	33,192	17
3	2021-07-26T18:59:17,053Z	79,998	18
4	2021-07-26T19:58:16,807Z	54,987	19
5	2021-07-26T20:55:16,811Z	67,093	20
6	2021-07-26T21:52:16,882Z	40,992	21
7	2021-07-26T22:46:16,827Z	13,499	22
8	2021-07-26T23:57:16,837Z	5,499	23
9	2021-07-27T00:29:16,841Z	4,199	0
10	2021-07-27T01:27:16,850Z	0,2	1
11	2021-07-27T04:53:37,159Z	0,1	4
12	2021-07-27T06:23:36,825Z	1,1	6
13	2021-07-27T09:56:36,854Z	1,4	9
14	2021-07-27T10:16:36,965Z	0,2	10
15	2021-07-27T11:58:36,872Z	20,896	11
16	2021-07-27T12:55:41,027Z	17,596	12
17	2021-07-27T13:59:37,243Z	66,842	13
18	2021-07-27T14:58:37,066Z	61,491	14

### Procesamiento de series temporales

*Ingreso de datos proporcionados por el caudalímetro IoT del edificio administrativo*





# METODOLOGÍA



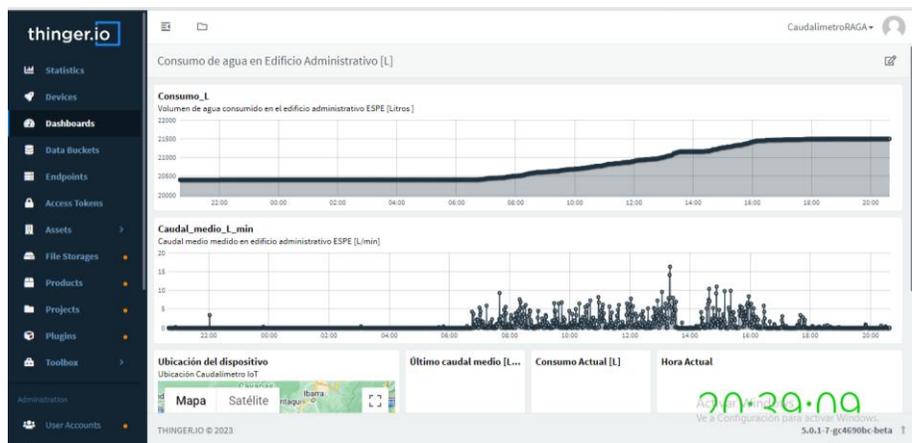
## Campaña de medición de agua potable y de la cisterna



*Medición de consumo en la cisterna*

*Medición de presiones*

**Campañas de medición de agua potable**



*Medición de caudal mediante tecnología IoT*

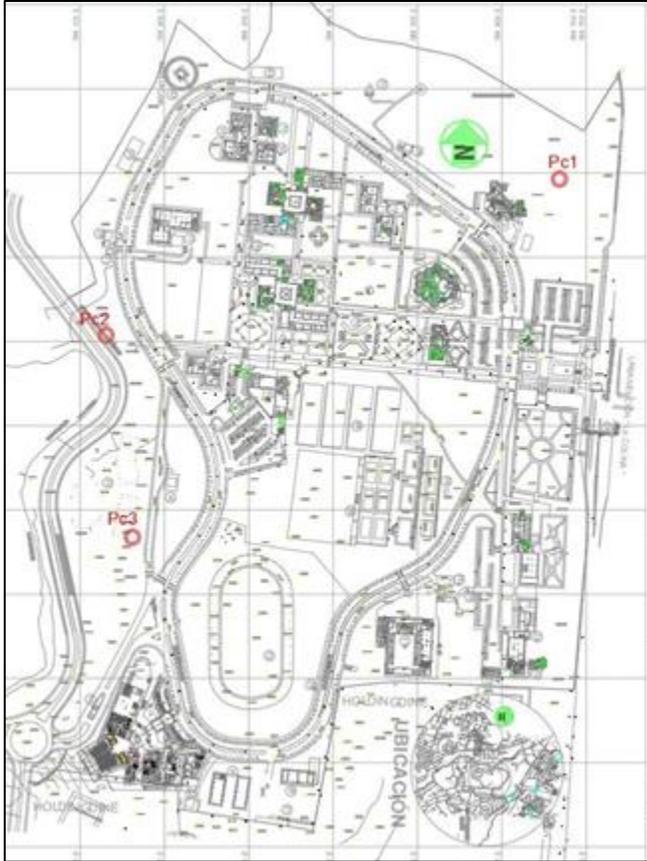




# METODOLOGÍA



## Campaña de medición de agua residual



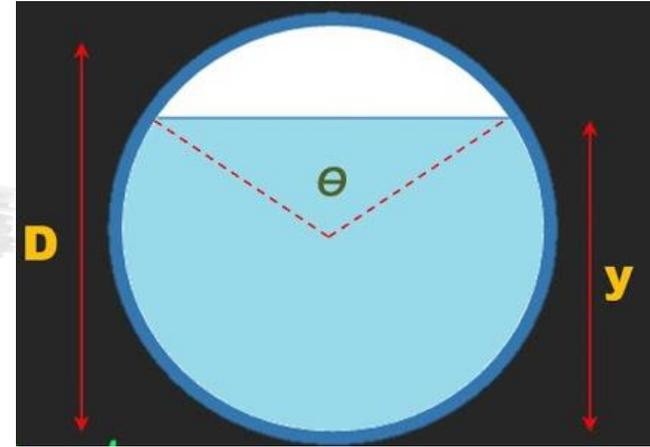
Puntos de control  
de agua residual



Pto N°1



Pto N°2



- Tirante
- Diámetro
- Perímetro
- Área



Pto N°3



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# METODOLOGÍA



## Población UFA ESPE

PERIODO		NOV2022- MAR2023
CARRERAS TERCER NIVEL		
MODALIDAD DE EDUCACIÓN PRESENCIAL Y DUAL		
CÓDIGO	CAMPUS SANGOLQUÍ	Alumnos
1	[PRES] BIOTECNOLOGIA (J)	611
2	[PRES] COMERCIO EXTERIOR (J)	591
3	[PRES] EDUCACION INICIAL (J)	518
4	[PRES] ELEC AUTOMATIZA CONTROL	41
5	[PRES] ELEC TELECOMUNICACIONES	28
6	[PRES] GEOGRAFICA MEDIO AMBI	21
7	[PRES] MECANICA (J)	453
8	[PRES] MERCADOTECNIA (J)	514
9	[PRES] SISTEMAS E INFORMATICA	3
10	[PRES] SOFTWARE (J)	420
11	[PRES] TECNOLOGIAS INFOR (J)	399
12	[PRES] TURISMO (J)	389
13	[PRES]ADMIN. DE EMPRESAS (J)	503
14	[PRES]CONTAB. Y AUDITORIA (J)	719
15	[PRES]ELECTRONICA Y AUTOMAT(J)	417
16	[PRES]INGENIERIA CIVIL (J)	518
17	[PRES]MECATRONICA (J)	739
18	[PRES]MEDICINA (R)	139
19	[PRES]PEDAGOGIA ACTIV. FISI(J)	528
20	[PRES]TECNOLOGIAS GEOESPACI(J)	229
21	[PRES]TELECOMUNICACIONES (J)	415
<b>TOTAL</b>		<b>8195</b>

**ESPE-CICIV-2022-0379-M (Aldás, 2022)**

PERIODO		JUN2021- SEP2021	NOV2022- MAR2023
CARRERAS DE TERCER NIVEL			
CÓDIGO	SANGOLQUÍ	No. Alumnos	No. Alumnos
	CARRERAS CADM	326	411
	CARRERAS CHUM	198	234
	CARRERAS CVAD	77	55
	CARRERAS TÉCNICAS	777	890
<b>TOTAL</b>		<b>1378</b>	<b>1590</b>

**ESPE-CICIV-2022-0379-M (Aldás, 2022)**

Año	2021	2022-2023
<b>Tipo</b>	<b>No. empleados</b>	
Personal administrativo	508	330
Personal docente	1116	978
Personal código trabajo	110	96
<b>TOTAL</b>	<b>1734</b>	<b>1404</b>

**ESPE-DCTC-2023-0350-M  
(Carrera-Villacrés, 2023)**

## Cálculo de la población de estudio

- *Estudiantes de pregrado*
- *Estudiantes de nivelación*
- *Personal docente*
- *Personal administrativo*
- *Personal código trabajo*



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# METODOLOGÍA



## Modelación dinámica de agua potable régimen permanente

EDIFICIO	Ing. Alberto Garcés			Autores		
	Estudi antes	Trab ajadores	Dotació n (l/día)	Estudi antes	Trabaj adores	Dotación (l/día)
Bloque A-B	3262	691	266750	2568	552	45552
Bloque C-D	4316	262	255100	3398	209	52662
Laboratorio idiomas/suelos	487	66	34250	383	53	6366
Laboratorio electrónica/biotecnología	640	81	44150	504	65	8307
Laboratorio geográfica/mecánica	480	45	30750	378	36	6044
Laboratorio mecánica	400	40	26000	315	32	5066
Bar/Almacen/Serv. Univ./ Salon 2000	450	72	33300	354	57	6001
Coliseo/CAFDER	1315	63	75200	1035	50	15841
Biblioteca	688	17	36950	542	14	8118
Policlinico	70	24	7100	56	19	1095
Edificio administrativo	0	235	35250	0	187	2730
Transportes/CICTE	0	70	10500	0	56	818
Garitas y bodegas	0	25	3750	0	20	292
Residencia/comedor	320	68	63700	252	54	4468
<b>Total</b>	<b>12428</b>	<b>1759</b>	<b>922750</b>	<b>9785</b>	<b>1404</b>	<b>163359</b>

**Población servida de la UFA ESPE**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



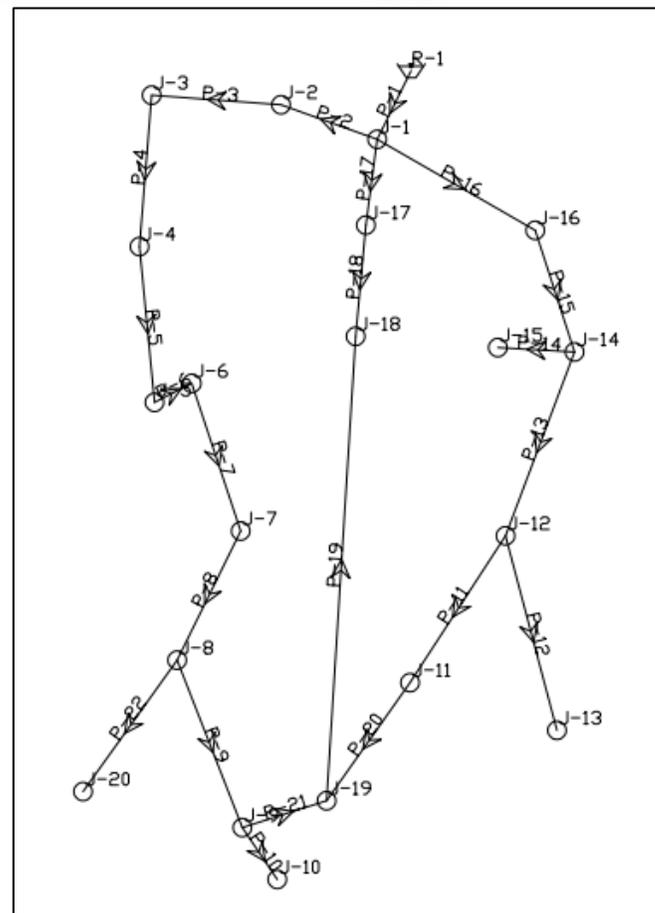
# METODOLOGÍA



## Demanda base del modelo en nodos

PTO	COTA (MSNM)	COORD X	COORD Y	ESTUDIANTES	ADMIN	DOT [l/día]	DOT [l/s]
R-1	2518,74	784.463,25	9.965.737,81				
P01	2494,14	784.427,84	9.965.665,28	0	0	0	0,000
P02	2492,89	784.329,80	9.965.699,76	504	65	8307,4	0,096
P03	2498,64	784.196,74	9.965.711,15	0	0	0	0,000
P04	2482,31	784.183,86	9.965.554,14	315	32	5066,2	0,059
P05	2475,68	784.198,30	9.965.391,33	0	0	0	0,000
P06	2482,68	784.237,65	9.965.413,69	378	36	6044,4	0,070
P07	2481,78	784.289,24	9.965.259,43	0	8	116,8	0,001
P08	2487	784.221,99	9.965.126,12	0	0	0	0,000
P09	2491,03	784.290,67	9.964.953,28	0	0	0	0,000
P10	2494,86	784.326,74	9.964.899,34	0	56	817,6	0,009
P11	2502,03	784.462,60	9.965.102,52	1036	50	15855,6	0,184
P12	2500,86	784.559,59	9.965.252,27	0	0	0	0,000
P13	2495,32	784.613,68	9.965.054,22	252	54	4467,6	0,052
P14	2487,7	784.630,91	9.965.445,82	0	8	116,8	0,001
P15	2489,75	784.553,01	9.965.449,96	542	201	10847,8	0,126
P16	2485,06	784.591,62	9.965.569,79	55	19	1080,4	0,013
P17	2493,17	784.416,98	9.965.575,31	3781	262	59027,8	0,683
P18	2490,82	784.406,29	9.965.458,84	2922	609	51552,6	0,597
P19	2493,64	784.376,90	9.964.981,02	0	0	0	0,000
P20	2485,56	784.127,30	9.964.989,95	0	4	58,4	0,001
<b>Total</b>						<b>163359,4</b>	<b>1,891</b>

## Modelación dinámica de agua potable Régimen permanente en WaterCAD



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



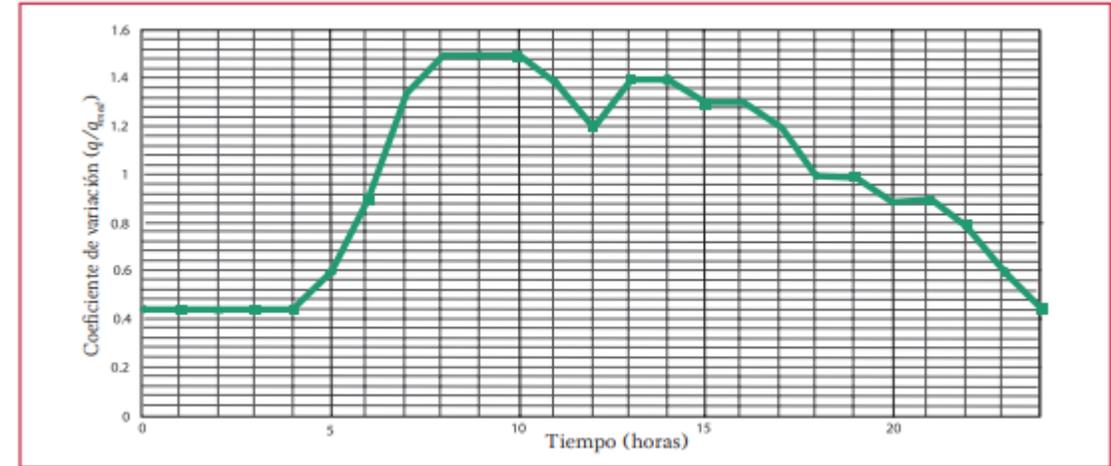
# METODOLOGÍA



## Demanda base del modelo en nodos

t(h)	qmed	t(h)	qmed
0	0,45	12	1,20
1	0,45	13	1,40
2	0,45	14	1,40
3	0,45	15	1,30
4	0,45	16	1,30
5	0,60	17	1,20
6	0,90	18	1,00
7	1,35	19	1,00
8	1,50	20	0,90
9	1,50	21	0,90
10	1,50	22	0,80
11	1,40	23	0,60

## Modelación dinámica de agua potable Régimen no permanente en WaterCAD



***Coeficientes de variación horaria en  
pequeñas poblaciones. (CONAGUA  
Libro 12)***



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# METODOLOGÍA



## Modelación de agua residual (régimen permanente)

### Cálculo del caudal de diseño

$$Q_{MH} = \text{Factor Mayoracion} * Q_{md}$$

$$Q_{md} = Q_{as} + Q_c + Q_i + Q_{ins}$$

$$Q_{as} = \frac{Dot * P * C}{86400}$$

$$Q = Q_{MH} + Q_{inf} + Q_{ilc}$$

**TABLA N° 4.2.3.7**

Nivel de complejidad del sistema	Infiltración alta (l/s-ha)	Infiltración media (l/s-ha)	Infiltración baja (l/s-ha)
Bajo y medio	0,1 - 0,3	0,1 - 0,3	0,05 - 0,2
Medio alto y alto	0,15 - 0,4	0,1 - 0,3	0,05 - 0,2

(\*) Puede ser definido por la empresa prestadora del servicio

**TABLA N° 4.2.3.5**  
APORTES MÁXIMOS POR CONEXIONES ERRADAS CON SISTEMA PLUVIAL

Nivel de complejidad del sistema	Aporte (l/s-ha)
Bajo y medio	0,2 - 2
Medio alto y alto	0,1 - 1

**TABLA N° 4.2.3.6**  
APORTES MÁXIMOS POR DRENAJE DOMICILIARIO DE AGUAS LLUVIAS SIN SISTEMA PLUVIAL

Nivel de complejidad del sistema	Aporte (l/s-ha)
Bajo y medio	4 - 20 (*)
Medio alto y alto	2 - 20 (*)

(\*) Debe disponerse de sistema pluvial o combinado a mediano plazo

**TABLA N° 4.2.3.4**  
CONTRIBUCIÓN INSTITUCIONAL MÍNIMA EN ZONAS RESIDENCIALES

Nivel de complejidad del sistema	Contribución institucional (l/s-ha-Inst.)
Cualquiera	0,4 - 0,5





# METODOLOGÍA



## Modelación de segundo y tercer escenario para agua residual

### Cálculo máximo instantáneo

$$Q_{max.inst.} = M * Q_{med}$$

### Cálculo mínimo

$$Q_{min} = 0,5 * Q_{med}$$



## Modelación de agua residual (régimen no permanente)

### Comparación de los 3 escenarios

- *Caudal de diseño*
- *Caudal máximo instantáneo*
- *Caudal mínimo*





# METODOLOGÍA



## Datos de ingreso y modelación en SewerCAD

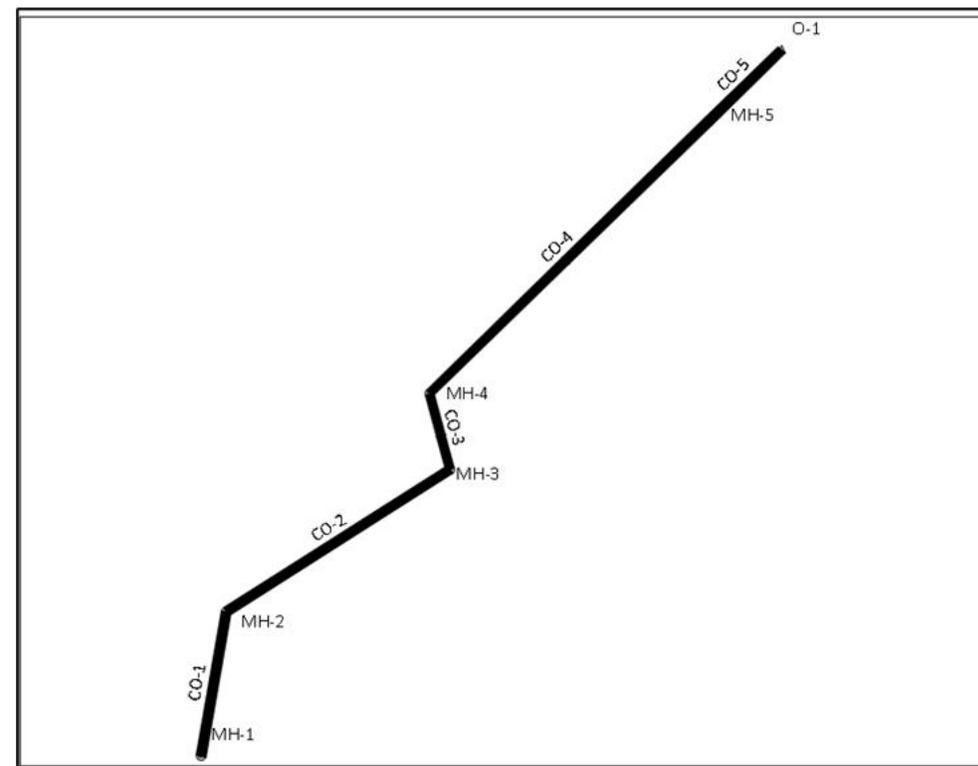
### Red 1 de Aguas residuales

Tabla 12. Datos de ingreso al Manhole en la red 1 SewerCAD

Edificio	ETIQUETA	COTA Terreno [msnm]	COTA tubería [msnm]	Caudal de diseño (l/s)	Caudal max inst (l/s)	Caudal min (l/s)
	MH-3	2482,7	2481	0,00	0,00	0,00
	MH-4	2481,53	2480,06	0,00	0,00	0,00
	O-1	2479,88	2478,64	0,00	0,00	0,00
Policlínico	MH-5	2479,13	2478,41	0,57	0,51	0,07
	MH-2	2484,68	2482,03	0,00	0,00	0,00
Biblioteca	MH-1	2487,79	2484,89	4,24	3,82	0,50

Tabla 13. Datos de ingreso a la tubería en la red 1 SewerCAD

Etiqueta	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud (m)	Diámetro (cm)
CO-1	MH-1	MH-2	31,3	60
CO-2	MH-2	MH-3	56,7	60
CO-3	MH-3	MH-4	16,8	60
CO-4	MH-4	MH-5	83,25	60
CO-5	MH-5	O-1	21,85	60





# METODOLOGÍA



## Datos de ingreso y modelación en SewerCAD

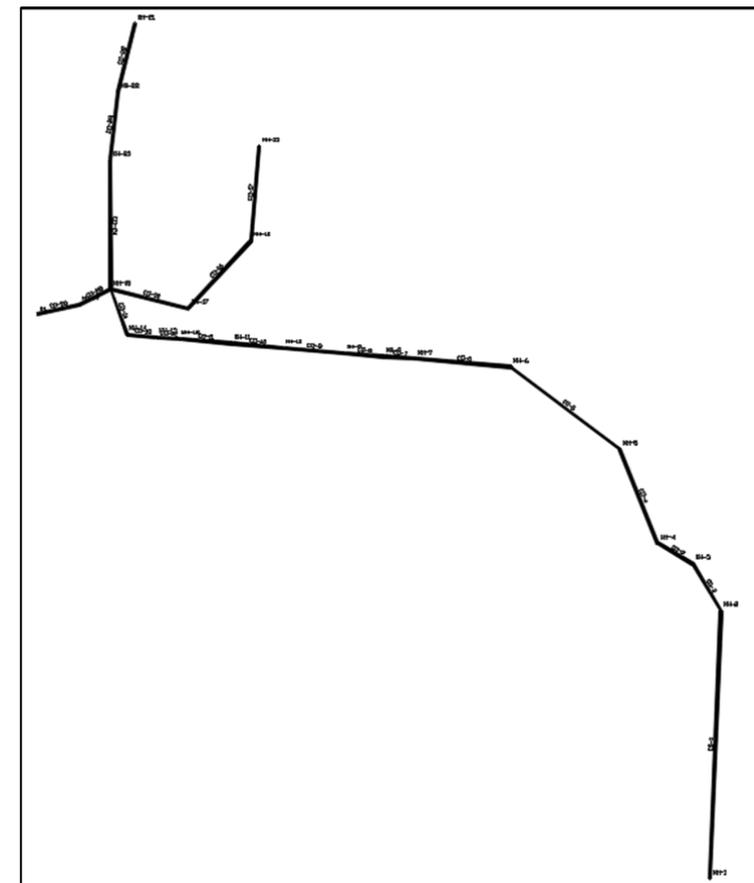
### Red 2 de Aguas residuales

Tabla 14. Datos de ingreso al Manhole en la red 2 SewerCAD

Edificio	ETIQUETA	COTA Terreno [msnm]	COTA tubería [msnm]	Caudal de diseño (l/s)	Caudal max inst (l/s)	Caudal min (l/s)
Residencia/comedor	MH-1	2496,56	2495	0,60	0,43	0,19
	MH-2	2495,66	2493,11	0,00	0,00	0,00
	MH-3	2495,77	2492,72	0,00	0,00	0,00
	MH-4	2495,05	2491,43	0,00	0,00	0,00
	MH-5	2490,49	2488,72	0,00	0,00	0,00
Edificio Administrativo	MH-6	2490,46	2487,76	0,37	0,26	0,12
	MH-7	2488,38	2487,08	0,00	0,00	0,00
Laboratorio idiomas/suelos	MH-8	2488,09	2486,84	0,85	0,61	0,28
	MH-9	2488,02	2485,97	0,00	0,00	0,00
	MH-10	2486,9	2485,53	0,00	0,00	0,00
Laboratorio geográfico/mecánica	MH-11	2485,52	2484,22	0,81	0,58	0,26
	MH-12	2481,33	2480,58	0,00	0,00	0,00
	MH-13	2480,08	2478,86	0,00	0,00	0,00
	MH-14	2477,25	2476,35	0,00	0,00	0,00
Bloque C-D	MH-15	2489,55	2487,54	7,07	5,05	2,30
Bloque A-B	MH-16	2487,91	2482,88	6,12	4,36	1,99
	MH-17	2484,04	2480,02	0,00	0,00	0,00
	MH-18	2476,98	2474,43	0,00	0,00	0,00
	MH-19	2475,74	2472,74	0,00	0,00	0,00
	O-1	2471,92	2470,43	0,00	0,00	0,00
Laboratorio electrónico/biotecnología	MH-21	2494,87	2493,11	1,12	0,80	0,36
	MH-22	2489,7	2487,75	0,00	0,00	0,00
Laboratorio mecánico	MH-23	2481,43	2479,63	0,68	0,49	0,22

Tabla 15. Datos de ingreso a la tubería en la red 2 SewerCAD

Etiqueta	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud (m)	Diámetro (cm)
CO-1	MH-1	MH-2	187,52	90
CO-2	MH-2	MH-3	38,2	90
CO-3	MH-3	MH-4	28,4	90
CO-4	MH-4	MH-5	70,8	90
CO-5	MH-5	MH-6	95,8	90
CO-6	MH-6	MH-7	67,3	90
CO-7	MH-7	MH-8	22,3	90
CO-8	MH-8	MH-9	27,8	90
CO-9	MH-9	MH-10	43,1	90
CO-10	MH-10	MH-11	35,9	90
CO-11	MH-11	MH-12	36,7	90
CO-12	MH-12	MH-13	15,6	90
CO-13	MH-13	MH-14	21,1	90
CO-14	MH-14	MH-18	33,7	90
CO-15	MH-18	MH-17	56,1	90
CO-16	MH-17	MH-16	64,3	90
CO-17	MH-16	MH-15	66,3	90
CO-22	MH-21	MH-22	49,3	90
CO-23	MH-22	MH-23	47,95	90
CO-24	MH-23	MH-18	90	90
CO-25	MH-18	MH-19	24,5	90
CO-26	MH-19	O-1	30	90



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# METODOLOGÍA



## Datos de ingreso y modelación en SewerCAD

### Red 3 de Aguas residuales

Tabla 16. Datos de ingreso al Manhole en la red 3 SewerCAD

Edificio	ETIQUETA	COTA Terreno [msnm]	COTA tubería [msnm]	Caudal de diseño (l/s)	Caudal max inst (l/s)	Caudal min (l/s)
Coliseo/CAFDER	MH-1	2501,62	2498,62	10,809	8,034	3,044
	MH-2	2500,15	2497,55	0,000	0,000	0,000
	MH-3	2499,89	2497,19	0,000	0,000	0,000
	MH-4	2499,11	2496,61	0,000	0,000	0,000
Transportes/CICTE	MH-5	2497,7	2494,95	0,558	0,415	0,157
	MH-6	2496,92	2494,47	0,000	0,000	0,000
	MH-7	2496,6	2493,79	0,000	0,000	0,000
Garitas y bodegas	MH-8	2493,15	2490,65	0,199	0,148	0,056
	MH-9	2485,08	2486,31	0,000	0,000	0,000
	MH-10	2483,38	2479,83	0,000	0,000	0,000
	MH-11	2477,58	2474,93	0,000	0,000	0,000
	MH-12	2478,13	2474,33	0,000	0,000	0,000
	MH-13	2479,06	2473,86	0,000	0,000	0,000
	MH-14	2477,83	2474,28	0,000	0,000	0,000
Bar/Almacen/Serv. Univ./ Salón 2000	MH-15	2481,31	2478,56	4,094	3,043	1,153
	O-1	2475,39	2473,29	0,000	0,000	0,000

Tabla 17. Datos de ingreso de la tubería en la red 3 SewerCAD

Etiqueta	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud (m)	Diámetro (cm)
CO-1	MH-1	MH-2	38	40
CO-2	MH-2	MH-3	35,5	40
CO-3	MH-3	MH-4	57,2	40
CO-4	MH-4	MH-5	29	40
CO-5	MH-5	MH-6	47,2	40
CO-6	MH-6	MH-7	28,7	40
CO-7	MH-7	MH-8	31,5	40
CO-8	MH-8	MH-9	85,5	40
CO-9	MH-9	MH-10	36,4	40
CO-10	MH-10	MH-11	75,7	40
CO-11	MH-11	MH-12	59	40
CO-12	MH-12	MH-13	46,2	40
CO-13	MH-13	MH-14	41,2	40
CO-14	MH-14	MH-15	47,2	40
CO-15	MH-13	O-1	56,8	40



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# METODOLOGÍA

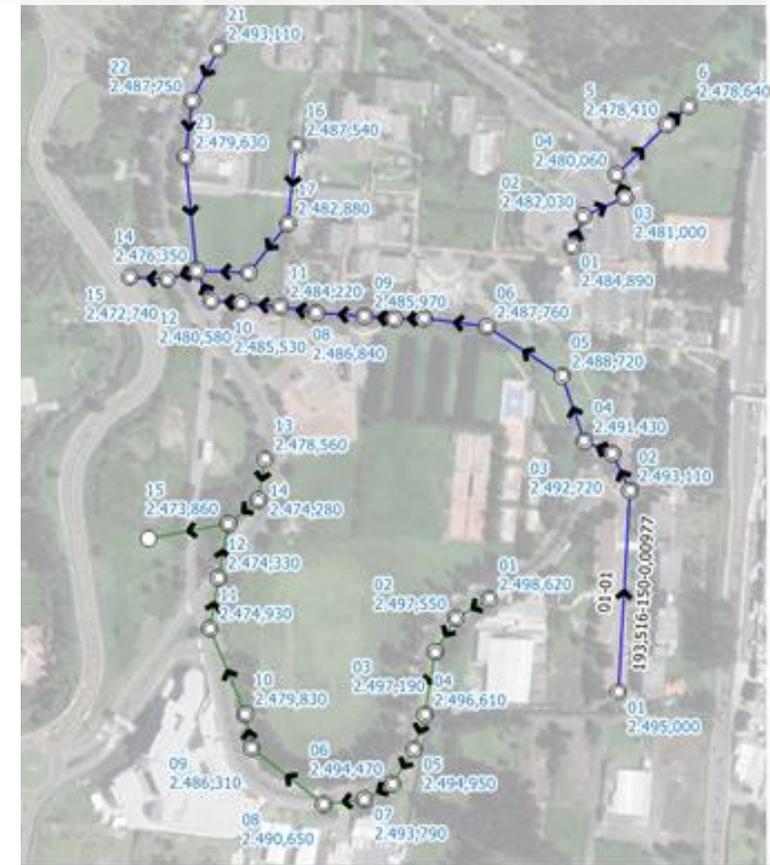


## Modelación en QGIS

### Red de agua potable



### Redes de Aguas residuales



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# METODOLOGÍA



## Sistema óptimo

### Propuesta de presupuesto



Verificar catastro hidrosanitario para ubicar lugares potenciales de instalación de dispositivos IoT



Sugerencia de mantenimiento de pozos de revisión de aguas residual



Análisis de precios unitarios de la instalación del IoT





# RESULTADOS



## Actualización del catastro hidrosanitario



*Red de agua potable*

*Red de agua residual*

*Red de agua pluvial*



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



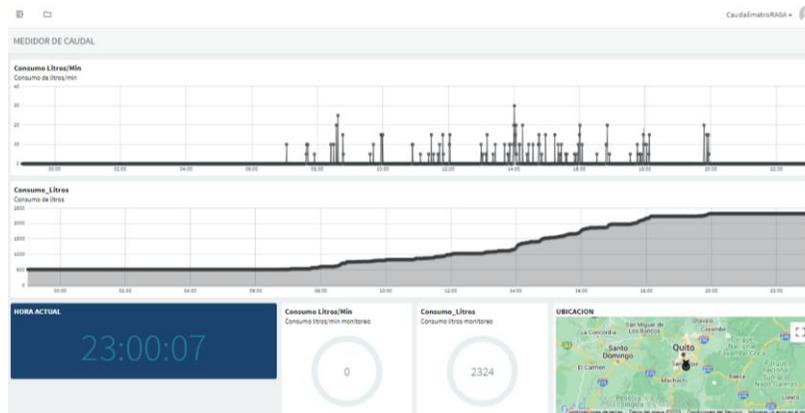
# RESULTADOS



## Instalación del nuevo caudalímetro IoT Bloque B



Sensor IoT



Dashboard



Controlador

### Consumo de agua bloque B

ts	Consumo l/hora
21:04:42.513Z	0
21:59:54.749Z	0
22:59:54.495Z	0
23:59:54.242Z	0
00:59:53.986Z	0
01:59:53.730Z	0
02:59:53.476Z	0
03:59:53.216Z	0
04:59:52.965Z	0
05:59:52.708Z	0
06:59:52.453Z	0
07:59:52.197Z	20
08:59:52.008Z	161
09:59:51.949Z	99
10:59:51.428Z	39
11:59:51.170Z	94
12:59:50.912Z	103
13:59:50.822Z	83
14:59:50.550Z	301
15:59:50.269Z	243
16:59:49.891Z	212
17:59:49.723Z	140
18:59:49.446Z	225
19:59:49.127Z	6
20:59:48.880Z	78
<b>Total</b>	<b>1804</b> l/dia



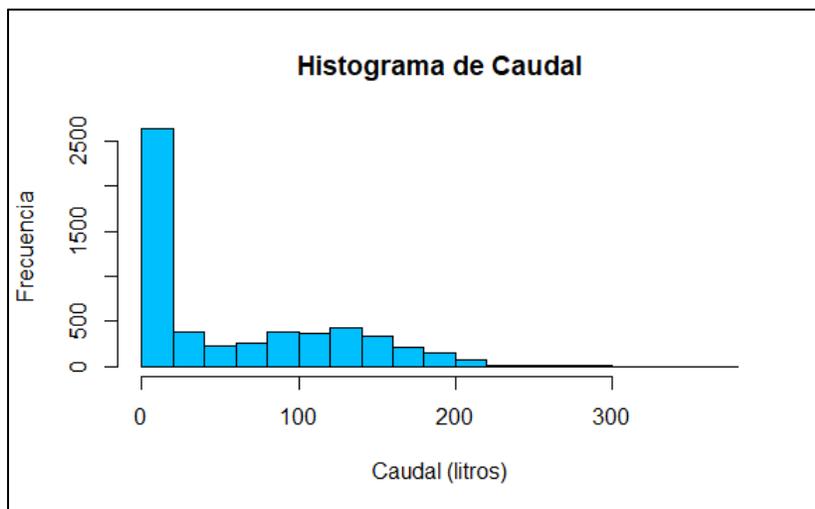
**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



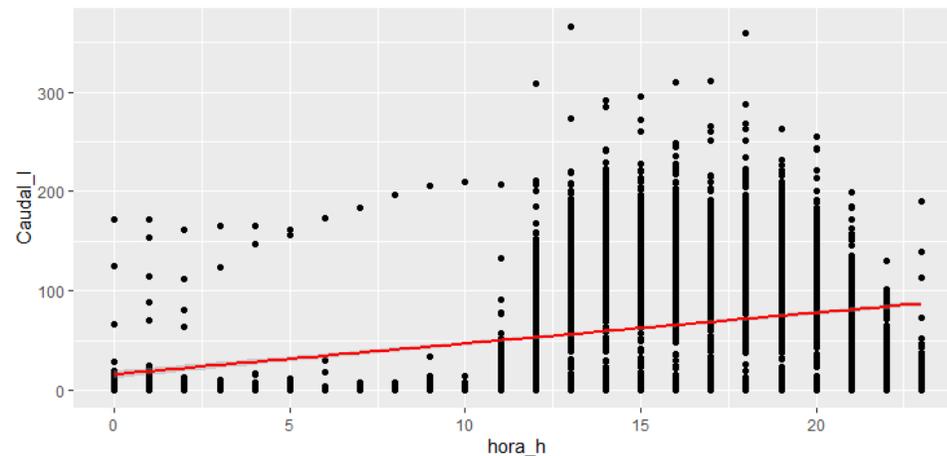
# RESULTADOS



## Series temporales

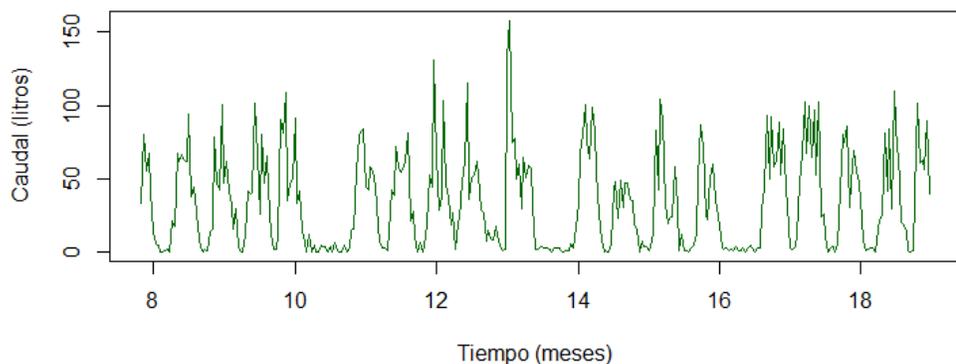


*Histograma*



*Regresión lineal*

Serie de tiempo de la variable Caudal



*Serie temporal*



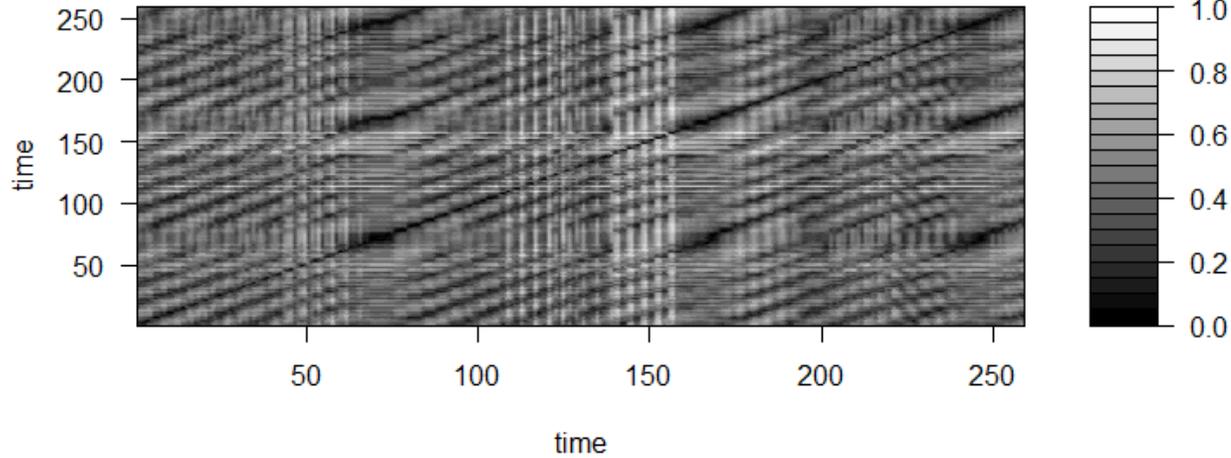


# RESULTADOS

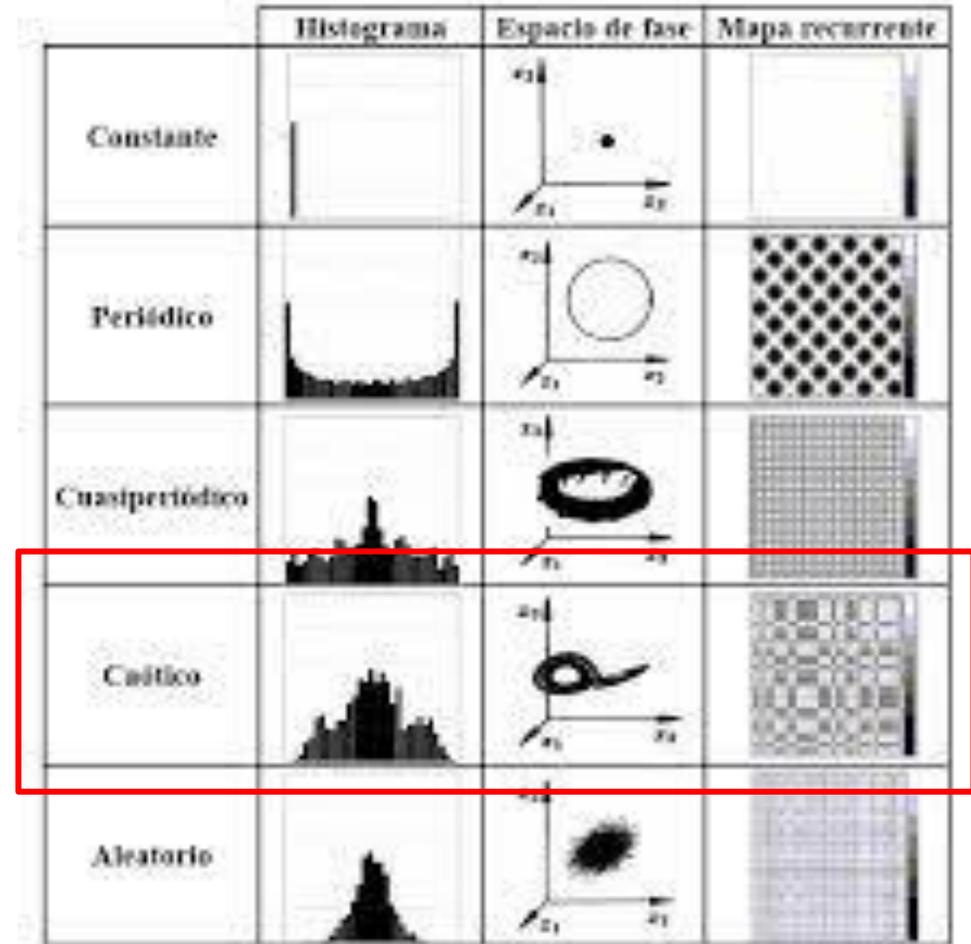


## Series temporales

Recurrence plot



*Diagrama  
recurrente*





# RESULTADOS



## Campañas de medición (Caudalímetro IoT edificio administrativo)

*Horas de consumo de agua potable edificio administrativo*

Fecha	l/hora
2022-03-09T00:38:33,740Z	7,199
2022-03-09T01:07:33,745Z	3,899
2022-03-09T02:02:33,748Z	0,4
2022-03-09T04:45:33,757Z	0,5
2022-03-09T11:58:33,774Z	12,397
2022-03-09T12:59:33,775Z	308,82
2022-03-09T13:59:33,782Z	<b>365,929</b>
2022-03-09T14:59:33,788Z	125,918
2022-03-09T15:57:33,779Z	135,152
2022-03-09T16:59:33,786Z	148,961
2022-03-09T17:59:33,783Z	168,288
2022-03-09T18:59:33,868Z	288,244
2022-03-09T19:59:33,982Z	121,385
2022-03-09T20:59:34,118Z	101,486
2022-03-09T21:59:34,399Z	81,183
2022-03-09T22:59:34,301Z	36,995
2022-03-09T23:59:33,807Z	23,393



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# RESULTADOS



## Campañas de medición (Caudalímetro IoT edificio administrativo)

Fecha	l/día
2022-09-01T23:35:04,864Z	1297,335
2022-09-02T23:59:31,484Z	1475,616
2022-09-03T22:49:31,735Z	27,393
2022-09-04T23:29:32,007Z	1,698
2022-09-05T23:51:10,651Z	1326,241
2022-09-06T23:51:27,460Z	1369,171
2022-09-07T23:58:19,627Z	1554,489
2022-09-08T23:31:19,882Z	1477,761
2022-09-09T23:56:38,848Z	1577,779
2022-09-10T23:33:39,113Z	49,990
2022-09-11T21:44:39,361Z	51,190
2022-09-12T23:52:28,670Z	1564,015
2022-09-13T23:50:09,350Z	1437,271
2022-09-14T02:24:09,546Z	8,497
2022-09-15T23:56:18,206Z	1383,143
2022-09-16T23:43:39,167Z	1448,516
2022-09-17T23:06:39,458Z	71,982
2022-09-18T23:59:54,340Z	85,451
2022-09-19T23:29:54,611Z	<b>3334,830</b>
2022-09-20T23:51:54,919Z	1457,474
2022-09-21T23:50:55,227Z	1484,575
2022-09-22T23:58:35,051Z	1571,554
2022-09-23T23:34:25,699Z	1480,669
2022-09-24T21:14:25,979Z	357,571
2022-09-25T20:58:27,143Z	47,493
2022-09-26T23:51:28,995Z	1428,877
2022-09-27T23:52:18,339Z	1478,861
2022-09-28T14:23:19,333Z	322,652

*Días de consumo de agua potable edificio administrativo*



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



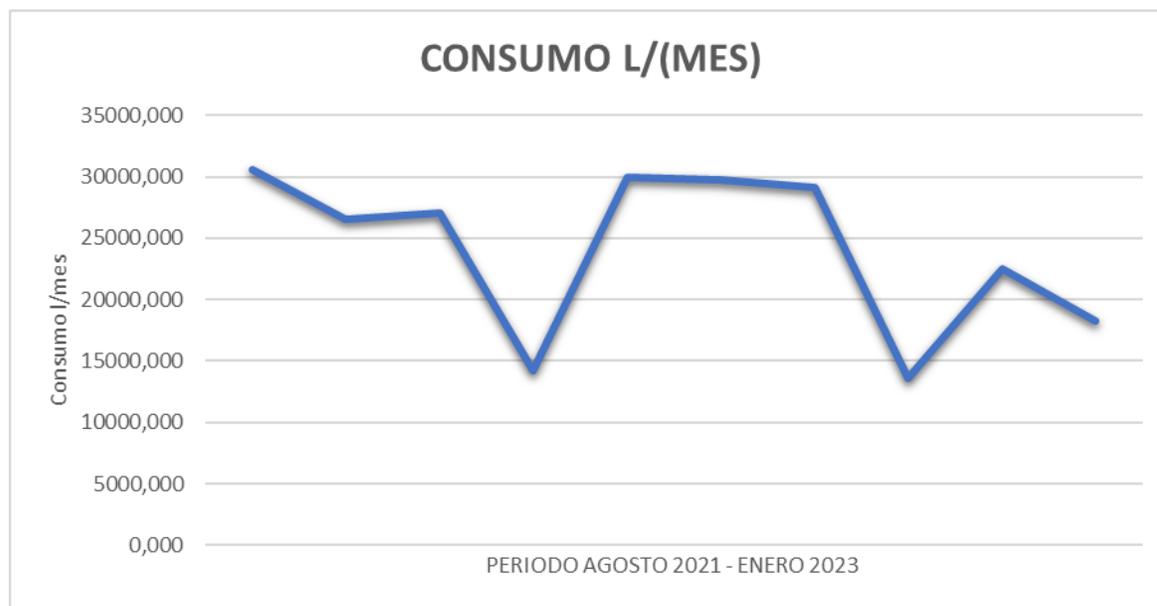
# RESULTADOS



## Campañas de medición (Caudalímetro IoT edificio administrativo)

Fecha	l/mes
2022-02-28T23:07:33,923Z	2856,949
2022-03-31T23:45:58,845Z	<b>30525,603</b>
2022-04-30T23:06:36,106Z	26538,314
2022-05-31T23:57:54,788Z	27095,348
2022-06-30T23:52:58,763Z	14211,383
2022-07-31T23:06:19,617Z	29978,365
2022-08-31T23:54:04,205Z	29779,362
2022-09-28T14:23:19,333Z	29172,694
2022-10-31T23:58:35,111Z	13645,737
2022-11-25T19:51:30,300Z	22465,502
2022-12-19T19:40:01,842Z	530,389
2023-01-30T13:49:30,416Z	18269,014

*Mes de consumo de agua potable edificio administrativo*



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# RESULTADOS



## Campañas de medición (Caudalímetro IoT edificio administrativo)

### Tabla de resumen

TIEMPOS DE MÁXIMO CONSUMO	LITROS (l)	Dotación l/hab/día	DETALLE
HORA	365,929	46,96	12H00-13H00
DIA	3334,830	17,83	LUNES 19 DE SEPTIEMBRE DE 2022
MES	30525,603	5,27	MARZO





# RESULTADOS



## Campañas de medición (Cisterna)

### CONSUMO DE AGUA EN LA CISTERNA DE LA ESPE LUNES 13 FEB 2023

2021-Alberto Garcés					2022-Autores			
HORA	MEDIDA	DIFERENCIA	VOLUMEN (l)	CAUDAL (l/s)	MEDIDA	DIFERENCIA	VOLUMEN (l)	CAUDAL (l/s)
7:30	2,04				2,17			
8:30	1,91	0,13	11003,2	3,06	2,02	0,15	12696	3,527
9:30	1,75	0,16	13542,4	3,76	1,83	0,19	16081,6	4,467
10:30	1,6	0,15	12696	3,53	1,67	0,16	13542,4	3,762
11:30	1,43	0,17	14388,8	4	1,48	0,19	16081,6	4,467
12:30	1,32	0,11	9310,4	2,59	1,35	0,13	11003,2	3,056
13:30	1,23	0,09	7617,6	2,12	1,25	0,1	8464	2,351
14:30	2,05		0	0	2,1			
15:30	1,84	0,21	17774,4	4,94	2,45	<b>0,22</b>	18620,8	5,172
16:30	1,76	0,14	11849,6	3,29	2,39	0,06	5078,4	1,411
17:30	1,64	0,12	10156,8	2,82	2,33	0,06	5078,4	1,411
18:30	1,55	0,09	7617,6	2,12	2,28	0,05	4232	1,176
19:30	1,48	0,07	5924,8	1,65	2,23	0,05	4232	1,176
20:30	1,4	0,08	6771,2	1,88	2,18	0,05	4232	1,176
21:30	2,01				2,14	0,04	3385,6	0,94
22:30	1,95	0,06	5078,4	1,41	2,09	0,05	4232	1,176
23:30	1,93	0,02	1692,8	0,47	2,04	0,05	4232	1,176
0:30	1,92	0,01	846,4	0,24	1,99	0,05	4232	1,176
1:30	1,92	0	0	0	1,93	0,06	5078,4	1,411
2:30	1,92	0	0	0	1,86	0,07	5924,8	1,646
3:30	1,91	0,01	846,4	0,24	1,81	0,05	4232	1,176
4:30	1,89	0,02	1692,8	0,47	1,77	0,04	3385,6	0,94
5:30	1,8	0,09	7617,6	2,12	1,72	0,05	4232	1,176
6:30	1,62	0,18	15235,2	4,23	1,66	0,06	5078,4	1,411
<b>Total</b>			<b>161662,4</b>				<b>163355,2</b>	

- Diferencia de 1692,8 litros
- 4050 litros en pérdidas por aguas no contabilizadas en una hora
- Un caudal de 1,89 l/s
- Se divide para 11189 habitantes, resultando en una dotación de 14,6 l/hab/día



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# RESULTADOS



## Campañas de medición (Presiones de agua potable)

Nodo	Presión medida (m.c.a.)
J-1	40
J-2	42
J-3	43
J-4	47
J-5	48
J-6	50
J-7	54
J-8	51
J-9	32
J-10	31
J-11	33
J-12	32
J-13	30
J-14	42
J-15	40
J-16	44
J-17	43
J-18	41
J-19	33
J-20	52

- Presión máxima de 54 m.c.a.
- Presión promedio de 41,4 m.c.a.





# RESULTADOS



## Régimen permanente

Punto	Elevación (msnm)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulico (msnm)	Presión (mca)
J-1	2.494,14	0,000	2.518,48	24,29
J-2	2.492,89	0,096	2.518,45	25,51
J-3	2.498,64	0,000	2.518,43	19,75
J-4	2.482,31	0,059	2.518,41	36,03
J-5	2.475,68	0,000	2.518,39	42,63
J-6	2.482,68	0,070	2.518,37	35,62
J-7	2.481,78	0,001	2.518,31	36,46
J-8	2.487,00	0,000	2.518,26	31,20
J-9	2.491,03	0,000	2.518,20	27,12
J-10	2.494,86	0,009	2.518,20	23,30
J-11	2.502,03	0,184	2.518,18	16,12
J-12	2.500,86	0,000	2.518,27	17,37
J-13	2.495,32	0,052	2.518,26	22,90
J-14	2.487,70	0,001	2.518,40	30,64
J-15	2.489,75	0,126	2.518,39	28,59
J-16	2.485,06	0,013	2.518,43	33,30
J-17	2.493,17	0,683	2.517,98	24,76
J-18	2.490,82	0,597	2.517,91	27,03
J-19	2.493,64	0,000	2.518,17	24,49
J-20	2.485,56	0,001	2.518,26	32,64

Punto	Presión modelada (mca)	Presión medida (m.c.a.)	Estado
J-1	24,29	40	OK
J-2	25,51	42	OK
J-3	19,75	43	OK
J-4	36,03	47	OK
J-5	42,63	48	OK
J-6	35,62	50	OK
J-7	36,46	54	OK
J-8	31,20	51	OK
J-9	27,12	32	OK
J-10	23,30	31	OK
J-11	16,12	33	OK
J-12	17,37	32	OK
J-13	22,90	30	OK
J-14	30,64	42	OK
J-15	28,59	40	OK
J-16	33,30	44	OK
J-17	24,76	43	OK
J-18	27,03	41	OK
J-19	24,49	33	OK
J-20	32,64	52	OK

*Tabla comparativa entre presión modelada y presión medida.*





# RESULTADOS



## Régimen no permanente

### PRESIONES MODELADAS (m.c.a)

Tiempo (horas)	J20	J19	J18	J17	J16	J15	J14	J13	J12	J11	J10	J9	J8	J7	J6	J5	J4	J3	J2	J1
0,0	33,0	24,9	27,7	25,3	33,5	28,9	30,9	23,3	17,7	16,6	23,7	27,5	31,6	36,8	35,9	42,9	36,3	20,0	25,7	24,5
1,0	33,0	24,9	27,7	25,3	33,5	28,9	30,9	23,3	17,7	16,6	23,7	27,5	31,6	36,8	35,9	42,9	36,3	20,0	25,7	24,5
2,0	33,0	24,9	27,7	25,3	33,5	28,9	30,9	23,3	17,7	16,6	23,7	27,5	31,6	36,8	35,9	42,9	36,3	20,0	25,7	24,5
3,0	33,0	24,9	27,7	25,3	33,5	28,9	30,9	23,3	17,7	16,6	23,7	27,5	31,6	36,8	35,9	42,9	36,3	20,0	25,7	24,5
4,0	33,0	24,9	27,7	25,3	33,5	28,9	30,9	23,3	17,7	16,6	23,7	27,5	31,6	36,8	35,9	42,9	36,3	20,0	25,7	24,5
5,0	32,9	24,8	27,5	25,2	33,5	28,8	30,8	23,2	17,7	16,5	23,6	27,4	31,5	36,7	35,8	42,8	36,2	19,9	25,7	24,4
6,0	32,7	24,6	27,2	24,9	33,4	28,6	30,7	23,0	17,5	16,2	23,4	27,2	31,3	36,5	35,7	42,7	36,1	19,8	25,6	24,3
7,0	32,3	24,1	26,4	24,2	33,1	28,3	30,4	22,5	17,0	15,7	22,9	26,7	30,8	36,1	35,3	42,4	35,8	19,5	25,3	24,1
8,0	32,1	23,9	26,1	23,9	33,0	28,2	30,3	22,4	16,8	15,5	22,7	26,5	30,7	36,0	35,2	42,2	35,7	19,4	25,2	24,0
9,0	32,1	23,9	26,1	23,9	33,0	28,2	30,3	22,4	16,8	15,5	22,7	26,5	30,7	36,0	35,2	42,2	35,7	19,4	25,2	24,0
10,0	32,1	23,9	26,1	23,9	33,0	28,2	30,3	22,4	16,8	15,5	22,7	26,5	30,7	36,0	35,2	42,2	35,7	19,4	25,2	24,0
11,0	32,2	24,0	26,3	24,1	33,0	28,3	30,3	22,5	17,0	15,6	22,8	26,7	30,8	36,1	35,3	42,3	35,7	19,5	25,3	24,1
12,0	32,4	24,3	26,7	24,5	33,2	28,4	30,5	22,7	17,2	15,9	23,1	26,9	31,0	36,3	35,5	42,5	35,9	19,6	25,4	24,2
13,0	32,2	24,0	26,3	24,1	33,0	28,3	30,3	22,5	17,0	15,6	22,8	26,7	30,8	36,1	35,3	42,3	35,7	19,5	25,3	24,1
14,0	32,2	24,0	26,3	24,1	33,0	28,3	30,3	22,5	17,0	15,6	22,8	26,7	30,8	36,1	35,3	42,3	35,7	19,5	25,3	24,1
15,0	32,3	24,1	26,5	24,3	33,1	28,4	30,4	22,6	17,1	15,8	23,0	26,8	30,9	36,2	35,4	42,4	35,8	19,6	25,3	24,1
16,0	32,3	24,1	26,5	24,3	33,1	28,4	30,4	22,6	17,1	15,8	23,0	26,8	30,9	36,2	35,4	42,4	35,8	19,6	25,3	24,1
17,0	32,4	24,3	26,7	24,5	33,2	28,4	30,5	22,7	17,2	15,9	23,1	26,9	31,0	36,3	35,5	42,5	35,9	19,6	25,4	24,2
18,0	32,6	24,5	27,0	24,8	33,3	28,6	30,6	22,9	17,4	16,1	23,3	27,1	31,2	36,5	35,6	42,6	36,0	19,8	25,5	24,3
19,0	32,6	24,5	27,0	24,8	33,3	28,6	30,6	22,9	17,4	16,1	23,3	27,1	31,2	36,5	35,6	42,6	36,0	19,8	25,5	24,3
20,0	32,7	24,6	27,2	24,9	33,4	28,6	30,7	23,0	17,5	16,2	23,4	27,2	31,3	36,5	35,7	42,7	36,1	19,8	25,6	24,3
21,0	32,7	24,6	27,2	24,9	33,4	28,6	30,7	23,0	17,5	16,2	23,4	27,2	31,3	36,5	35,7	42,7	36,1	19,8	25,6	24,3
22,0	32,8	24,7	27,3	25,0	33,4	28,7	30,8	23,1	17,5	16,3	23,5	27,3	31,4	36,6	35,7	42,7	36,1	19,9	25,6	24,4
23,0	32,9	24,8	27,5	25,2	33,5	28,8	30,8	23,2	17,7	16,5	23,6	27,4	31,5	36,7	35,8	42,8	36,2	19,9	25,7	24,4
24,0	33,0	24,9	27,7	25,3	33,5	28,9	30,9	23,3	17,7	16,6	23,7	27,5	31,6	36,8	35,9	42,9	36,3	20,0	25,7	24,5

*Resultados de presiones en análisis no permanente arrojados por WaterCAD de cada hora en todos los nodos.*

*Mayor caudal menor presión*



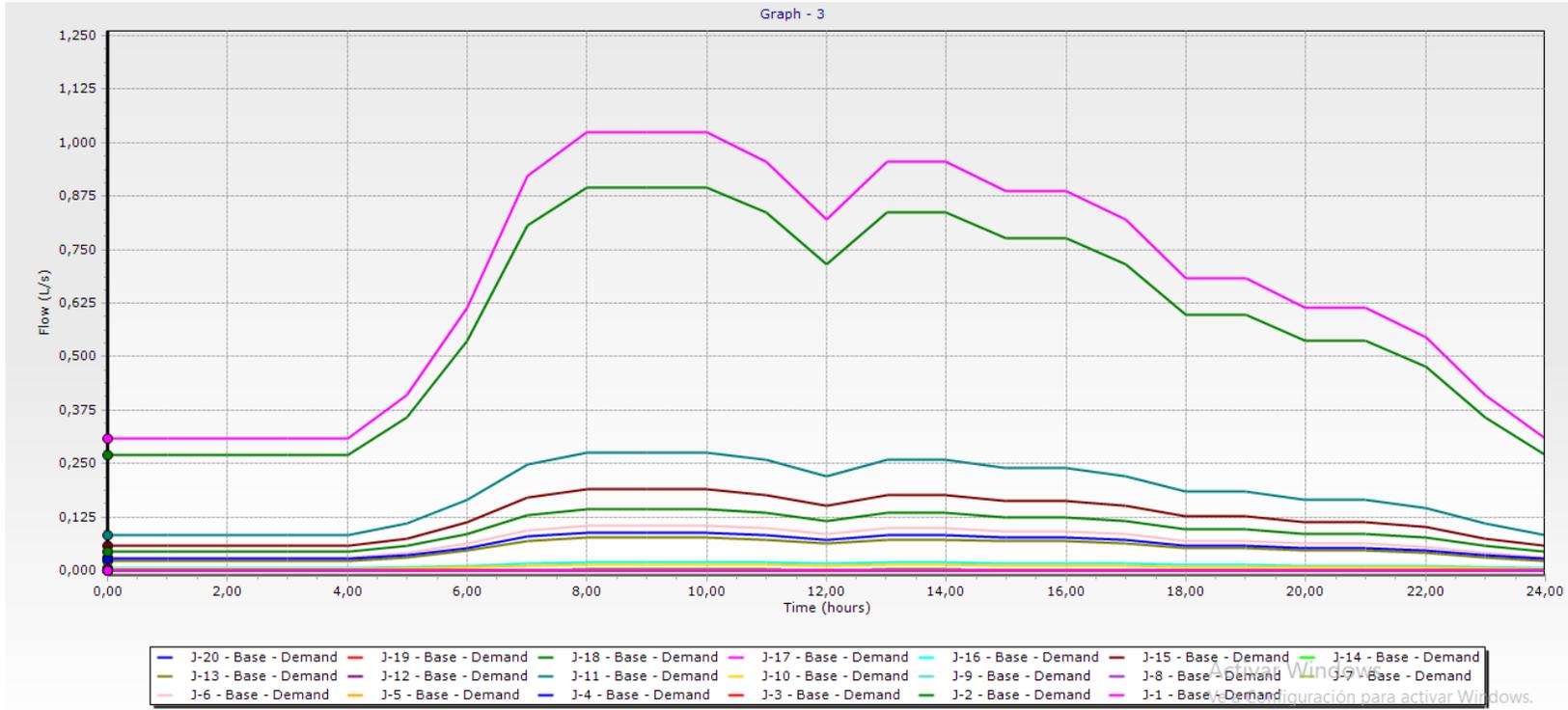
**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# RESULTADOS



## Régimen no permanente para agua potable



*Resultado de caudales en l/s para régimen no permanente de los 20 nodos (J1-J20).*

*Relación con el análisis de la cisterna donde el caudal máximo es en horas de la mañana, entre las 6h00 y 10h00 de 1,05 l/s.*



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# RESULTADOS



## Campañas de medición de aguas residuales (Punto de control 1, 2 y 3)

Hora	Punto	Caudal Aguas Residuales Autores (l/s)
7h20	1	1,236
13h05		0,424
13h55		0,538
16h05		0,318
7h20	2	268,812
13h05		131,296
13h55		133,062
16h05		78,748
7h20	3	1,3
13h05		0,868
13h55		0,562
16h05		0,806





# RESULTADOS



## Modelación de la red 1 de aguas residuales en SewerCAD

### *Caudal de diseño*

ETIQUETA	Flujo (l/s)	Velocidad (m/s)
CO-1	4,00	0,49
CO-2	3,30	0,52
CO-3	2,99	0,44
CO-4	3,60	0,37
CO-5	5,86	0,20

### *Caudal máximo instantáneo*

ETIQUETA	Flujo (l/s)	Velocidad (m/s)
CO-1	3,55	0,46
CO-2	3,01	0,53
CO-3	2,73	0,42
CO-4	3,45	0,36
CO-5	5,74	0,19

### *Caudal mínimo*

ETIQUETA	Flujo (l/s)	Velocidad (m/s)
CO-1	0,50	0,19
CO-2	0,50	0,19
CO-3	0,51	0,19
CO-4	2,25	0,30
CO-5	4,97	0,19

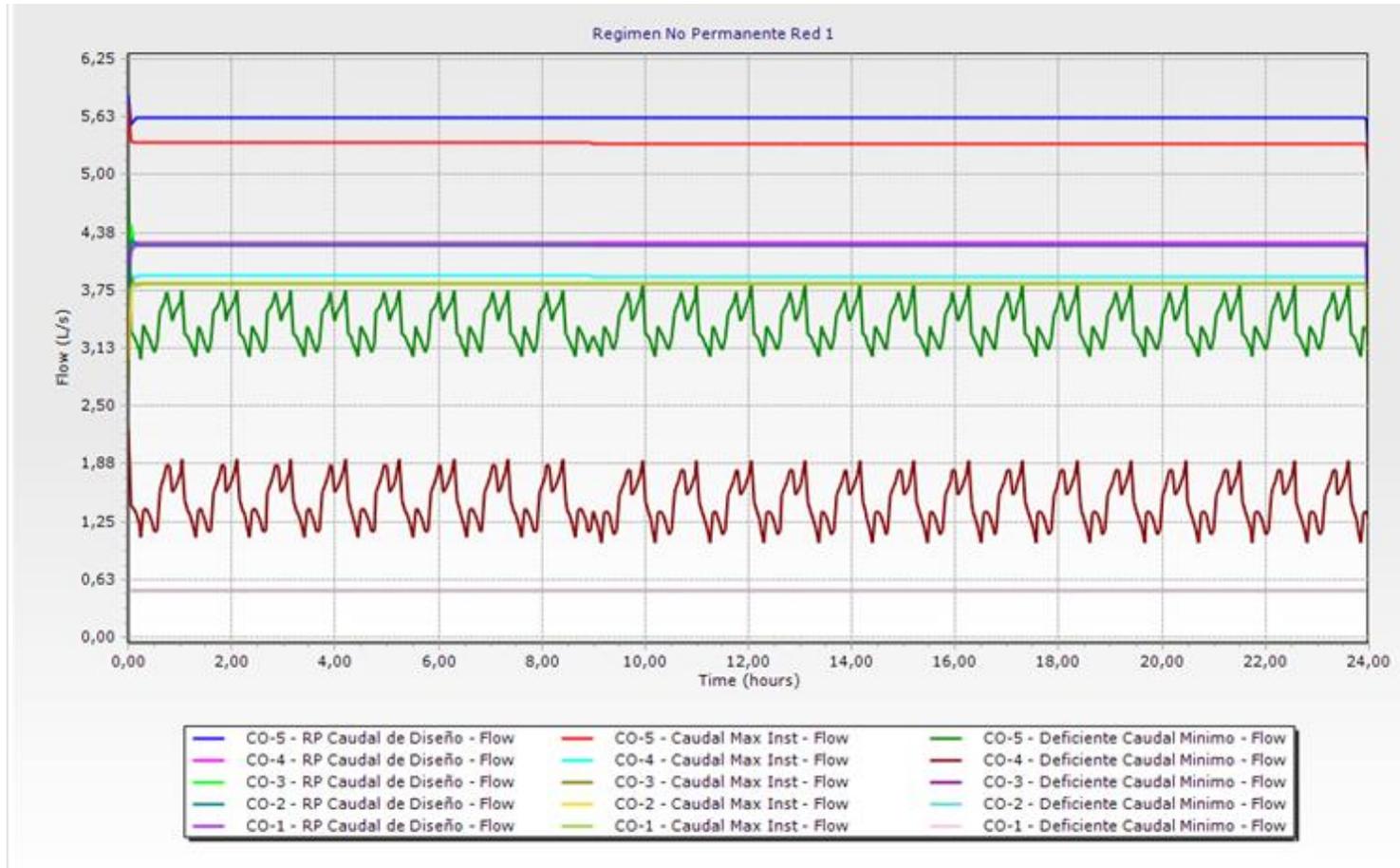




# RESULTADOS



## Modelación de la red 1 de aguas residuales en SewerCAD





# RESULTADOS



## Modelación de la red 2 de aguas residuales en SewerCAD

### Caudal de diseño

ETIQUETA	Flujo (l/s)	Velocidad (m/s)
CO-1	0,62	0,23
CO-2	0,62	0,22
CO-3	0,64	0,2
CO-4	0,62	0,2
CO-5	0,6	0,25
CO-6	0,97	0,24
CO-7	1,03	0,27
CO-8	1,84	0,27
CO-9	1,84	0,29
CO-10	1,9	0,28
CO-11	2,66	0,35
CO-12	2,66	0,32
CO-13	2,66	0,32
CO-14	2,72	0,32
CO-15	-10,69	-0,91
CO-16	-11,89	-0,9
CO-17	-6,65	-0,58
CO-22	1,12	0,3
CO-23	1,12	0,29
CO-24	1,8	0,38
CO-25	11,09	1,03
CO-26	10,13	0,9

### Caudal máximo instantáneo

ETIQUETA	Flujo (l/s)	Velocidad (m/s)
CO-1	0,06	0,16
CO-2	0,06	0,16
CO-3	0,06	0,16
CO-4	0,06	0,16
CO-5	0,06	0,16
CO-6	0,1	0,17
CO-7	0,1	0,17
CO-8	0,18	0,17
CO-9	0,18	0,17
CO-10	0,18	0,17
CO-11	0,26	0,18
CO-12	0,26	0,18
CO-13	0,26	0,18
CO-14	0,26	0,18
CO-15	-1,29	-0,24
CO-16	-1,29	-0,26
CO-17	-0,71	-0,21
CO-22	0,11	0,17
CO-23	0,11	0,17
CO-24	0,18	0,18
CO-25	1,73	0,28
CO-26	1,73	0,27

### Caudal mínimo

ETIQUETA	Flujo (l/s)	Velocidad (m/s)
CO-1	0,19	0,17
CO-2	0,19	0,17
CO-3	0,19	0,17
CO-4	0,19	0,17
CO-5	0,19	0,19
CO-6	0,32	0,18
CO-7	0,31	0,19
CO-8	0,59	0,2
CO-9	0,59	0,22
CO-10	0,59	0,2
CO-11	0,85	0,21
CO-12	0,85	0,21
CO-13	0,85	0,21
CO-14	0,85	0,22
CO-15	-4,28	-0,39
CO-16	-4,29	-0,4
CO-17	-2,3	-0,3
CO-22	0,36	0,21
CO-23	0,36	0,2
CO-24	0,58	0,24
CO-25	4,92	0,45
CO-26	4,89	0,43

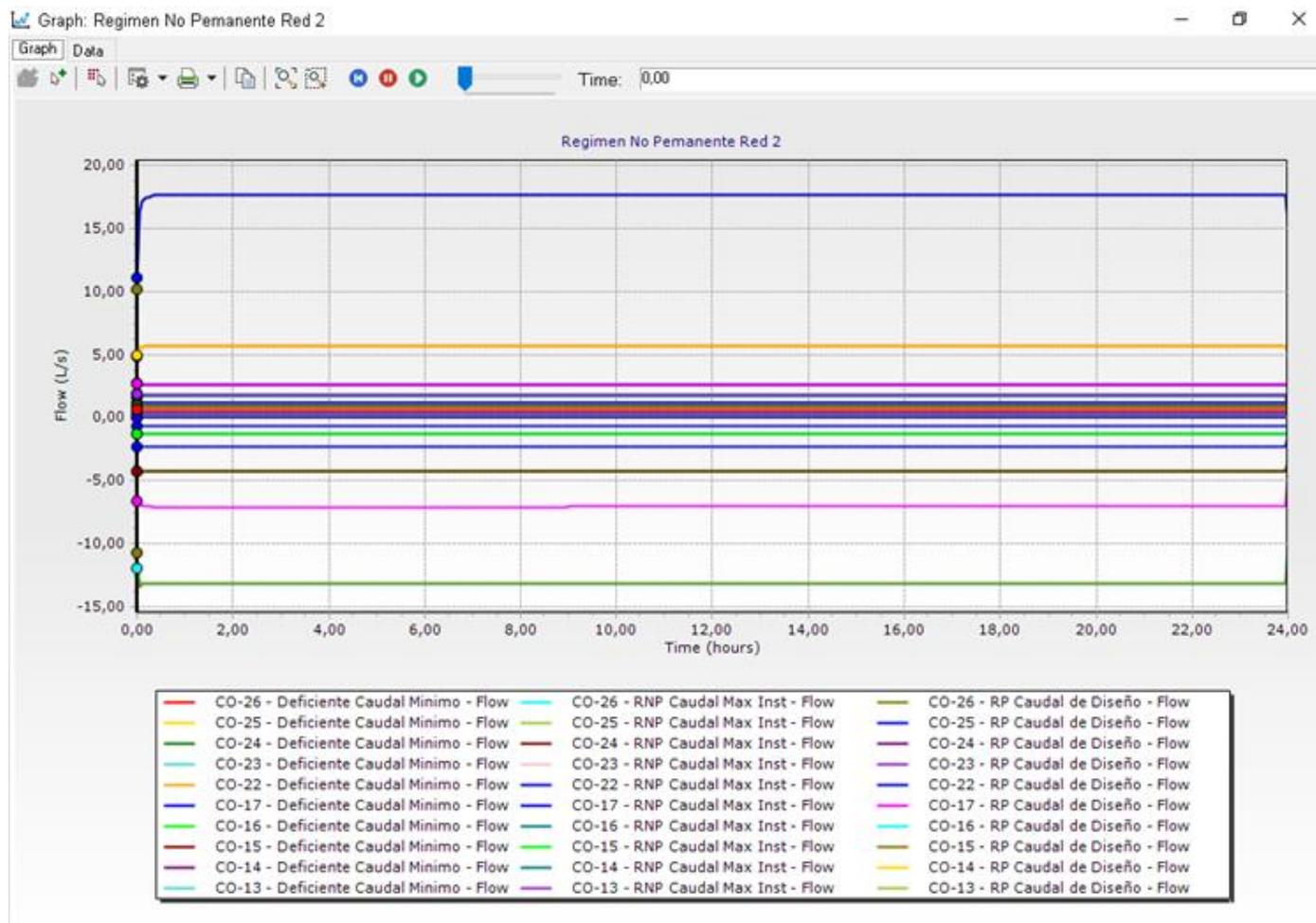




# RESULTADOS



## Modelación de la red 1 de aguas residuales en SewerCAD





# RESULTADOS



## Modelación de la red 3 de aguas residuales en SewerCAD

### Caudal de diseño

ETIQUETA	Flujo (l/s)	Velocidad (m/s)
CO-1	0,54	0,2
CO-2	0,55	0,21
CO-3	0,56	0,22
CO-4	0,54	0,2
CO-5	0,57	0,21
CO-6	0,61	0,2
CO-7	0,64	0,2
CO-8	0,66	0,27
CO-9	0,64	0,2
CO-10	0,63	0,27
CO-11	0,58	0,23
CO-12	0,58	0,22
CO-13	-0,21	-0,17
CO-14	-0,21	-0,17
CO-15	0,78	0,21

### Caudal máximo instantáneo

ETIQUETA	Flujo (l/s)	Velocidad (m/s)
CO-1	0,24	0,18
CO-2	0,24	0,18
CO-3	0,24	0,18
CO-4	0,24	0,18
CO-5	0,27	0,18
CO-6	0,27	0,18
CO-7	0,27	0,18
CO-8	0,26	0,2
CO-9	0,26	0,18
CO-10	0,26	0,2
CO-11	0,26	0,18
CO-12	0,27	0,18
CO-13	-0,09	-0,17
CO-14	-0,09	-0,17
CO-15	0,35	0,18

### Caudal mínimo

ETIQUETA	Flujo (l/s)	Velocidad (m/s)
CO-1	3,18	0,35
CO-2	2,97	0,46
CO-3	3	0,43
CO-4	2,9	0,33
CO-5	3,2	0,45
CO-6	3,32	0,4
CO-7	3,25	0,35
CO-8	3,11	0,49
CO-9	3,31	0,36
CO-10	3,3	0,5
CO-11	2,59	0,43
CO-12	1,42	0,35
CO-13	-1,49	-0,29
CO-14	-1,6	-0,26
CO-15	1,3	0,26

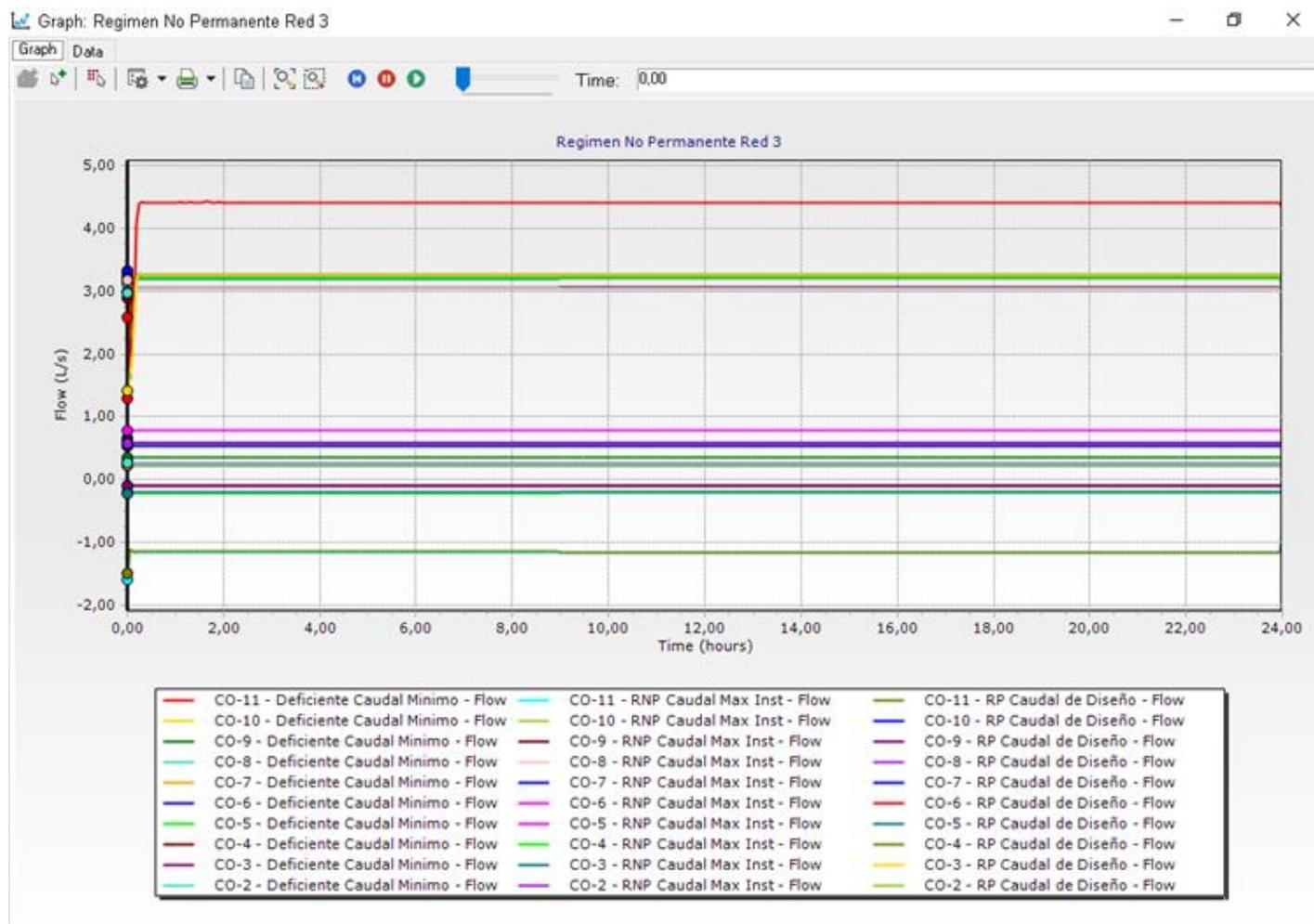




# RESULTADOS



## Modelación de la red 3 de aguas residuales en SewerCAD

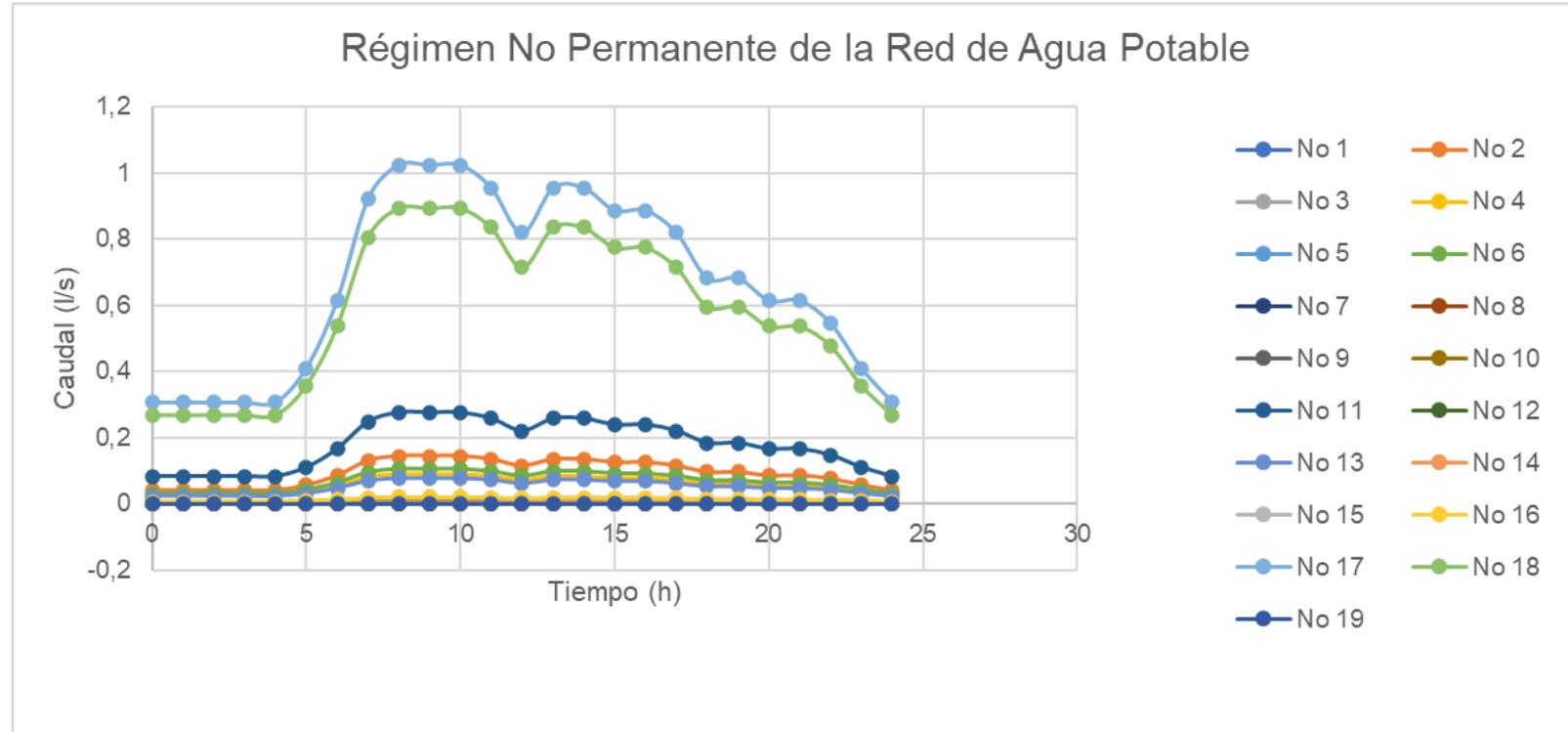
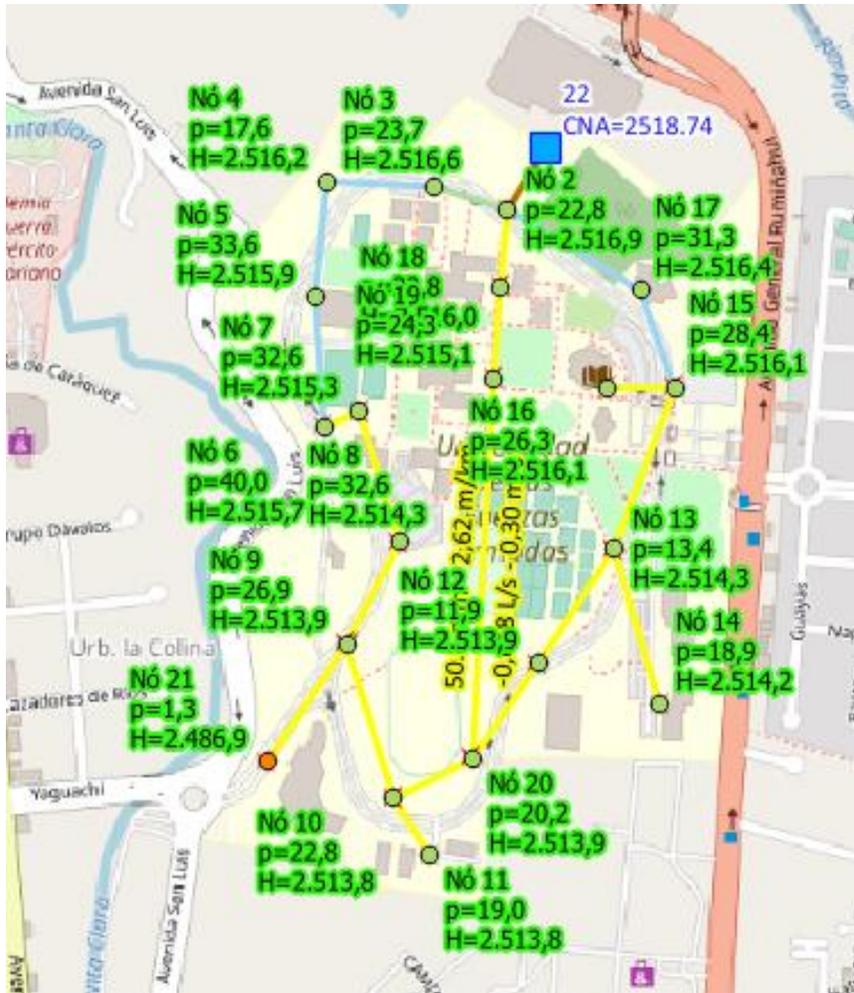




# RESULTADOS



## QGIS de la red de agua potable



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# RESULTADOS



## QGIS de la red de agua residual 1

Colector 1



### Q diseño

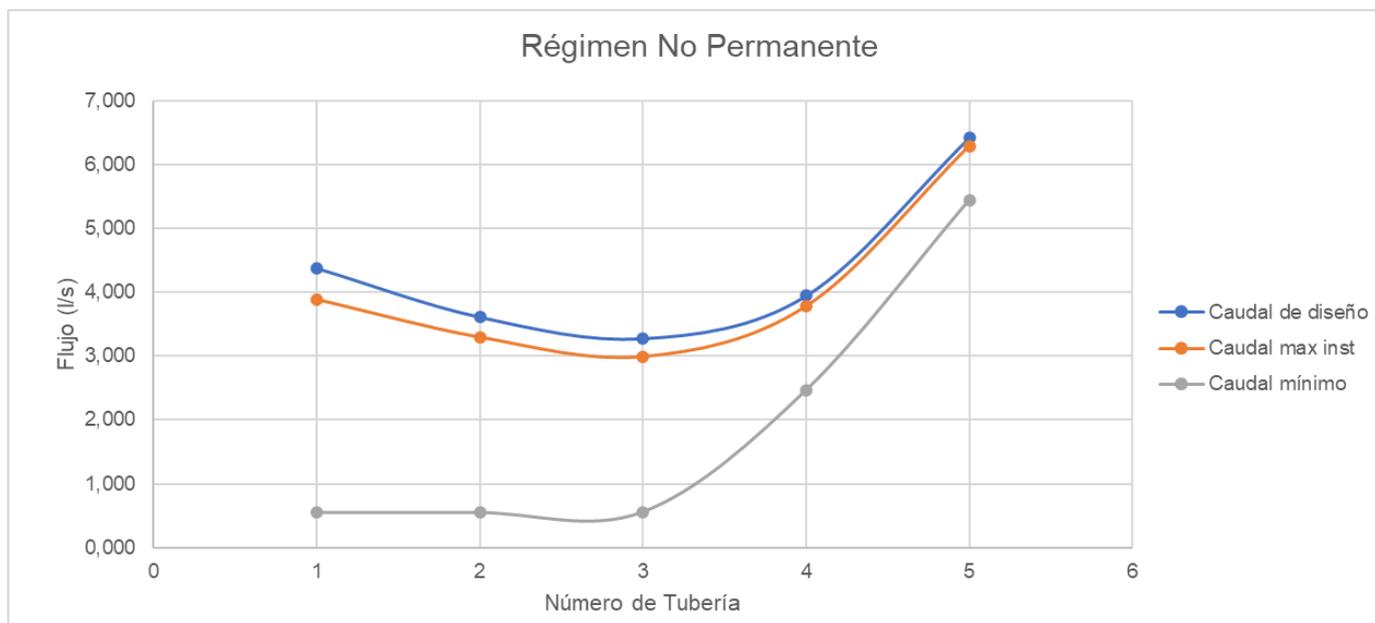
ETIQUETA	Flujo (l/s)	Velocidad (m/s)
1	4,388	0,536
2	3,620	0,568
3	3,280	0,481
4	3,949	0,404
5	6,428	0,219

### Q max inst

ETIQUETA	Flujo (l/s)	Velocidad (m/s)
1	3,894	0,503
2	3,302	0,579
3	2,995	0,459
4	3,785	0,393
5	6,297	0,208

### Q diseño min

ETIQUETA	Flujo (l/s)	Velocidad (m/s)
1	0,549	0,208
2	0,549	0,208
3	0,559	0,208
4	2,468	0,328
5	5,452	0,208



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

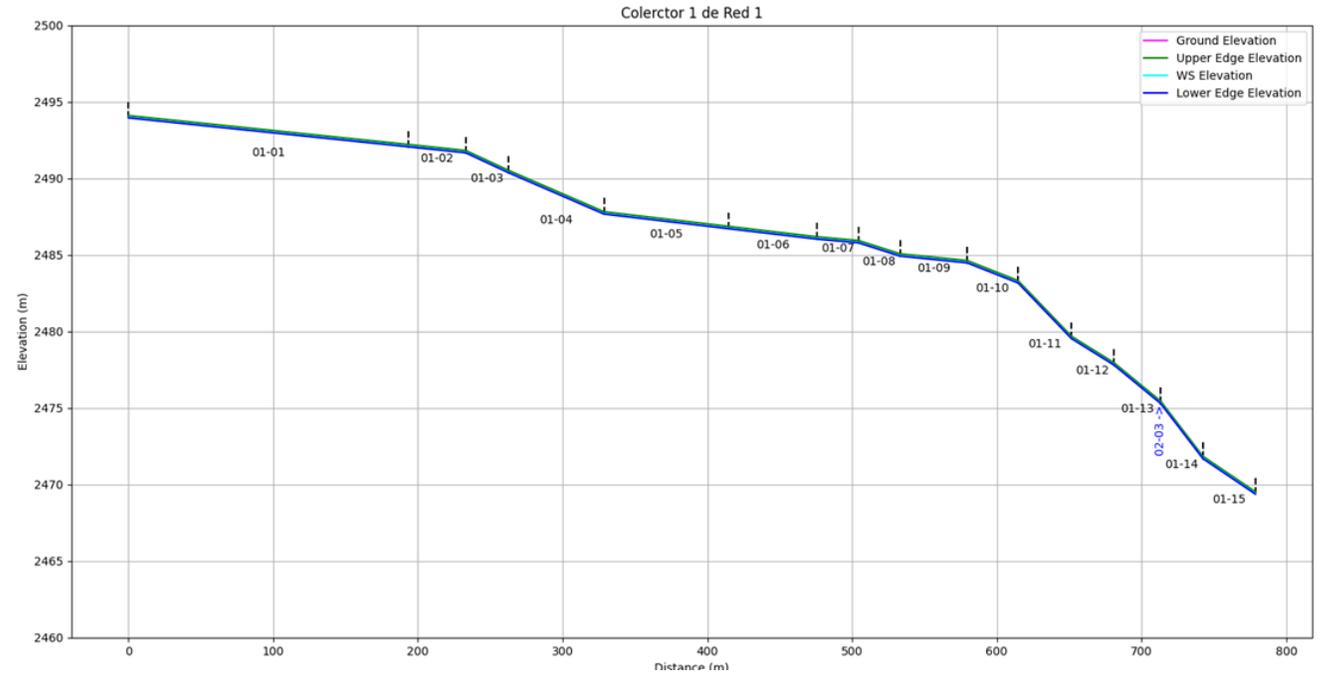
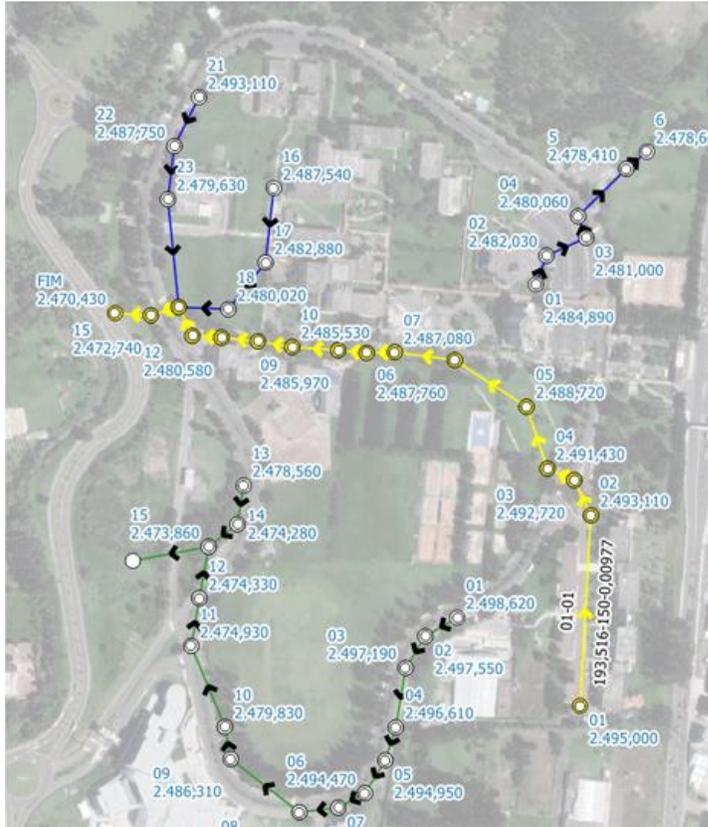


# RESULTADOS



## QGIS de la red de agua residual 2 (Régimen permanente)

### Colector 1



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

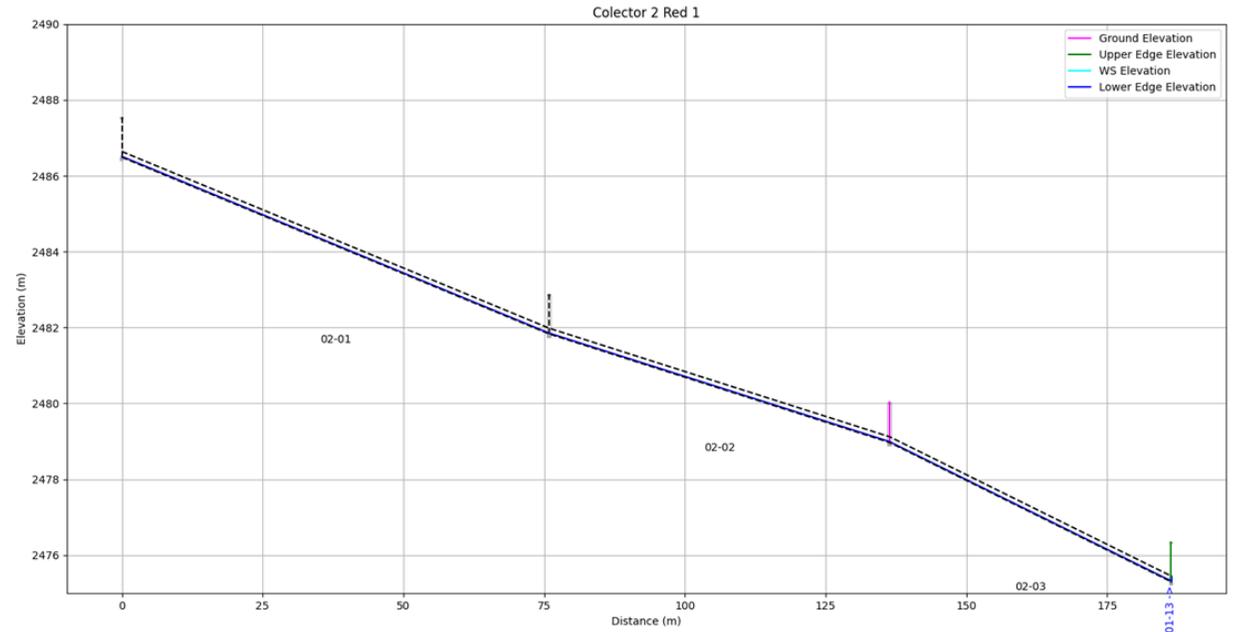
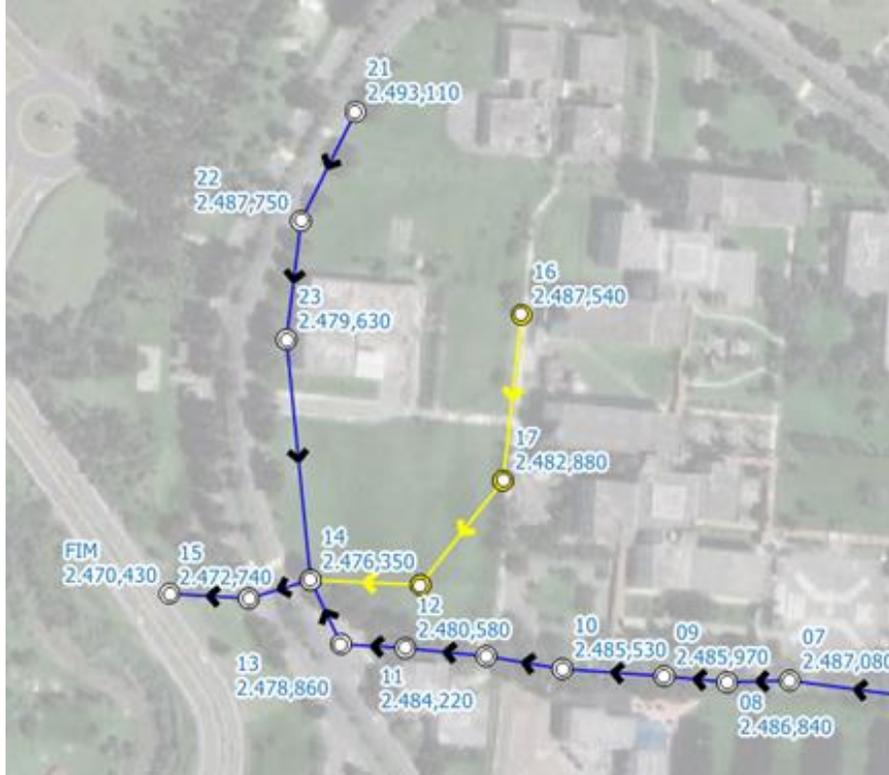


# RESULTADOS



## QGIS de la red de agua residual 2 (Régimen permanente)

### Colector 2



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

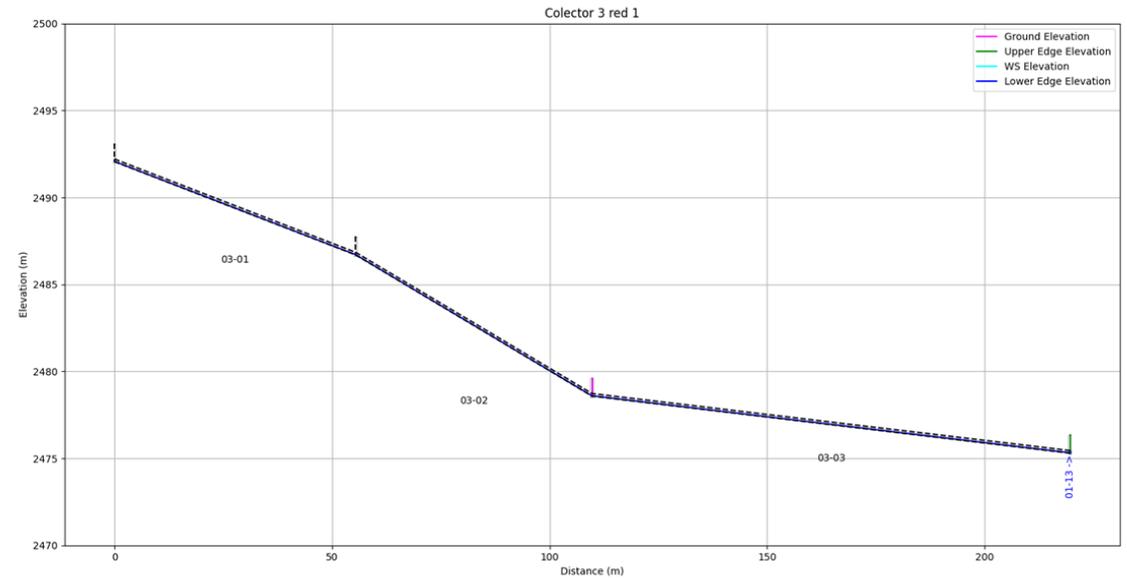
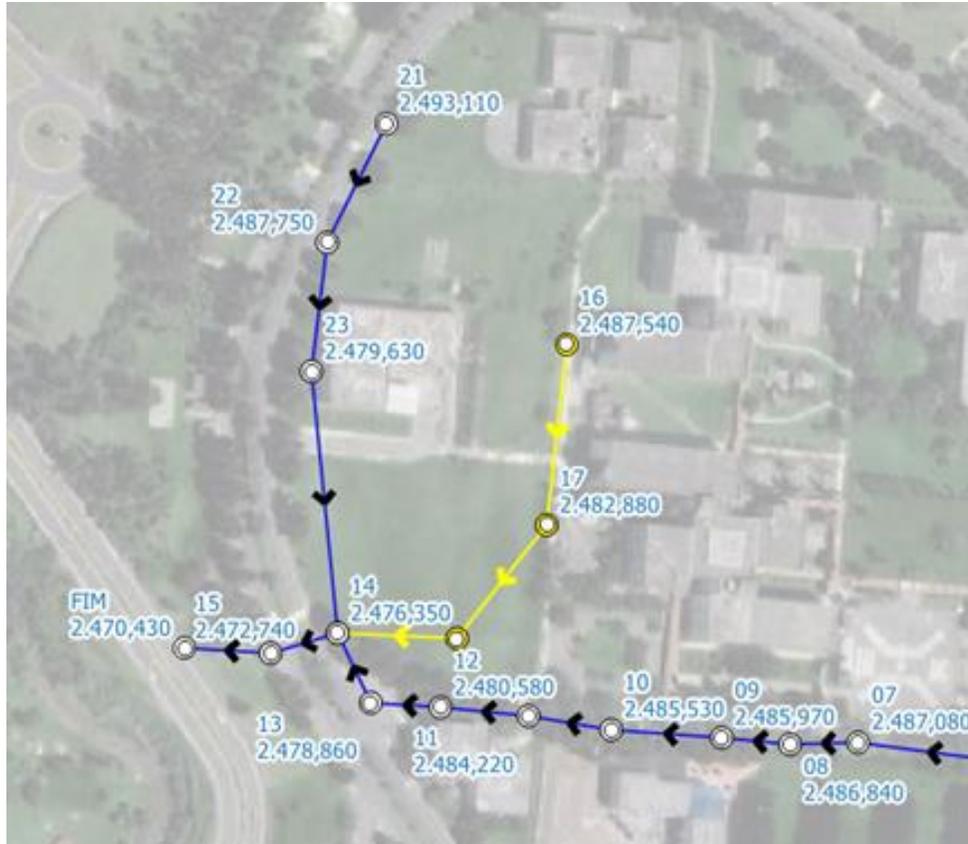


# RESULTADOS



## QGIS de la red de agua residual 2 (Régimen permanente)

### Colector 3





# RESULTADOS



## QGIS de la red de agua residual 2 (Régimen no permanente)

### Q diseño

ETIQUETA	Flujo (l/s)	Velocidad (m/s)
1	0,57	0,21
2	0,57	0,20
3	0,59	0,18
4	0,57	0,18
5	0,55	0,23
6	0,89	0,22
7	0,94	0,25
8	1,68	0,25
9	1,68	0,27
10	1,74	0,26
11	2,43	0,32
12	2,43	0,29
13	2,43	0,29
14	2,49	0,29
15	9,78	0,83
16	10,87	0,82
17	6,08	0,53
22	1,02	0,27
23	1,02	0,27
24	1,65	0,35
25	10,14	0,94
26	9,26	0,82

### Q max inst

ETIQUETA	Flujo (l/s)	Velocidad (m/s)
1	0,05	0,15
2	0,05	0,15
3	0,05	0,15
4	0,05	0,15
5	0,05	0,15
6	0,09	0,16
7	0,09	0,16
8	0,16	0,16
9	0,16	0,16
10	0,16	0,16
11	0,24	0,16
12	0,24	0,16
13	0,24	0,16
14	0,24	0,16
15	1,18	0,22
16	1,18	0,24
17	0,65	0,19
22	0,10	0,16
23	0,10	0,16
24	0,16	0,16
25	1,58	0,26
26	1,58	0,25

### Q diseño min

Caudal mínimo

ETIQUETA	Flujo (l/s)	Velocidad (m/s)
1	0,17	0,16
2	0,17	0,16
3	0,17	0,16
4	0,17	0,16
5	0,17	0,17
6	0,29	0,16
7	0,28	0,17
8	0,54	0,18
9	0,54	0,20
10	0,54	0,18
11	0,78	0,19
12	0,78	0,19
13	0,78	0,19
14	0,78	0,20
15	3,91	0,36
16	3,92	0,37
17	2,10	0,27
22	0,33	0,19
23	0,33	0,18
24	0,53	0,22
25	4,50	0,41
26	4,47	0,39



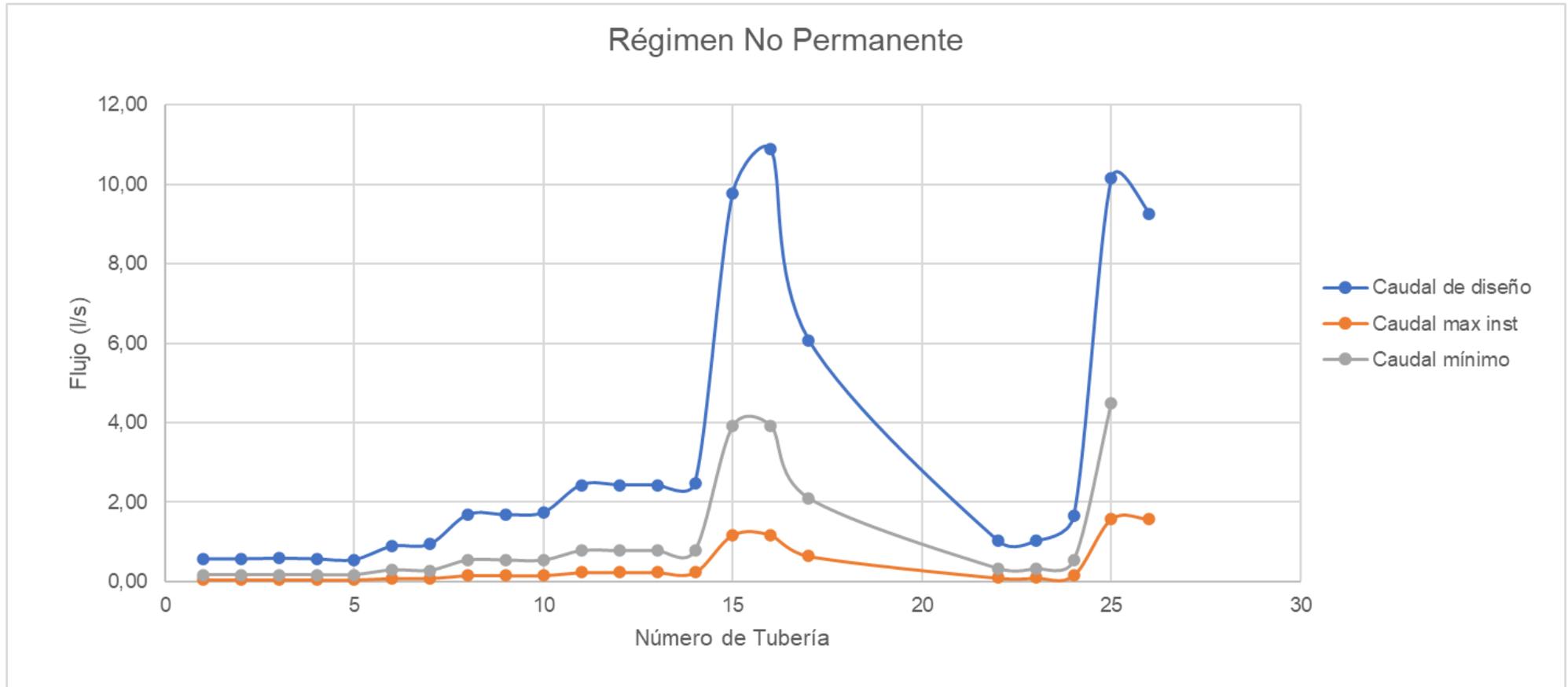
**ESPE**  
 UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
 INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# RESULTADOS



## QGIS de la red de agua residual 2 (Régimen no permanente)

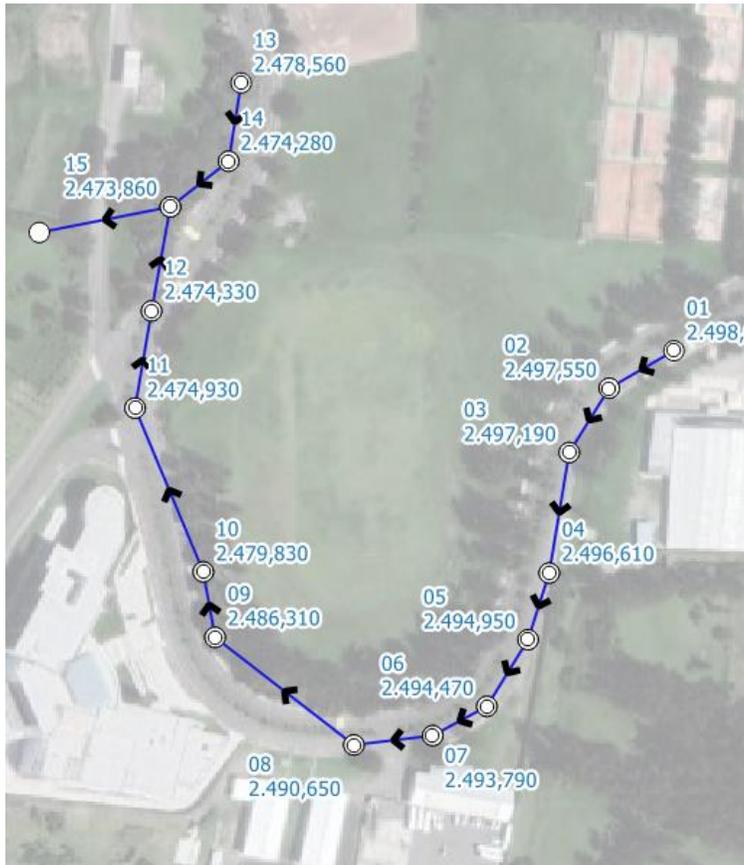




# RESULTADOS



## QGIS de la red de agua residual 3



### Q diseño

ETIQUETA	Flujo (l/s)	Velocidad (m/s)
1	0,589	0,218
2	0,600	0,229
3	0,610	0,240
4	0,589	0,218
5	0,621	0,229
6	0,665	0,218
7	0,698	0,218
8	0,719	0,294
9	0,698	0,218
10	0,687	0,294
11	0,632	0,251
12	0,632	0,240
13	0,229	0,185
14	0,229	0,185
15	0,850	0,229

### Caudal max inst

ETIQUETA	Flujo (l/s)	Velocidad (m/s)
1	0,262	0,196
2	0,262	0,196
3	0,262	0,196
4	0,262	0,196
5	0,294	0,196
6	0,294	0,196
7	0,294	0,196
8	0,283	0,218
9	0,283	0,196
10	0,283	0,218
11	0,283	0,196
12	0,294	0,196
13	0,098	0,185
14	0,098	0,185
15	0,382	0,196

### Q mínimo

ETIQUETA	Flujo (l/s)	Velocidad (m/s)
1	3,466	0,382
2	3,237	0,501
3	3,270	0,469
4	3,161	0,360
5	3,488	0,491
6	3,619	0,436
7	3,543	0,382
8	3,390	0,534
9	3,608	0,392
10	3,597	0,545
11	2,823	0,469
12	1,548	0,382
13	1,624	0,316
14	1,744	0,283
15	1,417	0,283

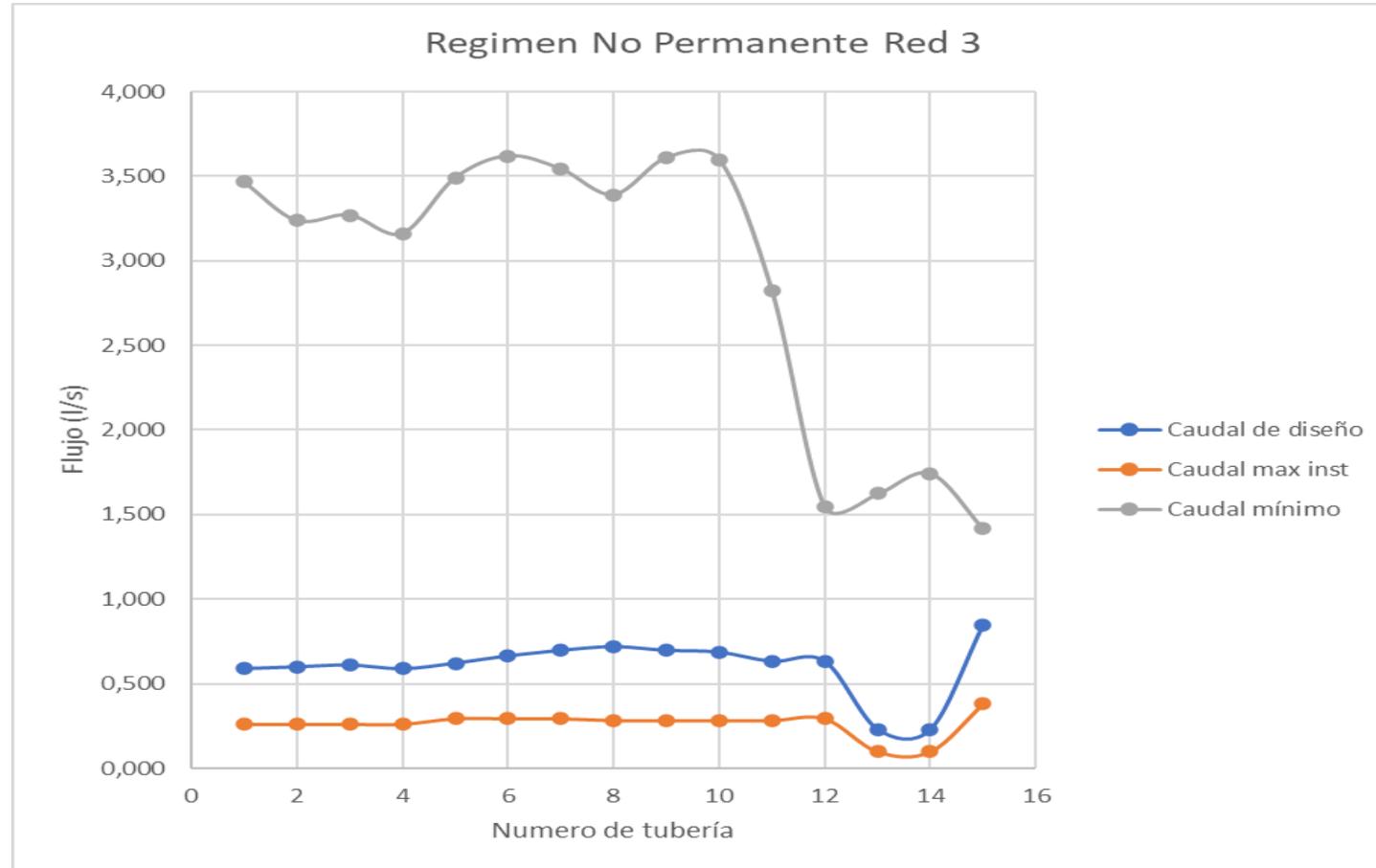




# RESULTADOS



## QGIS de la red de agua residual 3 (Régimen no permanente)





# RESULTADOS



## Propuesta de mejora

**Costo de fabricación de caudalímetro IoT de 2".**

Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
1	Sensor de flujo	82,14	82,14
12	Cable apantallado 4x18 AWG	0,45	5,40
1	Placa PCB	68,93	68,93
1	Corte Laser	6,65	6,65
1	Bornera negra tres terminales	0,45	0,45
1	Bornera azul 3 terminales mediana	0,31	0,31
1	Capacitor electronico 100UF a 50V	0,13	0,13
1	Espadin Hembra 40P	0,45	0,45
1	Fuente 100-220VAC A 5V DC 0,25A		
1	PLACA	6,96	6,96
1	Placa ESP32 de 38 Pines	12,5	12,50
		<b>Subtotal</b>	183,92
		<b>IVA 12%</b>	22,07
		<b>Total \$</b>	205,99

Equipo						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hr.	Rendimiento	Costo	
HERRAMIENTA MENOR	1	0,6325	0,63	1	0,63	
					<b>Total</b>	0,63

Mano de obra						
Descripción	Cantidad	Jornada/hr	Costo Hr.	Rendimiento	Costo	
MAESTRO MAYOR EN EJECUCIÓN DE OBRAS CIVILES	2	4,05	8,1	1	8,1	
PEÓN	1	4,55	4,55	1	4,55	
					<b>Total</b>	12,65

Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
CAUDALÍMETRO IOT	U	1	205,99	205,9904	
UNIÓN POLIPROPILENO 2"	U	2	2,92	5,84	
UNIVERSAL POLIPROPILENO 2"	U	1	10,39	10,39	
NEPLO POLIPROPILENO 10 CM 2"	U	1	3,33	3,33	
				<b>Total</b>	225,55

Transporte						
Descripción	Unidad Transp.	Cantidad	Distancia	Precio	Total	
					<b>Total</b>	
TOTAL COSTOS DIRECTOS					238,83	
INDIRECTOS Y UTILIDADES %:					47,77	
COSTO TOTAL DEL RUBRO (CD+CI):					286,60	
<b>VALOR OFERTADO:</b>					286,60	

**APU correspondiente a la instalación de un dispositivo IoT de 2".**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# RESULTADOS



## Propuesta de mejora

*Costo de mejora del sistema de agua potable mediante el uso de nuevos mecanismos de ahorro de agua potable*

	Tubería 2"	Inodors	Urinarios	Caudalímetro	Costos \$
Bloque A-B	4	84	40	1	31619,20
Bloque C-D	4	84	40	4	32479,00
Laboratorio idiomas/suelos	2	16	7	1	6122,30
Laboratorio electrónica/biotecnología	1	20	8	1	7267,80
Laboratorio geográfica/mecánica	1	10	6	0	4147,90
Laboratorio mecánica	2	20	0	0	4505,00
Bar/Almacén/Serv. Univ./Salón 2000	3	19	7	1	6833,75
Coliseo/CAFDER	3	35	9	1	10987,95
Biblioteca	1	14	9	1	6262,80
Policlínico	1	21	0	1	4960,75
Edificio administrativo	1	21	19	0	10676,25
Transportes/CICTE	2	11	5	1	4389,75
Garitas y bodegas	0	5	0	0	1100,75
Residencia/comedor	4	215	32	1	57931,65
Redes del campus	6	0	0	0	306,00
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>575</b>	<b>182</b>	<b>13</b>	<b>189590,84</b>

*Costo por m3 de agua potable para consumos mayores a 18 m3 al mes es de \$0,72*

	Cantidad m3	Costo USD x m3	Costo Total
Dotación [m3/mensual]	4573,95	0,72	2058,28
Fugas [m3/mensual]	2721,60	0,72	1959,55

Precio de fuga mensual	Precio de reparación	Tiempo de recuperación (meses)
1959,55	189590,8432	96,75



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# CONCLUSIONES

- Se realizó la unión de los planos de cada bloque y cada edificio, obtenido un plano de las redes de agua potable y residual de la universidad, de esta manera se consiguió actualizar el catastro hidrosanitario para estudiar el lugar y tubería apropiada para la instalación del segundo caudalímetro IoT, concluyendo como mejor opción el Bloque B
- Se midió los datos como el volumen, tirante y presión en las campañas de medición de la cisterna, agua residual y potable respectivamente, obteniendo la dotación real de 14,6 l/hab/día con una notable diferencia con la que sugiere la NEC 11 capítulo 16 entre 40 y 60 litros, un caudal de diseño promedio de 3,95 l/s en la red n° 1 de agua residual; 3,44 l/s en la red n° 2 de agua residual; 0,55 l/s en la red n° 3 de agua residual y finalmente una presión promedio de 41,4 mca. en la red de agua potable.





# CONCLUSIONES

- Mediante la modelación de la red de agua potable en WaterCAD y las redes de agua residual en SewerCAD, se logró verificar el estado y control de gastos variando los nodos, y alcantarillas se logró identificar la variación de flujo en cada nodo y red respectivamente en sus dos escenarios de análisis, régimen permanente y no permanente; adicionalmente en el régimen no permanente se acerca más al comportamiento funcional real de transición de las variables hidráulicas del agua dentro del sistema de agua potable y residual, gracias a su variabilidad con respecto al tiempo y al caudal respectivamente.
- Se concluye que los datos obtenidos de flujo l/s en la modelación en régimen permanente y no permanente en la red de agua potable y residual ocupando las herramientas las herramientas QWater y QEsg brindaron valores similares a los obtenidos en WaterCAD y SewerCAD con una ligera holgura del 8 al 9 % aproximadamente





# CONCLUSIONES

- Se determinó el presupuesto para obtener un sistema óptimo de agua potable con la instalación de caudalímetros IoT y aparatos sanitarios ahorradores para aprovechar el uso correcto del recurso hídrico con un valor de \$189590,84 dólares, que implica un tiempo de 96,75 meses u 8 años de recuperación de la inversión, lo cual es un periodo largo de recuperación debido al valor de la inversión.



# RECOMENDACIONES

01 

Revisión del catastro  
hidrosanitario

02 

Campañas de medición  
con diferente periodo

03 

Modelación en RP y RNP  
en otros softwares

04 

Modelar en otro SIG de  
mapas u otro comando de  
QGgis

05 

Presupuesto proyecto con  
implementación de otros  
dispositivos IoT



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# GRACIAS POR SU ATENCIÓN



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

**Modelación de régimen permanente y no permanente del agua potable y residual en el campus matriz de la ESPE con caudalímetros que utiliza la tecnología de internet de las cosas (IoT)**

AUTORES:

Narváez Terán Daniel Alejandro

Vaca Lescano Dylan José

TUTOR:

Ing. David Carrera Villacrés, Ph.D.

Sangolquí, 06 de marzo 2023

