



**Diagnóstico y propuesta de mejora de agua potable y alcantarillado en la Universidad de las
Fuerzas Armadas ESPE Matriz implementando caudalímetros inteligentes IoT**

Garcés Alarcón, Rodney Alberto

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

Ing. Carrera Villacrés, David Vinicio Ph.D.

14 de marzo de 2022

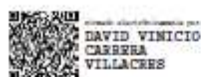
Copyleaks



DAVID VINICIO
CARRERA
VILLACRES

TESIS ALBERTO GARCÉS (Copyleaks2).docx

Scanned on: 20:31 January 24, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	151
Words with Minor Changes	8
Paraphrased Words	197
Omitted Words	0



Website | Education | Businesses



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación, "Diagnóstico y propuesta de mejora de agua potable y alcantarillado en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Matriz implementando caudalímetros inteligentes IoT" fue realizado por el señor **Garcés Alarcón, Rodney Alberto**, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 14 de marzo de 2022

Firma:



DAVID VINICIO
CARRERA
VILLACRÉS

Ing. Carrera Villacrés, David Vinicio Ph.D.

C. C. 1712218518



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Responsabilidad de autoría

Yo **Garcés Alarcón Rodney Alberto**, con cédula de ciudadanía N. 1724052251, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Diagnóstico y propuesta de mejora de agua potable y alcantarillado en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Matriz implementando caudalímetros inteligentes IoT”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 14 de marzo de 2022

Firma:


Garcés Alarcón Rodney Alberto

C. C. 1724052251



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN


CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Autorización de publicación

Yo **Garcés Alarcón Rodney Alberto**, con cédula de ciudadanía N. 1724052251, autorizo a la Universidad de las fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **"Diagnóstico y propuesta de mejora de agua potable y alcantarillado en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Matriz implementando caudalímetros inteligentes IoT"** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 14 de marzo de 2022

Firma:


Garcés Alarcón Rodney Alberto

C. C. 1724052251

Agradecimiento

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por abrirme sus puertas y ser fuente de inspiración en los proyectos que ahí realicé; a los docentes, que supieron guiarme con su sabiduría, conocimiento y experiencia, enseñándome y dándome todas las herramientas para poder desarrollar los proyectos que se me enfrenten; a todo su personal, por apoyarme en todos los sucesos que ocurrieron en mi estancia.

Al personal del departamento de Desarrollo Físico de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, que designaron tutores y mano de obra para que esta tesis se pueda llevar a cabo.

Al Ing. David Muñoz MSc. e Ing. Wilson Ordoñez por su ardua colaboración en la programación, teoría y desarrollo del dispositivo IoT.

A los estudiantes de 7mo y 8vo semestre del periodo académico S-I MAY21 - AGO21 por su amable colaboración para el levantamiento de información que se ve reflejado en esta tesis.

Al Ing. Geovanny Raura MS.c. por su colaboración en la conexión del equipo inteligente a las redes WiFi de la universidad.

En especial mención, al Ing. David Carrera Ph.D. quien bajo su experiencia, dedicación y compromiso, supo guiarme por el mejor camino para culminar este sueño.

Alberto Garcés A.

Dedicatoria

A mi núcleo familiar enseñándome que, con bondad, solidaridad y ayuda de la familia no existen obstáculos que no se puedan vencer, siendo siempre mi luz en momentos de oscuridad.

A mi madre, Elena, quien desde niño supo guiarme por el camino de las ciencias exactas, criándome bajo valores, respeto y mucho amor. Enseñándome siempre con actos que existen varios caminos para solucionar y mejorar las circunstancias que se presenten.

A mi padre, Ángel, que, enamorado de la carrera de Ing. Civil supo guiarme hacia ella y encaminar mi rumbo cuando todo era gris, que con un fuerte carácter siempre me ha dado a entender que no existe otro camino que seguir adelante, que cuando cometemos errores debemos solucionarlos y mejorarlos.

A mi hermana, siendo fuente de admiración, ella que siempre ha estado ahí para mí, preocupándose por mi bienestar, acudiendo con las palabras exactas y la asistencia oportuna; me ha apoyado para seguir sus pasos y forjar mi camino.

A mis amigos, Kevin, Carlos, Lenin P., Valeria, Bryan, Jurgen, Lenin S., Johana y todos aquellos amigos que, con una palabra, una carcajada y su apoyo han sabido motivarme para seguir siempre adelante con su compañía y verdadera amistad.

A mis primos, David, Wilson y Valeria, que desde pequeño siempre han estado ahí para aconsejarme y acompañarme en esta travesía llamada vida.

A mis compañeros y conocidos que hicieron que mi recorrido por la vida universitaria haya sido un momento maravilloso.

Alberto Garcés A.

Índice**Tabla de contenido**

Copyleaks	2
Certificación	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de publicación	5
Agradecimiento	6
Dedicatoria	7
Índice	8
Índice de Tablas	14
Índice de Figuras	16
Resumen	19
Abstract	20
Capítulo I	21
Generalidades	21
Antecedentes	21
Planteamiento del problema	24
Macro	24
Meso	26
Micro	27
Área de influencia	28
Área de influencia directa	29

	9
Área de influencia indirecta	29
Objetivos del proyecto	29
Objetivo general	29
Objetivos específicos	29
Alcance del proyecto	30
Justificación e importancia	31
Hipótesis	32
Variables de investigación	33
Variables Independientes	33
Variables dependientes	33
Capítulo II	34
Marco Teórico	34
Estudio de prefactibilidad	34
Balance de pérdidas	34
Agua potable	34
Redes de distribución principales y secundarias	34
Fugas visibles	35
Fugas no visibles	35
Mantenimiento preventivo	35
Mantenimiento correctivo	35
Control de presiones en redes de agua potable	36
Método volumétrico	36
Sistema de suministro de agua	36
Regulación de autorización de uso o aprovechamiento del agua	37

	10
Tipos de autorizaciones de uso y aprovechamiento del agua DIR-ARCA-RG-004-2016	37
Procedimientos para la emisión de autorizaciones de uso y aprovechamiento del agua	38
El procedimiento general	38
Procedimiento simplificado	38
Certificación de disponibilidad de agua	39
Consideraciones adicionales previo al envío al ARCA	40
Informe previo vinculante	40
Sistema de alcantarillado sanitario	40
Consumo o demanda	40
Dispositivos IoT	41
Aplicación de dispositivos IoT	41
Nombres y funciones de los dispositivos IoT	42
Universidad inteligente	42
Pilares de un campus inteligente	45
Agua Inteligente (Smart Water)	47
Metodología de desarrollo del proyecto	48
Catastro	48
Medición de presiones en red de agua potable	48
Medición de caudal de aguas residuales	49
Medición de caudal de agua potable	49
Simulación de funcionamiento de redes de agua potable y sanitarias	49
Propuesta de mejora para redes de agua potable y sanitarias	49
Fuentes y técnicas de recopilación de información y análisis de datos.	49
Fuentes primarias	49
Fuentes secundarias	50
Técnicas de recopilación de información	50
Periodo de diseño	50

	11
Dotación	51
Capítulo III	52
Metodología	52
Área de estudio	52
Población actual y de saturación del campus	53
Arquitectura IoT	57
Construcción del circuito	58
Código utilizado en la placa Arduino	59
Código utilizado en la placa NODEMCU	61
Recopilación de planos As-built y levantamiento de información faltante.	63
Campañas de medición de caudal de agua potable y sanitaria.	73
Campaña de medición de presiones en las redes de agua potable del campus matriz.	76
Modelamiento de las redes de agua potable y sanitarias del campus.	77
Modelamiento de las redes de agua potable	77
Cálculo de dotación de agua potable	79
Modelamiento de las redes sanitarias	81
Cálculo de aporte de agua residual	85
Capítulo IV	93
Resultados y discusión	93
Estado físico y distribución de redes agua potable y sanitarias	93
Redes de distribución de agua potable	93
Redes de aguas residuales del campus universitario	96
Redes de agua potable y sanitaria de los edificios del campus universitario	99

	12
Estado físico de redes de agua potable	99
Estado físico de redes de agua residual	107
Implementación y análisis de datos de caudalímetro IoT en el edificio administrativo del campus matriz.	111
Implementación del caudalímetro IoT en el edificio administrativo del campus	111
Evaluación de consumo y pérdidas de agua	116
Caudales de agua potable del edificio administrativo.	116
Análisis de consumo y pérdidas de agua potable en el edificio administrativo	122
Caudales de agua residual del edificio administrativo.	122
Análisis de consumo y pérdidas de agua residual en el edificio administrativo	123
Caudales de agua potable del campus universitario	125
Caudales de agua residual del campus universitario	126
Resultados de modelo de agua potable	130
Análisis de presiones en varios puntos de la red	131
Análisis de modelos de agua residual	133
Propuestas de mejora y costos de implementación en las redes de agua potable y alcantarillado del campus	136
Propuesta de mejora en la red de agua potable	136
Costos de implementación de caudalímetros IoT y aparatos ahorradores	141
Tiempo de recuperación de costos	142
Propuesta de mejora en la red de alcantarillado	143
Costos de mantenimiento, derroque y reconstrucción de pozos de agua servida	145
Tiempo de recuperación de costos	150
Capítulo V	151
Conclusiones y recomendaciones	151
Conclusiones	151
Recomendaciones	152

	13
Capítulo VI	154
Referencias bibliográficas	154
Capítulo VII	163
Anexos	163

Índice de Tablas

Tabla 1 Población de estudiantes de pregrado por carreras período MAY 2021 - SEP 2021-----	54
Tabla 2 Población de estudiantes de nivelación Periodo JUN 2021 - SEP 2021-----	55
Tabla 3 Población del personal de la universidad-----	56
Tabla 4 Número de estudiantes y personal de la universidad.-----	57
Tabla 5 Edificaciones con redes de agua potable y sanitarias levantadas-----	65
Tabla 6 Dotación para edificios del campus en base a estudiantes, personal administrativo y residentes.-----	80
Tabla 7 Puntos del sistema con coordenadas y consumos de bloques-----	81
Tabla 8 Tuberías, diámetros y longitudes utilizadas en el modelo-----	83
Tabla 9 Pozos de revisión para salida 1 con coordenadas y carga de agua residual-----	86
Tabla 10 Pozos de revisión para salida 2 con coordenadas y carga de agua residual-----	86
Tabla 11 Pozos de revisión para salida 3 con coordenadas y carga de agua residual-----	87
Tabla 12 Tuberías, diámetros y longitudes utilizadas en el modelo 1-----	87
Tabla 13 Tuberías, diámetros y longitudes utilizadas en el modelo 2-----	88
Tabla 14 Tuberías, diámetros y longitudes utilizadas en el modelo 3-----	89
Tabla 15 Caudales en horas de mayor consumo del edificio administrativo del día 10/08/2021-----	117
Tabla 16 Caudales en horas de mayor consumo del edificio administrativo del día 11/08/2021-----	118
Tabla 17 Caudales en horas de mayor consumo del edificio administrativo del día 12/08/2021-----	119
Tabla 18 Caudales en horas de mayor consumo del edificio administrativo del día 13/08/2021-----	120
Tabla 19 Caudales en horas de mayor consumo del edificio administrativo del día 16/08/2021-----	121
Tabla 20 Medición de tirantes de agua servida del edificio universitario-----	123
Tabla 21 Cálculo de pérdidas en el sistema de alcantarillado del edificio universitario-----	124
Tabla 22 Medición de diferencias de nivel de agua en la cisterna del campus universitario-----	125
Tabla 23 Mediciones de tirante de agua residual y caudal promedio, punto de control 1-----	127
Tabla 24 Mediciones de tirante de agua residual y caudal promedio, punto de control 2-----	128
Tabla 25 Mediciones de tirante de agua residual y caudal promedio, punto de control 3-----	129

Tabla 26 Resumen de caudales promedios en las salidas de alcantarillado de la universidad -----	130
Tabla 27 Resultados del modelamiento de agua potable de las redes globales del campus universitario	131
Tabla 28 Verificación de presiones medidas vs presiones modeladas -----	133
Tabla 29 Caudal calculado de la red número 1 del sistema de agua potable de la universidad. -----	134
Tabla 30 Caudal calculado de la red número 2 del sistema de agua potable de la universidad. -----	135
Tabla 31 Caudal calculado de la red número 3 del sistema de agua potable de la universidad. -----	135
Tabla 32 Materiales y costo de producción del caudalímetro IoT de 2" -----	141
Tabla 33 Cantidad de Aparatos sanitarios e ingresos de cada edificio del campus universitario -----	142
Tabla 34 Costos de dotaciones y pérdidas de agua potable -----	143
Tabla 35 Tiempo de recuperación de la inversión -----	143
Tabla 36 Número de pozos de revisión de agua sanitaria del campus universitario y costo de limpieza --	146
Tabla 37 Costo de derrocamiento y construcción de pozos del sistema sanitario del campus universitario -----	149
Tabla 38 Tiempo de recuperación de costos de derrocamiento y reconstrucción de pozos. -----	150

Índice de Figuras

Figura 1 Mapa de ubicación de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE campus Sangolquí-----	28
Figura 2 Ejes Smart para una universidad inteligente-----	43
Figura 3 Paradigmas y ventajas aplicados a universidades inteligentes-----	44
Figura 4 Pilares de un Campus Inteligente enfocándose en la administración del conocimiento-----	46
Figura 5 Años de servicio sugeridos para los elementos de un sistema de agua potable-----	51
Figura 6 Tabla de dotación recomendada-----	52
Figura 7 Conexión física entre sensor de flujo, Arduino UNO y NODEMCU-----	58
Figura 8 Inicio del código utilizado en la placa Arduino UNO-----	59
Figura 9 Fin del código utilizado en la placa Arduino UNO-----	60
Figura 10 Inicio del código utilizado en la placa NODE MCU-----	61
Figura 11 Fin del código utilizado en la placa NODE MCU-----	62
Figura 12 Plano de ubicación de los edificios levantados-----	64
Figura 13 Levantamiento de información de redes interiores de edificios-----	66
Figura 14 Levantamiento de información de redes interiores de edificios.-----	66
Figura 15 Plano de agua potable del edificio Residencia Universitaria-----	68
Figura 16 Plano de agua sanitaria del edificio Residencia Universitaria-----	69
Figura 17 Base de datos del sistema de agua potable y sanitario de los edificios de la universidad-----	70
Figura 18 Base de datos del sistema de agua potable y sanitario de los edificios de la universidad-----	71
Figura 19 Levantamiento de información de redes de alcantarillado generales del campus-----	71
Figura 20 Actualización de información de redes de agua potable general del campus.-----	72
Figura 21 Puntos de medición de caudales de agua servida.-----	74
Figura 22 Medición del consumo de agua en el edificio administrativo calculado con un caudalímetro IoT. -----	75
Figura 23 Medición de agua servida del edificio administrativo.-----	76
Figura 24 Medición de presión en un punto de la red de agua potable de la universidad.-----	77

Figura 25 Licencia académica del software WaterCAD -----	78
Figura 26 Licencia académica del software WaterCAD -----	78
Figura 27 Licencia académica del software SewerCAD -----	82
Figura 28 Licencia académica del software SewerCAD -----	82
Figura 29 Esquema de la red de agua potable de la universidad realizado en WaterCAD -----	84
Figura 30 Primer esquema de la red de agua sanitaria de la universidad realizado en SewerCAD -----	90
Figura 31 Segundo esquema de la red de agua sanitaria de la universidad realizado en SewerCAD-----	91
Figura 32 Tercer esquema de la red de agua sanitaria de la universidad realizado en SewerCAD -----	92
Figura 33 Redes generales de agua potable de la universidad-----	94
Figura 34 Redes de agua potable y bloques de influencia utilizados en el modelamiento en WaterCAD ---	95
Figura 35 Detalle de pozos de revisión de aguas residuales -----	97
Figura 36 Redes sanitarias del campus matriz con sus respectivos puntos de control-----	98
Figura 37 Estado físico exterior de las tuberías de agua potable del campus-----	100
Figura 38 Pequeñas fugas encontradas en la red de agua potable-----	100
Figura 39 Estado físico de llaves de paso -----	101
Figura 40 Cisterna de almacenamiento de agua-----	102
Figura 41 Tanque elevado del sistema de abastecimiento de agua potable -----	102
Figura 42 Ubicación de tuberías de agua potable que tienen contacto con desechos sanitarios-----	104
Figura 43 Tubería de abastecimiento de agua potable recorriendo la tubería sanitaria sector coliseo ---	105
Figura 44 Tubería de agua potable ingresando al pozo de revisión sanitaria.-----	105
Figura 45 Tubería de agua potable en contacto con desechos sanitarios-----	106
Figura 46 Tubería de agua potable ingresando a pozo de revisión sanitario sector del estadio-----	106
Figura 47 Estado de pozos de la red de agua residual.-----	107
Figura 48 Estado de pozos de la red de agua residual.-----	108
Figura 49 Estado de pozos de la red de agua residual.-----	108
Figura 50 Pozo de revisión obstruido perteneciente a la primera red sanitaria del campus universitario	109
Figura 51 Hojas secas y sólidos que ingresan a la red de alcantarillado debido a lluvias-----	110

Figura 52 Tramo de red sanitaria inundada-----	110
Figura 53 Picado de vereda en edificio de residencia de oficiales-----	111
Figura 54 Tubería de acometida corroída y descascarada -----	112
Figura 55 Inspección visual y funcional de acometidas de otros edificios del campus-----	112
Figura 56 Posible acometida del edificio administrativo -----	113
Figura 57 Antes y después de la instalación del sensor de flujo en las redes de AP del edificio administrativo -----	114
Figura 58 Ubicación de los controladores del equipo en caja de paso -----	115
Figura 59 Mapa de presiones de la red de agua potable del campus universitario-----	132
Figura 60 Puntos potenciales para implementación de caudalímetros IoT-----	138
Figura 61 Acometidas de edificios donde implementar caudalímetros IoT-----	140
Figura 62 APU de mantenimiento de pozo de AA. SS. y limpieza-----	145
Figura 63 APU correspondiente a derrocamiento de pozos-----	146
Figura 64 APU correspondiente a la construcción de un pozo de altura 1.2 a 2 m -----	147
Figura 65 APU correspondiente a la construcción de un pozo de revisión de altura de 2 a 4 m -----	148
Figura 66 APU correspondiente a la construcción de un pozo de altura 4 a 6 m-----	149

Resumen

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE campus matriz alberga alrededor de 9620 estudiantes y 1734 empleados, por tanto, es necesario garantizar una dotación de agua potable de buena calidad, en la cantidad necesaria y con una presión satisfactoria. Ya que las redes de agua potable y saneamiento de la universidad fueron construidas hace 33 años, la vida útil de los componentes de las redes pueden estar comprometidas, también, es necesario cambiar los métodos tradicionales de control de suministro, por lo tanto, el presente proyecto se presenta en dos fases: En la primera, se digitaliza y evalúa el estado físico de las redes de agua potable y sanitarias del campus matriz de la universidad, basándose en los planos de construcción y en un levantamiento catastral de las redes instaladas actualmente, verificando a nivel de prefactibilidad su desempeño con un software de modelado de redes de alcantarillado (SewerCAD) y agua potable (WaterCAD), continuando con una propuesta de mejora fundamentada en la adquisición de aparatos ahorradores y caudalímetros con base en el Internet de las Cosas (IoT). En la segunda se implementa un caudalímetro IoT en el edificio administrativo de la universidad, con el que se visualiza remotamente la cantidad de agua potable que se consume cada minuto del día, posteriormente se mide manualmente el caudal de aguas servidas evacuadas según parámetros geométricos de las secciones transversales de la tubería de desagüe; realizando un balance y obteniendo con esto un 14.45% de pérdidas o fugas de agua presentes en el edificio. Realizando el mismo procedimiento de medición de caudal al inicio del suministro de agua potable, así como en las desembocaduras de las tres redes de alcantarillado, obteniendo un 36.3% de aguas no contabilizadas a escala global, verificado con las normativas precedentes de la localidad y del país.

Palabras clave

- CAUDALÍMETRO IOT
- CAUDAL DE AGUA POTABLE
- CAUDAL DE AGUA RESIDUAL
- PRESIONES
- AGUAS NO CONTABILIZADAS

Abstract

The Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE main campus houses around 9,620 students and 1,734 employees, therefore, it is necessary to guarantee a provision of good quality drinking water, in the necessary quantity and with a satisfactory pressure. Since the drinking water and sanitation networks of the university were built 33 years ago, the useful life of network components may be compromised, as well, it is necessary to change the traditional methods of supply control, therefore, the present The project is presented in two phases: In the first, the physical condition of the drinking water and sanitation networks of the university's main campus is digitized and evaluated, based on the construction plans and a cadastral survey of the currently installed networks, verifying its performance at the pre-feasibility level with modeling software for sewage networks (SewerCAD) and drinking water (WaterCAD), continuing with an improvement proposal based on the acquisition of saving devices and flow meters based on the Internet of Things (IoT). In the second, an IoT flowmeter is implemented in the administrative building of the university, with which the amount of drinking water consumed every minute of the day is remotely displayed, subsequently the flow of evacuated wastewater is manually measured according to geometric parameters of the cross sections of the drain pipe; making a balance and obtaining with this a 14.45% of losses or leaks of water present in the building. Carrying out the same flow measurement procedure at the beginning of the drinking water supply, as well as at the outlets of the three sewerage networks, obtaining 36.3% of unaccounted-for water on a global scale, verified with the preceding regulations of the locality. and of the country.

Keywords

- **IOT FLOWMETER**
- **DRINKING WATER FLOW**
- **WASTE WATER FLOW**
- **PRESSURES**
- **UNACCOUNTED FOR WATER**

Capítulo I

Generalidades

Antecedentes

En 1989 se da el inicio efectivo de la construcción de infraestructura y redes sanitarias e hidráulicas del campus matriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas, ubicada en la que en ese entonces era una hacienda en el Valle de los Chillos con aproximadamente 40 hectáreas (Bravo, 2014).

El campus matriz presta varias unidades en sus instalaciones como: admisión y registro, biblioteca, bienestar estudiantil, gestión de tecnologías, instituto de idiomas, investigación, planificación y desarrollo institucional, relaciones de cooperación interinstitucional, vinculación con la sociedad, talento humano. Cuenta también con distintos centros como: centro CENCINAT, centro CICTE, centro de educación continua, centro de estudios estratégicos, centro posgrados. además de centro médico, coliseo, gimnasio y residencias que están al servicio de estudiantes, personal administrativo y docentes (ESPE, 2020a).

Ante emergencias sanitarias y debido a la gran cantidad de alumnos y personal que labora en la Universidad de las Fuerzas Armadas, esta debe garantizar: contar con líquido vital de buena calidad, el cual debe ser provisto en la cantidad determinada, con una presión satisfactoria y deshacerse adecuadamente de los desechos producidos naturalmente dentro de las instalaciones (Defensoría del pueblo Ecuador, 2020).

Un gran volumen de agua se desperdicia por fugas en las redes de distribución de agua, por ello, la detección temprana de fugas es importante para reducir al mínimo las pérdidas de agua. Una práctica común consiste en colocar sensores de presión en una red para detectar cambios que indiquen la presencia de una nueva fuga (Raei, Shafiee, Reza, & Berglund, 2019).

Las pérdidas reales y aparentes de agua son de los principales retos que enfrenta la distribución de agua y es un criterio esencial para describir la eficiencia de un sistema y su gestión. Las principales causas de pérdidas de agua en redes de distribución son el envejecimiento de los elementos que conforman el sistema, así como la operación inadecuada (Cubillo, 2020).

Es indispensable invertir en construcción e infraestructura, ya que es una de las mejores formas de fomentar el crecimiento y el desarrollo de una civilización, principalmente debilitando las falencias de una mala calidad de los servicios básicos ya que se tiene la oportunidad de anticipar las necesidades de un mundo con un clima más incierto y se adelanta con tecnología que transforma y mejora cada aspecto de la vida cotidiana desde lo más básico (Cavallo Eduardo et al., 2020).

El primero de estos cambios marca el final de lo que podemos llamar "La era del concreto". El gran desafío que enfrentaba América Latina y el Caribe en el 2005 seguía siendo un abismo enorme en la cobertura de los servicios básicos. Era necesario ampliar las redes de carreteras, electricidad, suministro de agua y alcantarillado para incorporar el progreso a las localidades más remotas que regularmente son las zonas más pobres de nuestras ciudades. Actualmente, 15 años después de haber invertido miles de millones de dólares para ampliar la cobertura de estos servicios, se verifica que tener acceso a la infraestructura no basta, las personas necesitan tener garantías de una excelente calidad de los servicios sin olvidarse de los abismos de acceso que todavía existen, también, es necesario incluir especial cuidado en el usuario y atención al cliente con regulaciones modernas e inteligentes, para poder operar con éxito en el futuro se deberá proponer nuevas maneras de dar un servicio eficaz y de excelente calidad (Cavallo Eduardo et al., 2020).

La tecnología sigue avanzando y por lo tanto las maneras tradicionales de verificar averías en redes hidrosanitarias pueden ser más fáciles y eficientes con dispositivos inteligentes, los cuales prometen tener adquisición, fácil acceso, procesamiento, transmisión, interactividad, almacenamiento y análisis de información en objetos tan cotidianos como estos (Parra, Guerrero, & Rico, 2017).

La transformación digital tiene un gran potencial y, por lo tanto, se ha convertido en una de las precedencias de varios gobiernos, obteniendo: mayor claridad de procesos, servicios más ágiles y convenientes en todo lugar y momento, menor oportunidad de corrupción, mayor eficiencia de las instituciones públicas y transparencia de acuerdos con instituciones privadas. En un territorio con mínima productividad, desigualdad socioeconómica y baja confianza en el gobierno, la transformación digital brinda oportunidades para resolver muchos de nuestros desafíos (Porrúa et al., 2021).

La transformación digital requerida por el gobierno está estrechamente relacionada con la agenda de gestión del talento. Sin la implementación de expertos digitales, y sin todos los funcionarios públicos capaces de implementar completamente las nuevas tecnologías, la transformación digital es imposible. La conexión entre la agenda digital y la gestión del capital humano es indiscutible e inevitable. Sin embargo, la combinación de los dos no es automática y requiere nuevas políticas y métodos para gestionar el capital humano (Porrúa et al., 2021).

La resiliencia de los sistemas de los sistemas hidráulicos y sanitarios está directamente relacionada con las actividades de mantenimiento en los sistemas, así como de su periodicidad. Actividades de mantenimiento regulares garantizan el funcionamiento adecuado de los sistemas y evitan el deterioro acelerado de los múltiples componentes que conforman el sistema. Por lo tanto, el mantenimiento prolonga la vida útil del sistema y puede mejorar su rendimiento con el

tiempo, como es el caso de los sistemas de tratamiento biológico de aguas residuales bien mantenidos, entre otros (Stip et al., 2019).

Planteamiento del problema

Macro

Todos los días millones de personas afrontan enormes dificultades para acceder a uno de los derechos humanos más básicos; El agua potable, que incluye saneamiento e higiene (Organización Mundial de la Salud, 2021).

Alrededor de 2.400 millones de personas no disponen de acceso a servicios básicos de saneamiento, como baños y letrinas. Unos 1.800 millones de todas partes del mundo utilizan fuentes de agua potable contaminadas con heces. Más del 40% de la población mundial sufre escasez de agua y es probable que esta proporción aumente. Los residuos de agua generados por las actividades humanas son mayores al 80% y son vertidos principalmente a ríos, océanos y otras vertientes de agua sin ningún tratamiento, lo que provoca contaminación irreversible en el ecosistema (Organización Mundial de la Salud, 2021).

La infraestructura de agua potable y sanitaria tiende a deteriorarse de manera no lineal, de ahí la evidente necesidad de invertir en mantenimiento puesto que permite el adecuado funcionamiento de todos los sistemas. Limitar los recursos para el mantenimiento repercute considerablemente en el deterioro de los elementos del sistema y acelera la necesidad de realizar reparaciones futuras o reemplazar incluso partes del sistema, esto hace que en el futuro posibles roturas de las tuberías de agua potable o sanitaria repercuta negativamente en la calidad del servicio (Cavallo et al., 2020).

Debido al incesante envejecimiento de los sistemas de conducción y distribución del agua potable y sanitaria, empeorado por las prácticas deficientes de operación y

mantenimiento, hace que las empresas prestadoras del servicio tengan altas tasas de agua sin facturar, es decir, agua producida que se pierde debido a fugas en tuberías o accesorios del sistema. Se estima que en América Latina y el Caribe se pierden en promedio 120 litros de agua per cápita al día, lo que corresponde al consumo promedio (Cavallo et al., 2020).

Los avances tecnológicos de la actualidad se han convertido en agentes claves en la integración de los sistemas centralizados, distribuidos y los usuarios de los recursos hídricos. La integración de estas nuevas tecnologías da origen a lo que se denomina Tecnologías Inteligentes de Infraestructura de Agua (SWIT por sus siglas en inglés) o Smart Water. Este nuevo ecosistema digital permite que por medio de una red de sensores, medidores y dispositivos con tecnología IoT (Internet of Things) se obtenga una gran cantidad de información en tiempo real del estado de los recursos hídricos, de esta manera, se obtiene un enfoque holístico de todo el servicio y permite que se pueda controlar de manera más eficiente el consumo de agua y facilita la detección fugas lo que reduce drásticamente las pérdidas del líquido vital (Cavallo et al., 2020).

Invertir en el sector del agua ayuda a crear un crecimiento sostenible y generar más empleos verdes, con un alto rendimiento de la inversión en todos los sectores de nuestra sociedad. Según la Organización Mundial de la Salud, los beneficios económicos de invertir en agua y saneamiento son considerables: incluyen una ganancia global estimada del 1,5 % del PIB mundial, y aproximadamente 4 euros por euro invertido en servicios de agua y saneamiento entre otros sectores (Water Europe, 2020).

Los IoT facilitan aún más las cosas, puesto que, hacen de los dispositivos móviles conectados a internet verdaderos centros de información y productores de datos. Todos estos dispositivos pueden generar un gran volumen de datos que necesita ser administrado y filtrado para poder utilizarse, de ahí que toman mayor relevancia las nuevas herramientas informáticas

no tradicionales para el tratamiento de datos tan complejos y grandes, denominados Big Data, en tiempo real y de varios dispositivos de manera simultánea (Mendonça, Magno, & Santos, 2018).

Meso

Los ecuatorianos viven mayoritariamente en áreas urbanas y tienen altas de uso de agua entubada, mientras que las comunidades rurales afrontan más conflictos, especialmente para acceder al agua del grifo en el hogar, ya que, solo el 37% de la población rural tiene agua del grifo en sus hogares, en comparación al 87% en hogares urbanos. Los hogares que cuentan con mayores ingresos poseen mayores tasas de acceso a agua corriente en el hogar, ya sea en zonas rurales o urbanas. El 9 % de los quintiles urbanos carecen de agua corriente en el suelo o en sus hogares, en comparación con alrededor del 2 % del quintil superior (Observatorio para América Latina y el Caribe de Agua y Saneamiento (“OLAS”), 2021).

Por cada 10.000 litros de agua captada en el Ecuador, alrededor del 84,6% llega a la planta potabilizadora, es decir, que el 15,4% sobrante se está fugando en la conducción. También, el 50,4% de los fluidos distribuidos en áreas urbanas se fuga entre la fase de potabilización y conducción a los hogares. Los datos mostrados fueron el resultado de una encuesta realizada en el 2015 por la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA), realizándose en las provincias de Quito, Cuenca, Esmeraldas y Santo domingo a las entidades nacionales (empresas y juntas de agua) responsables (El telégrafo, 2016).

En Ecuador, las empresas y juntas de agua encargados del servicio potable registran pérdidas de alrededor de 696,2 millones de metros cúbicos del líquido vital al año, lo que significa una pérdida de aproximadamente \$320 millones. Según ARCA, en Ecuador casi la mitad

de agua potable no es contabilizada debido a robo de agua, fugas (daños físicos), consumos que no se facturan a los usuarios y errores de medición (Wilmer Torres & Primicias Ec., 2021).

Las nuevas oportunidades ofrecen a los países latinoamericanos como Ecuador manejen y mejoren temas como: el grado de prestación de servicios, la incorporación de los elementos de cadenas de servicios, la unión de sistemas distribuidos y la adopción de tecnologías analógicas tienen la posibilidad de contribuir a cerrar las fisuras de ingreso, mejorar la calidad del servicio y mejorar las tasas de procesamiento de agua y los volúmenes residuales. La adopción de un enfoque incluido para la administración del agua, con una sólida comprensión de los datos y la exploración, puede contribuir a las naciones del territorio a mejorar la idealización y asignación de recursos, incrementar la eficiencia en la utilización del agua y minimizar la contaminación del agua (Cavallo et al., 2020).

Micro

Uno de los parámetros clave de eficiencia técnica y financiera para los proveedores de servicios de agua potable es el Índice de Agua No Contabilizada (IANC), que se define como el volumen de agua no facturada en relación con el volumen total de agua entregada por la planta de tratamiento. El índice IANC incluye daños técnicos, daños no técnicos y consumo legítimo sin factura. El resultado de los dos componentes finales constituye la nombrada pérdida comercial (Instituto Nicaragüense de acueductos y alcantarillados (INAA) et al., 2017).

La utilización de ciertos caudalímetros inteligentes instalados en zonas piloto permite reducir hasta un 15% de las fugas de agua y minimizar el impacto ambiental (Instituto Tecnológico de Galicia, 2016).

Facilita la gestión de grandes cantidades de datos como la recolección, el almacenamiento, el procesamiento, el seguimiento y realización de operaciones remotas de

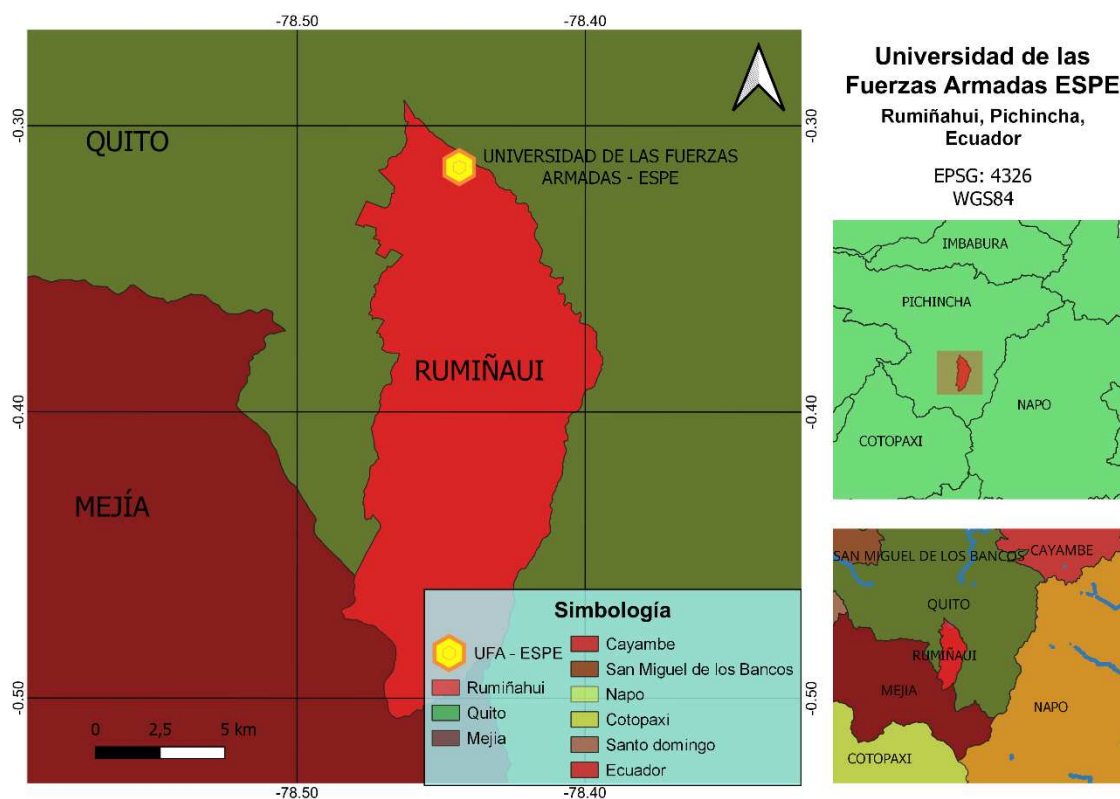
manera eficiente y sencilla al proporcionar conectividad a Internet a los objetos, lo que permite niveles avanzados de pronóstico y aprendizaje, generando esquemas capaces de completar series con datos faltantes o con información incompleta y tomar acciones más eficientes y seguras (Instituto Tecnológico de Galicia, 2020).

Área de influencia

Como se muestra en la Figura 1, se sitúa en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE campus matriz, ubicado al sur de la provincia de Pichincha, cantón Rumiñahui, parroquia Sangolquí, en la ubicación: S/N y Ambato, Av. Gral. Rumiñahui, Sangolquí 171103.

Figura 1

Mapa de ubicación de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE campus Sangolquí



Área de influencia directa

La primera fase del estudio se realiza en las redes hidráulicas y sanitarias del campus Sangolquí de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

La segunda fase se focaliza en las redes hidráulicas y sanitarias correspondientes al edificio administrativo del campus en el que se implementará un caudalímetro IoT para la medición del volumen de agua que se consume.

Área de influencia indirecta

Corresponde a todos los edificios que se encuentran conectados a la misma red principal de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE campus Sangolquí y como base para todos los edificios en los que se requiera un control más minucioso para pérdidas o fugas de agua, así mismo para convertir a cualquier edificio en una construcción inteligente.

Objetivos del proyecto

Objetivo general

Elaborar una propuesta de mejora en las redes hidráulicas y sanitarias globales del campus matriz diagnosticado en base a medición de caudales y presiones verificado por un software de análisis de datos proponiendo soluciones a las pérdidas de agua no contabilizada.

Objetivos específicos

- Realizar un censo hidráulico y sanitario de las redes globales del campus universitario recabando información de planos existentes y levantar la información faltante de diámetros de tuberías y accesorios para obtener la mayor información posible del sistema instalado y del estado en que se encuentra.

- Simular el funcionamiento de las redes hidráulicas y sanitarias globales del campus universitario en un software de análisis de sistemas de distribución de agua para determinar si los elementos hidráulicos existentes son suficientes para el buen manejo del recurso hídrico.
- Realizar una campaña de medición de caudales de agua residual en alcantarillado e implementar caudalímetros inteligentes IoT para la medición de caudales de entrada en el edificio administrativo del campus universitario para detectar el volumen de aguas no contabilizadas.
- Identificar e implantar un conjunto de medidas que reviertan los volúmenes de desperdicio en las redes hidráulicas y sanitarias principales de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE campus matriz e internas del edificio administrativo, a partir de acciones e instrumentos tecnológicos, normativos y económicos solucionando los problemas de fugas de agua presentes en la institución.

Alcance del proyecto

El presente estudio se centra en realizar un plan de mejoras en las redes principales hidráulicas y sanitarias de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE campus Sangolquí, ayudando al mejor manejo del recurso hídrico solucionando actuales y futuras pérdidas del líquido vital.

Adicionalmente, se implementará un equipo de medición (caudalímetro IoT) en la entrada de la red hidráulica del edificio administrativo para monitorear el agua que ingresa a las redes de agua potable del edificio para posteriormente medir el volumen de aguas residuales que salen del edificio en una campaña de 7 días. Incursionando en el Smart Water y dando el primer paso necesario para alcanzar el primer edificio inteligente con Smart Water dentro de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Para el levantamiento de catastro se incluirá la información solicitada por la normativa vigente, que incluye localización, diámetro, profundidad, material, año de instalación y evaluación de su estado físico y operativo.

Justificación e importancia

Desde el principio de la existencia del hombre, el agua ha sido el elemento que ha estado al servicio de la humanidad, encontrándose en ríos, lagos o arroyos. Pero gracias a la población mundial que se encuentra en constante crecimiento al pasar del tiempo, se ha puesto en manifiesto la importancia del seguimiento biológico del uso del agua, tanto es así que varias instituciones en todo el mundo se dedican al cuidado y tratamiento del agua, contribuyendo a la determinación del consumo diario de este importante líquido (Gaibor & Villavicencio, 2020).

El departamento de desarrollo físico de la universidad tiene la necesidad de reducir la cantidad de agua fugada de los sistemas que abastecen a la Universidad de las Fuerzas Armadas ya que se puede incrementar la fiabilidad del sistema, minimizar las pérdidas económicas, satisfacer las necesidades del usuario, e incluso contar con una capacidad adicional en el caso de crecimiento de la comunidad universitaria (Ayala, Ocaña, Pérez, Izquierdo, & Herrera, 2013), o el impacto de adquirir mayor demanda de agua debido a prácticas aseo personal y sanitización de espacios por la reactivación de actividades presenciales post pandemia de COVID-19 (Carrera *et al.*, 2020).

El uso doméstico del agua potable en Ecuador se controla mediante el uso de medidores de agua, que miden el caudal de agua consumido en el domicilio, determinado por la velocidad o volumen del flujo en las tuberías (Gaibor & Villavicencio, 2020), La tecnología se desarrolla día a día en distintas ramas de nuestro entorno y puede contribuir con una gran cantidad de información, sistemas y prototipos que ayudan con la solución de varios problemas con los que

se vive a diario. Los nuevos aditamentos hidráulicos de IoT se basan en la necesidad de poder monitorear y controlar el suministro de un líquido tan importante en función de la necesidad de que las personas, recopilando información sobre el estado del suministro de agua de manera casi inmediata (Córdoba, Predyd, Bernal, & Mitre, 2020).

Los monitoreos a la red también podrán integrarse con datos externos como fuentes hídricas, patrones pluviales y fluctuaciones de temperatura, mitigando los impactos de fenómenos climáticos extremos en la calidad y disponibilidad del agua, así como en redes de alcantarillado y drenaje. La redundancia creada por la combinación de sistemas tradicionales y distribuidos significa que habrá servicios de respaldo disponibles en caso de que alguno de los componentes se vea alterado (Cavallo et al., 2020).

Por tanto, la finalidad de este estudio es recabar la mayor parte de información relacionada con el estado físico actual de las redes de alcantarillado y agua potable para conocer su condición y funcionamiento, debido a que actualmente no se la posee, para posteriormente perfeccionar y dar soluciones óptimas ante cualquier novedad encontrada o que se prevea presentar en el futuro en el sistema hidráulico o de drenaje sanitario de los edificios del campus universitario (Instituto Nicaragüense de acueductos y alcantarillados (INAA) et al., 2017).

Hipótesis

Existen pérdidas mayores al 30% en las redes de alcantarillado y agua potable en el campus matriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Variables de investigación

Variables Independientes

- Caudales de aguas residuales domésticas.
- Caudales de aguas residuales por infiltración.
- Presiones.
- Caudales de aguas no contabilizadas.
- Período de diseño.
- Población.
- Dotación.

Variables dependientes

- Caudal máximo diario.
- Caudal medio diario.
- Caudal máximo anual diario.
- Caudal medio anual diario.
- Caudal máximo horario.
- Caudal medio diario.

Capítulo II

Marco Teórico

Estudio de prefactibilidad

Se refiere al conjunto de datos y estudios iniciales necesarios para proporcionar métodos y verificar alternativas técnicamente viables en el tratamiento de agua potable y aguas residuales (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2019).

Balance de pérdidas

Permite cuantificar pérdidas reales y aparentes calculando sus costos en un determinado momento, y a partir de esta valoración es que se pueden comenzar a definir las acciones que permitirán disminuir las pérdidas en cada acueducto, aquí nace la importancia del balance de agua que debe ejecutarse con alta precisión y agilidad obteniendo resultados erróneos que influyen en la aplicación de medidas que al no cumplir los objetivos propuestos generan gastos innecesarios de tiempo y recursos teniendo en cuenta que la implementación de un programa de manejo de pérdidas es definitivamente costosa (Ramos, 2017).

Agua potable

Es agua predestinada al consumo humano, debe estar libre de organismos causantes de enfermedades y elementos o sustancias que puedan tener efectos fisiológicos nocivos, y debe cumplir con los requisitos normados por el ente competente (Instituto Ecuatoriano de normalización, 2019).

Redes de distribución principales y secundarias

Las redes principales se utilizan en la repartición de agua en cierta zona o localidad, mientras que la red secundaria es utilizada en la repartición interna de viviendas, edificios u otras obras de consumo de agua (W. Sandoval, 2020).

Fugas visibles

Estas fugas son evidentes debido a que el agua fluye significativamente o daña la superficie de la carretera, genera ruido, reducen presiones y malogran en el servicio (Instituto Nicaragüense de acueductos y alcantarillados (INAA) et al., 2017).

Fugas no visibles

Aunque son pequeñas, pueden ser detectadas por equipos especializados, ya que, desperdician un gran porcentaje de agua. No salen a la superficie ni se detectan visualmente, y se deben encontrar utilizando detectores de sonido como sismómetros o mediante sistemas de registro (Instituto Nicaragüense de acueductos y alcantarillados (INAA) et al., 2017).

Mantenimiento preventivo

Consiste en realizar actividades destinadas a asegurar el buen funcionamiento e integridad de todas las estructuras físicas mediante la ejecución permanente de procedimientos. Estas actividades se desarrollan a través de inspecciones y procedimientos planificados con base en las frecuencias recomendadas de los componentes de los sistemas de distribución (Aguas Machala, n.d.).

Mantenimiento correctivo

Incluir actividades encaminadas a reparar oportunamente las fallas que se presenten en la estructura física, como, por ejemplo, reparaciones de válvulas de compuerta, hidrantes, etc. y sus instalaciones (Aguas Machala, n.d.).

Control de presiones en redes de agua potable

La presión de servicio debe medirse mensualmente en puntos estratégicos del sistema de distribución durante los períodos de mayor consumo de energía eléctrica (Instituto Nicaragüense de acueductos y alcantarillados (INAA) et al., 2017).

Cada año se elaborará un cuadro para cada comunidad o sector en el que se registre el estrés medio alcanzado. Estas curvas serán un factor importante para determinar la necesidad de ampliar o fortalecer el sistema de distribución (Instituto Nicaragüense de acueductos y alcantarillados (INAA) et al., 2017).

Método volumétrico

Se utiliza el método de cálculo de flujo más simple. Se utiliza para arroyos pequeños y es el método más preciso, siempre que el depósito sea lo suficientemente grande y su capacidad se pueda medir con precisión. Consiste en enviar el caudal a un tanque impermeable de volumen conocido y calcular el tiempo total para llenar el tanque (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, 2017)

Cada vez que se trate de calcular caudales pequeños en trabajos experimentales o para conocer rápidamente el caudal aportado por un determinado afluente es recomendable utilizar este método práctico. (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, 2017).

Sistema de suministro de agua

Consta de dispositivos de captación, almacenamiento, conducción, bombeo, procesamiento y distribución. El agua utilizable de ríos, manantiales y depósitos del subsuelo se recolecta gracias a las obras de captación y embalse de agua, incluyendo actividades de mantenimiento y desarrollo de manantiales, pozos, cuencas de afluencia, la construcción de presas y corredores de filtración. El transporte del líquido vital se produce gracias a acueductos

y canales, así como instalaciones de bombeo complementarias que transportan agua desde las fuentes hasta los centros de distribución. El tratamiento es una serie de procesos que llevan el agua a la calidad deseada. Por último y no menos importante, está la distribución, que consiste en suministrar agua potable al usuario incluyendo todas las características técnicas y saludables del caso (CONAGUA & SEMARNAT, 2019).

Regulación de autorización de uso o aprovechamiento del agua

La agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA) pretende mejorar y optimizar la gestión de las autorizaciones; Validando, controlando y estandarizando los procedimientos incluyendo las condiciones y obligaciones de los usuarios(Agencia de Regulación y Control del agua ARCA, 2016).

La secretaría Nacional del agua y el ARCA dentro del proceso de autorizaciones se manejan las siguientes actividades que involucran la interacción entre las dos entidades(Agencia de Regulación y Control del agua ARCA, 2016):

Tipos de autorizaciones de uso y aprovechamiento del agua DIR-ARCA-RG-004-

2016

Se otorgan bajo las siguientes condiciones: Autorización de Agua, Consumo Humano, Riesgo de Soberanía Alimentaria Garantizada, Autorización de Agua, Riego Productivo, Riego Menos de 5 L/s y Tanques Menos o Iguales a 15 L/s, Turismo, Energía Hidroeléctrica, Industria, agua embalaje y otras actividades de producción (Agencia de Regulación y Control del agua ARCA, 2016).

Procedimientos para la emisión de autorizaciones de uso y aprovechamiento del agua

La autorización para el uso y aprovechamiento de aguas se tramitarán de conformidad con los procedimientos generales o simplificados para los recursos hídricos, uso y aprovechamiento de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos. (Agencia de Regulación y Control del agua ARCA, 2016).

El procedimiento general

Se tramita la demarcación hidrográfica correspondiente únicamente para los siguientes usos y aprovechamientos del agua(Agencia de Regulación y Control del agua ARCA, 2016).

Usos: Consumo humano para GADs

Aprovechamientos: Riego productivo mayor o igual a 5 L/s (incluyendo abrevaderos mayores a 15 L/s), turismo, hidroenergía, industria incluyendo minería, hidrocarburos, producción industrial, envasado de agua y otras actividades productivas (Agencia de Regulación y Control del agua ARCA, 2016).

Para este tipo de procedimientos se requiere la emisión del certificado de disponibilidad de agua e informe previo vinculante por parte de la ARCA (Agencia de Regulación y Control del agua ARCA, 2016).

Procedimiento simplificado

Procedimiento tramitado en el centro de atención al ciudadano únicamente para los siguientes usos y aprovechamientos del agua (Agencia de Regulación y Control del agua ARCA, 2016).

Usos: Consumo humano distinto a GADs, riego que garantiza la soberanía alimentaria como riego por charcos, acuicultura, producción agropecuaria, otras actividades de la agricultura familiar (Agencia de Regulación y Control del agua ARCA, 2016).

Aprovechamientos: Riego menor a 5 L/s que incluye abrevadero de animales menor o igual a 15 L/s (Agencia de Regulación y Control del agua ARCA, 2016).

Un informe técnico elaborado por una sola autoridad de aguas servirá como prueba de la disponibilidad de agua para tales trámites y no requiere informe previo y vinculante de ARCA (Agencia de Regulación y Control del agua ARCA, 2016).

Certificación de disponibilidad de agua

El ARCA, con base en la información registrada en inventarios, balances hídricos, autorizaciones y permisos, mediante los cuales se demuestre la disponibilidad de fuentes de agua con cierta probabilidad de exceder el estándar, este requisito se aplicará en caso de tramitación conforme al procedimiento general. De acuerdo con la primera disposición provisional, hasta que las instituciones de regulación de conservación de agua implementen marcos institucionales, y se priorizará la emisión de CDA para los siguientes propósitos y desarrollo (Agencia de Regulación y Control del agua ARCA, 2016).

Consumo humano para GADs, riego productivo mayor a 5 L/s, envasado de agua, hidroelectricidad, industrial para los aprovechamientos mineros mayores a 50 L/s (Agencia de Regulación y Control del agua ARCA, 2016).

En los casos que no se encuentren enmarcados en los incisos anteriores se emitirá el cedía sobre la base del informe técnico emitido por el perito de la Secretaría del agua en el proceso de autorización (Agencia de Regulación y Control del agua ARCA, 2016)

Consideraciones adicionales previo al envío al ARCA

Este requisito se aplicará en el caso de nuevas autorizaciones y modificaciones, si la solicitud se cumple después del 6 de agosto de 2014, solicitar el CD para proporcionar el caudal solicitado, no el caudal evaluado, enviar la solicitud a ARCA con el siguiente formulario: Solicitud de autorización de uso único de agua, verificando el caudal solicitado y coordenadas de ubicación (Agencia de Regulación y Control del agua ARCA, 2016).

Informe previo vinculante

Este documento es utilizado por ARCA para verificar la regularidad de los procedimientos realizados por la delimitación hidrológica, la práctica de cumplir con los procedimientos establecidos por las leyes, reglamentos y el artículo 004. Una vez aceptado el informe técnico por Si los documentos recibidos están incompletos, ARCA devolverá los documentos administrativos a las demarcaciones hidrológicas correspondientes para compensar las observaciones y ARCA tendrá 5 días para emitir un informe previo y vinculante (Agencia de Regulación y Control del agua ARCA, 2016).

Sistema de alcantarillado sanitario

Conjunto de tuberías y obras adicionales diseñadas para recolectar aguas residuales (Instituto Ecuatoriano de normalización, 2019).

Consumo o demanda

Se refiere al caudal medio diario de agua potable consumido por cada habitante. Incluye consumo doméstico, comercial, industrial y público (Instituto Ecuatoriano de normalización, 2019).

De hecho, el consumo de agua va cambiando minuto a minuto, mostrando así consumos de horas máximas y mínimas. (CAMPAÑA QUISAGUANO & ORTEGA QUIÑONEZ, 2016).

Dispositivos IoT

Es un medio de establecer una conexión entre su computadora y cualquier otra computadora a nivel mundial a través de servidores y algunos enrutadores dedicados. La principal forma de comunicación de la Internet actual es entre seres humanos (es decir, de humano a humano). La próxima forma de comunicación que utiliza Internet como tecnología subyacente es el Internet de las cosas (IoT). La IoT amplía las capacidades de Internet para permitir la comunicación entre máquinas. Por lo tanto, se puede decir que las IoT proporcionan comunicación entre todos y todo. Las IoT permiten incorporar algún tipo de inteligencia en los objetos que están o pueden estar conectados a la Internet a fin de intercambiar información y, por lo tanto, comunicarse, invocar ciertas acciones basadas en los insumos, tomar decisiones y prestar servicios útiles (Chopra, Gupta, & Lambora, 2019).

Aplicación de dispositivos IoT

Se necesitan tres componentes para la utilización perfecta del internet de las cosas (IoT) (Madakam, Ramaswamy, & Tripathi, 2015).

- a) El hardware está compuesto por sensores, actuadores, cámaras IP, CCTV y comunicación integrada (Madakam, Ramaswamy, & Tripathi, 2015).
- b) Almacenamiento y herramientas informáticas de media demanda para el análisis de datos con la nube y el Big Data Analítica (Madakam, Ramaswamy, & Tripathi, 2015).
- c) Presentación-fácil de comprender los instrumentos de visualización e interpretación que pueden diseñarse para las diferentes aplicaciones (Madakam, Ramaswamy, & Tripathi, 2015).

Nombres y funciones de los dispositivos IoT

Los IoT pueden llamarse de diferentes formas como: Web de las Cosas, Internet de los Objetos, Inteligencia Embebida, Dispositivos conectados y tecnología Omnipotente, Omnisciente y Omnipresente. Además de estos, también tiene llamando como conteo a los Sistemas Físicos Cibernéticos "Integraciones de computación y procesos físicos", en los cuales unimos los mundos real y virtual como la computación omnipresente siendo un entorno informático en el que prácticamente todos los objetos tienen capacidad de procesamiento con conexiones inalámbricas o por cable a una red mundial mencionando a la computación o tecnología de la calma, donde la tecnología se vuelve virtualmente invisible en nuestras vidas, donde la Interacción Máquina a Máquina significa que no hay intervención humana mientras que los dispositivos se comunican de extremo a extremo y donde la Interacción Humano-Computadora implica el estudio, la planificación y el diseño de la interacción entre las personas y las computadoras (Madakam, Ramaswamy, & Tripathi, 2015).

Universidad inteligente

Así como una ciudad inteligente, esta se ancla fuertemente el poder de TI, con un énfasis particular en el concepto de "Internet de las cosas" (IoT) para conectar sistemas y personas mientras inspira innovación en objetos cotidianos que benefician a toda la comunidad (Universidad de Alicante, 2015), implementando como un elemento esencial en la creación y ejecución de proyectos e iniciativas que inciden en un desarrollo exitoso, influyendo en los enlaces de objetos tecnológicos o elementos que tengan conexión a internet (Parra et al., 2017).

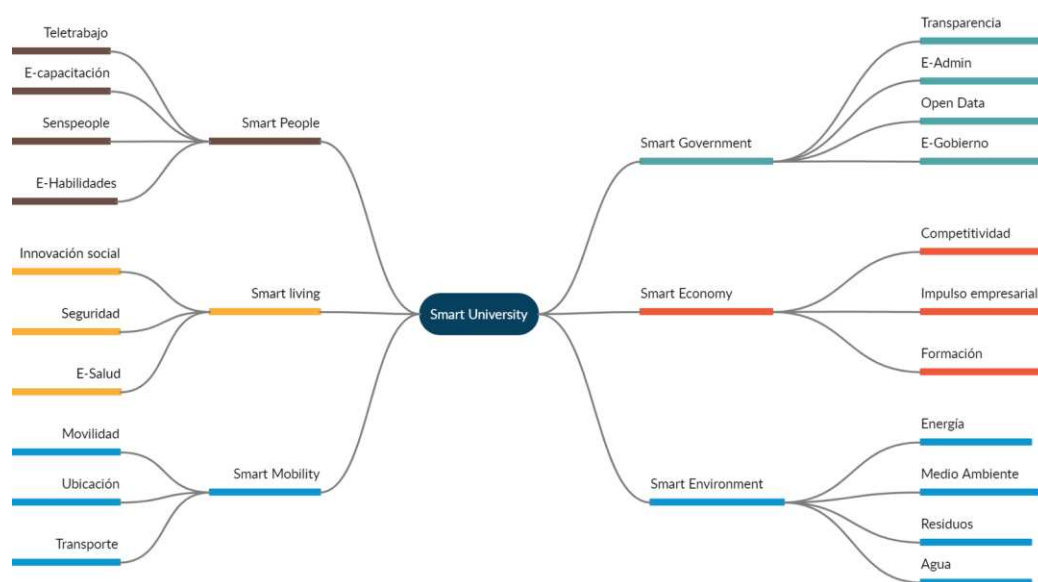
Utilizando la inteligencia artificial como un medio poderoso de adaptación e inclusión de apoyo para proporcionar ayuda y recursos de una manera que sea pertinente y relevante para el aprendizaje individual y grupal con necesidades de conocimientos y habilidades de los estudiantes, donde es necesario un modelo y un marco de diseño de instrucción para integrar a

los estudiantes y orientar el apoyo para obtener resultados de aprendizaje comunes e ideales (Zapata Ros, 2018).

Con el propósito de diseñar propuestas de elementos para una universidad sostenible e inteligente, nos alineamos a los ejes Smart delimitados en el informe *Mapping Smart Cities in the EU* (Manville et al., 2014) relacionándolos en la Figura 2.

Figura 2

Ejes Smart para una universidad inteligente



Nota. Adaptado de (Manville et al., 2014).

Donde la Arquitectura bio-climática pasiva busca que los elementos de ventilación e iluminación están diseñados para aprovechar al máximo las condiciones climáticas externas, teniendo en cuenta el perfil del viento y la radiación solar en el área del proyecto (C. Sandoval, 2018).

Y la Arquitectura bio-climática activa busca que los elementos de conversión de energía se integren en la estructura del edificio para optimizar el diseño. Incluyendo la ubicación de

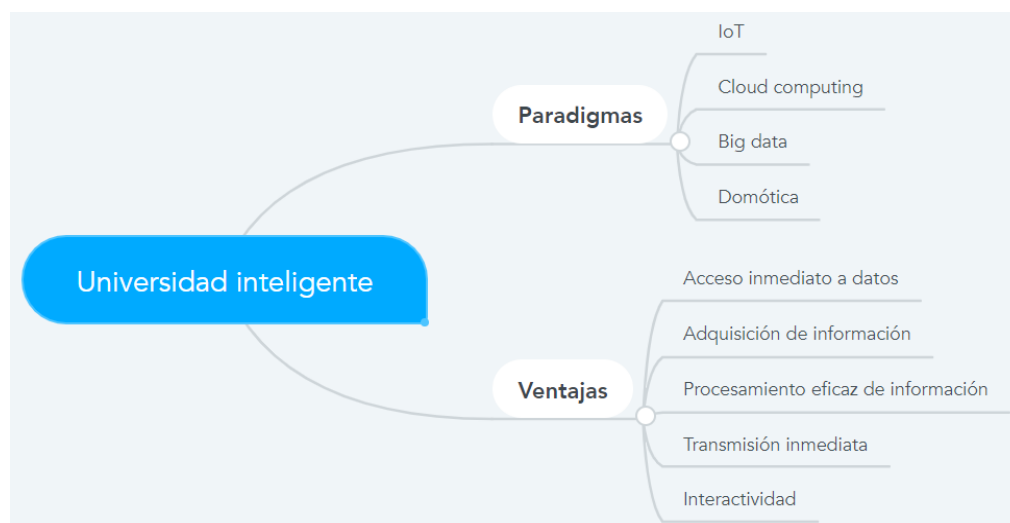
espacios para elementos residenciales (como vegetación), que pueden ser proporcionados por jardines verticales para aislar la edificación (C. Sandoval, 2018).

Por tanto, el objetivo final de las universidades inteligentes es mejorar la calidad de vida de sus comunidades aplicando las tecnologías de la información (TI) de forma global, intensiva y sostenible, en la que las políticas económicas, de sostenibilidad, de construcción o de desarrollo determinan lo local, aunque sigan estándares similares a las políticas y estrategias nacionales o internacionales, no dependen de factores externos. No solo se habla de computadoras, dispositivos móviles, sensores o redes, sino también de nuevos conceptos y paradigmas de tecnología social (Parra et al., 2017).

Entre tantos, los paradigmas y ventajas más importantes de TI aplicados a las universidades inteligentes se visualizan en la Figura 3.

Figura 3

Paradigmas y ventajas aplicados a universidades inteligentes



Nota. Figura adaptada de (Parra et al., 2017).

Pilares de un campus inteligente

Según (Galeano-Barrera et al., 2018) se puede clasificar y obtener grupos o pilares que orienten a las instituciones universitarias hacia un Smart Campus, los cuales se encuentran centrados en:

Educación: Tiene en cuenta el aprendizaje, información y datos (Galeano-Barrera et al., 2018).

Ambiente: Implica un uso efectivo de recursos naturales, sistemas de monitoreo ambiental, manejo, disposición final de residuos y planes de protección de recursos naturales (Galeano-Barrera et al., 2018).

Sociedad: Administra los roles fundamentales de implementar prácticas inteligentes, incluyendo redes sociales, trabajo colaborativo, compromiso cívico y patrones de comportamiento (Galeano-Barrera et al., 2018).

Gobernanza: Identifica como factores clave para la realización del plan de parque inteligente, incluyendo políticas internas, definición y estandarización de procesos, certificación de calidad, certificación, gestión horizontal, liderazgo, motivación organizacional y sentido de responsabilidad social universitaria (Galeano-Barrera et al., 2018).

Infraestructura y movilidad: Se refiere al acceso a campus, movilidad, edificios y fachadas inteligentes dentro de los campus (Galeano-Barrera et al., 2018).

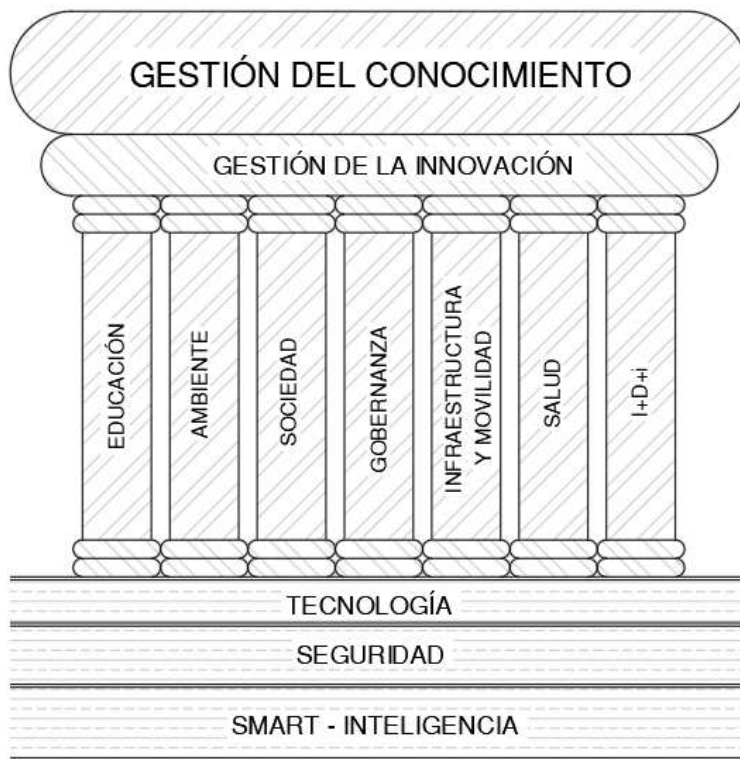
Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i): Principalmente enfocado en diseño, desarrollo y prototipos (Galeano-Barrera et al., 2018).

Salud: Se refiere a la consideración y principalmente a la atención preventiva, planes de cuidado personal, indicadores de seguimiento de pacientes, aplicaciones de consejos médicos y coordinación de investigaciones médicas (Galeano-Barrera et al., 2018).

Como se aprecia en la Figura 4, el esquema de pilares que sustenta los tres elementos de innovación y gestión (tecnología, seguridad e inteligencia), que en última instancia afectan la gestión global del conocimiento dentro de la institución universitaria (Galeano-Barrera et al., 2018).

Figura 4

Pilares de un Campus Inteligente enfocándose en la administración del conocimiento



Nota. Adaptado de (Galeano-Barrera et al., 2018)

La identificación de los pilares del conocimiento, los factores tecnológicos, la innovación y la gestión de la seguridad, es seguro que las habilidades para generar soluciones inteligentes para los campus universitarios se adquieren a través de una práctica única. Es por esto que la inteligencia se sustenta en la inteligencia, que incluye la recolección de datos para ser clasificados y analizados con el fin de lograr la transformación de expresarlos claramente como entorno. Esto está convirtiendo la inteligencia en una habilidad que puede integrar la experiencia, sacar conclusiones más confiables y tomar decisiones correctas. Por otro lado, la tecnología que es la columna vertebral del campus inteligente que juega un papel vital en el empoderamiento de la comunidad universitaria porque intenta partir del espacio académico y compatibilizarlo con la sociedad (Jiménez Pitre et al., 2017).

Agua Inteligente (Smart Water)

El agua es uno de los recursos más preciados de cualquier civilización, por lo que comprender sus propiedades y el estado de la infraestructura relacionada es importante para el uso adecuado del agua. La tecnología de Internet de las cosas proporciona un sistema completo para el despliegue de todo tipo de proyectos de infraestructura de conservación de agua inteligente, tales como (Thingier.io, 2020):

- Monitoreo de la costa con boyas inteligentes
- Industria de servicios de agua
- Sistema de riego inteligente
- Medición de volumen de agua
- Seguimiento de plantas de tratamiento y desalación

Los sensores de corriente permiten medir las características del agua, como pH, salinidad, oxidación, cloro, patógenos y diversos sensores útiles para la infraestructura de

distribución, permitiendo la restauración de variables como caudal instantáneo de agua, nivel del tanque, presión, etc. La tecnología IoT es totalmente compatible con estas y recupera datos de todo tipo de redes y protocolos de transferencia de datos, lo que nos permite ingerir, almacenar y analizar los datos del dispositivo en un panel personalizable y crear automatismos ante cualquier evento que puede aparecer en el tratamiento de aguas o abastecimiento de ciudades y cultivos (Thinger.io, 2020).

Beneficios:

- Mejora eficiencia, trazabilidad de los datos
- Evita y notifica las fugas de agua.
- Agua sanitaria más limpia y segura
- Sistema de suministro más eficiente y sostenible

Metodología de desarrollo del proyecto

Catastro

- Revisión de los planos as built proporcionados por desarrollo físico
- Levantamiento catastral de redes de agua potable
- Levantamiento catastral de redes sanitarias
- Digitalización de redes generales del campus

Medición de presiones en red de agua potable

- Campaña de medición de presiones en varios puntos de la red de agua potable

Medición de caudal de aguas residuales

- Campaña de medición de caudal durante siete días con tres intervalos mínimo en horas de mayor consumo.
- Medición in situ.
- Procesamiento por parámetros geométricos de la sección transversal.

Medición de caudal de agua potable

- Implementación de caudalímetros inteligentes IoT
- Medición de caudal con sensor remoto, recibiendo datos en la nube en tiempo real.

Simulación de funcionamiento de redes de agua potable y sanitarias

- Modelado de sistema de distribución de agua potable en WaterCAD
- Modelado de sistema de descarga de agua servida en SewerCAD

Propuesta de mejora para redes de agua potable y sanitarias

- Informe de estado físico de redes de agua potable y sanitarias
- Balance de pérdidas del sistema
- Propuesta de cambio de aparatos sanitarios comunes por ahorradores
- Propuesta de inversión en mejoramiento de sistemas

Fuentes y técnicas de recopilación de información y análisis de datos.

Fuentes primarias

- Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes / Código Ecuatoriano de la construcción de parte IX obras sanitarias CO 10.07 – 601 (SENAGUA).

- Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (CONAGUA)
- Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q
- Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes (INEN)
- Instalaciones hidrosanitarias y de Gas para Instalaciones Rafael Pérez Carmona 6ta ed.
- Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE
- Desarrollo físico de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE

Fuentes secundarias

- Revisión Bibliográfica (artículos, normas, tesis y libros)

Técnicas de recopilación de información

- Observación de campo
- Entrevista
- Inspección visual de las cajas y pozos de revisión.
- Campaña de medición de caudales
- Campaña de medición de presiones

Periodo de diseño

Periodo de tiempo en el que una estructura u obra trabaja sin necesidad de crecimientos (NORMA CO 10.07 - 601, 2016).

Durante el período de diseño escogido, en los sistemas de abastecimiento de agua se garantiza la funcionalidad de todas las obras y bajo ningún concepto se proyectarán obras

definitivas con periodos menores a 15 años, por lo general en las obras de fácil ampliación se deben tener periodos de diseño cortos, mientras que en los de difícil ampliación, se debe tener periodos más prolongados. Los años de servicio recomendados para los sistemas se establecen dependiendo de los casos de la Figura 5.

Figura 5

Años de servicio sugeridos para los elementos de un sistema de agua potable

COMPONENTE	VIDA ÚTIL (AÑOS)
Diques grandes y túneles	50 a 100
Obras de captación	25 a 50
Pozos	10 a 25
Conducciones de hierro dúctil	40 a 50
Conducciones de asbesto cemento o PVC	20 a 30
Planta de tratamiento	30 a 40
Tanques de almacenamiento	30 a 40
Tuberías principales y secundarias de la red:	
De hierro dúctil	40 a 50
De asbesto cemento o PVC	20 a 25
Otros materiales	Variables de acuerdo especificaciones del fabricante

Nota. Tomado de Vida útil sugerida para los elementos de un sistema de agua potable (p.41), 2019, (Instituto Ecuatoriano de normalización, 2019). Todos los derechos reservados.

Dotación

La dotación de agua potable considera la cantidad de líquido necesario para satisfacer las necesidades de la población y otros requerimientos particulares de la misma. Si existe falta de datos o para estudios de factibilidad se utilizarán las dotaciones de la Figura 6 (Instituto Ecuatoriano de normalización, 2019).

Figura 6*Tabla de dotación recomendada*

POBLACIÓN (habitantes)	CLIMA	DOTACIÓN MEDIA FUTURA (l/hab/día)
Hasta 5000	Frío	120 – 150
	Templado	130 – 160
	Cálido	170 – 200
5000 a 50000	Frío	180 – 200
	Templado	190 – 220
	Cálido	200 – 230
Más de 50000	Frío	> 200
	Templado	> 220
	Cálido	> 230

Nota. Tomado de Dotaciones recomendadas (p.42), 2019, (Instituto Ecuatoriano de normalización, 2019). Todos los derechos reservados.

Capítulo III

Metodología

Área de estudio

El estudio se desarrolla en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE campus matriz, que se encuentra localizado en el valle de los chillos, específicamente en la provincia de Pichincha, al noroeste de la ciudad de Sangolquí, en la región sierra del Ecuador, en la Av. General Rumiñahui S/N y Ambato, sector Santa Clara (ESPE, 2020b). La presente investigación se enfoca también en uno de los edificios más emblemáticos y utilizados que tiene la Universidad, el edificio Administrativo que se encuentra en frente a la entrada principal, aproximadamente a unos 150 m, el cual consta de un subsuelo, una planta baja, un mezanine y 6 pisos, desde donde se maneja la mayor parte de la administración y donde laboran las máximas autoridades de la Universidad.

Población actual y de saturación del campus

Para identificar la población actual de estudiantes del campus se tomó en cuenta los registros de la Unidad de Admisión y Registro de la universidad considerando el memorando ESPE-CICIV-2021-0260-M (Ing. Maribel A. Aldás Vaca, 2021), en el cual reflejó la población de estudiantes matriculados en el campus Sangolquí en modalidad presencial en el período MAY 2021 - SEP 2021, para lo cual se expresa la población de estudiantes de carrera en la Tabla 1 y en la Tabla 2 la población de estudiantes de nivelación dando un total de 9620 estudiantes.

Tabla 1

Población de estudiantes de pregrado por carreras período MAY 2021 - SEP 2021

PERIODO		MAY 2021 - SEP 2021
CARRERAS DE TERCER NIVEL		
MODALIDAD DE EDUCACIÓN PRESENCIAL Y DUAL		
CÓDIGO	CAMPUS SANGOLQUÍ	No. Alumnos
1	ING. CIVIL	546
2	ING. GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE / TECNOLOGÍAS GEOESPACIALES	316
3	ING. MECÁNICA / MECÁNICA	443
4	ING. MECATRÓNICA / MECATRÓNICA	710
5	ING. EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL / ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN	490
6	ING. EN ELECTRÓNICA, REDES Y COMUNICACIÓN DE DATOS ING. EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES /	
7	TELECOMUNICACIONES	454
8	ING. EN BIOTECNOLOGÍA / BIOTECNOLOGÍA	607
9	ING. COMERCIAL / COMERCIO / ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS ING. FINANZAS Y AUDITORÍA / FINANZAS Y AUDITORÍA /	576
10	CONTABILIDAD Y AUDITORÍA	745
11	ING. EN MERCADOTECNIA / MERCADOTECNIA	500
12	ING. DE SISTEMAS E INFORMÁTICA / TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN	428
13	ING. EN COMERCIO EXTERIOR Y NEGOCIACIÓN INTERNACIONAL / COMERCIO EXTERIOR Y NEGOCIACIÓN INTERNACIONAL	621
14	ING. EN ADMINISTRACIÓN TURÍSTICA Y HOTELERA /	
15	ADMINISTRACIÓN TURÍSTICA Y HOTELERA	469
16	SOFTWARE	311
17	LIC. EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA, DEPORTES Y RECREACIÓN / PEDAGOGÍA DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE	515
	LIC. EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN MENCIÓN EDUCACIÓN INFANTIL / EDUCACIÓN INICIAL	511
TOTAL		8242

Nota. Esta tabla muestra la cantidad de estudiantes de pregrado según su carrera matriculados en el periodo MAY 2021 - SEP 2021, la tabla procede en respuesta al memorando ESPE-CICIV-2021-0260-M (Ing. Maribel A. Aldás Vaca, 2021).

Tabla 2

Población de estudiantes de nivelación Periodo JUN 2021 - SEP 2021

		SI - 2021
PERIODO		JUN2021 -
		SEP2021
CARRERAS DE TERCER NIVEL		
MODALIDAD DE EDUCACIÓN PRESENCIAL		
CÓDIGO	CAMPUS SANGOLQUÍ	No. Alumnos
	CARRERAS CADM	326
	CARRERAS CHUM	198
	CARRERAS CVAD	77
	CARRERAS TÉCNICAS	777
TOTAL		1378

Nota. Esta tabla muestra la cantidad de estudiantes de nivelación matriculados en el periodo JUN 2021 - SEP 2021, la tabla procede en respuesta al memorando ESPE-CICIV-2021-0260-M (Ing. Maribel A. Aldás Vaca, 2021).

El memorando Nro. ESPE-DCTC-2021-1929-M (Ing. David V. Carrera Villacrés, 2021) respondido por departamento de Talento Humano, la población de personal administrativo, docente y de trabajo para manejar correctamente el servicio universitario se contempla en la Tabla 3 y el total de empleados es de 1734.

Tabla 3

Población del personal de la universidad

Tipo	No. empleados
Personal administrativo	508
Personal docente	1116
Personal código trabajo	110
TOTAL	1734

Nota. Esta tabla muestra la cantidad de personal administrativo, docente y de trabajo que se necesita para mantener un correcta administración y uso de las instalaciones, la tabla procede en respuesta al memorando Nro. ESPE-DCTC-2021-1929-M (Ing. David V. Carrera Villacrés, 2021).

Para identificar la población de saturación de estudiantes en cada uno de los edificios que conforman el campus matriz, se toma en cuenta los planos entregados por la Unidad de Desarrollo Físico de la universidad, de la cual se extrajo el área útil de los edificios y se dividió para 1.6 m² que es el área recomendada antes de la pandemia por las normas técnicas y estándares de infraestructura educativa según el acuerdo 483-12 (Ministerio de Educación & Gloria Vidal Illingworth, 2012) y se dividió para 2 m² que es el área recomendada por la UNICEF para evitar contagios dentro de las instalaciones. También se toma en cuenta la capacidad completa de laboratorios, salas de congreso, biblioteca, sistema integrado de salud, residencia y coliseo en el caso Pre-Covid y un aforo del 50% para el caso Pos-Covid. Ya que la población Pre-Covid es la más crítica se toma en cuenta esta para los diseños posteriores.

El aforo de estudiantes antes y después de la pandemia, así como el personal de la universidad se muestra en la Tabla 4, la información completa de la tabla que incluye el área útil de los edificios y la división para el área recomendada por las normas técnicas y estándares de

infraestructura se encuentra en el Anexo A (Población de saturación y dotación de agua para el campus universitario).

Tabla 4

Número de estudiantes y personal de la universidad.

Edificio	Estudiantes Pos-Covid	Estudiantes Pre-Covid	Administrativos/docentes /trabajadores
Bloque A-B	2545	3262	691
Bloque C-D	2984	4316	262
Laboratorio idiomas/suelos	389	487	66
Laboratorio electrónica/biotecnología	320	640	81
Laboratorio geográfica/mecánica	240	480	45
Laboratorio mecánica	200	400	40
Bar/Almacén/Ser. Univ./Salón 2000	120	450	72
Coliseo/CAFDER	752	1315	63
Biblioteca	344	688	17
Policlínico	35	70	24
Edificio administrativo	0	0	235
Transportes/CICTE	0	0	70
Garitas y bodegas	0	0	25
Residencia/comedor	285	320	68
Total	8214	12428	1759

Arquitectura IoT

Se creó un dispositivo IoT capaz de medir el volumen de agua que pasa por el punto de una red de agua potable; en base a un medidor de control de flujo de agua con pantalla LCD o controlador cuantitativo de líquido la programación de una placa Arduino con acceso a internet y una plataforma que reciba los datos enviados por el equipo IoT.

Se utilizó la plataforma Thingier.io para recibir los datos enviados por el equipo IoT, ya que ofrece a los usuarios una recepción de datos al minuto de haberse generado, mostrando los datos generados en un panel de visualización bastante gráfico y dinámico, pudiendo acceder a él en cualquier parte del día y del mundo.

Construcción del circuito

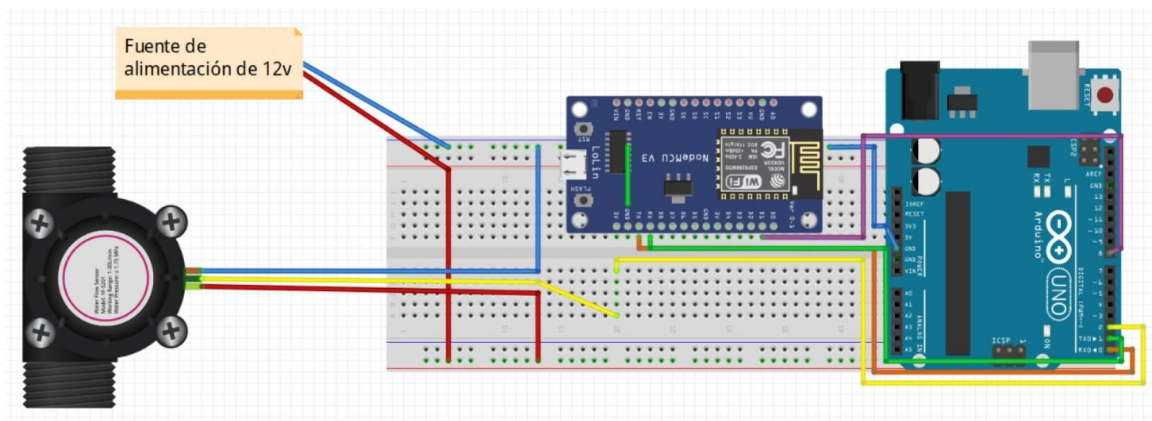
Para la construcción del circuito se necesitó de dos programaciones, la primera fue en una placa Arduino UNO que recibe las señales del medidor de control de flujo de agua y convierte estas señales en datos de volumen de agua que pasan por el punto de la red de agua potable, el segundo fue en una placa NODEMCU ESP8266 V3 que mantiene la comunicación y envía los datos generados en la placa Arduino UNO hacia la plataforma Thingier.io donde se los visualiza.

Nota: Se utilizaron dos placas para la comunicación entre el sensor de agua y la plataforma de visualización de datos, ya que la placa NODEMCU ESP8266 V3 solo cuenta con dos interrupciones, la primera la usa para enviar datos por la tarjeta de red Wifi integrada y la segunda la usa para la recolección de datos, por lo tanto, su arquitectura no nos permite realizar una tercera interrupción para parar el programa y realizar la transformación de la frecuencia de pulsos del sensor y convertirlo a caudal.

La forma física de conexión entre el sensor de flujo, la placa Arduino UNO y la placa NODEMCU ESP8266 V3 se visualiza en la Figura 7.

Figura 7

Conexión física entre sensor de flujo, Arduino UNO y NODEMCU



Código utilizado en la placa Arduino

El lenguaje utilizado para la conexión es Arduino, apoyándonos con el código abierto realizado por el Ing. Luis Llamas Binaburo quien realizó un código abierto en la página <https://www.luisllamas.es/caudal-consumo-de-agua-con-arduino-y-caudalimetro/>, en donde nos explica la conexión entre el sensor de flujo de ½" y la placa Arduino. Se modificó con la ayuda del Ing. David Muñoz MSc. apoyado por el Ing. Wilson Ordóñez, recolectando pulsos generados por el sensor de flujo y conectando la placa Arduino UNO con la placa NODEMCU. Se muestra el código modificado en la Figura 8 y Figura 9.

Figura 8

Inicio del código utilizado en la placa Arduino UNO

```

ARDUINO_UNO_recolector_sensor_flujo

#define sensorPin 2
#define controlPin 8
const int measureInterval = 500;
volatile int pulseConter;

// YF-S201
//const float factorK = 7.5;

// FS300A
//const float factorK = 5.5;

// FS400A
const float factorK = 0.4005; //gredia

//const float factorK = 0.19953; //digiten

float volume = 0;
long t0 = 0;
byte control = 0;

void ISRCountPulse()
{
    pulseConter++;
}

float GetFrequency()
{
    pulseConter = 0;
    interrupts();
    delay(measureInterval);
    noInterrupts();
    return (float)((pulseConter * 1000) / measureInterval);
}

```

Figura 9

Fin del código utilizado en la placa Arduino UNO

```
void SumVolume(float dV)
{
  volume += dV / 60 * (millis() - t0) / 1000.0;
  t0 = millis();
  control = 0;
}

void setup()
{
  //Iniciamos la Comunicacion Serial a 9600 baudios
  Serial.begin(9600);
  pinMode(sensorPin, INPUT);
  pinMode(controlPin, INPUT);

  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensorPin), ISRCountPulse, RISING);
  t0 = millis();
}

void loop()
{
  // obtener frecuencia en Hz
  float frequency = GetFrequency();

  // calcular caudal L/min
  float flow_Lmin = frequency / factorK;
  SumVolume(flow_Lmin);

  if (digitalRead(controlPin) && control == 0) {
    Serial.println(volume, 1);
    control = 1;
  }
}
```

Código utilizado en la placa NODEMCU

En la Figura 10 y Figura 11 se muestra el código realizado por el **Ing. David Muñoz MSc.** que conecta la placa NODEMCU con la plataforma Thinger.io.

Figura 10

Inicio del código utilizado en la placa NODE MCU

```

NODEMCU_Mensajero_Thinger

#include <ESP8266WiFi.h>          //Librería de conexión WiFi del módulo ESP8266
#include <ThingerESP8266.h>      //Librería de la plataforma thinger.io
//Librería de los sensores DHT11, DHT22, etc.

//-----Factor de conversión del caudalímetro-----
double volumen = 0, volumenl = 0, caudal = 0, caudalimp = 0;

// Parámetros del conexión con thinger.io
#define usuario "CaudalímetroRAGA"
#define device_Id "Caudalímetro_residencia_bloque_C"
#define device_credentials "#maut@vVR3Plw1"

ThingerESP8266 thing(usuario, device_Id, device_credentials);

// Parámetros de conexión WiFi
const char WiFi_ssid[] = ██████████ // Nombre de red
const char WiFi_password[] = ██████████; // Clave de red

// Variable de control auxiliar
#define auxPin D1

void setup() {
  ///////////////////////////////////////////////////
  Serial.begin(9600);
  pinMode(auxPin, OUTPUT);
  // Inicialización de la WiFi para comunicarse con la API
  thing.add_wifi(WiFi_ssid, WiFi_password);

  // Inicialización de la lectura de datos desde la API
  thing["dht22"] >> [](pson & out) {
    digitalWrite(auxPin, HIGH);
    delay(700);
    digitalWrite(auxPin, LOW);
    delay(200);
  }
}

```

Figura 11

Fin del código utilizado en la placa NODE MCU

```
String dato = Serial.readString();
volumen = dato.toDouble();

if (caudal < 0) {
  caudal = 0;
  //caudalimp=0;
}

if (volumen == volumen1) {
  caudal = 0;
  //caudalimp=0;
}
if (volumen > volumen1) {
  caudal = (volumen - volumen1);
  volumen1 = ((caudal) + volumen1);
  //caudalimp=caudal/240; //Cambiar por los minutos que se necesite
}

//out[" [Hz]"]=frecuencia;
out["Caudal Medio [L/min]" = caudal;
out["Consumo [L]" = volumen;
};
}

void loop() {
  thing.handle();
}
```

Nota. En las líneas de código:

- // Parámetros de conexión WiFi
- `const char WiFi_ssid[] = "*****"; // Nombre de red`
- `const char WiFi_password[] = "*****"; // Clave de red`

En lugar de los asteriscos, se debe poner el nombre y la clave de la red, en este caso no se la puede hacer de dominio público ya que es una red propia de la universidad, lo que podría ser un problema para la seguridad de la misma.

Los parámetros de conexión que introducimos en la plataforma Thinger.io deben ser los mismos que fueron usados al introducir los datos del nuevo dispositivo en la plataforma (ESPloradores, 2016).

Nota. Si se quiere ahondar más en el proceso de elaboración, materiales utilizados, calibración del equipo, conexión, configuración y comunicación con la plataforma Thinger.io se los encuentra en el Anexo B (Proceso de elaboración, materiales utilizados, calibración del equipo, conexión, configuración, comunicación con la plataforma Thinger.io e instalación del dispositivo IoT).

Recopilación de planos As-built y levantamiento de información faltante.

Gracias al apoyo del departamento de Desarrollo Físico se obtuvo varios planos de la extensión del campus con sus respectivos edificios, así como también planos de emergencia ante desastres naturales de cada uno en formato CAD. Estos planos fueron la base para levantar la información in situ de las redes de agua potable y sanitaria del campus.

El levantamiento de las redes interiores de los edificios se obtuvo gracias a la participación de estudiantes del 8vo nivel de la carrera de Ing. Civil del periodo académico S-I MAY21 - AGO21. En la Figura 12 se encuentra el mapa de ubicación de cada edificio levantado, la numeración con cada edificio se encuentra en la Tabla 5 y se evidencia el trabajo realizado por los estudiantes de 8vo nivel levantando la información de las redes interiores de los edificios de la universidad en la Figura 13 y Figura 14.

Figura 12

Plano de ubicación de los edificios levantados

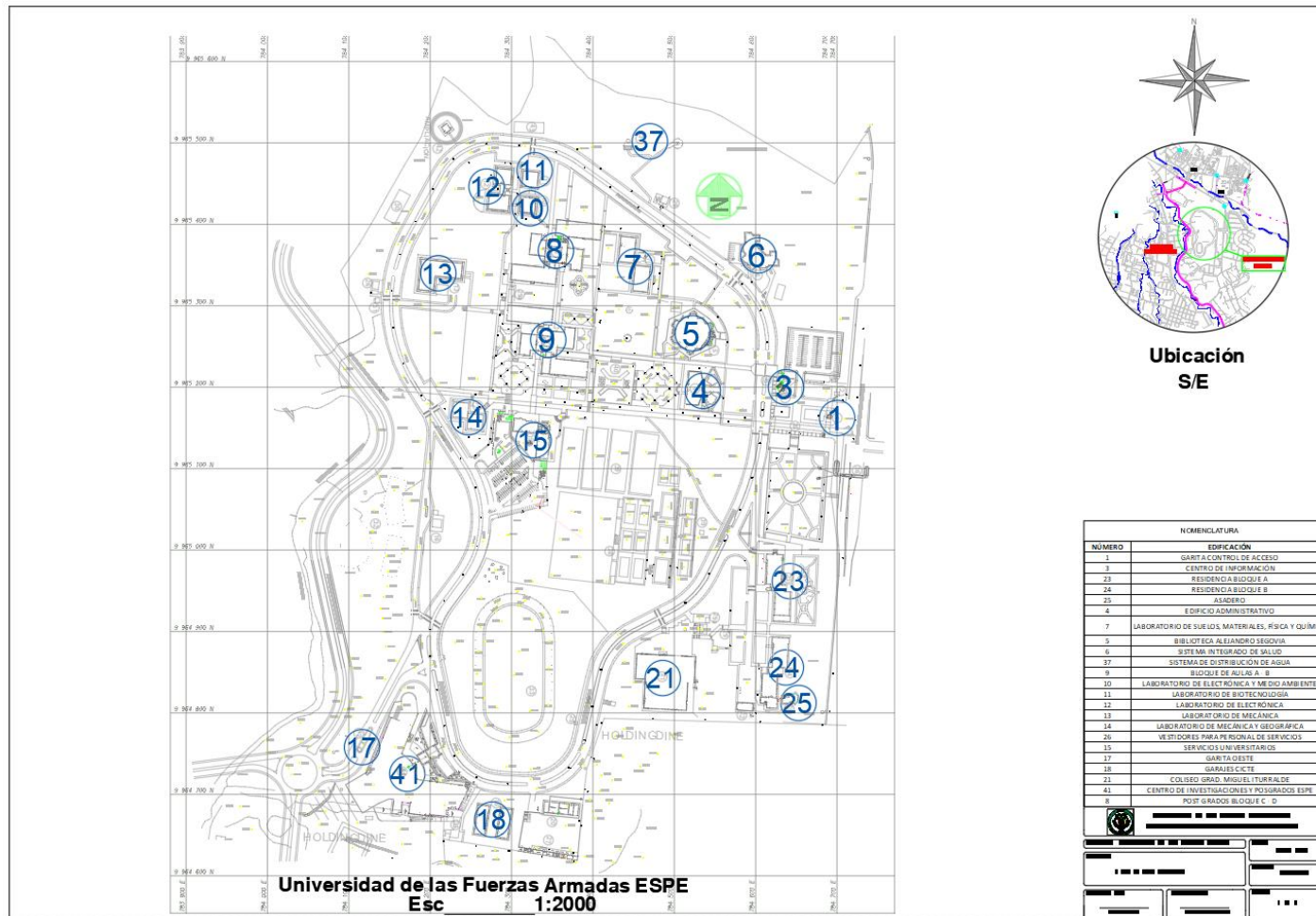


Tabla 5*Edificaciones con redes de agua potable y sanitarias levantadas*

NÚMERO	EDIFICACIÓN
1	GARITA CONTROL DE ACCESO
3	CENTRO DE INFORMACIÓN
23	RESIDENCIA BLOQUE A
24	RESIDENCIA BLOQUE B
25	ASADERO
4	EDIFICIO ADMINISTRATIVO
7	LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, FÍSICA Y QUÍMICA
5	BIBLIOTECA ALEJANDRO SEGOVIA
6	SISTEMA INTEGRADO DE SALUD
37	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
9	BLOQUE DE AULAS A - B
10	LABORATORIO DE ELECTRÓNICA Y MEDIO AMBIENTE
11	LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA
12	LABORATORIO DE ELECTRÓNICA
13	LABORATORIO DE MECÁNICA
14	LABORATORIO DE MECÁNICA Y GEOGRÁFICA
26	VESTIDORES PARA PERSONAL DE SERVICIOS
15	SERVICIOS UNIVERSITARIOS
17	GARITA OESTE
18	GARAJES CICTE
21	COLISEO GRAD. MIGUEL ITURRALDE
41	CENTRO DE INVESTIGACIONES Y POSGRADOS ESPE
8	POST GRADOS BLOQUE C - D

Figura 13

Levantamiento de información de redes interiores de edificios

**Figura 14**

Levantamiento de información de redes interiores de edificios.



Los planos de agua potable y sanitarios generados de cada edificio se pueden encontrar en el Anexo C (Planos) y en el siguiente link de drive:

<https://drive.google.com/drive/folders/19ka0WN01-VvYF5riuzQ5GMVzmmwRrTSme?usp=sharing>

en donde se encuentra también toda la información desarrollada del presente trabajo de titulación, una muestra de los planos realizados se visualizan en la Figura 15 y Figura 16.

Figura 15

Plano de agua potable del edificio Residencia Universitaria

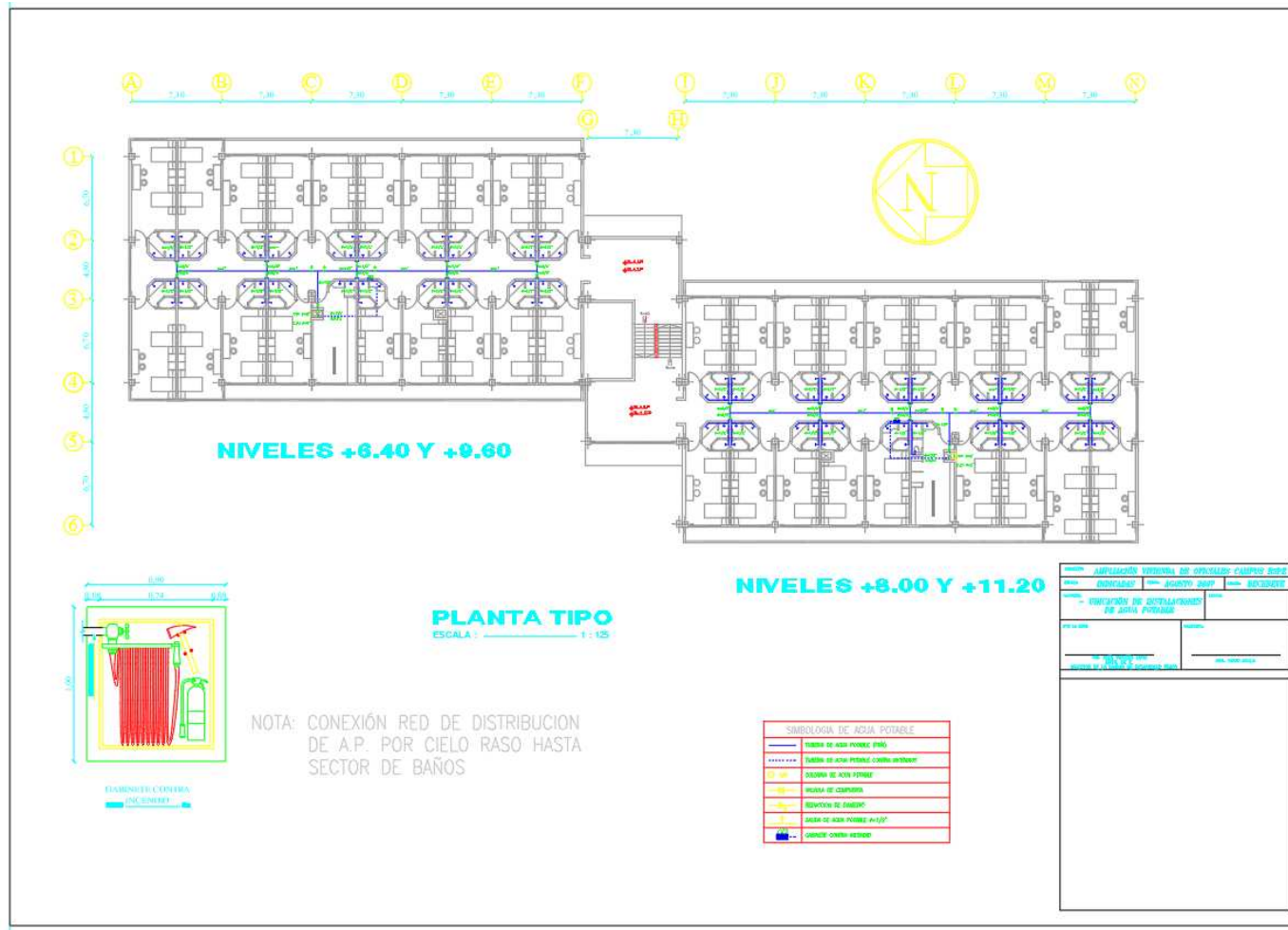
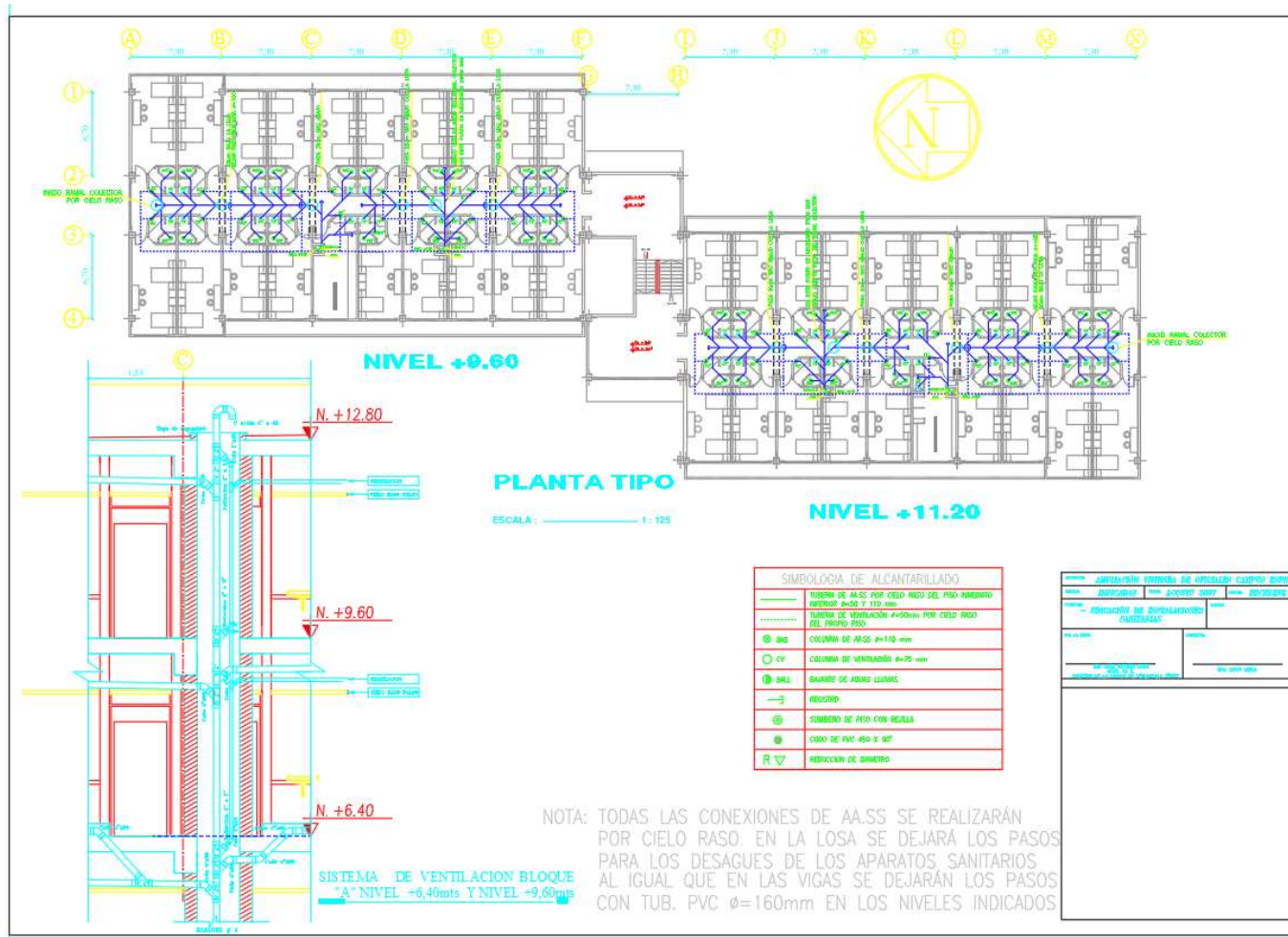


Figura 16

Plano de agua sanitaria del edificio Residencia Universitaria



Se generó una base de datos de los elementos de las redes de agua potable y alcantarillado de cada edificio de la universidad, disponible en el link:

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Ftbe-ozSktqP61jI96vLX_Vc3shukMsP/edit?usp=sharing&oid=103359621970702643249&rtpof=true&sd=true , en la que se encuentran parámetros de cada elemento como: Tipo de accesorio, ubicación, fotografía, coordenadas, esquemas en AutoCAD, dimensiones, observaciones y alertas. Se puede visualizar parcialmente el trabajo realizado en la Figura 17 y Figura 18.

Figura 17

Base de datos del sistema de agua potable y sanitario de los edificios de la universidad

ID	Edificio	Tipo de accesorio	Ubicación	Fotografía	Coordenadas	Esquemas en AutoCAD	Dimensiones	Observaciones	Alertas
101	Edificio A	Grifo	Salón de actos		10.500000, -84.500000		150x100	Funcionando correctamente	Alerta: Ninguna
102	Edificio B	Grifo	Salón de actos		10.500000, -84.500000		150x100	Funcionando correctamente	Alerta: Ninguna
103	Edificio C	Grifo	Salón de actos		10.500000, -84.500000		150x100	Funcionando correctamente	Alerta: Ninguna
104	Edificio D	Grifo	Salón de actos		10.500000, -84.500000		150x100	Funcionando correctamente	Alerta: Ninguna
105	Edificio E	Grifo	Salón de actos		10.500000, -84.500000		150x100	Funcionando correctamente	Alerta: Ninguna
106	Edificio F	Grifo	Salón de actos		10.500000, -84.500000		150x100	Funcionando correctamente	Alerta: Ninguna
107	Edificio G	Grifo	Salón de actos		10.500000, -84.500000		150x100	Funcionando correctamente	Alerta: Ninguna
108	Edificio H	Grifo	Salón de actos		10.500000, -84.500000		150x100	Funcionando correctamente	Alerta: Ninguna
109	Edificio I	Grifo	Salón de actos		10.500000, -84.500000		150x100	Funcionando correctamente	Alerta: Ninguna
110	Edificio J	Grifo	Salón de actos		10.500000, -84.500000		150x100	Funcionando correctamente	Alerta: Ninguna

Figura 18

Base de datos del sistema de agua potable y sanitario de los edificios de la universidad

ID	Nombre	Tipo de edificio	Ubicación	Descripción	Estado	Diagrama de planta	Diagrama de tuberías	Diagrama de conexiones	Material	Diámetro	Longitud	Fecha de instalación	Foto	Observaciones	Estado	Fecha de revisión
001	Edificio de Ingeniería	Sanitario	Carretera de Bogotá	Red de agua potable y sanitaria	Activo	[Diagrama]	[Diagrama]	[Diagrama]	Acero	100mm	100m	2010	[Foto]		Activo	2010
002	Edificio de Ingeniería	Sanitario	Carretera de Bogotá	Red de agua potable y sanitaria	Activo	[Diagrama]	[Diagrama]	[Diagrama]	Acero	100mm	100m	2010	[Foto]		Activo	2010
003	Edificio de Ingeniería	Sanitario	Carretera de Bogotá	Red de agua potable y sanitaria	Activo	[Diagrama]	[Diagrama]	[Diagrama]	Acero	100mm	100m	2010	[Foto]		Activo	2010
004	Edificio de Ingeniería	Sanitario	Carretera de Bogotá	Red de agua potable y sanitaria	Activo	[Diagrama]	[Diagrama]	[Diagrama]	Acero	100mm	100m	2010	[Foto]		Activo	2010
005	Edificio de Ingeniería	Sanitario	Carretera de Bogotá	Red de agua potable y sanitaria	Activo	[Diagrama]	[Diagrama]	[Diagrama]	Acero	100mm	100m	2010	[Foto]		Activo	2010
006	Edificio de Ingeniería	Sanitario	Carretera de Bogotá	Red de agua potable y sanitaria	Activo	[Diagrama]	[Diagrama]	[Diagrama]	Acero	100mm	100m	2010	[Foto]		Activo	2010
007	Edificio de Ingeniería	Sanitario	Carretera de Bogotá	Red de agua potable y sanitaria	Activo	[Diagrama]	[Diagrama]	[Diagrama]	Acero	100mm	100m	2010	[Foto]		Activo	2010
008	Edificio de Ingeniería	Sanitario	Carretera de Bogotá	Red de agua potable y sanitaria	Activo	[Diagrama]	[Diagrama]	[Diagrama]	Acero	100mm	100m	2010	[Foto]		Activo	2010
009	Edificio de Ingeniería	Sanitario	Carretera de Bogotá	Red de agua potable y sanitaria	Activo	[Diagrama]	[Diagrama]	[Diagrama]	Acero	100mm	100m	2010	[Foto]		Activo	2010
010	Edificio de Ingeniería	Sanitario	Carretera de Bogotá	Red de agua potable y sanitaria	Activo	[Diagrama]	[Diagrama]	[Diagrama]	Acero	100mm	100m	2010	[Foto]		Activo	2010

El levantamiento de información de las redes de alcantarillado generales del campus se realizó abriendo uno a uno los pozos de revisión siguiendo la dirección de conexión entre ellos por las tuberías y sentido del flujo. Se evidencia el trabajo desempeñado al levantar la información de las redes de alcantarillado del campus en la Figura 19.

Figura 19

Levantamiento de información de redes de alcantarillado generales del campus



La actualización de información de las redes de agua potable generales del campus se realizó siguiendo un plano desactualizado proveniente del departamento de Desarrollo Físico con ayuda de personal del departamento, con el que se recorrió todo el sistema desde el tanque de reserva hasta el edificio de transportes que es el punto más alejado de la red. Se evidencia el reconocimiento de las redes en la Figura 20.

Figura 20

Actualización de información de redes de agua potable general del campus.

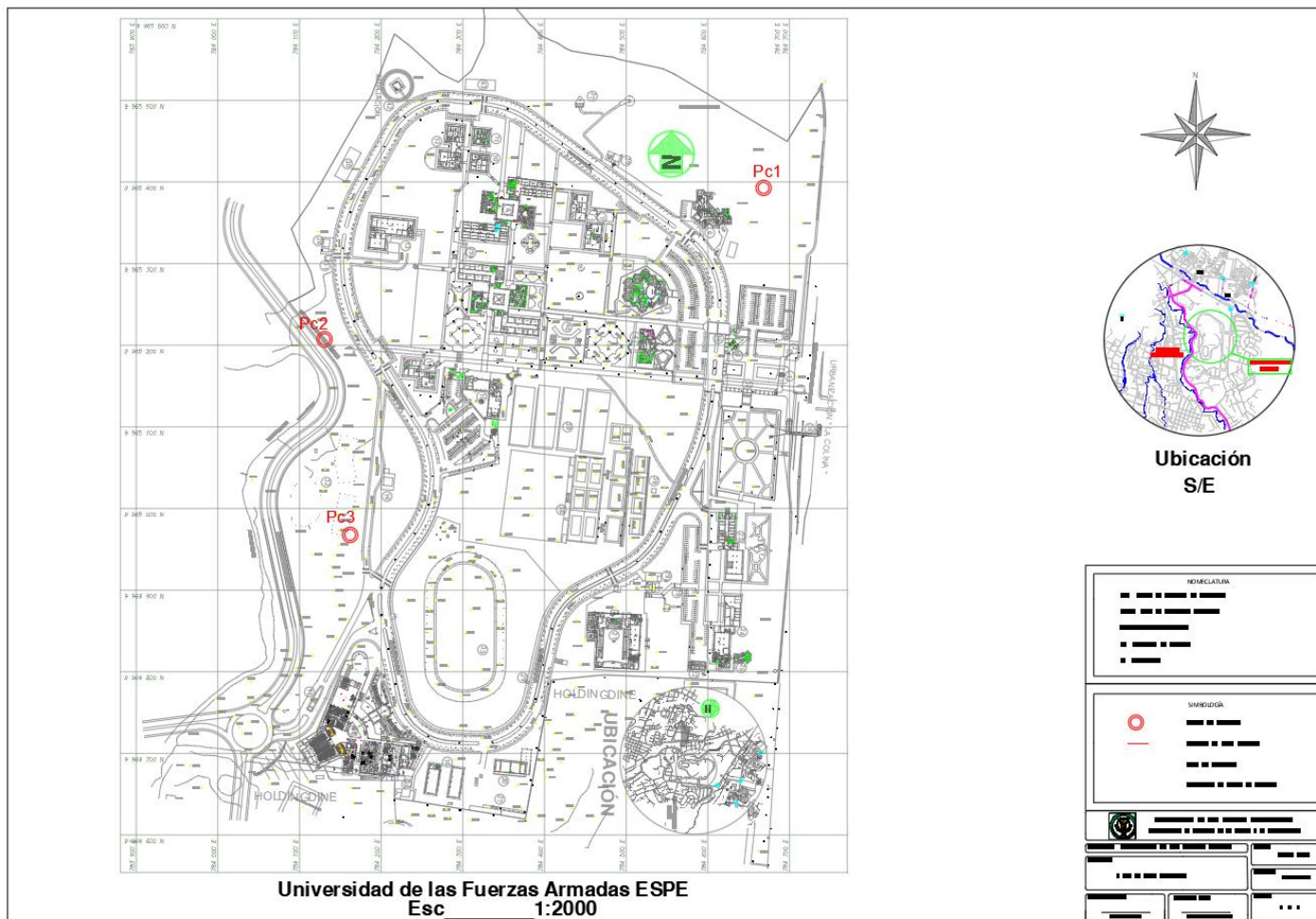


Campañas de medición de caudal de agua potable y sanitaria.

Se realizaron campañas de medición de aguas servidas en las tres salidas hacia el alcantarillado público de la universidad, los puntos de control se encuentran ubicados dentro del predio de la universidad y se los identifica en la Figura 21.

Figura 21

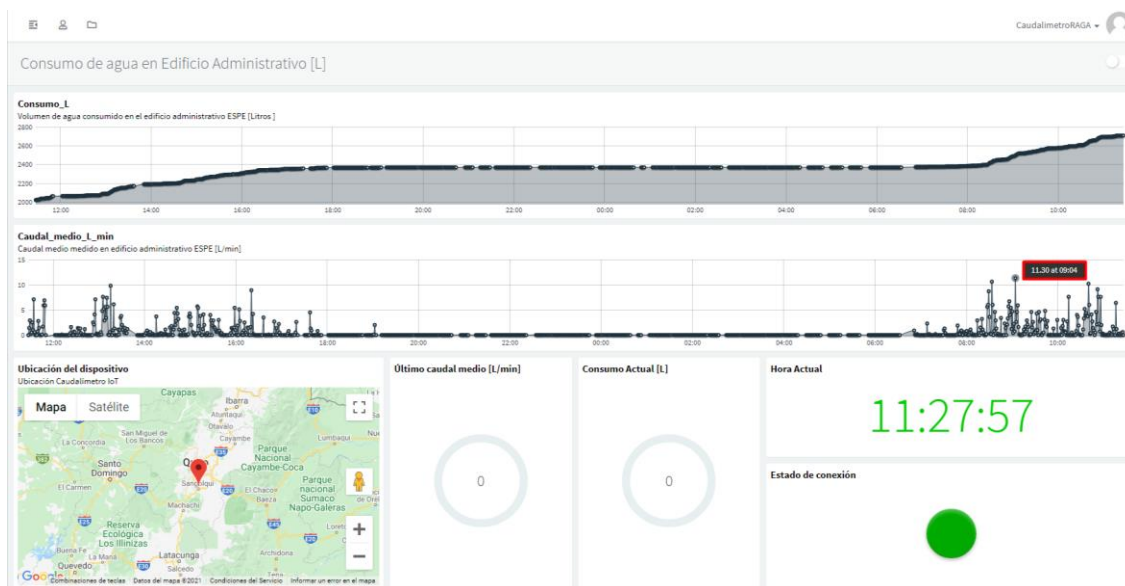
Puntos de medición de caudales de agua servida.



Se realizaron campañas de medición de agua potable en el inicio de la tubería interna que abastece al edificio administrativo usando un caudalímetro IoT que toma mediciones cada minuto y las envía a la plataforma Thinger.io, las mediciones se dieron desde el 10 al 16 de agosto de 2021. Se presenta en la Figura 22 un día de medición encerrando con un cuadro rojo el pico más alto de consumo.

Figura 22

Medición del consumo de agua en el edificio administrativo calculado con un caudalímetro IoT.



Se realizaron campañas de medición de agua servida durante 7 días en el edificio administrativo, con la ayuda de militares estudiantes del 7mo semestre del periodo académico S-I MAY21 - AGO21, específicamente se llevó a cabo en la caja de revisión que se encuentra a unos pasos de la salida de tesorería en el mismo edificio. En la Figura 23 se puede observar la medición que se llevó a cabo.

Figura 23

Medición de agua servida del edificio administrativo.



Campaña de medición de presiones en las redes de agua potable del campus matriz.

Se realizaron mediciones de presiones en varios puntos de las redes de agua potable del campus universitario con un manómetro casero, las mediciones serán los comprobantes del estado de la red cuando se compare con el modelamiento de las redes en watercad, la unidad de medida fue de metros de columna de agua. En la Figura 24 se muestra una de las mediciones de agua que se realizó.

Figura 24

Medición de presión en un punto de la red de agua potable de la universidad.



Modelamiento de las redes de agua potable y sanitarias del campus.

Modelamiento de las redes de agua potable

Para el modelamiento de las redes generales de agua potable del campus universitario se utilizó el software WaterCAD V5.0 con licencia académica que se detalla en la Figura 25 y Figura 26.

Figura 25

Licencia académica del software WaterCAD

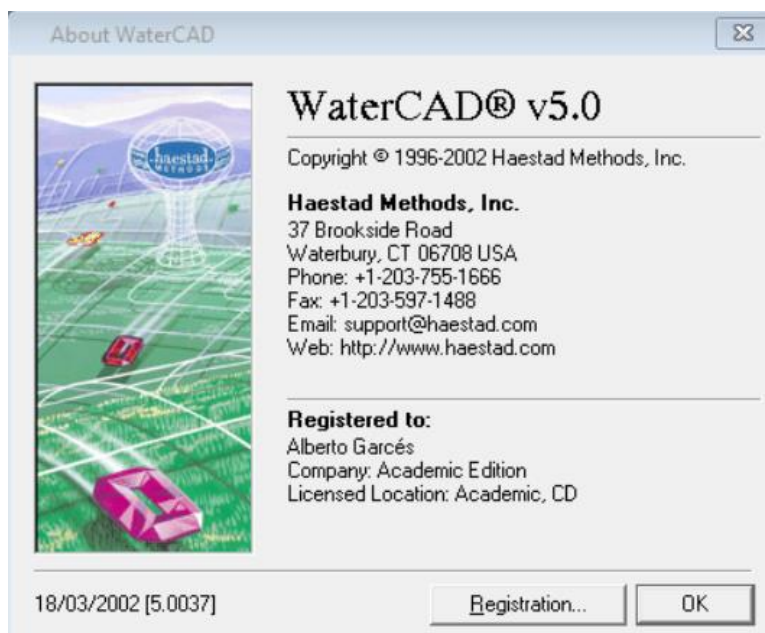
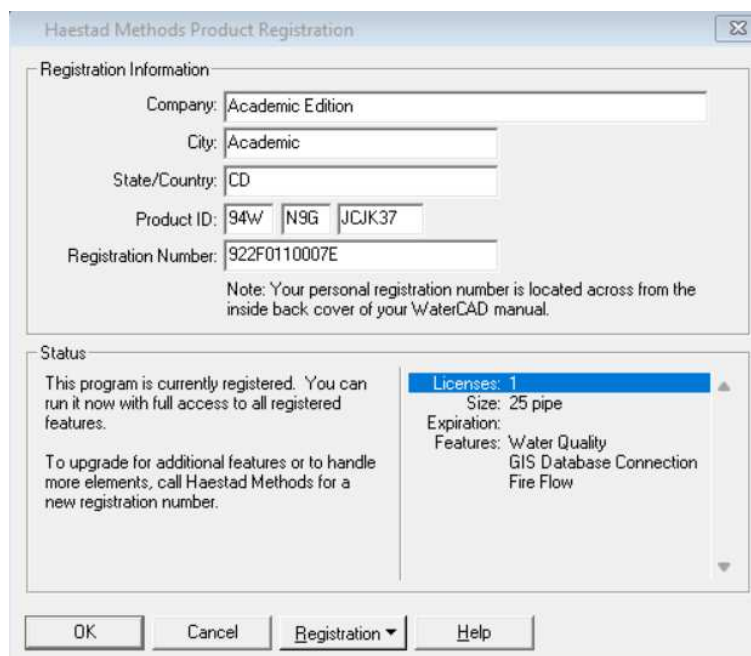


Figura 26

Licencia académica del software WaterCAD



Para esta sección debido a que la licencia académica del programa solo permite 25 tramos de tubería, se tomaron en cuenta sólo puntos críticos y de control de la red de agua potable, haciéndola más simple para su estudio y englobando bloques de consumo, tomando en consideración nodos de consumo y de unión.

Cálculo de dotación de agua potable

Se utilizó la información del apartado Recopilación de planos As-built y levantamiento de información faltante, en donde se también se calculó el consumo que tiene cada nodo según el Acuerdo 483-12 que es de 50 litros/día para Estudiantes y 150 litros/día para personal administrativo (Ministerio de Educación & Gloria Vidal Illingworth, 2012), también según la “Norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes”, la dotación recomendada para residentes es de 200 litros/día (Instituto Ecuatoriano de normalización, 2019), llegando así a las dotaciones por edificios que se detallan en la Tabla 6 y los consumos por bloques que se refleja en la Tabla 7.

Si se requiere mayor información del cálculo de estudiantes y dotaciones, se pueden verificar en el Anexo A (Población de saturación y dotación de agua para el campus universitario).

Tabla 6

Dotación para edificios del campus en base a estudiantes, personal administrativo y residentes.

Edificio	Estudiantes	Administrativos/docentes/trabajo	Dotación [l/día]
Bloque A-B	3262	691	266750
Bloque C-D	4316	262	255100
Laboratorio idiomas/suelos	487	66	34250
Laboratorio electrónica/biotecnología	640	81	44150
Laboratorio geográfica/mecánica	480	45	30750
Laboratorio mecánica	400	40	26000
Bar/Almacén/Serv. Univ./Salón 2000	450	72	33300
Coliseo/CAFDER	1315	63	75200
Biblioteca	688	17	36950
Policlínico	70	24	7100
Edificio administrativo	0	235	35250
Transportes/CICTE	0	70	10500
Garitas y bodegas	0	25	3750
Residencia/comedor	320	68	63700
Total	12428	1759	922750

Tabla 7*Puntos del sistema con coordenadas y consumos de bloques*

PTO	COTA [msnm]	COORD X	COORD Y	ESTUDIANTES	ADMIN	DOTACIÓN [l/día]
R-1	2518,74	784.463,25	9.965.737,81			
P02	2494,14	784.427,84	9.965.665,28	0	0	0
P05	2492,89	784.329,80	9.965.699,76	640	81	44150
P09	2498,64	784.196,74	9.965.711,15	0	0	0
P10	2482,31	784.183,86	9.965.554,14	400	40	26000
P15	2475,68	784.198,30	9.965.391,33	0	0	0
P16	2482,68	784.237,65	9.965.413,69	480	45	30750
P20	2481,78	784.289,24	9.965.259,43	0	10	1500
P23	2487	784.221,99	9.965.126,12	0	0	0
P26	2491,03	784.290,67	9.964.953,28	0	0	0
P34	2494,86	784.326,74	9.964.899,34	0	70	10500
P43	2502,03	784.462,60	9.965.102,52	1315	63	75200
P45	2500,86	784.559,59	9.965.252,27	0	0	0
P51	2495,32	784.613,68	9.965.054,22	320	68	63700
P57	2487,7	784.630,91	9.965.445,82	0	10	1500
P60	2489,75	784.553,01	9.965.449,96	688	252	72200
P66	2485,06	784.591,62	9.965.569,79	70	24	7100
P72	2493,17	784.416,98	9.965.575,31	4803	328	289350
P76	2490,82	784.406,29	9.965.458,84	3712	763	300050
P80	2493,64	784.376,90	9.964.981,02	0	0	0
P82	2485,56	784.127,30	9.964.989,95	0	5	750
Total						922750

Modelamiento de las redes sanitarias

Para el modelamiento de las redes generales sanitarias del campus universitario se utilizó el software SewerCAD V5.0 con licencia académica que se detalla en la Figura 27 y Figura

Figura 27

Licencia académica del software SewerCAD

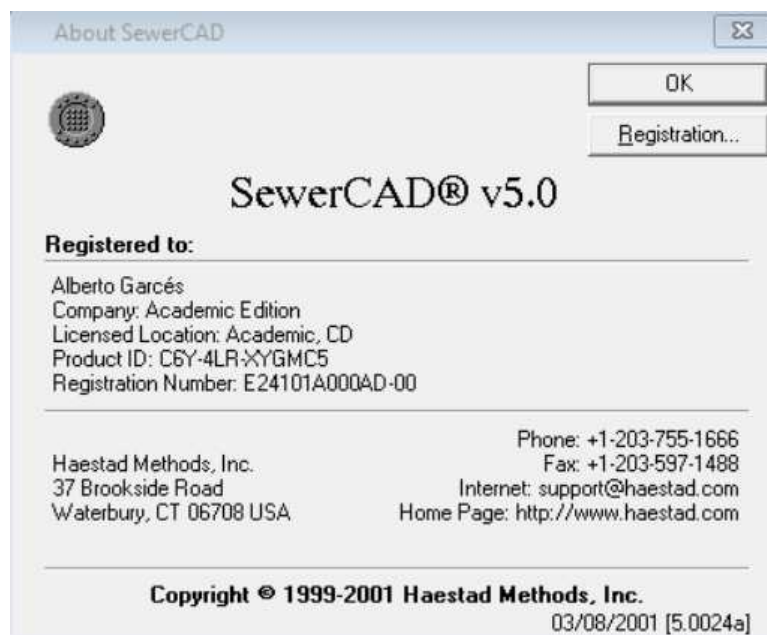


Figura 28

Licencia académica del software SewerCAD



Para esta sección fue necesario unir los primeros tramos de la segunda red sanitaria que corresponden a la tubería que recoge las aguas servidas de la residencia debido a que la licencia académica solo nos permite la simulación de 25 tuberías, pero esto no presenta ningún inconveniente ya que esta tubería continúa con un porcentaje de inclinación igual en sus primeros tramos.

Las tuberías utilizadas en el modelamiento con su respectivo diámetro y longitud se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8

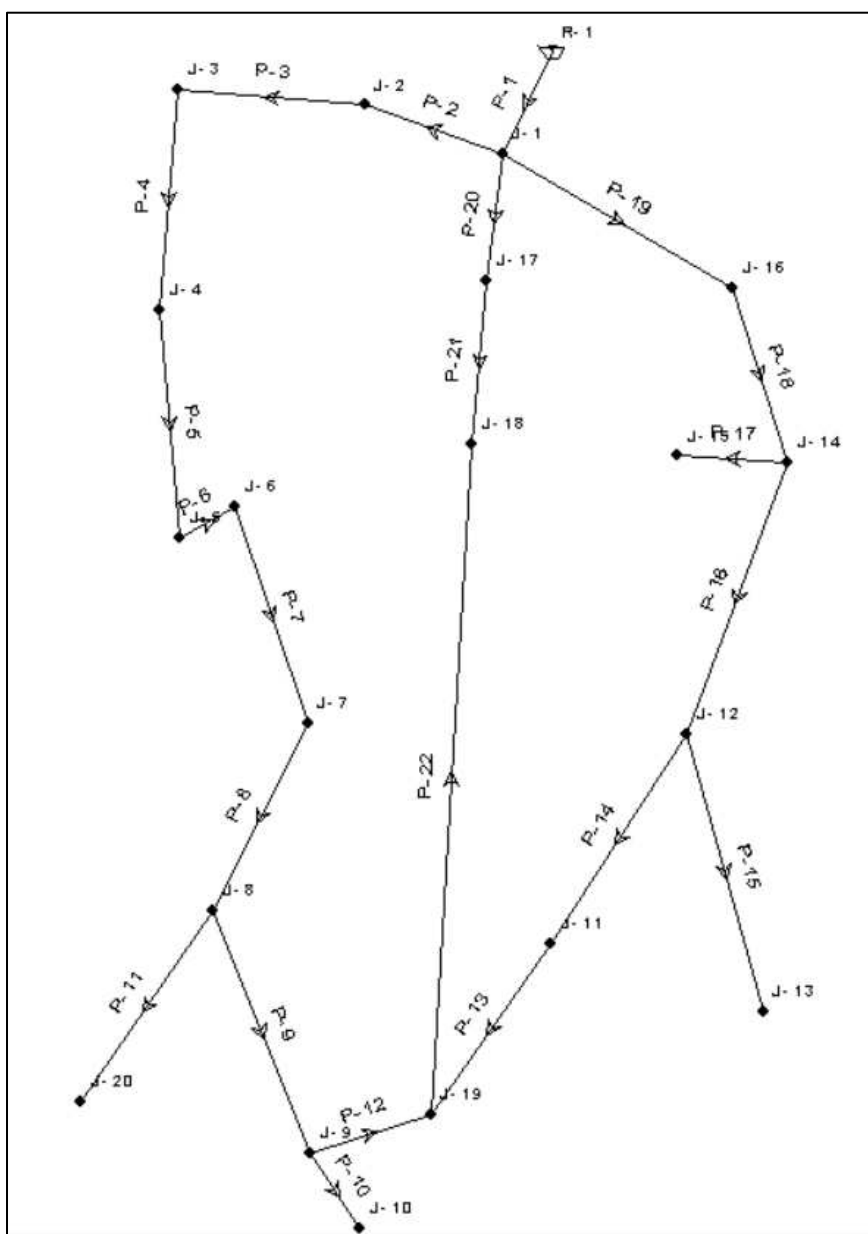
Tuberías, diámetros y longitudes utilizadas en el modelo

TUBERÍA	DIÁMETRO (Pulgada)	LONGITUD [m]
R01-P02	3	80,71
P02-P05	3	103,93
P05-P09	3	133,54
P09-P10	3	157,54
P10-P15	3	163,45
P15-P16	2	45,27
P16-P20	2	162,66
P20-P23	2	149,31
P23-P82	1/2	165,85
P23-P26	2	185,98
P26-P34	2	64,89
P26-P80	2	90,58
P43-P80	2	148,74
P02-P66	3	189,58
P66-P57	3	130,05
P57-P60	2	78
P57-P45	2	206,27
P45-P51	2	205,31
P45-P43	2	178,42
P02-P72	2	90,62
P72-P76	2	116,95
P76-P80	2	478,72

Se realizó el modelamiento de la red general de agua potable incluyendo las dotaciones de la Tabla 7 y los diámetros y longitudes de la Tabla 8 como se puede observar en el esquema de la Figura 29.

Figura 29

Esquema de la red de agua potable de la universidad realizado en WaterCAD



Cálculo de aporte de agua residual

Para el cálculo de aporte de agua residual según la “Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q” se utiliza la fórmula:

$$Q = \frac{dneta * P * R * K}{86400}$$

Donde:

$$Q = \text{Aporte de caudal} \left(\frac{l}{seg} \right)$$

$dneta = \text{dotación neta por habitante (l/ha – día)}$

$P = \text{población (hab)}$

$R = \text{Coeficiente de retorno (adimensional)}$

$K = \text{factor de mayoración}$

(EMPRESA METROPOLITANA DE ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE, 2009)

Para el cálculo de aporte de agua residual se utilizaron valores de $R=0.8$ y $K=4$ según los apartados de la norma para el caso práctico.

En la Tabla 9, Tabla 10 y Tabla 11 se presentan los pozos de revisión y la carga de agua residual que están recibiendo desde las cajas de revisión de los edificios aledaños.

Tabla 9

Pozos de revisión para salida 1 con coordenadas y carga de agua residual

PUNTO	COTA Terreno[msnm]	COTA tubería [msnm]	X	Y	DOTACIÓN [L/d]	CARGA POZO Q max.ins [L/s]
Pz65	2482,7	2481	784.600,44	9.965.304,83		0,00
Pz66	2481,53	2480,06	784.596,06	9.965.321,06		0,00
Pz67	2479,88	2478,64	784.671,27	9.965.394,53		0,00
Pz68	2479,13	2478,41	784.655,64	9.965.379,26	7100,00	0,26
Pz71	2484,68	2482,03	784.552,60	9.965.274,45		0,00
Pz72	2487,79	2484,89	784.547,26	9.965.243,56	36950,00	1,37

Tabla 10

Pozos de revisión para salida 2 con coordenadas y carga de agua residual

PUNTO	COTA Terreno [msnm]	COTA tubería [msnm]	X	Y	DOTACIÓN [l/d]	CARGA POZO Q max.ins [L/s]
Pz06	2496,56	2495	784.604,47	9.964.814,19	63700,00	2,36
Pz11	2495,66	2493,11	784.611,99	9.965.001,57		0,00
Pz12	2495,77	2492,72	784.592,27	9.965.034,33		0,00
Pz20	2495,05	2491,43	784.567,73	9.965.048,61		0,00
Pz21	2490,49	2488,72	784.541,52	9.965.114,35		0,00
Pz22	2490,46	2487,76	784.464,97	9.965.171,93	35250,00	1,31
Pz23	2488,38	2487,08	784.397,93	9.965.177,62		0,00
Pz24	2488,09	2486,84	784.375,71	9.965.179,20		0,00
Pz25	2488,02	2485,97	784.348,05	9.965.181,73		0,00
Pz26	2486,9	2485,53	784.305,12	9.965.185,34		0,00
Pz27	2485,52	2484,22	784.269,34	9.965.188,41	22500,00	0,83
Pz28	2481,33	2480,58	784.232,73	9.965.191,51		0,00
Pz29	2480,08	2478,86	784.217,13	9.965.192,85	30750,00	1,14
Pz30	2477,25	2476,35	784.196,11	9.965.194,61		0,00
Pz36	2489,55	2487,54	784.288,96	9.965.326,29	289350,00	10,72
Pz37	2487,91	2482,88	784.282,89	9.965.260,32	266750,00	9,88
Pz38	2484,04	2480,02	784.239,34	9.965.213,03		0,00
Pz39	2476,98	2474,43	784.184,87	9.965.226,40		0,00
Pz40	2475,74	2472,74	784.162,84	9.965.215,57		0,00
Pz41	2471,92	2470,43	784.133,68	9.965.209,07		0,00
Pz42	2494,87	2493,11	784.201,66	9.965.411,94	44150,00	1,64
Pz50	2489,7	2487,75	784.189,92	9.965.364,05		0,00
Pz51	2481,43	2479,63	784.184,32	9.965.316,43	26000,00	0,96

Tabla 11

Pozos de revisión para salida 3 con coordenadas y carga de agua residual

PUNTO	COTA Terreno [msnm]	COTA tubería [msnm]	X	Y	DOTACIÓN [l/d]	CARGA POZO Q max.ins [L/s]
Pz75	2501,62	2498,62	784.459,53	9.964.905,24	75200,00	2,79
Pz76	2500,15	2497,55	784.427,79	9.964.884,33		0,00
Pz77	2499,89	2497,19	784.411,55	9.964.852,76		0,00
Pz78	2499,11	2496,61	784.398,26	9.964.797,08		0,00
Pz79	2497,7	2494,95	784.392,10	9.964.768,67	3750,00	0,14
Pz80	2496,92	2494,47	784.367,04	9.964.728,70		0,00
Pz81	2496,6	2493,79	784.341,12	9.964.716,30		0,00
Pz82	2493,15	2490,65	784.309,73	9.964.713,95	10500,00	0,39
Pz83	2485,08	2486,31	784.242,82	9.964.767,13		0,00
Pz84	2483,38	2479,83	784.234,66	9.964.802,58		0,00
Pz85	2477,58	2474,93	784.202,32	9.964.871,04		0,00
Pz86	2478,13	2474,33	784.212,77	9.964.929,19		0,00
Pz87	2479,06	2473,86	784.221,56	9.964.974,53		0,00
Pz88	2477,83	2474,28	784.256,77	9.964.996,02		0,00
Pz89	2481,31	2478,56	784.265,22	9.965.042,46	10800,00	0,40
Pz90	2475,39	2473,29	784.164,99	9.964.969,44		0,00

Las tuberías utilizadas en el modelamiento con su respectivo diámetro y longitud se presentan en la **Tabla 12**, **Tabla 13** y **Tabla 14**.

Tabla 12

Tuberías, diámetros y longitudes utilizadas en el modelo 1

TUBERÍA	DIÁMETRO [cm]	LONGITUD [m]
Pz72-Pz71	200	31,3
Pz71-Pz65	200	56,7
Pz65-Pz66	200	16,8
Pz66-Pz68	200	83,25
Pz68-Pz67	200	21,85

Tabla 13*Tuberías, diámetros y longitudes utilizadas en el modelo 2*

TUBERÍA	DIÁMETRO [cm]	LONGITUD [m]
Pz06-Pz11	200	187,52
Pz11-Pz12	200	38,2
Pz12-Pz20	200	28,4
Pz20-Pz21	200	70,8
Pz21-Pz22	200	95,8
Pz22-Pz23	200	67,3
Pz23-Pz24	200	22,3
Pz24-Pz25	200	27,8
Pz25-Pz26	200	43,1
Pz26-Pz27	200	35,9
Pz27-Pz28	200	36,7
Pz28-Pz29	200	15,6
Pz29-Pz30	200	21,1
Pz30-Pz39	200	33,7
Pz39-Pz40	200	24,5
Pz40-Pz41	200	30
Pz38-Pz39	200	56,1
Pz37-Pz38	200	64,3
Pz36-Pz37	200	66,3
Pz51-Pz39	200	90
Pz50-Pz51	200	47,95
Pz42-Pz50	200	49,3

Tabla 14

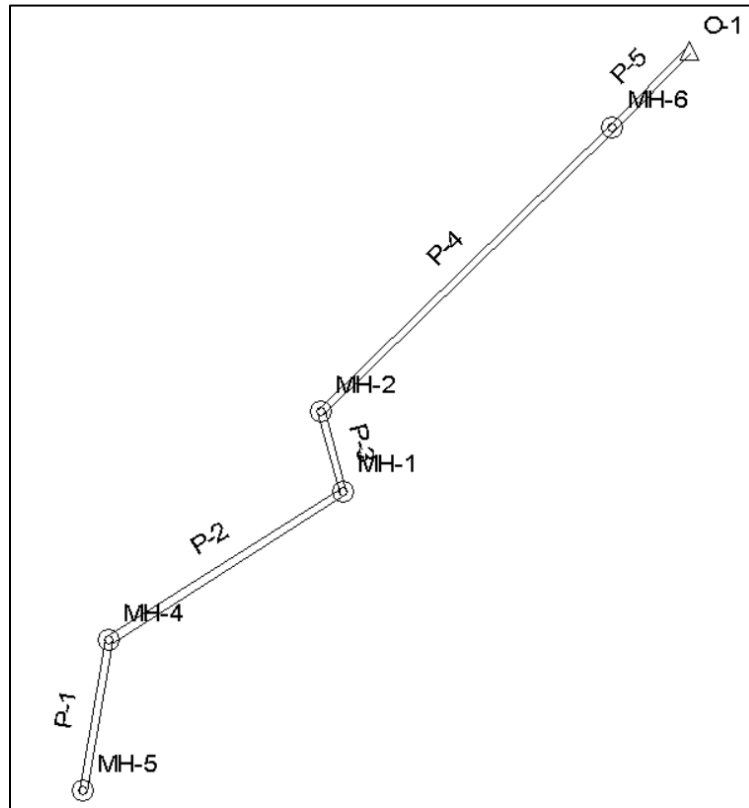
Tuberías, diámetros y longitudes utilizadas en el modelo 3

TUBERÍA	DIÁMETRO [cm]	LONGITUD [m]
Pz75-Pz76	200	38
Pz76-Pz77	200	35,5
Pz77-Pz78	200	57,2
Pz78-Pz79	200	29
Pz79-Pz80	200	47,2
Pz80-Pz81	200	28,7
Pz81-Pz82	200	31,5
Pz82-Pz83	200	85,5
Pz83-Pz84	200	36,4
Pz84-Pz85	200	75,7
Pz85-Pz86	200	59
Pz86-Pz87	200	46,2
Pz87-Pz90	200	56,8
Pz88-Pz87	200	41,2
Pz89-Pz88	200	47,2

Se realizó el primer modelo de la red de agua residual de la universidad con las cargas de agua residual de la Tabla 9, con los diámetros y longitudes de la Tabla 14 como se puede observar en el esquema de la Figura 30.

Figura 30

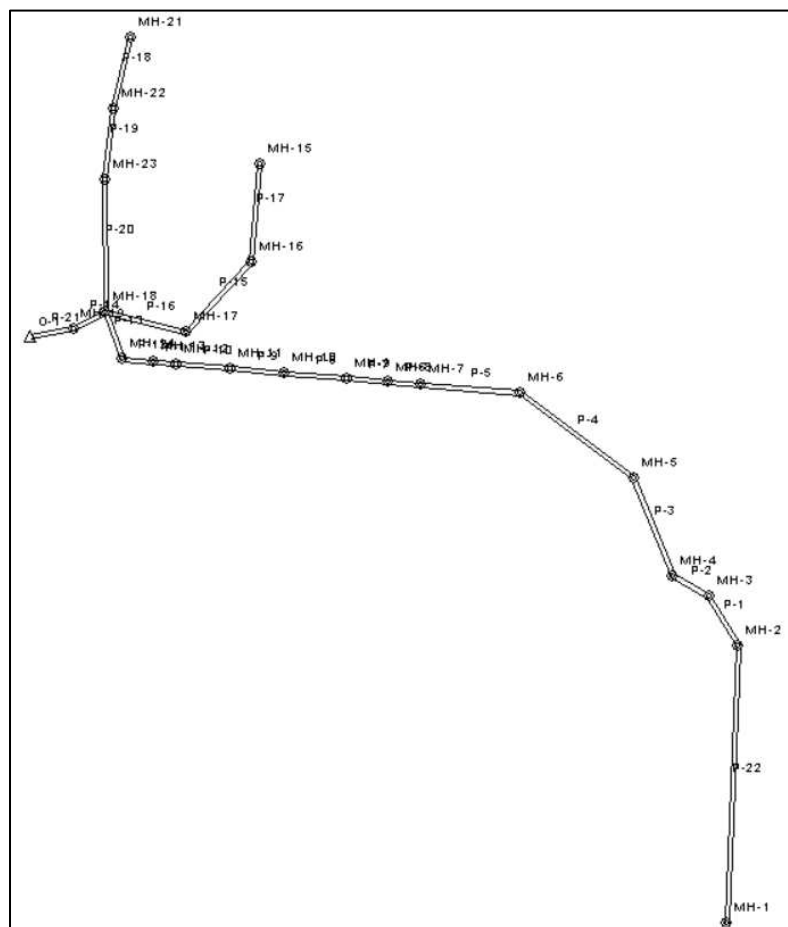
Primer esquema de la red de agua sanitaria de la universidad realizado en SewerCAD



Se realizó el segundo modelo de la red de agua residual de la universidad con las cargas de agua residual de la Tabla 10, con los diámetros y longitudes de la Tabla 12 como se puede observar en el esquema de la Figura 31.

Figura 31

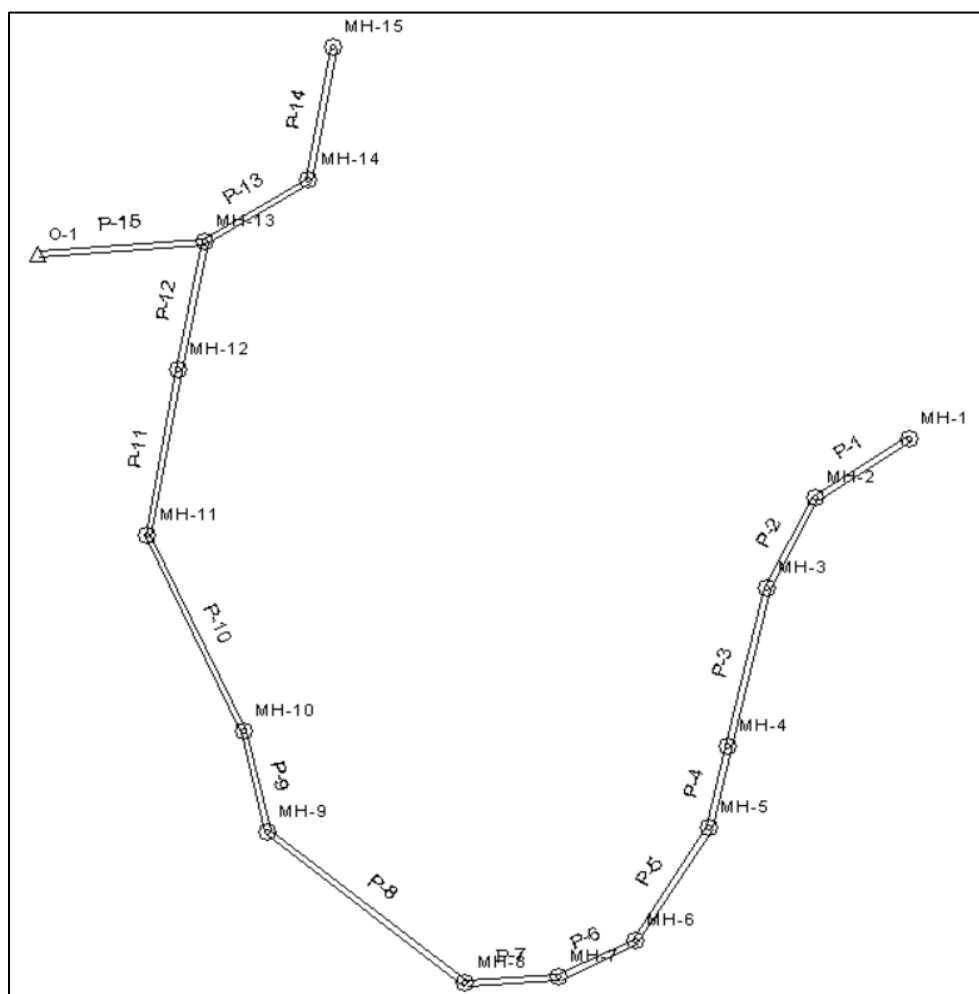
Segundo esquema de la red de agua sanitaria de la universidad realizado en SewerCAD



Se realizó el segundo modelo de la red de agua residual de la universidad con las cargas de agua residual de la Tabla 11, con los diámetros y longitudes de la Tabla 13 como se puede observar en el esquema de la Figura 32.

Figura 32

Tercer esquema de la red de agua sanitaria de la universidad realizado en SewerCAD



Capítulo IV

Resultados y discusión

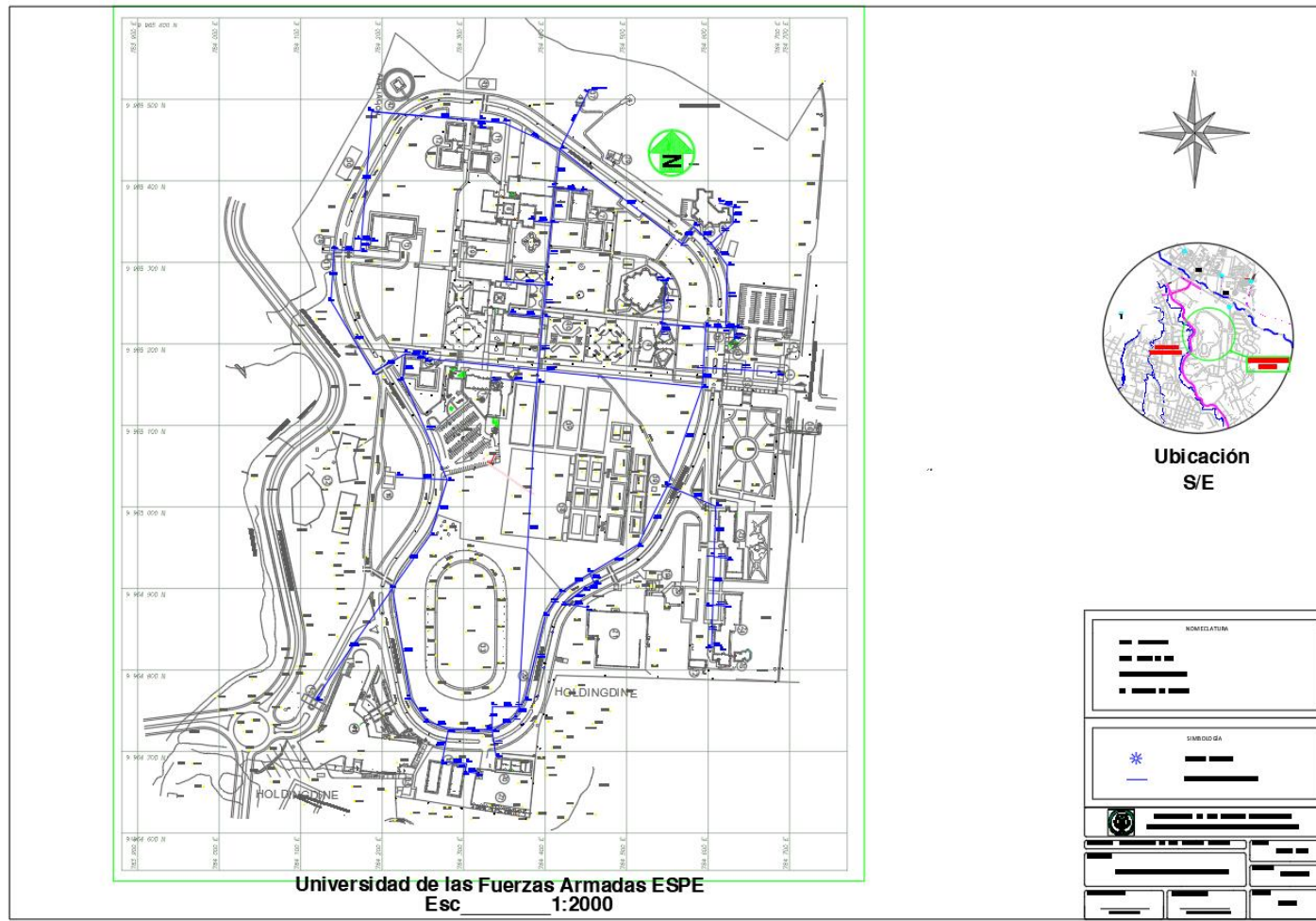
Estado físico y distribución de redes agua potable y sanitarias

Redes de distribución de agua potable

El levantamiento de la distribución de la red de agua potable como se lo explicó en el apartado “Recopilación de planos As-built y levantamiento de información faltante” fue guiado en gran medida por planos desarrollados por el cuerpo de ingenieros del ejército antes de la construcción de la universidad como tal y una actualización de una infraestructura de las instalaciones de agua potable desarrollado en 1998, que aunque fue el último levantamiento realizado por la institución, al recorrer la universidad y verificar la información no se encontró con las mismas redes, así que solo se tomaron como guía para realizar un nuevo levantamiento que incluye el recorrido que se realizó con los trabajadores del departamento de desarrollo físico, el resultado de este se puede visualizar en la Figura 33 o si se desea observar de mejor manera el plano completo se encuentra en el Anexo C (Planos).

Figura 33

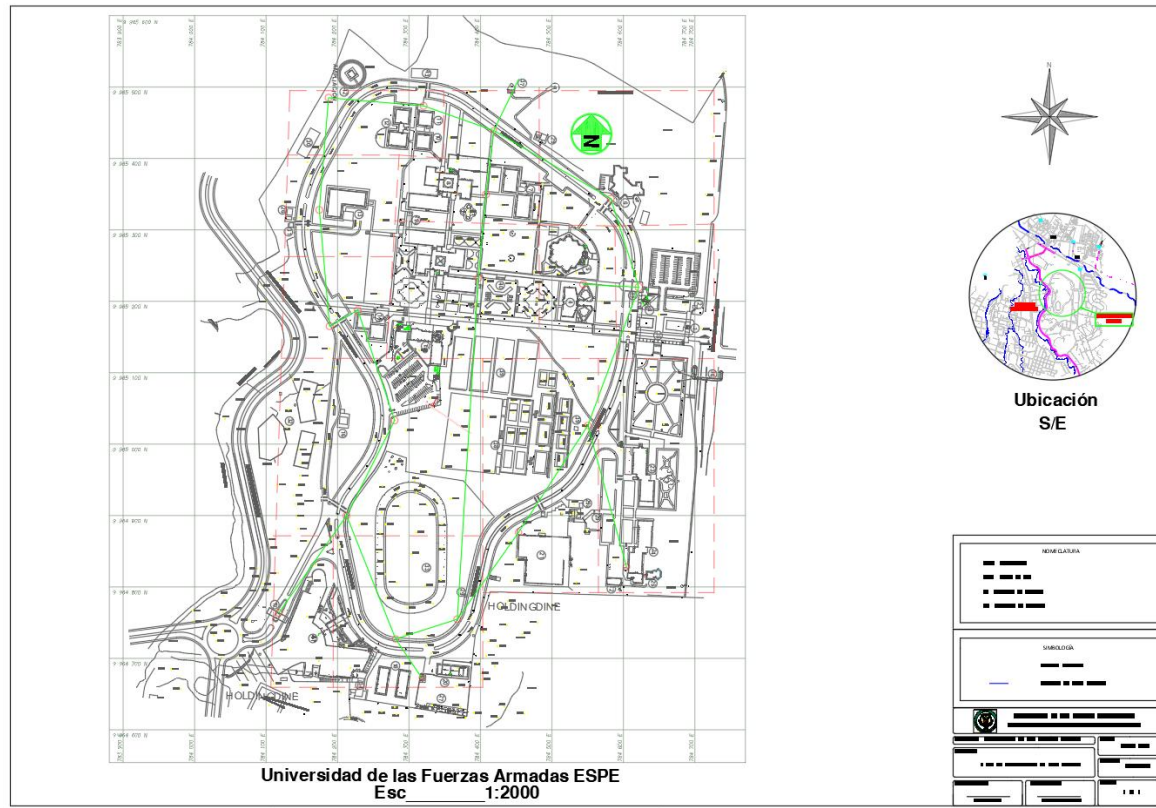
Redes generales de agua potable de la universidad



En la Figura 34 se puede visualizar los puntos de consumo y bloques o áreas de influencia de consumo con los que se generó el modelado en WaterCAD.

Figura 34

Redes de agua potable y bloques de influencia utilizados en el modelamiento en WaterCAD



La universidad y por lo tanto sus redes de abastecimiento de agua potable llevan funcionando más de 30 años, es decir que la vida útil del sistema de agua potable mayoritariamente conformado por tuberías de PVC está siendo superada, pero, como mencionan los trabajadores del departamento de desarrollo físico, varias tuberías y accesorios han sido reemplazados a lo largo del tiempo según se han suscitado inconvenientes en el abastecimiento.

Redes de aguas residuales del campus universitario

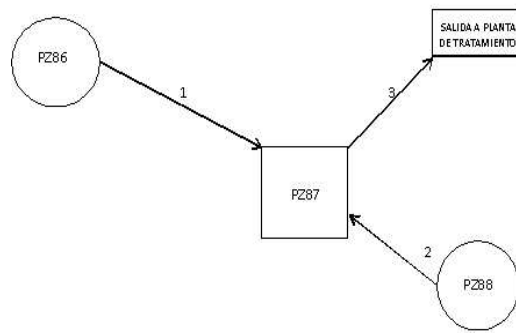
Se realizó el levantamiento de la distribución de la red de aguas residuales en la que se inspeccionó pozo a pozo del campus universitario, levantando alrededor de 90 pozos, pero descartando los pozos de aguas pluviales ya que este tema no se lo realizará en este estudio, pero es importante realizarlo en posteriores investigaciones.

Se realizó un detalle de los pozos levantados, describiendo las conexiones que tienen con otros pozos, las tuberías que llegan y salen de este con su respectivo diámetro y material, los materiales de los que está compuesto y el estado en el que se encuentran, así también la calle, zona donde se encuentra, observaciones encontradas y fotografía en fichas utilizadas en este tipo de levantamientos como se lo puede visualizar en la Figura 35, todos los pozos se encuentran detallados en el Anexo D (Catastro de pozos de revisión de aguas residuales).

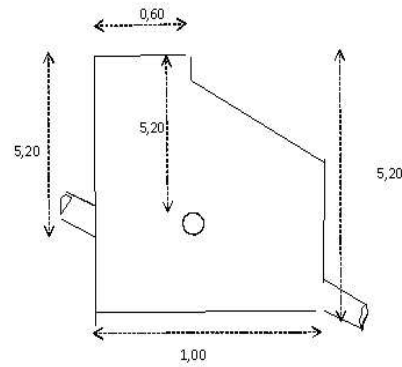
Figura 35

Detalle de pozos de revisión de aguas residuales

POZO No. 87



DE COTA MAYOR A COTA MENOR
PLANTA



CORTE

Pozo ID.	POZO						TUBERIA						
	MATERIAL			ESTADO			Sanitario		Pluvial		Combinado		
	NO	HF	HA	B	R	M	X		X		X		
Tapa		X											
Paredes							No.	PUNTO INICIAL	Material	Diam. mm	Altura m	PUNTO FINAL	
Zócalo						X	1	PZ86	HORMIGÓN	500	5,20	PZ87	
Fondo						X	2	PZ88	HORMIGÓN	500	5,20	PZ87	
Escalera						X	3	PZ87	HORMIGÓN	500	5,20	SALIDA	
Estado General						X	4						
Diámetro Pozo B (m)			0,6				5						
Calle	ANILLO VIAL						6						
Zona	ESTADIO						7						

OBSERVACIONES: Pozo de demasiado antiguo necesita rehacerse y se encuentra con una manguera eléctrica obstruyendo las tuberías

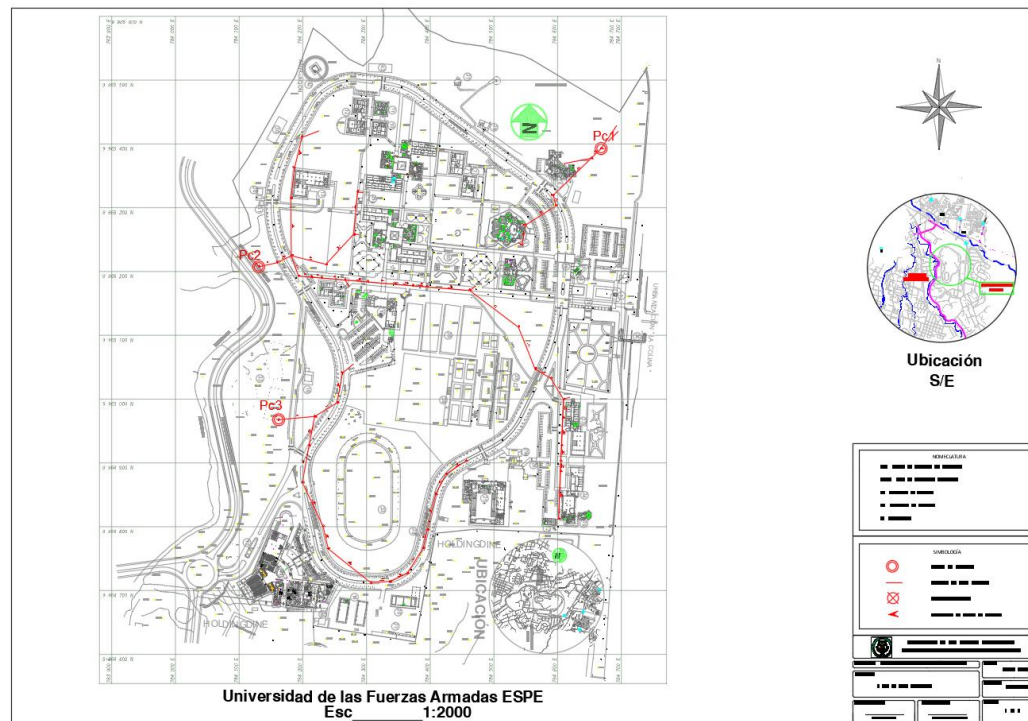


FOTOGRAFÍA DE POZO

Con los datos anteriores se realizaron los esquemas de las redes sanitarias en donde se incluyó con exactitud el lugar donde se encuentran los pozos de revisión sanitaria, el resultado de esto se puede visualizar en la Figura 36 o si se desea observar de mejor manera el plano completo se encuentra en el Anexo C.

Figura 36

Redes sanitarias del campus matriz con sus respectivos puntos de control



Redes de agua potable y sanitaria de los edificios del campus universitario

Se digitalizaron planos de cada edificio del campus universitario en base a los recorridos que realizaron los estudiantes del 8vo nivel de la carrera de Ing. Civil del periodo académico S-I MAY21 - AGO21, en base a planos de construcción y planos de evacuación de edificios, dimensionando las tuberías en longitud y diámetro. Los planos detallados se encuentran en el Anexo C (Planos).

Estado físico de redes de agua potable

El estado físico de las redes de agua potable del campus universitario que se puede ver a simple vista en varios puntos, de manera general y tomando en cuenta el tiempo de servicio, se puede calificar como una condición regular, ya que se encontró un desgaste exterior mínimo en algunas tuberías como se muestra en la Figura 37, fugas pequeñas como se visualiza en la Figura 38, llaves de paso desgastadas por el tiempo y el mal uso como la de la Figura 39. Pero el servicio llega a todos los puntos de la universidad donde se requiere el servicio con un buen caudal y sin reporte de fugas grandes a la vista.

Figura 37

Estado físico exterior de las tuberías de agua potable del campus

**Figura 38**

Pequeñas fugas encontradas en la red de agua potable



Figura 39

Estado físico de llaves de paso



Se encontró que la cisterna de almacenamiento de agua potable se encuentra con presencia de algas, moho y sólidos como limos o arena como se puede observar en la Figura 40, pero no se presenta una adecuada limpieza de las paredes de la misma, lo que compromete la calidad de agua del sistema. Es importante mencionar que el agua es proveniente de pozo, así que está justificado que se presenten ciertos sólidos en la cisterna ya que posteriormente el agua pasa por los filtros de la red y en el tanque elevado no se encontró presencia de estos sólidos como se puede observar en la Figura 41, pero se puede observar que la tubería que llena este tanque se encuentra con bastante deterioro y con presencia de óxido debido al contacto que tiene con el agua.

Figura 40

Cisterna de almacenamiento de agua

**Figura 41**

Tanque elevado del sistema de abastecimiento de agua potable



Se encontró un error grave que compromete la calidad de agua de la red de agua potable de todo el campus universitario y sobre todo para el abastecimiento destinado al coliseo, edificio de transportes y edificio CICTE, ya que en dos puntos del sistema la tubería de abastecimiento de agua potable cruza por la tubería de aguas servidas, teniendo contacto con todos los desperdicios que se producen como se puede visualizar en la Figura 43, Figura 44, Figura 45 y Figura 46. La Figura 42 indica el lugar de estos graves errores de construcción. Se recomienda realizar un cambio de tubería de abastecimiento para que no se comprometa la calidad de agua entregada y que cumpla con las “Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes” en las que se menciona que debe existir al menos 50 centímetros de separación vertical entre tuberías sanitarias y tuberías de agua potable.

Figura 42

Ubicación de tuberías de agua potable que tienen contacto con desechos sanitarios

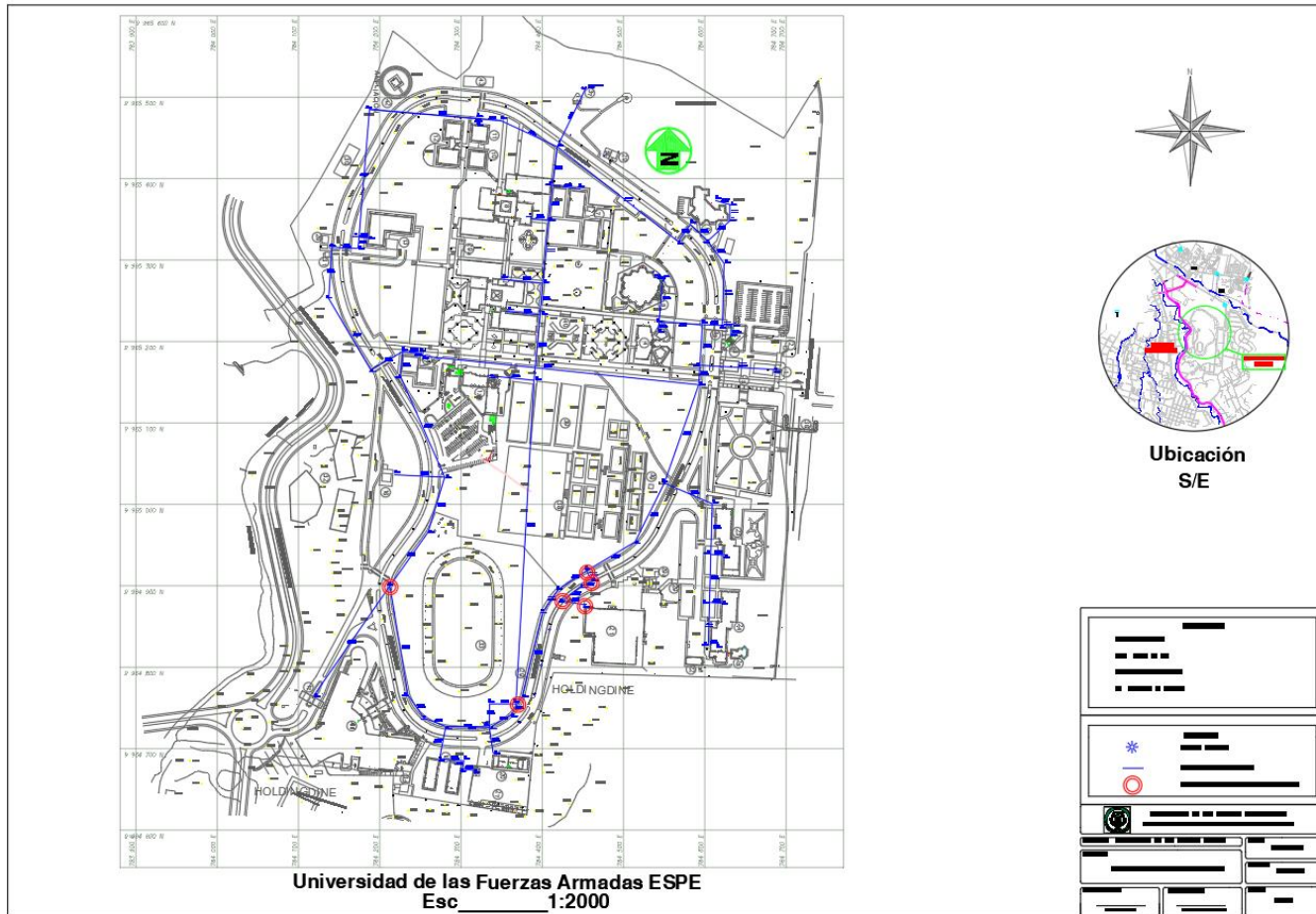


Figura 43

Tubería de abastecimiento de agua potable recorriendo la tubería sanitaria sector coliseo

**Figura 44**

Tubería de agua potable ingresando al pozo de revisión sanitaria.



Figura 45

Tubería de agua potable en contacto con desechos sanitarios

**Figura 46**

Tubería de agua potable ingresando a pozo de revisión sanitario sector del estadio



Estado físico de redes de agua residual

Como se lo mencionó en el capítulo I, la universidad y por lo tanto sus redes de agua residual llevan funcionando más de 30 años, por tanto, el estado físico general de las redes es **regular**, ya que se encontró que en varios pozos las escaleras estaban corroídas y varios fondos estaban erosionados, dificultando la correcta evacuación de sólidos y líquidos, en especial en la red que descarga el agua residual del coliseo, transportes y CICTE como se puede apreciar en la Figura 47, Figura 48 y Figura 49.

Figura 47

Estado de pozos de la red de agua residual.



Figura 48

Estado de pozos de la red de agua residual.

**Figura 49**

Estado de pozos de la red de agua residual.



Se encontraron novedades en el sistema de drenaje de la primera red sanitaria del campus universitario, específicamente en el primer tramo que evacúa aguas servidas del edificio de residencias A, B, C, D y comedor universitario, ya que, se encontró que existen obstrucciones en tuberías, se informó al personal de mantenimiento con el que se mantenía comunicación y supieron manifestar que es común encontrar que este tramo de la red se obstruye debido a que la parte superior del pozo de la Figura 50 se encuentra por debajo del nivel de suelo, en donde al dar mantenimiento al césped que lo rodea, este se introduce con materiales sólidos debido a la presencia de agua lluvia como se muestra en la Figura 51, obstaculizando el libre flujo de aguas servidas como se observa en la Figura 52.

Figura 50

Pozo de revisión obstruido perteneciente a la primera red sanitaria del campus universitario



Figura 51

Hojas secas y sólidos que ingresan a la red de alcantarillado debido a lluvias

**Figura 52**

Tramo de red sanitaria inundada



Implementación y análisis de datos de caudalímetro IoT en el edificio administrativo del campus matriz.

Implementación del caudalímetro IoT en el edificio administrativo del campus

Para un uso continuo del sensor de flujo se pensó instalar en el bloque B de la residencia de oficiales, como se muestra en la Figura 53 pero se encontró que la tubería de entrada (acometida) del edificio es de material metálico, por el largo paso de tiempo de construcción la tubería se encuentra demasiado débil debido a la corrosión, tanto que al momento de descubrirla esta se descascara como se puede observar en la Figura 54, haciendo imposible la instalación del sensor en ese lugar.

Figura 53

Picado de vereda en edificio de residencia de oficiales



Figura 54

Tubería de acometida corroída y descascarada



Posteriormente con un equipo de trabajo del departamento de desarrollo físico se hizo un recorrido e inspección visual y funcional por varios edificios del campus como se puede visualizar en la Figura 55.

Figura 55

Inspección visual y funcional de acometidas de otros edificios del campus



Finalizando la búsqueda en la parte exterior del edificio administrativo en donde se intentó instalar el sensor, pero por la falta de la información de la ubicación de la red se hizo imposible la instalación de este, ya que existe un bypass para el edificio, conectándose dos redes hidráulicas a este y haciendo que haya flujo en los sentidos de la tubería en donde se iba a implantar el dispositivo como se puede visualizar en la Figura 56.

Figura 56

Posible acometida del edificio administrativo



Finalmente, el sensor de flujo se instaló en la columna de distribución de agua potable como se observa en la Figura 57, en la planta baja del edificio administrativo al frente del baño de mujeres dando solución a los inconvenientes encontrados.

Figura 57

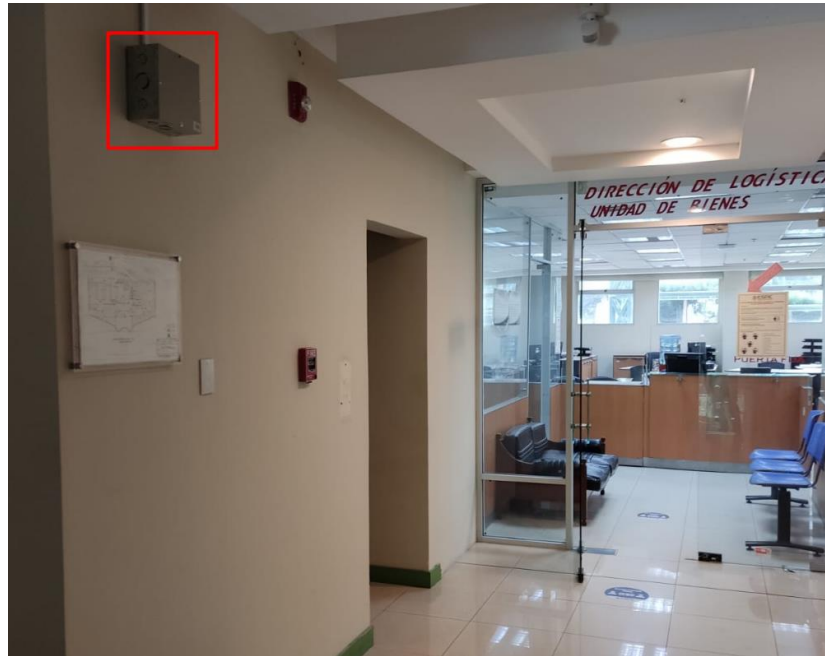
Antes y después de la instalación del sensor de flujo en las redes de AP del edificio administrativo



Todos los controladores del equipo se instalaron en el pasillo que lleva a la dirección de logística, unidad de bienes en una caja de paso como se ve en la Figura 58, en donde recibe la información del sensor y se envía la misma a la plataforma Thingier.io, por la cercanía que se tiene al emisor de Wifi de 2.4 Ghz (router) presentándose en un umbral menor a RSSI -69dBm de acuerdo al mapa de calor proporcionado por la Unidad de Tecnologías de la Información (UTICS) en referencia al memorando ESPE-DCTC-2021-2106-M (Tcrn. de EM. Fausto Mauricio De la Cadena López, 2021).

Figura 58

Ubicación de los controladores del equipo en caja de paso



Nota. Se encontraron algunos inconvenientes con la red Wifi otorgada en el Memorando Nro. ESPE-DCTC-2021-1929-M, en el que, si bien se otorga una red Wifi, esta tiene varios Firewalls de seguridad que impiden al dispositivo conectarse automáticamente con la plataforma, esto se soluciona otorgando permisos de conexión desde el dispositivo hacia el internet por los puertos: TCP 22, 80, 443, 25200, 25201, 25202, 1883, 8883. Por lo cual se realizó el Memorando ESPE-DCTC-2021-2106-M (Trn. de EM. Fausto Mauricio De la Cadena López, 2021).

Evaluación de consumo y pérdidas de agua

Caudales de agua potable del edificio administrativo.

Se obtuvieron mediciones remotas del caudalímetro IoT desde el día 26/07/2021 visualizando datos en la plataforma Thinger.io, por lo cual, se procedió a hacer pruebas, verificando que la conexión del equipo con internet no tuviera problemas y observar el comportamiento de los usuarios del servicio, posteriormente, se recopilaron datos desde el día lunes 02/08/2021 hasta el día domingo 08/08/2021, se analizaron estos datos con la teoría de la estimación por el coeficiente de Hurst con ayuda del Ing. Alfonso Rodrigo Tierra Ph.D., se obtuvo un valor de $H=0.8$, es decir que el conjunto de datos es recurrente, su tendencia está caracterizada por repetirse en el tiempo, informándonos que los datos obtenidos se van a replicar durante todos los días y se va a obtener la misma interacción entre ellos. Si se requiere ahondar más en el tema, puede hacerlo revisando el artículo “Estimación del coeficiente de Hurst de las series temporales de tráfico vehicular en zonas urbanas por rango_reescalado” (Morales & Tierra, 2017) en donde se encuentra toda la teoría utilizada, como calcular y utilizar este coeficiente.

Por consiguiente, se verificaron las horas de mayor consumo de agua potable en el edificio administrativo, que fueron a las 7h20, 13h05, 13h55 y 16h05.

En la Tabla 15, Tabla 16, Tabla 17, Tabla 18 y Tabla 19 se presentan los datos de caudal obtenidos de la plataforma Thinger.io, cinco minutos antes y después de las horas de mayor consumo desde el día 10/08/2021 hasta el día 16/08/2021, que fueron días donde también se realizaron mediciones manuales de caudales en las tuberías de agua residual.

Tabla 15*Caudales en horas de mayor consumo del edificio administrativo del día 10/08/2021*

Fecha	Hora	Caudal (l/min)	Caudal (l/s)
	7:15	1,1	0,0183
	7:16	0,5	0,0083
	7:17	0	0
	7:18	0,2	0,0033
	7:19	0	0
	7:20	0	0
	7:21	0,6	0,01
	7:22	1,5	0,025
	7:24	0,5	0,0083
	7:25	0	0
	13:00	1,5	0,025
	13:01	2,6	0,0433
	13:02	1,7	0,0283
	13:03	0	0
	13:04	0,2	0,0033
	13:05	0	0
	13:06	0	0
	13:07	0,6	0,01
	13:08	0	0
10/8/2021	13:09	0,5	0,0083
	13:10	0	0
	13:50	1,1	0,0183
	13:51	0	0
	13:52	7	0,1167
	13:53	0	0
	13:54	0	0
	13:55	3	0,05
	13:56	0	0
	13:57	0,8	0,0133
	13:58	0	0
	13:59	1	0,0167
	16:00	2,7	0,045
	16:01	1,3	0,0217
	16:02	0,1	0,0017
	16:03	2	0,0333
	16:04	7,9	0,1317
	16:05	0,1	0,0017
	16:06	0	0
	16:07	0,1	0,0017
	16:08	0	0

Tabla 16

Caudales en horas de mayor consumo del edificio administrativo del día 11/08/2021

Fecha	Hora	Caudal (l/min)	Caudal (l/s)
11/8/2021	7:15	0	0
	7:16	0,5	0,0083
	7:17	0	0
	7:18	2,5	0,0417
	7:19	0,5	0,0083
	7:21	9	0,15
	7:23	1,5	0,025
	7:24	0,9	0,015
	7:25	0	0
	13:00	0,6	0,01
	13:01	0	0
	13:02	3,5	0,0583
	13:03	1,3	0,0217
	13:04	4,5	0,075
	13:05	1,1	0,0183
	13:06	6,9	0,115
	13:08	0,1	0,0017
	13:09	0	0
	13:10	0	0
	13:49	0,5	0,0083
	14:00	13	0,2167
	14:01	6,6	0,11
	16:00	1	0,0167
	16:10	0,3	0,005

Tabla 17*Caudales en horas de mayor consumo del edificio administrativo del día 12/08/2021*

Fecha	Hora	Caudal (l/min)	Caudal (l/s)
12/8/2021	7:15	0,5	0,0083
	7:16	0	0
	7:17	0,5	0,0083
	7:19	0	0
	7:20	0	0
	7:21	0	0
	7:22	0,4	0,0067
	7:23	0	0
	7:24	0	0
	7:25	0	0
	13:00	6	0,1
	13:01	8	0,1333
	13:02	0	0
	13:03	2	0,0333
	13:04	0	0
	13:05	0	0
	13:06	0	0
	13:07	3,3	0,055
	13:08	0	0
	13:09	0,5	0,0083
	13:10	0,5	0,0083
	13:50	0	0
	13:51	2,2	0,0367
	13:52	0	0
	13:53	0,4	0,0067
	13:54	2,4	0,04
	13:55	8,3	0,1383
	13:56	3,2	0,0533
	13:57	1,2	0,02
	13:58	2,2	0,0367
	13:59	1,5	0,025
	14:00	0	0
	15:57	4,5	0,075
	16:08	13,2	0,22
16:09	6,9	0,115	
16:10	0,4	0,0067	

Tabla 18*Caudales en horas de mayor consumo del edificio administrativo del día 13/08/2021*

Fecha	Hora	Caudal (l/min)	Caudal (l/s)
	7:15	2	0,0333
	7:16	0	0
	7:17	0,7	0,0117
	7:18	0	0
	7:19	0,9	0,015
	7:20	0	0
	7:21	1	0,0167
	7:23	0,4	0,0067
	7:24	0,3	0,005
	7:25	0	0
	13:00	1	0,0167
	13:01	0,3	0,005
	13:02	0,1	0,0017
	13:03	0	0
	13:04	8	0,133
	13:05	0,8	0,0133
	13:06	0,2	0,0033
	13:08	0,6	0,01
	13:09	2,6	0,0433
13/8/2021	13:10	0,1	0,0017
	13:50	0	0
	13:51	0,1	0,0017
	13:52	0	0
	13:53	0	0
	13:54	6	0,1
	13:55	7,3	0,1217
	13:56	1,5	0,025
	13:57	1,7	0,0283
	13:58	1,3	0,0217
	13:59	0,4	0,0067
	14:00	0,2	0,0033
	16:00	0	0
	16:02	6,9	0,115
	16:03	11,1	0,185
	16:04	0,4	0,0067
	16:05	0,3	0,005
	16:06	0	0
	16:07	0	0
	16:08	0	0
	16:09	0	0

Tabla 19

Caudales en horas de mayor consumo del edificio administrativo del día 16/08/2021

Fecha	Hora	Caudal (l/min)	Caudal (l/s)
	7:15	0,1	0,0017
	7:16	0	0
	7:17	0	0
	7:18	0,9	0,015
	7:19	0	0
	7:20	0,5	0,0083
	7:21	0	0
	7:22	0,6	0,01
	7:23	0	0
	7:24	0	0
	7:25	0,4	0,0067
	13:00	2,5	0,0417
	13:01	6,8	0,1133
	13:02	0	0
	13:03	0	0
	13:04	1,3	0,0217
	13:05	0	0
	13:06	0	0
	13:07	0	0
16/8/2021	13:08	0	0
	13:09	0,1	0,0017
	13:10	0	0
	13:50	3,2	0,0533
	13:51	8,6	0,1433
	13:52	0,3	0,005
	13:53	12,3	0,205
	13:54	0,2	0,0033
	13:55	0	0
	13:56	0	0
	13:57	0,6	0,01
	13:58	0	0
	16:01	0	0
	16:02	17	0,2833
	16:03	8,3	0,1383
	16:04	0,6	0,01
	16:05	0,1	0,0017
	16:06	0	0
	16:07	0	0
	16:08	0	0
	16:09	3,3	0,055

Análisis de consumo y pérdidas de agua potable en el edificio administrativo

Como se observa el Anexo E (Datos de consumo de agua potable del edificio administrativo), según los datos obtenidos por el caudalímetro IoT dan a conocer que no existen fugas o pérdidas de agua potable en el edificio, ya que no existen valores de consumo desde las 10 Pm hasta las 6 Am del día siguiente, es decir, cuando el edificio queda totalmente vacío.

Para considerar que existen fugas del líquido vital sería fácilmente verificable, ya que, existiría un consumo bajo durante todo el muestreo, aunque no se esté utilizando el sistema.

Caudales de agua residual del edificio administrativo.

En la Tabla 20 se presentan las mediciones de los tirantes de aguas servidas de la tubería de 200 mm del edificio universitario, calculando el radio hidráulico y caudal de salida del edificio.

Tabla 20

Medición de tirantes de agua servida del edificio universitario

Fecha	Hora	Tirante (m)	Θ (rad)	Radio Hidráulico	Caudal (m ³ /s)	Caudal (l/s)
10/8/2021	7h20	0,0015	0,17	0,0010	0,0000	0,0029
	13h05	0,0050	0,32	0,0033	0,0000	0,0386
	13h55	0,0080	0,40	0,0052	0,0001	0,1059
	16h05	0,0050	0,32	0,0033	0,0000	0,0386
11/8/2021	7h20	0,0050	0,32	0,0033	0,0000	0,0386
	13h05	0,0080	0,40	0,0052	0,0001	0,1059
	13h55	0,0080	0,40	0,0052	0,0001	0,1059
	16h05	0,0050	0,32	0,0033	0,0000	0,0386
12/8/2021	7h20	0,0020	0,20	0,0013	0,0000	0,0054
	13h05	0,0080	0,40	0,0052	0,0001	0,1059
	13h55	0,0080	0,40	0,0052	0,0001	0,1059
	16h05	0,0080	0,40	0,0052	0,0001	0,1059
13/8/2021	7h20	0,0010	0,14	0,0007	0,0000	0,0012
	13h05	0,0050	0,32	0,0033	0,0000	0,0386
	13h55	0,0080	0,40	0,0052	0,0001	0,1059
	16h05	0,0100	0,45	0,0065	0,0002	0,1706
16/8/2021	7h20	0,0010	0,14	0,0007	0,0000	0,0012
	13h05	0,0080	0,40	0,0052	0,0001	0,1059
	13h55	0,0100	0,45	0,0065	0,0002	0,1706
	16h05	0,0120	0,49	0,0078	0,0003	0,2517

Nota. En lo posible se trató de tomar las mediciones en los horarios de más consumo de agua potable, pero no siempre se pudo realizar la medición todos los días a la hora exacta especificada.

Análisis de consumo y pérdidas de agua residual en el edificio administrativo

En la Tabla 21 se comparan los valores más cercanos de la medición de caudales de agua residual con respecto a los caudales de agua potable consumidos en el edificio administrativo y se calcula con esto el porcentaje de pérdida que existe en las tuberías y se calcula el promedio para encontrar el porcentaje de pérdida de agua, siendo este de **14.45 %**.

Cabe aclarar que el volumen de agua consumido en el edificio es bastante pequeño acarreando un gran porcentaje de error en las mediciones ya que la medición en la tubería de agua sanitaria fue de difícil observación debido a la altura del tirante de agua; y que el porcentaje de pérdidas también se debe incluir consumos de agua potable que no llegan a la tubería sanitaria, debido a otros usos como por ejemplo riego de plantas, agua utilizada para limpieza y mantenimiento de las instalaciones, entre otras.

Tabla 21

Cálculo de pérdidas en el sistema de alcantarillado del edificio universitario

Fecha	Hora	Caudal A. Servida (l/s)	Caudal A. Potable (l/s)	Porcentaje de pérdida
10/8/2021	7h20	0,00287352	0,0033	12,92
	13h05	0,03860308	0,0433	10,85
	13h55	0,10587951	0,1167	9,27
	16h05	0,03860308	0,045	14,22
11/8/2021	7h20	0,03860308	0,0417	7,43
	13h05	0,10587951	0,115	7,93
	13h55	0,10587951		
	16h05	0,03860308		
12/8/2021	7h20	0,00535115	0,0067	20,13
	13h05	0,10587951	0,1333	20,57
	13h55	0,10587951	0,1383	23,44
	16h05	0,10587951	0,115	7,93
13/8/2021	7h20	0,0011955	0,0017	29,68
	13h05	0,03860308	0,0433	10,85
	13h55	0,10587951	0,1217	13,00
	16h05	0,1706266	0,185	7,77
16/8/2021	7h20	0,0011955	0,0017	29,68
	13h05	0,10587951	0,1133	6,55
	13h55	0,1706266	0,205	16,77
	16h05	0,25168078	0,2833	11,16
PROMEDIO				14,45

Caudales de agua potable del campus universitario

Los datos obtenidos en la medición de agua potable realizada en la cisterna que abastece del líquido vital a la universidad cada hora el día 18/08/2021 son los que se muestran en la Tabla 22, en los que se midió la diferencia de nivel de agua en la cisterna de medidas 9.2 m x 9.2 m y se calculó el caudal en l/s entregado al campus, obteniendo un caudal promedio del día de **1.82 l/s**.

Tabla 22

Medición de diferencias de nivel de agua en la cisterna del campus universitario

HORA	MEDIDA	DIF.	VOLUMEN (m3)	VOLUMEN (l)	Caudal (l/s)
7:30	2,04				
8:30	1,91	0,13	11,00	11003,20	3,06
9:30	1,75	0,16	13,54	13542,40	3,76
10:30	1,6	0,15	12,70	12696,00	3,53
11:30	1,43	0,17	14,39	14388,80	4,00
12:30	1,32	0,11	9,31	9310,40	2,59
13:30	1,23	0,09	7,62	7617,60	2,12
14:30	2,05		0,00	0,00	0,00
15:30	1,84	0,21	17,77	17774,40	4,94
16:30	1,76	0,14	11,85	11849,60	3,29
17:30	1,64	0,12	10,16	10156,80	2,82
18:30	1,55	0,09	7,62	7617,60	2,12
19:30	1,48	0,07	5,92	5924,80	1,65
20:30	1,4	0,08	6,77	6771,20	1,88
21:30	2,01		0,00	0,00	0,00
22:30	1,95	0,06	5,08	5078,40	1,41
23:30	1,93	0,02	1,69	1692,80	0,47
0:30	1,92	0,01	0,85	846,40	0,24
1:30	1,92	0	0,00	0,00	0,00
2:30	1,92	0	0,00	0,00	0,00
3:30	1,91	0,01	0,85	846,40	0,24
4:30	1,89	0,02	1,69	1692,80	0,47
5:30	1,8	0,09	7,62	7617,60	2,12
6:30	1,62	0,18	15,24	15235,20	4,23

Caudales de agua residual del campus universitario

Se realizaron campañas de medición de los tirantes agua residual realizadas al final de las tres redes de alcantarillado de la universidad en las horas de mayor consumo, desde el día 10/08/2021 hasta el día 16/08/2021, calculando el caudal en base a los parámetros geométricos de la sección transversal de las tuberías de salida del campus, tal como se lo señala en el apartado de pérdidas de carga por fricción del “Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento” (CONAGUA & SEMARNAT, 2019), con la Ecuación (1), Ecuación (2), Ecuación (3), Ecuación (4), Ecuación (5) y Ecuación (6).

$$Q = A * V \quad (1)$$

$$Q = \frac{1}{n} * S * R_h^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$R_h = \frac{A}{P_m} \quad (3)$$

$$\theta = \arccos \left(1 - \frac{2y}{D} \right) \quad (4)$$

$$A = \frac{D^2}{4} \left[\theta - \frac{1}{2} * \text{sen}(2\theta) \right] \quad (5)$$

$$P = D\theta \quad (6)$$

Los resultados obtenidos del punto de control 1 se reflejan en la Tabla 23, los resultados obtenidos del punto de control 2 se reflejan en la Tabla 24 y los resultados obtenidos del punto de control 3 se reflejan en la Tabla 25.

Tabla 23*Mediciones de tirante de agua residual y caudal promedio, punto de control 1*

Fecha	Hora	Tirante (m)	Radio Hidráulico	Caudal (m ³ /s)	Caudal (l/s)
8/9/2021	7h00	0,0130	0,0084	0,0003	0,2754
	11h00	0,0110	0,0071	0,0002	0,1930
	15h00	0,0120	0,0078	0,0002	0,2323
	19h00	0,0080	0,0052	0,0001	0,0977
9/9/2021	7h00	0,0030	0,0020	0,0000	0,0119
	11h00	0,0050	0,0033	0,0000	0,0356
	15h00	0,0070	0,0046	0,0001	0,0734
	19h00	0,0040	0,0026	0,0000	0,0220
10/9/2021	7h00	0,0050	0,0033	0,0000	0,0356
	11h00	0,0200	0,0127	0,0007	0,6848
	15h00	0,0060	0,0039	0,0001	0,0527
	19h00	0,0030	0,0020	0,0000	0,0119
11/9/2021	7h00	0,0080	0,0052	0,0001	0,0977
	11h00	0,0040	0,0026	0,0000	0,0220
	15h00	0,0100	0,0065	0,0002	0,1575
	19h00	0,0020	0,0013	0,0000	0,0049
12/9/2021	7h00	0,0070	0,0046	0,0001	0,0734
	11h00	0,0040	0,0026	0,0000	0,0220
	15h00	0,0080	0,0052	0,0001	0,0977
	19h00	0,0020	0,0013	0,0000	0,0049
13/9/2021	7h00	0,0110	0,0071	0,0002	0,1930
	11h00	0,0100	0,0065	0,0002	0,1575
	15h00	0,0110	0,0071	0,0002	0,1930
	19h00	0,0040	0,0026	0,0000	0,0220
14/9/2021	7h00	0,0100	0,0065	0,0002	0,1575
	11h00	0,0120	0,0078	0,0002	0,2323
	15h00	0,0080	0,0052	0,0001	0,0977
	19h00	0,0030	0,0020	0,0000	0,0119

Tabla 24*Mediciones de tirante de agua residual y caudal promedio, punto de control 2*

Fecha	Hora	Tirante (m)	Radio Hidráulico	Caudal (m ³ /s)	Caudal (l/s)
8/9/2021	7h00	0,0085	0,0056	0,0003	0,2944
	11h00	0,0060	0,0039	0,0001	0,1395
	15h00	0,0050	0,0033	0,0001	0,0943
	19h00	0,0050	0,0033	0,0001	0,0943
9/9/2021	7h00	0,0050	0,0033	0,0001	0,0943
	11h00	0,0075	0,0049	0,0002	0,2252
	15h00	0,0090	0,0059	0,0003	0,3327
	19h00	0,0040	0,0026	0,0001	0,0583
10/9/2021	7h00	0,0050	0,0033	0,0001	0,0943
	11h00	0,0090	0,0059	0,0003	0,3327
	15h00	0,0090	0,0059	0,0003	0,3327
	19h00	0,0040	0,0026	0,0001	0,0583
11/9/2021	7h00	0,0060	0,0039	0,0001	0,1395
	11h00	0,0090	0,0059	0,0003	0,3327
	15h00	0,0100	0,0065	0,0004	0,4167
	19h00	0,0040	0,0026	0,0001	0,0583
12/9/2021	7h00	0,0050	0,0033	0,0001	0,0943
	11h00	0,0085	0,0056	0,0003	0,2944
	15h00	0,0040	0,0026	0,0001	0,0583
	19h00	0,0030	0,0020	0,0000	0,0314
13/9/2021	7h00	0,0060	0,0039	0,0001	0,1395
	11h00	0,0055	0,0036	0,0001	0,1157
	15h00	0,0060	0,0039	0,0001	0,1395
	19h00	0,0040	0,0026	0,0001	0,0583
14/9/2021	7h00	0,0050	0,0033	0,0001	0,0943
	11h00	0,0070	0,0046	0,0002	0,1942
	15h00	0,0040	0,0026	0,0001	0,0583
	19h00	0,0025	0,0017	0,0000	0,0212

Tabla 25*Mediciones de tirante de agua residual y caudal promedio, punto de control 3*

Fecha	Hora	Tirante (m)	Radio Hidráulico	Caudal (m ³ /s)	Caudal (l/s)
8/9/2021	7h00	0,0410	0,0218	0,0039	3,9452
	11h00	0,0355	0,0196	0,0030	3,0224
	15h00	0,0285	0,0164	0,0020	1,9838
	19h00	0,0250	0,0147	0,0015	1,5331
9/9/2021	7h00	0,0140	0,0087	0,0005	0,4717
	11h00	0,0215	0,0129	0,0011	1,1342
	15h00	0,0320	0,0180	0,0025	2,4818
	19h00	0,0110	0,0070	0,0003	0,2854
10/9/2021	7h00	0,0105	0,0067	0,0003	0,2589
	11h00	0,0250	0,0147	0,0015	1,5331
	15h00	0,0430	0,0226	0,0043	4,2993
	19h00	0,0070	0,0045	0,0001	0,1100
11/9/2021	7h00	0,0285	0,0164	0,0020	1,9838
	11h00	0,0390	0,0210	0,0036	3,6003
	15h00	0,0390	0,0210	0,0036	3,6003
	19h00	0,0210	0,0126	0,0011	1,0817
12/9/2021	7h00	0,0250	0,0147	0,0015	1,5331
	11h00	0,0355	0,0196	0,0030	3,0224
	15h00	0,0320	0,0180	0,0025	2,4818
	19h00	0,0180	0,0110	0,0008	0,7911
13/9/2021	7h00	0,0280	0,0161	0,0019	1,9164
	11h00	0,0390	0,0210	0,0036	3,6003
	15h00	0,0430	0,0226	0,0043	4,2993
	19h00	0,0140	0,0087	0,0005	0,4717
14/9/2021	7h00	0,0320	0,0180	0,0025	2,4818
	11h00	0,0250	0,0147	0,0015	1,5331
	15h00	0,0355	0,0196	0,0030	3,0224
	19h00	0,0100	0,0064	0,0002	0,2337

En la Tabla 26 se presentan los caudales promedios de los 7 días en los tres puntos de control de agua servida por horas de consumo y se compara con el caudal de agua potable medido en la cisterna, verificando un porcentaje de pérdida de entre los dos de 36.3 %.

Tabla 26

Resumen de caudales promedios en las salidas de alcantarillado de la universidad

Hora	Suma de caudales en tres puntos de control	Caudal A. Servida (l/s)	Caudal A. Potable (l/s)	Porcentaje de pérdida (%)
7h00	1,7987	2,0551	3,0600	32,84
11h00	2,4922	2,9182	4,0000	27,04
15h00	3,1670	3,5008	4,9400	29,13
19h00	0,6438	0,7231	1,6500	56,17
PROMEDIO				36,30

Cabe aclarar que el porcentaje de pérdidas también se debe incluir consumos de agua potable que no llegan a la tubería sanitaria, debido a evaporaciones y otros usos, como por ejemplo riego de plantas, agua utilizada para limpieza y mantenimiento de las instalaciones, entre otras.

Resultados de modelo de agua potable

Realizando el modelamiento de las redes globales de agua potable del campus universitario con su respectiva población de saturación, el programa WaterCAD arrojó los resultados mostrados en la Tabla 27, mostrando la demanda en l/s y la presión en m.c.a. de cada punto de la red; calculando una demanda total necesaria de 10.68 l/s.

Tabla 27

Resultados del modelamiento de agua potable de las redes globales del campus universitario

Punto	Elevación (msnm)	Demanda (Calculada) (l/s)	Gradiente Hidráulico Calculado (msnm)	Presión (m.c.a.)
J-1	2.494,14	0,00	2.513,73	19,55
J-2	2.492,89	0,51	2.513,30	20,37
J-3	2.498,64	0,00	2.512,94	14,27
J-4	2.482,31	0,30	2.512,51	30,14
J-5	2.475,68	0,00	2.512,18	36,43
J-6	2.482,68	0,36	2.511,53	28,79
J-7	2.481,78	0,02	2.510,03	28,19
J-8	2.487,00	0,00	2.508,68	21,63
J-9	2.491,03	0,00	2.507,02	15,96
J-10	2.494,86	0,12	2.507,01	12,13
J-11	2.502,03	0,87	2.506,48	4,44
J-12	2.500,86	0,00	2.507,95	7,07
J-13	2.495,32	0,74	2.507,30	11,95
J-14	2.487,70	0,02	2.511,99	24,24
J-15	2.489,75	0,84	2.511,67	21,88
J-16	2.485,06	0,08	2.512,67	27,56
J-17	2.493,17	3,35	2.502,70	9,51
J-18	2.490,82	3,47	2.500,48	9,64
J-19	2.493,64	0,00	2.506,35	12,68
J-20	2.485,56	0,01	2.508,68	23,07

Análisis de presiones en varios puntos de la red

Se midió la presión en varios puntos alrededor del campus universitario, resolviendo un mapa de presiones que se visualiza en la Figura 59 y se lo encuentra más detallado en el Anexo C (Planos), y se representa en la figura, con este mapa se comparan las presiones obtenidas en la Tabla 27 y se verifica en la Tabla 28 el estado en el que se encuentra la red de agua potable si la presión medida es mayor a la presión que se obtuvo en el modelamiento de agua, ya que en el modelo se establece bajo condiciones extremas de consumo de agua potable.

Figura 59

Mapa de presiones de la red de agua potable del campus universitario



Tabla 28*Verificación de presiones medidas vs presiones modeladas*

Nodo	Presión modelada (m.c.a.)	Presión medida (m.c.a.)	Estado
J-1	19,55	26,75	Ok
J-2	20,37	32,25	Ok
J-3	14,27	36,3	Ok
J-4	30,14	41,25	Ok
J-5	36,43	36,5	Ok
J-6	28,79	38,25	Ok
J-7	28,19	37,75	Ok
J-8	21,63	34,25	Ok
J-9	15,96	35,5	Ok
J-10	12,13		
J-11	4,44	31,5	Ok
J-12	7,07	31,5	Ok
J-13	11,95	30,2	Ok
J-14	24,24	34,3	Ok
J-15	21,88	35,4	Ok
J-16	27,56	33,75	Ok
J-17	9,51	30,5	Ok
J-18	9,64	37,25	Ok
J-19	12,68	32,75	Ok
J-20	23,07	34,1	Ok

Las presiones medidas en campus dan a conocer que la red de agua potable del campus universitario trabaja con una buena presión hasta en los puntos más alejados.

Análisis de modelos de agua residual

En la Tabla 29, Tabla 30 y Tabla 31 se muestra la capacidad total que tienen las tuberías de la red sanitaria número 1, 2 y 3 según el diseño realizado, su pendiente y utilizando hasta un 70% de capacidad de la tubería según las “Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes” (Instituto Ecuatoriano de normalización, 2019), se puede observar que los caudales totales

utilizados bajo condiciones extremas de saturación de edificios se encuentran muy por debajo de la capacidad que admiten las tuberías instaladas.

Tabla 29

Caudal calculado de la red número 1 del sistema de agua potable de la universidad.

Pozo	Caudal total (l/s)	Capacidad de caudal (l/s)	Estado
P-22	2,36	28,65	Ok
P-18	1,63	90,59	Ok
P-19	1,63	90,59	Ok
P-20	2,59	64,18	Ok
P-17	10,72	45,06	Ok
P-15	20,60	82,40	Ok
P-16	20,60	90,59	Ok
P-1	2,36	28,65	Ok
P-2	2,36	28,65	Ok
P-3	2,36	63,96	Ok
P-4	2,36	28,65	Ok
P-5	3,66	43,76	Ok
P-6	3,66	32,67	Ok
P-7	3,66	28,65	Ok
P-8	3,66	41,67	Ok
P-9	3,66	65,90	Ok
P-10	4,49	90,59	Ok
P-11	4,49	81,09	Ok
P-12	5,63	90,59	Ok
P-13	5,63	28,65	Ok
P-14	28,82	81,71	Ok
P-21	28,82	90,59	Ok

Tabla 30

Caudal calculado de la red número 2 del sistema de agua potable de la universidad.

Pozo	Caudal total (l/s)	Capacidad de caudal (l/s)	Estado
P-1	86,60	85,23	Ok
P-2	38,61	37,24	Ok
P-3	67,76	66,39	Ok
P-4	37,41	36,04	Ok
P-5	29,39	27,76	Ok

Tabla 31

Caudal calculado de la red número 3 del sistema de agua potable de la universidad.

Pozo	Caudal total (l/s)	Capacidad de caudal (l/s)	Estado
P-1	2,79	48,07	Ok
P-2	2,79	28,85	Ok
P-3	2,79	28,85	Ok
P-4	2,79	68,54	Ok
P-5	2,93	28,89	Ok
P-6	2,93	44,10	Ok
P-7	2,93	90,45	Ok
P-8	3,32	80,61	Ok
P-9	3,32	95,56	Ok
P-10	3,32	72,88	Ok
P-11	3,32	28,89	Ok
P-12	3,32	28,89	Ok
P-13	0,40	28,92	Ok
P-14	0,40	86,27	Ok
P-15	3,72	28,70	Ok

Propuestas de mejora y costos de implementación en las redes de agua potable y alcantarillado del campus

Propuesta de mejora en la red de agua potable

Recopilar información es extremadamente importante en el trabajo de diagnóstico del funcionamiento del sistema. Los datos recopilados no son concluyentes para detectar la causa de un problema en particular, pero brindan una indicación de las posibles causas y, junto con la investigación específica, a la ejecución de operaciones correctivas (Empresa pública Ecuador estratégico, n.d.).

Son necesarias las siguientes recomendaciones hacia un correcto procedimiento para controlar y prevenir fugas en el sistema y son en pro de mejorar el servicio que se viene practicando en las redes del campus universitario:

- Administrar el control de las fugas visibles mediante inspecciones periódicas, teniendo en cuenta las quejas de los usuarios (Aguas Machala, n.d.).
- Inspeccionar las causas por las que existen fugas recurrentes en determinadas zonas según el conocimiento de los operadores de red (Aguas Machala, n.d.).
- Realizar inspecciones visuales continuas y periódicas de la tubería principal en busca de suelo húmedo, diferencias de vegetación, hundimiento del terreno por erosión del subsuelo, etc. (Aguas Machala, n.d.).
- Reducir los daños durante las tareas de transporte, instalación u operación y mantenimiento. El daño se debe principalmente a agrietamiento transversal, aplastamiento o agrietamiento longitudinal, vibración por las cargas superficiales, mala construcción, fatiga, golpe de ariete o defectos en la fabricación (Aguas Machala, n.d.).

Como se muestra en la Figura 40, no se mantiene una correcta limpieza en la cisterna que provee de agua potable a todo el campus, según la (Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Durán - Empresa Pública., 2020) es necesario higienizar las cisternas de agua potable por lo menos cada seis meses para garantizar que el agua suministrada sea consumible sin riesgos.

Como se observa en el apartado “Caudales de agua potable del edificio administrativo”, es de gran ayuda contar con caudalímetros IoT, se puede actualizar las redes de agua potable del campus universitario con Smart Water, ya que, podríamos monitorear remotamente toda la red, corrigiendo gastos inusuales, interviniendo en ellas oportunamente, cuidando nuestra economía y sobre todo manejando correctamente el recurso.

Para implementar un Smart Water de consumos y fugas, se plantea en un inicio implementar seis caudalímetros inteligentes en varios puntos de la red de agua potable como se muestra en la Figura 60, que reportaron al sistema sus mediciones volumétricas diarias, comparándolas con la medición de un caudalímetro inicial que se ubicará en el inicio de la red de agua potable, la suma del volumen medido en los caudalímetros de la red deben ser iguales al volumen de agua suministrado.

Figura 60

Puntos potenciales para implementación de caudalímetros IoT

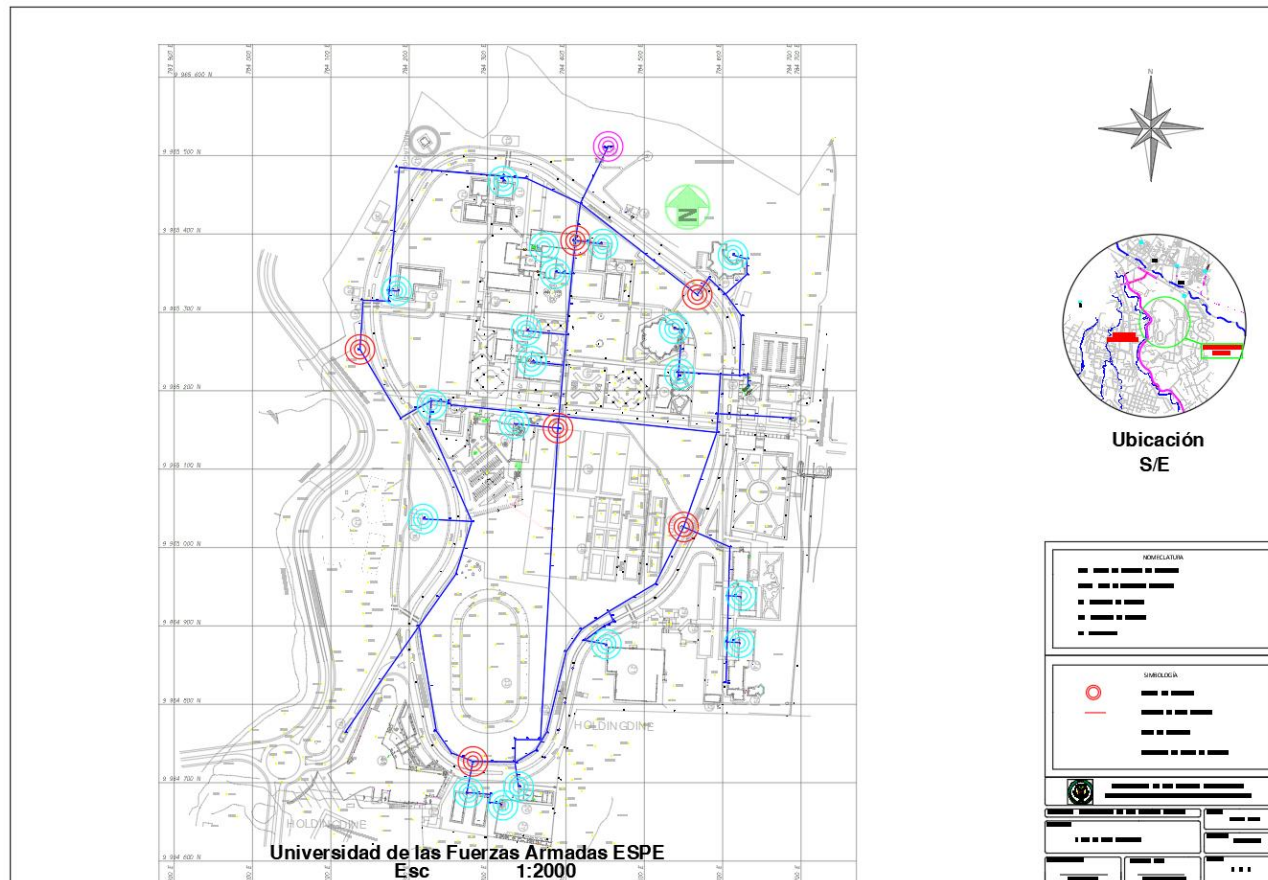


Nota: Los distintivos rojos muestran una ubicación potencial para la instalación de caudalímetros IoT en base a la cantidad de edificios que pueden ser censados.

Posteriormente se instalarán caudalímetros IoT en la acometida de cada edificio del campus como se lo muestra en la Figura 56, ya que se podrá monitorear cada uno de ellos buscando volúmenes de agua que no se consumen por los usuarios. Y si se quiere mantener un régimen más estricto de control de agua potable, se pueden instalar caudalímetros IoT en cada piso de los edificios del campus universitario.

Figura 61

Acometidas de edificios donde implementar caudalímetros IoT



Nota: Los distintivos cian muestran las acometidas de los edificios de la universidad donde se deben instalar los caudalímetros IoT.

Una forma fácil para ahorrar agua y manejar de mejor manera el agua potable, es cambiar los aparatos sanitarios y urinarios normales por unos ahorradores, que reducen considerablemente el consumo de agua, siendo 20% y 100% de ahorro respectivamente.

Costos de implementación de caudalímetros IoT y aparatos ahorradores

El caudalímetro descrito en esta tesis tiene un costo de producción e implementación aproximado de \$89 sin incluir mano de obra. Los materiales utilizados se describen con su precio en la *Tabla 32*.

Tabla 32

Materiales y costo de producción del caudalímetro IoT de 2"

Material	Costo aproximado
Unión	8
Universal	13
Tubería	5
Teflón/pasta	4
Caudalímetro	32
Arduino	10
Node MCU	5
Protoboard	3
Cables y demás	3
Alimentador	6
TOTAL	89

Considerando la instalación de caudalímetros IoT, inodoros y urinarios ahorradores sin incluir mano de obra, se invertirán \$230.215 cambiando todos los aparatos sanitarios de los edificios descritos en la *Tabla 33*.

Tabla 33*Cantidad de Aparatos sanitarios e ingresos de cada edificio del campus universitario*

Edificio	Ingresos Ap. 2"	Inodoros	Urinarios	Costo [\$]
Bloque A-B	4	84	40	37556
Bloque C-D	4	84	40	37556
Laboratorio idiomas/suelos	2	16	7	7078
Laboratorio electrónica/biotecnología	1	20	8	8489
Laboratorio geográfica/mecánica	1	10	6	4889
Laboratorio mecánica	2	20	0	6178
Bar/Almacén/Serv. Univ./Salón 2000	3	19	7	8067
Coliseo/CAFDER	3	35	9	13467
Biblioteca	1	14	9	6989
Policlínico	1	21	0	6389
Edificio administrativo	1	21	19	12089
Transportes/CICTE	2	11	5	4978
Garitas y bodegas	0	5	0	1500
Residencia/comedor	4	215	32	74456
Redes del campus	6	0	0	534
Total	35	575	182	\$230.215

Tiempo de recuperación de costos

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE campus matriz cuenta con un suministro de agua de pozo, por tanto, esta agua no se le cobra a la institución, pero para el caso práctico, se considera el precio que costaría el agua potable en el cantón Rumiñahui, según una tarifa comercial de \$0.32, para una dotación que beneficie a los estudiantes y personal actual en las instalaciones, afectándolo por el porcentaje de pérdidas de agua de la red principal (36.3%), detallado en la Tabla 34

Tabla 34

Costos de dotaciones y pérdidas de agua potable

Estudiantes actuales	Personal	Dotación [m3/mensual]	Costo mensual	Costo en fuga mensual
9620	1734	23358	\$ 7.474,56	\$ 2.713,27

El costo de desperdicio del líquido vital es de \$ 2.713,27; y dividiéndolo para el costo de las reparaciones, se podría costear el proyecto en 84.85 meses, como se muestra en la Tabla 35.

Tabla 35

Tiempo de recuperación de la inversión

Costo en fuga mensual	Costo de Implementación	Tiempo de recuperación [meses]
\$ 2.713,27	\$ 230.215,00	84,85

Propuesta de mejora en la red de alcantarillado

Es importante seguir las siguientes precauciones en el sistema de agua residual:

- El usuario utilizará el componente, conjunto o dispositivo en las condiciones normales recomendadas por el fabricante. Siguiendo instrucciones del catálogo(SONIA MURCIA NOSSA et al., 2018).
- Evitar verter productos en redes que contengan aceites que lubriquen tuberías, ácidos fuertes, agentes no biodegradables, tintes permanentes o sustancias tóxicas, objetos que puedan dañar u obstruir cualquier parte de la red (SONIA MURCIA NOSSA et al., 2018).

- Se evitarán árboles con raíces que puedan dañar la instalación cerca de cajas de inspección, colectores enterrados, pozos de registro (SONIA MURCIA NOSSA et al., 2018).
- A toda costa es necesario evitar el depósito de sedimentos, vegetación y materias extrañas en canales y bajantes (SONIA MURCIA NOSSA et al., 2018).
- Se mantendrá adecuada ventilación de los elementos de la red utilizados para eliminar el gas residual (SONIA MURCIA NOSSA et al., 2018).
- El mantenimiento y limpieza del equipo se realizará por una empresa profesional (SONIA MURCIA NOSSA et al., 2018).
- Después de vaciar la fosa séptica, la tapa permanecerá abierta durante media hora antes de entrar para permitir su ventilación (SONIA MURCIA NOSSA et al., 2018).
- La limpieza de la fosa séptica, cañerías y sifones se realizará con agua a presión en paredes, fondo e interior (SONIA MURCIA NOSSA et al., 2018).

Está totalmente prohibido:

- Permitir el ingreso de personal no autorizado a las instalaciones (SONIA MURCIA NOSSA et al., 2018).
- Cubrir los orificios de ventilación (SONIA MURCIA NOSSA et al., 2018).
- Cambiar o ampliar las condiciones de funcionamiento o la disposición de las unidades existentes sin consultar a un técnico cualificado (SONIA MURCIA NOSSA et al., 2018).
- Manipular, modificar o alterar el material del sistema (SONIA MURCIA NOSSA et al., 2018).

- Tirar elementos al inodoro que puedan interferir con la evacuación (SONIA MURCIA NOSSA et al., 2018).

Costos de mantenimiento, derroque y reconstrucción de pozos de agua servida

Como se muestran las imágenes del Anexo D (Catastro de pozos de revisión de aguas residuales) todos los pozos de agua residual necesitan tener una adecuada limpieza para obtener un correcto funcionamiento de este.

En la Tabla 36 se presupuesta el mantenimiento y limpieza de los pozos en base a los costos que maneja el cuerpo de ingenieros del ejército, ya que es el ente que regularmente con el que realiza proyectos la universidad, el APU correspondiente se muestra en la Figura 62.

Figura 62

APU de mantenimiento de pozo de AA. SS. y limpieza

Rubro		Unidad	Rendimiento	Total		
MANTENIMIENTO DE POZO DE AA. SS. Y LIMPIEZA		U	.845	9.52		
Equipo						
Código	Equipo	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
27	HERRAMIENTA MENOR	7.237	.05	.36	1.18	.43
Mano de Obra						
Código	Mano de Obra	Cantidad	Jornal Hr.	Costo Hora	Rendimiento	Costo
417	MAESTRO MAYOR EN EJECUCION DE OBRAS CIVILES	1	4.06046	4.06	1.18	4.81
214	PEON	1	3.6202	3.62	1.18	4.28
Material						
Código	Material	Unidad	Cantidad	Precio	Total	
Transporte						
Código	Transporte	Unid. Transp.	Cantidad	Distancia	Precio	Total

Tabla 36

Número de pozos de revisión de agua sanitaria del campus universitario y costo de limpieza

Altura de pozo [m]	Número	Costo de limpieza	Total
1,2 m hasta 2 m	20	9,52	190,4
2 m hasta 4 m	26	9,52	247,52
4 m hasta 6 m	4	9,52	38,08
Total			476

Debido al estado en el que se encuentran los pozos de revisión de las tres redes de alcantarillado de la universidad, sería una idea acertada reconstruir todos los pozos de revisión de la red sanitaria del campus y verificar con equipo especializado el estado de la tubería para obtener una correcta evacuación de las aguas servidas.

En la *Tabla 37* se considera la demolición y reconstrucción de los pozos de revisión de la red sanitaria en base a los costos que maneja el cuerpo de ingenieros del ejército, ya que es el ente que regularmente con el que realiza proyectos la universidad, por tanto, en la *Figura 63*, *Figura 64*, *Figura 65* y *Figura 66* se detallan los APUS correspondientes a la demolición y reconstrucción de los pozos.

Figura 63

APU correspondiente a derrocamiento de pozos

DERROCAMIENTO DE POZOS							U	2	91.13
Equipo									
Codigo	Equipo	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo			
27	HERRAMIENTA MENOR	11.186	.05	.56	5	2.8			
723	MARTILLO NEUMÁTICO;	1	2.5	2.5	5	12.5			
629	COMPRESOR DE AIRE;	1	3.8	3.8	5	19			
Mano de Obra									
Código	Mano de Obra	Cantidad	Jornal Hr.	Costo Hora	Rendimiento	Costo			
214	PEON	2	3.6202	7.24	5	36.2			
417	MAESTRO MAYOR EN EJECUCION DE OBRAS CIVILES	.1	4.06046	.41	5	2.03			
409	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	1	3.71998	3.72	5	18.6			
Material									
Codigo	Material	Unidad	Cantidad	Precio	Total				
Transporte									

Figura 64

APU correspondiente a la construcción de un pozo de altura 1.2 a 2 m

POZO DE REVISIÓN H.S. 210 KG/CM2 H=1.20 A 2.00M INC. TAPA HF Y CERCO METÁLICO						U	.71	637.35
Equipo								
Código	Equipo	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo		
636	CONCRETERA 1 SACO;	1	6.19	6.19	1.41	8.72		
27	HERRAMIENTA MENOR	36.29	.05	1.81	1.41	2.56		
Mano de Obra								
Código	Mano de Obra	Cantidad	Jornal Hr.	Costo Hora	Rendimiento	Costo		
214	PEON	8	3.6202	28.96	1.41	40.79		
417	MAESTRO MAYOR EN EJECUCION DE OBRAS CIVILES	.1	4.06046	.41	1.41	.57		
226	ALBAÑIL	2	3.71998	7.44	1.41	10.48		
Material								
Código	Material	Unidad	Cantidad	Precio	Total			
25023	PIEDRA BOLA	M3	.4	12.22	4.89			
25186	HORMIGON PREMEZCLADO F'C= 180 KG./CM2	M3	.1	83.57	8.36			
27937	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	27.08	1	27.08			
35947	HORMIGON SIMPLE 210 KG/CM2	M3	1.55	109.56662	169.83			
30629	TAPA ALCANTARILLADO DE HF 60CM	U	1	228	228			
31875	ENCOFRADO - DESENCOFRADO METALICO (POZO DE REVISION)	M2	10	10.36	103.6			
31876	PELDAÑOS DE HIERRO	U	6	3.45	20.7			
30245	HORMIGON PREMEZCLADO F'C= 140 KG./CM2	M3	.15	78.57	11.79			
Transporte								
Código	Transporte	Unid. Transp.	Cantidad	Distancia	Precio	Total		
25023	PIEDRA BOLA	M3/KM	.4		4.5	0		
25186	HORMIGON PREMEZCLADO F'C= 180 KG./CM2	M3/KM	.1		0	0		
27937	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	27.08		1.15	0		
35947	HORMIGON SIMPLE 210 KG/CM2	M3	1.55		0	0		
30629	TAPA ALCANTARILLADO DE HF 60CM	U/H	1		0	0		
31875	ENCOFRADO - DESENCOFRADO METALICO (POZO DE REVISION)		10		0	0		
31876	PELDAÑOS DE HIERRO	U/H	6		0	0		
30245	HORMIGON PREMEZCLADO F'C= 140 KG./CM2	M3/KM	.15		0	0		

Figura 65

APU correspondiente a la construcción de un pozo de revisión de altura de 2 a 4 m

POZO DE REVISION 2<H>4 M D= 1800MM						U	.3	266.21
Equipo								
Código	Equipo	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo		
27	HERRAMIENTA MENOR	46.156	.05	2.31	3.33	7.69		
623	CIZALLA;	1	1.58	1.58	3.33	5.27		
903	ALQUILER ENCOFRADOS METALICOS PARA POZOS	4	.6	2.4	3.33	8		
830	VIBRADOR A GASOLINA;	1	2.34	2.34	3.33	7.8		
636	CONCRETERA 1 SACO;	1	6.19	6.19	3.33	20.63		
Mano de Obra								
Código	Mano de Obra	Cantidad	Jomal Hr.	Costo Hora	Rendimiento	Costo		
214	PEON	8	3.6202	28.96	3.33	96.54		
226	ALBAÑIL	2	3.71998	7.44	3.33	24.8		
417	MAESTRO MAYOR EN EJECUCION DE OBRAS CIVILES	.1	4.06046	.41	3.33	1.35		
413	AYUDANTE	1	3.6202	3.62	3.33	12.07		
230	CARPINTERO	2	3.71998	7.44	3.33	24.8		
Material								
Código	Material	Unidad	Cantidad	Precio	Total			
29198	DESMOLDANTE METAL	GLN	.2	9.47	1.89			
27937	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	55.36	1	55.36			
Transporte								
Código	Transporte	Unid. Transp.	Cantidad	Distancia	Precio	Total		
27937	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	55.36		1.15	0		
29200	DESMOLDANTE PARA MADERA	GLN	.2		0	0		
29198	DESMOLDANTE METAL	GLN	.2		0	0		

Figura 66

APU correspondiente a la construcción de un pozo de altura 4 a 6 m

POZO DE REVISION 4<H>6 M D= 1800MM						U	.25	556.12
Equipo								
Código	Equipo	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo		
27	HERRAMIENTA MENOR	46.156	.05	2.31	4	9.23		
623	CIZALLA;	1	1.58	1.58	4	6.32		
636	CONCRETERA 1 SACO;	1	6.19	6.19	4	24.76		
903	ALQUILER ENCOFRADOS METALICOS PARA POZOS	6	.6	3.6	4	14.4		
830	VIBRADOR A GASOLINA;	1	2.34	2.34	4	9.36		
877	EQUIPO DE PROTECCION Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	1	1	1	4	4		
677	ESCALERA;	1	.63	.63	4	2.52		
Mano de Obra								
Código	Mano de Obra	Cantidad	Jornal Hr.	Costo Hora	Rendimiento	Costo		
214	PEON	8	3.6202	28.96	4	115.85		
226	ALBAÑIL	2	3.71998	7.44	4	29.76		
417	MAESTRO MAYOR EN EJECUCION DE OBRAS CIVILES	.1	4.06046	.41	4	1.62		
413	AYUDANTE	1	3.6202	3.62	4	14.48		
230	CARPINTERO	2	3.71998	7.44	4	29.76		
Material								
Código	Material	Unidad	Cantidad	Precio	Total			
25222	ALAMBRE GALVANIZADO NO.18	KG	1	1.82	1.82			
30629	TAPA ALCANTARILLADO DE HF 60CM	U	1	228	228			
27937	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	64.24	1	64.24			
Transporte								
Código	Transporte	Unid. Transp.	Cantidad	Distancia	Precio	Total		
25188	HORMIGON F'C=180 KG/CM2	M3/KM	.16		0	0		
25191	HORMIGON F'C=210 KG/CM2 38MM	M3/KM	6.26		0	0		
30629	TAPA ALCANTARILLADO DE HF 60CM		1		0	0		
27937	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	64.24		1.15	0		
25222	ALAMBRE GALVANIZADO NO.18	KG	1		2.6	0		

Tabla 37

Costo de derrocamiento y construcción de pozos del sistema sanitario del campus universitario

Altura de pozo [m]	Número	Costo de derrocamiento	Costo de construcción	Total
1,2 m hasta 2 m	20	91,13	637,35	14569,6
2 m hasta 4 m	26	91,13	266,21	9290,84
4 m hasta 6 m	4	91,13	556,12	2589
Total				\$26.449,44

Tiempo de recuperación de costos

El costo de agua que se fuga de las redes del campus matriz de la universidad es de \$2.713,27; este costo se divide para el precio de derrocamiento y reconstrucción de los pozos, como resultado tenemos un tiempo de recuperación del dinero invertido en 9.75 meses, como se detalla en la **Tabla 38**.

Tabla 38

Tiempo de recuperación de costos de derrocamiento y reconstrucción de pozos.

Costo en fuga mensual	Costo de Implementación	Tiempo de recuperación
\$ 2.713,27	\$ 26.449,44	9,75

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Las redes de agua potable y sanitarias del campus matriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas llevan un periodo de funcionamiento de 32 años y ante el avance tecnológico que se vive actualmente, se ejecutó el presente trabajo, en el cual, se concluye lo siguiente:

Se identificó que existen desperfectos mínimos observables en la red global de agua potable del campus universitario que no generan averías mayores o problemas en el abastecimiento del líquido vital, ya que, se tiene un mantenimiento correctivo inmediato cada vez que existe un percance visible en la red.

Se observó que en las tres redes de agua servida del campus existe un grave deterioro del fondo, zócalo y escalera de la gran mayoría de pozos de revisión, así mismo, existen cuatro pozos que no cumplen con la altura mínima especificada por la norma.

La comparación de los resultados de la simulación del funcionamiento de la red de agua potable versus los datos de presión obtenidos en campo arrojó que las presiones obtenidas en campo fueron mayores a las obtenidas en la simulación bajo consumos de saturación de las redes en un 44.20% como porcentaje promedio, verificando que los elementos hidráulicos son suficientes para el buen manejo del recurso hídrico.

La simulación del funcionamiento de las tres redes sanitarias del campus universitario arrojó que los elementos de las redes instaladas son capaces de evacuar el agua de todos los edificios de la universidad servida bajo consumos de saturación sin inconvenientes.

La comparación entre el caudal medido de agua potable suministrado al campus versus el caudal de agua potable medido en las tres salidas de las redes de alcantarillado, reflejan un porcentaje de pérdidas promedio de 36.3%.

La implementación del caudalímetro IoT en el edificio administrativo de la universidad refleja todos los consumos de agua potable que se realizan en dicho edificio y no se encontró un porcentaje de pérdidas o fugas en la red de agua potable.

Existe un 14.45% de pérdidas o fugas según la comparación entre el caudal de agua potable medido en el edificio administrativo y el caudal de aguas residuales.

Al implantar el conjunto de soluciones propuestas para el buen manejo de las redes de agua potable y sanitarias solucionarían en gran medida los problemas encontrados y reducirían el porcentaje de aguas no contabilizadas.

El presupuesto referencial para la reconstrucción de los pozos de agua residual es de \$26449,44 y fue calculado en base a precios que maneja el cuerpo de ingenieros del ejército y se puede recuperar esta inversión en 9.75 meses.

El presupuesto referencial para la implementación de 35 caudalímetros IoT de 2", 575 sanitarios y 182 urinarios ahorradores es de \$230.215 sin incluir mano de obra, instalación, herramientas, transporte e indirectos, calculados en base a precios del mercado y se podrían recuperar en 84.85 meses.

Recomendaciones

Es necesario realizar limpieza y mantenimiento periódico con mayor frecuencia en la cisterna y tanque elevado de la red de agua potable.

Es recomendable realizar limpieza en las redes sanitarias del campus matriz antes de iniciar los periodos de clases del alumnado, ya que, en los periodos de vacaciones los tirantes de las redes sanitarias se vuelven mínimos ocasionando sedimentación en tuberías y pozos.

Se recomienda realizar periódicamente medición de presiones en la red de agua potable del campus teniendo un registro histórico de presiones que servirán para encontrar anomalías en la red.

Se recomienda dar un seguimiento cada tres meses aproximadamente al equipo IoT verificando que se encuentre conectado a la red eléctrica y de internet, así mismo, verificar los datos recopilados en busca de posibles fugas.

Se recomienda realizar un estudio de las redes pluviales del campus, ya que, se encontraron varios pozos y rejillas tapadas.

Se recomienda implementar más caudalímetros con nuevas tecnologías como las IoT en los proyectos que se realicen, ya que llegaron para facilitarnos las tareas cotidianas, mostrando mejores resultados que los convencionales.

Se recomienda implementar un sistema de almacenamiento de datos para equipos IoT en la universidad que cuente con la ciberseguridad necesaria.

Capítulo VI

Referencias bibliográficas

- Aguas Machala. (n.d.). *MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE REDES DE AGUA POTABLE*.
https://app.machala.gob.ec/lpi/files/?nombreArchivo=MANUAL_DE_O_y_M_DE_REDES_DE_AGUA_POTABLE_FIRMADO.pdf
- Cavallo, E., Powell, A., & Serebrisky, T. (2020). De estructuras a servicios: El camino a una mejor infraestructura en América Latina y el Caribe. In *From Structures to Services: The Path to Better Infrastructure in Latin America and the Caribbean*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://doi.org/10.18235/0002506>
- Cavallo Eduardo, Powell Andrew, & Serebrisky Tomás. (2020). *From Structures to Services*.
<https://flagships.iadb.org/en/DIA2020/from-structures-to-services>
- CONAGUA, & SEMARNAT. (2019). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Datos Básicos Para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado Libro 4*. www.conagua.gob.mx
- Cubillo, F. (2020). Análisis focalizado: Gestión de pérdidas de agua en empresas prestadoras de servicios de agua y saneamiento. *Análisis Focalizado: Gestión de Pérdidas de Agua En Empresas Prestadoras de Servicios de Agua y Saneamiento*.
<https://doi.org/10.18235/0002495>
- Defensoría del pueblo Ecuador. (2020, March 14). *Los servicios básicos deben ser prioridad ante la emergencia sanitaria ocasionada por la pandemia de covid-19*. Los Servicios Básicos Deben Ser Prioridad Ante La Emergencia Sanitaria Ocasionada Por La Pandemia de Covid-19.

EMPRESA METROPOLITANA DE ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE. (2009). *NORMAS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO PARA LA EMAAP-Q*.

Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Durán - Empresa Pública. (2020).

Limpieza y desinfección de cisternas de cemento. Limpieza y Desinfección de Cisternas de Cemento.

Empresa pública Ecuador estratégico. (n.d.). *MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE*.

ESPE, U. de las F. A. (2020a). *Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*.

<https://www.espe.edu.ec>

ESPE, U. de las F. A. (2020b). *Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*.

<https://www.espe.edu.ec/contactos/>

ESPloradores. (2016). *THINGER.IO – Configuración, almacenamiento y monitorización de datos*

(PRIMERA PARTE). PRÁCTICA 7: THINGER.IO – Configuración, Almacenamiento y

Monitorización de Datos (PRIMERA PARTE). <https://www.esploradores.com/thinger-io->

[configuracion-almacenamiento-y-monitorizacion-de-datos-primera-parte/](https://www.esploradores.com/thinger-io-)

Galeano-Barrera, C. J., Bellón-Monsalve, D., Zabala-Vargas, S. A., Romero-Riaño, E., & Duro-

Novoa, V. uro-N. (2018). Identificación de los pilares que direccionan a una institución

universitaria hacia un smart-campus. *Revista De Investigación, Desarrollo E Innovación*,

9(1), 127–145. <https://doi.org/10.19053/20278306.v9.n1.2018.8511>

Ing. David V. Carrera Villacrés, Ph. D. (2021). *Memorando Nro. ESPE-DCTC-2021-1929-M*.

www.espe.edu.ec

Ing. Maribel A. Aldás Vaca, Mtr. (2021). *Memorando Nro. ESPE-CICIV-2021-0260-M.*

www.espe.edu.ec

Instituto Ecuatoriano de normalización. (2019). *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES.*

Instituto Nicaragüense de acueductos y alcantarillados (INAA), Julio Solis S., Lizeth De Trinidad L., & Benita Ramírez A. (2017). *Control de pérdidas de agua.*

https://aguasannicaragua.com/wp-content/uploads/2018/05/04_Manual-Control-Perdidas-Agua.pdf

Jiménez Pitre, I., Martelo Gómez, R. J., & Peña Pertuz, M. (2017). Diagnóstico sobre accesibilidad e integración digital dentro del sector universitario colombiano. *Saber, Ciencia y Libertad*, 12(1), 225–235. <https://doi.org/10.18041/2382-3240/saber.2017v12n1.1474>

Manville, C., Cochrane, G., Millard, J., Cave, J., Liebe, A., & Massink, R. (2014). *Mapping Smart Cities in the EU.*

[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/IPOL-ITRE_ET\(2014\)507480_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/IPOL-ITRE_ET(2014)507480_EN.pdf)

Ministerio de Educación, & Gloria Vidal Illingworth. (2012). *ACUERDO-483-12.*

www.educacion.gob.ec

Morales, B., & Tierra, A. R. (2017). *HURST COEFFICIENT ESTIMATION OF TRAFFIC TIME SERIES IN URBAN AREAS BY RANGE_RESCALED.*

<https://www.researchgate.net/publication/318282891>

NORMA CO 10.07 - 601. (2016). Normas para estudio y diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable y disposición de aguas residuales, para poblaciones mayores a 1000 habitantes. *Secretaria Del Agua*, 6, 420.

Observatorio para América Latina y el Caribe de Agua y Saneamiento (“OLAS”). (2021). *Acceso al agua Ecuador*. <https://Www.Olasdata.Org/Es/Ecuador/>.
<https://www.olasdata.org/es/ecuador/>

Organización Mundial de la Salud. (n.d.). *AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO: POR QUÉ ES IMPORTANTE*. <http://www.un.org/>

Parra, J., Guerrero, C., & Rico, D. (2017). *IOT : UNA APROXIMACION DESDE CIUDAD INTELIGENTE A UNIVERSIDAD INTELIGENTE IOT : AN APPROACH FROM INTELLIGENT CITY TO INTELLIGENT*. 13, 9–20.

Porrúa, M., Lafuente, M., Mosqueira, E., Roseth, B., & Reyes, A. M. (2021). *Transformación digital y empleo público: el futuro del trabajo del gobierno*. www.iadb.org

Sandoval, C. (2018). *ARQUITECTURA RECONFIGURABLE Y REDES INTELIGENTES APLICADAS AL*. April, 20.

Sandoval, W. (2020). *Principios de la Hidráulica 2* (Issue May).

SONIA MURCIA NOSSA, Sandra Parra, MARÍA GLADYS VALERO VIVAS, CLARISA HERMENCIA DIAZ GARCÍA, ADRIANA VILLAMIZAR NAVARRO, & Instituto para la economía social. (2018). *MANUAL DE MANTENIMIENTO CUATRENIO DE LA INFRAESTRUCTURA DEL IPES PLAZAS DISTRITALES DE MERCADO*.
https://www.ipes.gov.co/images/informes/SDE/Mapa_de_Procesos/proceso_de_Recursos

_Fisicos/2020/MS-

018_MANUAL_DE_MANTENIMIENTO_PLAZAS_DISTRIALES_DE_MERCADO.pdf

Stip, C., Mao, Z., Bonzanigo, L., Browder, G., & Tracy, J. (2019). *Water Infrastructure Resilience*.

<https://doi.org/10.1596/31911>

Tcrn. de EM. Fausto Mauricio De la Cadena López, Mgs. (2021). *ESPE-DCTC-2021-2106-M*.

Thinger.io. (2020). *Smart Water*. Agua Inteligente. <https://www.thinger.io/portfolio/smart-water/>

Universidad de Alicante. (2015, January 22). *ÁMBITOS SMART UNIVERSITY*.

<https://web.ua.es/es/smart/ambitos-smart-university.html>

Water Europe. (2020). *A Water Smart Society for a Successful post COVID19 recovery plan*.

[https://www.beuc.eu/publications/beuc-x-2020-](https://www.beuc.eu/publications/beuc-x-2020-012_beuc_position_on_european_green_deal.pdf)

[012_beuc_position_on_european_green_deal.pdf](https://www.beuc.eu/publications/beuc-x-2020-012_beuc_position_on_european_green_deal.pdf)

Wilmer Torres, & Primicias Ec. (2021). *Ecuador pierde USD 320 millones al año por fugas y robo de agua potable*. [https://www.primicias.ec/noticias/economia/perdidas-agua-fugas-ecuador-](https://www.primicias.ec/noticias/economia/perdidas-agua-fugas-ecuador-municipios/#:~:text=La%20Agencia%20de%20Regulaci%C3%B3n%20y,equivale%20a%20unos%201.000%20litros.)

[municipios/#:~:text=La%20Agencia%20de%20Regulaci%C3%B3n%20y,equivale%20a%20unos%201.000%20litros.](https://www.primicias.ec/noticias/economia/perdidas-agua-fugas-ecuador-municipios/#:~:text=La%20Agencia%20de%20Regulaci%C3%B3n%20y,equivale%20a%20unos%201.000%20litros.)

[municipios/#:~:text=La%20Agencia%20de%20Regulaci%C3%B3n%20y,equivale%20a%20unos%201.000%20litros.](https://www.primicias.ec/noticias/economia/perdidas-agua-fugas-ecuador-municipios/#:~:text=La%20Agencia%20de%20Regulaci%C3%B3n%20y,equivale%20a%20unos%201.000%20litros.)

Zapata Ros, M. (2018). La universidad inteligente. *Revista de Educación a Distancia*, 57(57), 1–

43.

Agencia de Regulación y Control del agua ARCA. (2016). *REGULACIÓN Nro. DIR-ARCA-RG-004-*

20/ 6. <http://www.regulacionagua.gob.ec/regulacion-n004-autorizaciones-de-uso-y->

aprovechamientos/#:~:text=El%20objetivo%20de%20la%20regulaci%C3%B3n,y%20obligaciones%20de%20los%20usuarios.

Mendonça, V., Magno, A., & Santos, K. (2018). *Solução IoT de Monitoramento de Poços para Gerenciamento de Recursos Hídricos*. Pernambuco.

MOVILLA QUINTERO , J. A. (2012). *MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE REDES DE AGUA*. Valledupar.

Ayala, D., Ocaña, S., Pérez, R., Izquierdo, J., & Herrera, M. (2013). *VISUALIZACIÓN DE FUGAS DE AGUA EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA MEDIANTE IMÁGENES DE GPR*.

Bahamonde, C. Y., Hernández, V. E., & Vivanco, D. A. (2018). *Determinación de vida útil de los recursos hídricos del campus Sangolquí de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*. Sangolquí.

Banco Interamericano de Desarrollo. (2020). *El camino a una mejor infraestructura en América Latina y el Caribe*. Washington, D.C.

Bravo, K. A. (2014). *Historia de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*. Sangolquí.

CAMPAÑA QUISAGUANO , J. L., & ORTEGA QUIÑONEZ , W. M. (2016). *EVALUACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE PARA DETERMINAR PÉRDIDAS Y FUGAS DE LA URBANIZACIÓN LA COLINA DEL CANTÓN RUMIÑAHUI*. Quito.

Caridad, J., Vázquez, G., & Palomares, R. (2001). *Predicción del consumo de agua en Córdoba*. Córdoba.

- Carrera, D., Bahamonde, C., Mancheno, C., Mena, R., Moreira, J., Ordóñez, M., & Sailema, W. (2020). *Modelo dinámico de propagación de Covid-19 e impacto del consumo de agua en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*. Sangolquí.
- Charef, A., Ghauch, A., Baussand, P., & Martin-Bouyer, M. (2000). *Water quality monitoring using a smart sensing system*.
- Chen, J., & Boccelli, D. (2014). *Demand Forecasting for Water Distribution Systems*.
- Chopra, K., Gupta, K., & Lambora, A. (2019). *Future Internet: The Internet of Things-A Literature Review*.
- CONAGUA. (2009). *Manual de incremento de eficiencia, hidraulica y energetica en sistemas de agua potable*. México.
- Córdoba, J., Predyd, L., Bernal, C., & Mitre, R. (2020). *Prototipo de sistema, utilizando arduino y gsm, para el monitoreo del flujo de agua potable en las tuberías, del IDAAN en la provincia de Coclé*. Ciudad de Panamá.
- Donkor, E., Mazzuchi, T., Soyer, R., & Roberson, A. (2014). *Urban Water Demand Forecasting: Review of Methods and Models*.
- El telégrafo. (18 de 07 de 2016). *El telégrafo*. Obtenido de <https://www.letelegrafo.com.ec/noticias/quito/11/el-46-del-agua-potable-que-se-consume-en-el-ecuador-no-se-mide-ni-se-factura>
- Gaibor, J., & Villavicencio, W. (2020). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO PARA MEDIR EL CAUDAL Y TIRANTE DE CANALES PARA EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS DE LA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL*. Guayaquil.

- GUZMÁN DELGADO, C. A. (2011). *EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LAS INSTALACIONES SANITARIAS DE LOS EDIFICIOS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA*. Loja.
- HERRERA, M., IZQUIERDO, R., & AYALA, D. (2012). *EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN CIUDADES INTELIGENTES*. Alcántara.
- IngeniArg. (2016). *Fallas del Mantenimiento - Acciones Correctivas y Acciones Preventivas*.
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Comisión Nacional de Riego de Chile. (2000). *Medición de presión y caudal*. Punta arenas.
- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. (2017). *Manual de Medición de Caudales*.
- Instituto Tecnológico de Galicia. (2016). *Referente en optimización energética*. Galicia.
- Instituto Tecnológico de Galicia. (2020). *Monitorización. Plataforma IoT – FlyThings*. Obtenido de <https://itg.es/servicios/monitorizacion-iot-flythings/>
- Madakam, S., Ramaswamy, R., & Tripathi, S. (2015). *Internet of Things (IoT): A Literature Review*.
- MIDUVI/SAPYSB. (2002). *Política Nacional de Agua y Saneamiento*.
- Molina, S. (2009). *Metodología para la reducción de pérdidas técnicas en el sistema de*.
Guayaquil.
- Organización Meteorológica Mundial. (2011). *Hidrología – De la medición a la información hidrológica OMM-N° 168*.
- Ortega, M. d. (07 de 04 de 2014). *Canales Sectoriales Interempresas*. Obtenido de <https://www.interempresas.net/Agua/Articulos/121692-Reparacion-rehabilitacion-y-renovacion-de-redes.html>

Parra, J., Guerrero, C., & Rico, D. (2017). *UNA APROXIMACION DESDE CIUDAD INTELIGENTE A UNIVERSIDAD INTELIGENTE*. Bucaramanga.

Raei, E., Shafiee, E., Reza, M., & Berglund, E. (2019). *Placing an ensemble of pressure sensors for leak detection in water distribution networks under measurement uncertainty*.

Ramos, M. (2017). *Estrategias para el manejo integral de pérdidas de agua. El balance de agua*.

ROSERO ARMIJO, C. D. (2019). *AGUA POTABLE NO CONTABILIZADA EN EL CANTÓN PANGUA Y PROGRAMA DE CONTROL DE PÉRDIDAS*. Sangolquí.

Capítulo VII

Anexos

- Anexo A (Población de saturación y dotación de agua para el campus universitario)
- Anexo B (Proceso de elaboración, materiales utilizados, calibración del equipo, conexión, configuración, comunicación con la plataforma Thinger.io e instalación del dispositivo IoT).
- Anexo C (Planos).
- Anexo D (Catastro de pozos de revisión de aguas residuales).
- Anexo E (Datos de consumo de agua potable del edificio administrativo).