



Análisis de factibilidad de conectarse a la red matriz del Gobierno Autónomo Descentralizado

Rumiñahui.

Campaña Flores, Luis Steeven y Escobar Negrete, Ginna Valeria

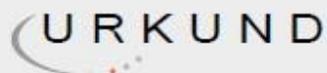
Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

Ing. Bolaños Guerrón, Darío Roberto, Ph.D

10 de septiembre de 2021



Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS_CAMPAÑA_ESCOBAR.pdf (D112189535)
Submitted: 9/7/2021 5:25:00 PM
Submitted By: jc.altamiranoc@uta.edu.ec
Significance: 2 %

Sources included in the report:

Trabajo de titulo Cynthia Hasang.docx (D13391670)
<https://1library.co/document/q2no41eq-construccion-caracterizacion-microelectrodos-nanoporosos-determinacion-voltametrica-redisolucion-aplicacion.html>
<https://www.zona-activa.com/producto/bebedero-de-agua-en-acero-inoxidable-agua-al-clima/>
<https://docplayer.es/96216654-Escuela-politecnica-nacional.html>

Instances where selected sources appear:

4

DARIO
ROBERTO
BOLANOS
GUERRON

Firmado digitalmente por DARIO ROBERTO BOLANOS GUERRON
Fecha: 2021.09.07 10:51:11 -05'00'



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

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de integración curricular, “Análisis de factibilidad de conectarse a la red matriz del Gobierno Autónomo Descentralizado Rumiñahui” fue realizado por el señor Campaña Flores, Luis Steeven y por la señorita Escobar Negrete, Ginna Valeria 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, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustenten públicamente.

Sangolquí, 10 de septiembre de 2021



.....
Ing. Bolaños Guerrón, Darío Roberto Ph.D

C.C.: 1715206593



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotros, **Campaña Flores Luis Steeven**, con cédula de identidad N.º 1004407860 y, **Escobar Negrete Ginna Valeria**, con cédula de identidad N.º 1004607519, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **"Análisis de factibilidad de conectarse a la red matriz del Gobierno Autónomo Descentralizado Rumifahui"**, es de nuestra 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, 10 de septiembre de 2021

Campaña Flores Luis Steeven

C.C.: 1004407860

Escobar Negrete Ginna Valeria

C.C.: 1004607519



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros, **Campaña Flores Luis Steeven**, con cédula de identidad N.º 1004407860 y, **Escobar Negrete Ginna Valeria**, con cédula de identidad N.º 1004607519, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: "**Análisis de factibilidad de conectarse a la red matriz del Gobierno Autónomo Descentralizado Rumifahui**", en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 10 de septiembre de 2021

.....
Campaña Flores Luis Steeven

C.C.: 1004407860

.....
Escobar Negrete Ginna Valeria

C.C.: 1004607519

Dedicatoria

Dedico con todo mi corazón mi tesis a Dios, a mi madre y a mi padre, pues sin ellos no lo habría logrado. Sus bendiciones y consejos a diario a lo largo de mi vida me han llevado por el camino del bien. Por eso les ofrezco mi trabajo como agradecimiento por su paciencia y amor incondicional, los amo.

Steeven Campaña

Son el impulso para seguir adelante, las ganas de luchar y no rendirme, la manera en la que Dios me dijo que me amaba y que nunca estaría sola; por esto y mucho más dedico el presente trabajo a mis sobrinos, quienes son mi principal motivación y alegría. Ellos son todo lo que está bien en la vida.

Ginna Escobar

Agradecimientos

“Lo difícil no es entrar a la universidad, lo difícil es quedarse y hacerle frente”.

A lo largo de estos años soñaba con el día que culminaría la carrera, y ahora que estoy aquí no lo puedo creer, ya que solo no lo hubiese podido lograr, es por eso que quiero agradecer a todas aquellas personas que me apoyaron incondicionalmente.

A mis padres, Amparo y Alfredo, quienes día a día con su amor, ejemplo, consejos y paciencia han sabido forjarme y ayudarme a crecer, siendo ellos la mayor inspiración que tengo en mi vida. Sin ustedes no lo habría logrado.

A mis hermanas, Jhoana y Karen, quienes me brindaron su apoyo, se preocuparon y siempre estuvieron a mi lado, enseñándome que siempre se puede salir adelante ante cualquier circunstancia con paciencia y dedicación.

A mis sobrinos, Arihana, Doménica, Alejandro y Matías, por haber llegado a mi vida y ser la alegría de la casa con sus ocurrencias y sonrisas. Ustedes me enseñaron que ser tío significa amar como padre, cuidar como hermano y divertirnos como amigos.

A mi novia, Ginna, ya que siempre estuvo conmigo en la alegría, salud y enfermedad; brindándome su amor y apoyo. Tú eres el mejor regalo, la canción preferida y la película que volvería a ver un millón de veces.

A mis amigos, que han estado conmigo desde el colegio, Diego y Roberto, y a mis amigos que conocí en el transcurso de la carrera, Caleb, Kevin, Brayan, David y Daniel. Todos y cada uno de ustedes me brindaron siempre una amistad sincera y verdadera.

Steeven Campaña

La etapa de la universidad ha sido de las más difíciles que he atravesado en mi vida, una meta que me ha costado demasiado alcanzar, es por esto que quiero agradecer a todos aquellos

que me ayudaron a superar cada obstáculo que se me atravesó. En primer lugar, agradezco a Dios por mantenerme de pie en cada batalla.

A mis padres, Marlene y Fernando, quienes con su infinito cariño, amor y paciencia me han inculcado los mejores valores y principios, los cuales me han ayudado a desenvolverme en la vida. Gracias por respetar y apoyar cada una de mis decisiones, por dejarme crecer a mi tiempo.

A mi hermana, Mariela, la cual es esa amiga incondicional que me conoce muy bien y, que a través de sus experiencias me ha cuidado, aconsejado en cada momento y alentado a no rendirme.

A mis ganas de vivir, mis sobrinos, Litzy, Derlin, Darlin y Yael, quienes sin ni siquiera saber me han salvado tantas veces, y con cada una de sus ocurrencias me han iluminado la existencia y me han regalado demasiadas razones para sonreír.

A mi novio, Steeven, que me ha cuidado, consentido y tratado con mucho cariño y amor, a la vez que, me ha enseñado a ver las cosas desde otro punto de vista, siendo más consciente del mundo que nos rodea.

A mis amigas de toda la vida y las únicas que han permanecido a lo largo de los años, Erika, Ariana, Nicol, Artemisa, Mayte y Dayana, gracias por dejarme ser tal cual soy sin juzgarme, hacerme sentir cómoda y apoyarme en cada locura que se me ha ocurrido.

A todos los amigos que hice a lo largo de la carrera; agradezco tanto a aquellos que fueron solo instantes como aquellos que llegaron para quedarse, de todos aprendí lo necesario e hicieron más amena la estadía en la universidad. Juan Diego, gracias por enseñarme a creer en mí, por potenciar mis habilidades y darme la confianza.

Ginna Escobar

Tabla de Contenido

Resumen	14
Abstract.....	15
Capítulo I Introducción.....	16
Introducción.....	16
Antecedentes	17
Descripción del Problema	17
Objetivos	18
Objetivo General	18
Objetivos específicos.....	19
Capítulo II Materiales y Métodos	20
Área de estudio	20
Metodología.....	21
Normativas.....	21
Agua Potable en Rumiñahui	22
Descripción de los pozos y red existente	23
Calidad del agua en la Universidad	24
Tasa de Crecimiento.....	26
Población Inicial	26
Población Futura	27
Dotación.....	28

	10
Consumo de agua según las actividades	28
Capítulo III Resultados y Discusiones	30
Cambio total de la red	30
Costo referencial de construcción	33
Pagos mensuales	33
Bloque administrativo, residencial, estudiantil, laboratorios, biblioteca, coliseo y cafeterías	35
Costo referencial de construcción	37
Pagos mensuales	38
Bebederos	39
Costo referencial de construcción	44
Pagos mensuales	45
Cuadro Comparativo	46
Factibilidad	46
Capítulo IV Conclusiones	47
Bibliografía	49

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Parámetros del pozo 1 que no cumplen con la norma según la empresa Trahisia</i>	24
Tabla 2 <i>Parámetros del pozo 1 que no cumplen con la norma según laboratorios Jara y Jara</i>	24
Tabla 3 <i>Parámetros del pozo 2 que no cumplen con la norma según el laboratorio Labmos.....</i>	25
Tabla 4 <i>Parámetros del pozo 2 que no cumplen con la norma según CEINCI</i>	25
Tabla 5 <i>Parámetros del pozo 2 que no cumplen con la norma según laboratorios Jara y Jara ...</i>	26
Tabla 6 <i>Población en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE para el año 2019</i>	26
Tabla 7 <i>Datos Iniciales</i>	27

Índice de Figuras

Figura 1 Mapa de ubicación Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE	20
Figura 2 Demanda de agua por usos.....	29
Figura 3 Cuadro resumen del cálculo del agua por edificación	31
Figura 4 Cuadro resumen del cálculo del diámetro comercial que se empleará.....	31
Figura 5 Cuadro resumen del cálculo de las tuberías del cambio total de la red	32
Figura 6 Red de distribución del primer escenario.....	32
Figura 7 Rubros y volúmenes de obra del cambio total de la red	33
Figura 8 Cuadro resumen del cálculo de agua por edificación para el segundo escenario	35
Figura 9 Cuadro resumen del cálculo del diámetro de tuberías para el segundo escenario	36
Figura 10 Cuadro resumen del cálculo de las tuberías del segundo escenario	36
Figura 11 Red de distribución del segundo escenario.....	37
Figura 12 Rubros y volúmenes de obra del segundo escenario	38
Figura 14 Altura de la tarja del bebedero sobre el nivel del piso	40
Figura 15 Accesibilidad para personas con discapacidad	40
Figura 16 Bebedero de agua en acero inoxidable, MODELO JL-5.....	41
Figura 17 Bebedero Portinox FMIC-1000 ^a -1B-1H-1LL.....	41
Figura 18 Cuadro resumen del cálculo del agua por edificación para el caso de implementar bebederos.....	42
Figura 19 Cuadro resumen del cálculo de la cantidad de bebederos por edificio.....	42
Figura 20 Cuadro resumen del cálculo del diámetro de las tuberías para los bebederos	43
Figura 21 Cuadro resumen de las tuberías necesarias para la implementación de bebederos...	43
Figura 22 Red de distribución del tercer escenario.....	44
Figura 23 Rubros y volúmenes de obra del tercer escenario	44

Figura 24 Cuadro comparativo de factores técnico económicos	46
--	----

Resumen

Debido a la gran demanda de agua, los centros de educación superior son considerados como altos consumidores, ya que sus actividades son parecidas a las de ciudades de tamaño medio. La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, actualmente no cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable. El recurso que se provee a la institución es captado de dos pozos y al tratarlo la cantidad de impurezas que se eliminan no son las requeridas y especificadas en las normas. Según varios informes de los análisis de agua que se han realizado; esto puede desembocar en problemas principalmente de salud para la población universitaria. El brindar agua de calidad es uno de los retos más importantes que se presentan para las autoridades del establecimiento, mediante la búsqueda de alternativas y estrategias que favorezcan esta situación. Se ha considerado como una posibilidad el hecho de conectarse a la red matriz del cantón Rumiñahui; sin embargo, se ha identificado que no todas las actividades que se realizan dentro del campus como lo son: mantenimiento, riego, incendios; requieren estrictamente de agua potabilizada. Tomando en cuenta esto se han planteado distintos escenarios sobre la distribución que se debe realizar para conseguir aprovechar al máximo el recurso a la vez que se evitan gastos innecesarios.

Palabras clave:

- **CONSUMO**
- **AGUA POTABLE**
- **SALUD**
- **ESCENARIOS**

Abstract

Due to the high demand of water, the colleges are considered as high consumers, since their activities are the same as medium-sized cities. Currently, the Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, does not have a drinking water supply system. The resource which is provided in the college is obtained from two wells and when this is treated the amount of impurities which are removed are not required and specified either in the standards. Some water reports analyses show us how this can lead to mainly health problems for students who are attending this institution. Providing quality drinking water is one of the most important challenges for the establishment's authorities, by seeking alternatives and strategies which favor this situation. It has been considered as a possibility to connect with the main network of the Rumiñahui district; however, it has been identified that most of the activities that are developed inside the campus like: maintenance, irrigation, fires; need strictly drinking water. Contemplating this, it had been raised different scenarios about the water distribution which must be carried out in order to get the maximum use of the resource while avoiding unnecessary costs.

Key words:

- **CONSUMPTION**
- **DRINKING WATER**
- **HEALTH**
- **SCENARIOS**

Capítulo I Introducción

Introducción

El agua es un recurso fundamental para todos los seres vivos, las personas deben tener un abastecimiento suficiente, seguro y accesible; su correcta forma de distribución y consumo es derecho de todos por lo que las entidades públicas y privadas que estén a cargo tienen la obligación de garantizar su acceso a la población (Organización Mundial de la Salud, 2018).

Para garantizar el correcto funcionamiento de los centros educativos, los cuales están contemplados como altos consumidores debido a su gran demanda, el abastecimiento de agua potable debe ser el idóneo con el fin de evitar problemas en la salud de los consumidores y a su vez no desperdiciar los recursos (Trujillo Cardona & Sarmiento Ocampo, 2012).

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, en el año 2021 cumplió 99 años de su creación y a lo largo de este tiempo se ha situado dentro de los mejores centros de educación superior del país, todo esto gracias a sus continuos aportes para el crecimiento y la generación de empleo, logrando cumplir su slogan denominado: “Innovación para la Excelencia” (Universidades de Ecuador, 2021).

En la actualidad la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (Campus Matriz), ubicada en el cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha cuenta con un sistema de abastecimiento de agua, que tiene un proceso de filtración y desinfección, sin cumplimiento de los parámetros de potabilización. Para poder brindar este servicio de calidad y de manera eficiente a la población universitaria el presente proyecto plantea realizar un análisis de factibilidad técnico y económico sobre la posible conexión a la red matriz del GAD Rumiñahui en comparación respecto a la implementación de una planta de potabilización del agua de los pozos del campus.

El proyecto basará su informe en los parámetros comparativos entre las condiciones actuales del agua obtenida de los pozos, principal y alterno que posee, y los escenarios planteados

con una futura conexión a la red matriz del GAD Rumiñahui, con el fin generar la solución más viable para la obtención de agua potable de calidad para todos sus consumidores.

Antecedentes

Creada el 16 de junio de 1922 y con origen en la Escuela de Oficiales Ingenieros, la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE se encuentra localizada en la ciudad de Sangolquí; este establecimiento de educación superior actualmente cuenta con cuatro sedes, las cuales están ubicadas en: (a) Sangolquí, ESPE (Campus Matriz); (b) Quito, Ciencias Tecnológicas Héroes del Cenepa; (c) Latacunga, ESPE Latacunga; y (d) Santo Domingo, Hacienda Zoila Luz (Universidades de Ecuador, 2021).

Su primera sede fue en la ciudad de Quito, pero debido a que se comenzaron a presentar problemas por la falta de espacios y por la gran cantidad de alumnos, se decidió crear el nuevo campus en la hacienda Santa Clara, junto al río con el mismo nombre, en Sangolquí; siendo su inauguración a finales de 1991 y empezando el periodo académico en 1992 (Bravo, 2014).

En la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, desde los inicios de planificación de la obra encontraron un nivel freático alto y constante en su suelo, por lo que luego de varios estudios decidieron implementar dos pozos para obtener una reserva de agua subterránea y lograr abastecer a la población en sus hábitos de consumo.

Descripción del Problema

El agua potable destinada para consumo humano debe cumplir ciertos criterios, los cuales se indican en normativas que se rigen de acuerdo al país y a sus condiciones; en caso del incumplimiento de estos requisitos pueden existir afectaciones en la salud y en el bienestar de los consumidores (Trujillo Cardona & Sarmiento Ocampo, 2012).

El uso adecuado, eficiente y con un suministro de calidad requiere varios desafíos, como lo son, una supervisión continua en la cual se pueda controlar y observar su correcto desempeño a lo largo del tiempo. Otro aspecto importante es la medición de las cifras de consumo para presentar un modelo lo más apegado a la realidad a través de los datos obtenidos que nos permita predecir el comportamiento a futuro (Trujillo Cardona & Sarmiento Ocampo, 2012).

Hoy en día la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE cuenta con un sistema propio de suministro de agua obtenida de dos pozos, este es suficiente para satisfacer la demanda de la institución, pero a su vez no cumple con los procesos de tratamiento requeridos para lograr la calidad de agua óptima para consumo (E. Fuentes, comunicación personal, 24 de junio de 2021).

En este sentido, la información sobre la calidad de agua de los pozos que se encuentran en el campus se toma en base a varios análisis que fueron realizados años atrás por diferentes laboratorios y docentes, teniendo como base los valores que se presentan en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 sobre el Agua Potable y sus requisitos.

La ausencia de un registro de medición y control de agua en los pozos y edificios puede provocar un desconocimiento sobre qué cantidad de agua se destina a cada una de las actividades del campus; además de, pérdidas del recurso y por consecuencia pérdidas económicas.

Objetivos

Objetivo General

Realizar un análisis de factibilidad económica y técnica a través de un estudio que considere las variables que intervienen en los criterios de fabricación, oferta y demanda con el fin de presentar la solución más viable y conveniente para la institución al momento de prestar el servicio de agua potable.

Objetivos específicos

- Analizar y plantear alternativas sobre abastecer de agua potable a la universidad con la conexión a la red matriz del GAD Municipal Rumiñahui.
- Realizar un análisis comparativo técnico económico entre los tres distintos escenarios planteados y la viabilidad de conectar la universidad a la red matriz del cantón.
- Elaborar un informe técnico económico, el cual contenga los datos obtenidos del análisis con la finalidad de presentar a las autoridades la mejor alternativa para la toma de decisiones.

Capítulo II Materiales y Métodos

Área de estudio

Figura 1

Mapa de ubicación Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE



El campus sede de la Universidad de las Fuerzas Armadas comprende un área aproximada de 490 000 m², se encuentra en la ciudad de Sangolquí, (S/N y Ambato, Av. Gral. Rumiñahui, Sangolquí 171103), cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha; a una altura sobre el nivel del mar de 2510 metros, la temperatura promedio es de 20°C. Su población universitaria para el año 2019 se estima que fue de 27109 estudiantes, 1215 docentes, 448 administrativos y 202 trabajadores (Universidad de las Fuerzas Armadas, 2021).

Metodología

Investigación aplicada

Este proyecto centra su investigación en descubrir estrategias a través del empleo y manejo de conocimientos adquiridos, dando como resultado la solución a un objetivo preciso como es, el abastecer de agua potable a la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” (Vargas Cordero, 2009).

En el presente trabajo se plantean tres escenarios diferentes como posibles soluciones para dotar de agua potable a la institución, los cuales son: (a) cambio total de la red; (b) cambio de red únicamente en los bloques administrativo, residencial, estudiantil, laboratorios, biblioteca, coliseo y cafeterías; y (c) bebederos y cafeterías.

Normativas

El agua que se destina para consumo humano debe cumplir con las especificaciones de la Norma INEN 1108:2014 01, donde se establecen los límites permisibles para el agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014).

En las Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, se establecen pautas en las que se deben

basar los profesionales de la ingeniería sanitaria para el estudio, diseño, construcción y mantenimiento de las obras sanitarias (IEOS, 1992).

La implementación de bebederos con el servicio de agua potable en instituciones educativas se basa en la normas y especificaciones para estudios, proyecto, construcción e instalaciones de México; esto con la finalidad de guiarnos y cumplir los requisitos mínimos que se indican (Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa, 2015).

Agua Potable en Rumiñahui

Rumiñahui pertenece a los cantones con más cobertura del servicio de agua potable en el país, su prioridad se centra en la calidad, cantidad, continuidad y costo de los servicios de alcantarillado y agua potable (Municipio de Rumiñahui, 2021).

El control de calidad se realiza mediante dos mecanismos, el primero por la Escuela Politécnica Nacional y, el segundo, por la dirección de Control Ambiental del Municipio. Las tarifas por metro cúbico están establecidas por categorías: 0,26 USD para uso residencial; 0,32 USD para uso comercial y 0,54 USD la tarifa industrial. Este valor abarca la reparación, mantenimiento, extensión de redes y la activación de nuevos sistemas (Municipio de Rumiñahui, 2021).

Para las instituciones educativas públicas dentro del cantón Rumiñahui es la Dirección Distrital 17D11-Mejía-Rumiñahui la encargada de cancelar los gastos correspondientes a los servicios de agua potable y alcantarillado (A. Romero, comunicación personal, 20 de agosto de 2021).

Con el fin de obtener el precio por metro cúbico que deben cancelar los establecimientos educativos, se tomó información de la factura del 02 de agosto de 2021, entregada por la Dirección Distrital.

$$Tarifa = \frac{\text{Valor cancelado}}{\text{Consumo total de agua}}$$

$$Tarifa = \frac{26,24 \text{ USD}}{70 \text{ m}^3} = 0,375 \text{ UDS/m}^3$$

Se asume que la tarifa que le corresponde pagar a la Universidad de las Fuerzas Armadas en el caso de conectarse a la red matriz del GAD Rumiñahui es de 0,375 USD por cada metro cúbico de agua potable consumido.

Descripción de los pozos y red existente

El agua subterránea obtenida de los pozos es impulsada por una tubería de 4 pulgadas mediante bombas de 20 HP hacia una cisterna de 3 m de profundidad y una sección transversal de 9 m por lado, aquí el recurso es almacenado, para luego dirigirse hacia un tanque elevado de 3,20 m de diámetro a la altura de 4 m, finalmente se conduce el recurso por gravedad a través de tuberías de 2 pulgadas (E. Fuentes, comunicación personal, 24 de junio de 2021).

Dentro de los procesos de tratamiento actuales el agua pasa por dos filtros de carbón activado, así como también a través de dos cámaras de cloración, esto elimina cierta cantidad de impurezas. Sin embargo, el agua de los pozos contiene elementos característicos del agua que no cumplen con la normativa pese a los procesos dados (E. Fuentes, comunicación personal, 24 de junio de 2021).

Los datos informativos sobre la construcción de los pozos son escasos, las características del pozo uno son similares a las del pozo dos, el cual fue construido en el año 2008 con la ayuda de una perforación mediante el método rotativo convencional, el pozo piloto constaba de un diámetro 9 7/8 pulgadas, hasta alcanzar una profundidad de 85 metros, en una etapa posterior se ensanchó a un diámetro final de 16 3/4 pulgadas (Torre Fuerte Pozos y Bombas S.C.C., 2008).

En el informe técnico final de la perforación del pozo 2 se manifiesta que el caudal máximo de este es de 12,40 l/s, el mismo que produce un abatimiento de 23,32 m y un nivel de bombeo de 35,62 m (Torre Fuerte Pozos y Bombas S.C.C., 2008).

La universidad cuenta con dos tuberías principales de 4 pulgadas de diámetro que avanzan por todo el anillo vial, de estas se desprenden ramales que terminan en puntos ciegos o muertos, sin antes formar interconexiones con otras tuberías en la misma red. A esta se le conoce como red ramificada o abierta (Iglesias, 2016).

Las redes de distribución existentes son las siguientes: (a) red para el bloque administrativo, residencial, estudiantil, biblioteca, cafeterías y coliseo; (b) red para riego y mantenimiento del campus universitario; y (c) red contra incendios (E. Fuentes, comunicación personal, 24 de junio de 2021).

Calidad del agua en la Universidad

A lo largo de los años se enviaron muestras del agua de los pozos a distintos laboratorios y, además, se han hecho estudios por parte de la misma Universidad con la ayuda de estudiantes y docentes de los cuales se obtuvo los siguientes resultados donde cabe hacer un hincapié de aquellos elementos que no cumplieron con los límites permisibles de la norma INEN 1108.

Tabla 1

Parámetros del pozo 1 que no cumplen con la norma según la empresa Trahis

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS	LÍMITE INEN 1108
Alcalinidad Total	mg/l	225	150
Fosfatos	mg/l	0,59	0,30

Nota. Trahis (2015).

Tabla 2

Parámetros del pozo 1 que no cumplen con la norma según laboratorios Jara y Jara

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS	LÍMITE INEN 1108
Conductividad	microhoms/cm	1620	1550
Sodio	mg/l	206	200
Magnesio	mg/l	112	30

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS	LÍMITE INEN 1108
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1321,14	1000
Dureza Total	mg/l	533	300

Nota. Laboratorios Jara y Jara (2019).

Tabla 3

Parámetros del pozo 2 que no cumplen con la norma según el laboratorio Labmos

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS	LÍMITE INEN 1108
Conductividad	microhoms/cm	2021	1550
Magnesio como Mg ⁺⁺	mg/l	116	30
Bicarbonatos como CaCO ₃	mg/l	720	300
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1372,35	1000

Nota. Torre Fuerte Pozos y Bombas S.C.C. (2008).

Del análisis microbiológico de muestras de agua de la “ESPE” de ambos pozos, realizado en julio del 2010 por el Laboratorio de Microbiología de Docencia de la misma Universidad se ha obtenido como resultado que:

El agua presenta contaminación microbiana propia del suelo: la coliforme presente corresponde al género *Enterobacter*, existe carga alta de hongos (mohos y levaduras). Existe ausencia de *E. coli*, por lo que se asume que la probabilidad de contaminación fecal es muy baja.

Se recomienda tratamiento de potabilización del agua (Laboratorio de microbiología de docencia, 2010).

Tabla 4

Parámetros del pozo 2 que no cumplen con la norma según CEINCI

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS	LÍMITE INEN 1108
Color	-	Amarillo pálido	No objetable
Sólidos suspendidos	mg/l	2354	1125
Dureza como CaCO ₃	mg/l	1784,50	300

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS	LÍMITE INEN 1108
Sodio	mg/l	2250,50	200
Plomo	mg/l	0,117	0,01
Cloruro	mg/l	513,77	250

Nota. CEINCI-ESPE (2011).

Tabla 5

Parámetros del pozo 2 que no cumplen con la norma según laboratorios Jara y Jara

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS	LÍMITE INEN 1108
Conductividad	microhoms/cm	1620	1550
Sodio	mg/l	212	200
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1360,40	1000
Dureza Total	mg/l	544	300

Nota. Laboratorios Jara y Jara (2019).

Tasa de Crecimiento

Para el presente trabajo se adoptó el valor mínimo de tasa de crecimiento correspondiente al 0,20% debido a que no existe una intención de ampliar el campus universitario en los posteriores años y por consiguiente tampoco se generaría un incremento desmesurado en su población.

Población Inicial

Los siguientes datos sobre la población inicial han sido obtenidos del Informe de Rendición de Cuentas No. 1685 Periodo 2019:

Tabla 6

Población en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE para el año 2019

POBLACIÓN	CANTIDAD
Estudiantes	27109
Docentes	1215
Administrativos	448

POBLACIÓN	CANTIDAD
Trabajadores	202
TOTAL	28974

Nota. Consejo de Participación Ciudadana y Control Social (2019).

Población Futura

Partiendo de la población inicial podemos determinar la población futura a la cual vamos a servir, para este cálculo emplea el método geométrico, tomando en cuenta los siguientes datos:

Tabla 7

Datos Iniciales

SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
$P_{inicial}$	28974	habitantes
r	0,20	%
n	25	años

$$P_{futura} = P_{inicial} * (1 + r)^n$$

Donde:

P_{futura} = Población futura

$P_{inicial}$ = Población inicial

r = Tasa de crecimiento

n = Periodo de diseño

$$P_{futura} = 28974 * (1 + 0,002)^{25}$$

$$P_{futura} = 30459 \text{ habitantes}$$

Como resultado se obtiene que la población futura para un periodo de 25 años es la correspondiente a 30459 habitantes.

Dotación

Los consumidores de agua dentro de zonas urbanas se han dividido en: residenciales, comerciales, industriales e institucionales. Con respecto a esta clasificación y debido a su gran capacidad y alta demanda para realizar todas las actividades pertinentes, los centros universitarios son considerados como altos consumidores (Manco Silva, Guerrero Erazo, & Morales Pinzón, 2017).

En la Norma Ecuatoriana de la Construcción sobre el capítulo 16 de la Norma Hidrosanitaria NHE Agua, podemos encontrar las dotaciones según el tipo de edificación. En el presente proyecto se tomará el valor de 50 L/estudiante/día para el cálculo de dotación total (NEC-11, 2011).

$$\text{Dotación Total} = \text{Dotación} * P_{\text{futura}}$$

$$\text{Dotación Total} = 50 \text{ L/estudiantes/día} * 30459 \text{ habitantes}$$

$$\text{Dotación Total} = 1522950 \text{ L/día}$$

$$\text{Dotación Total} = 1522,95 \text{ m}^3/\text{día}$$

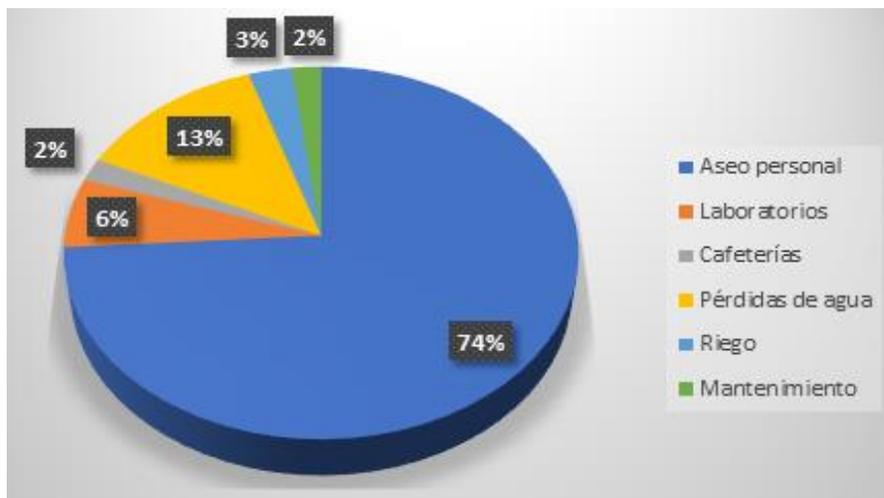
La cantidad de agua potable necesaria para actividades de consumo humano es de 1522,95 m³/día, mientras que la cantidad destinada contra incendios y además para riego es de 1052,35 m³/día, la cual es obtenida de acuerdo a la población mediante interpolación de la tabla de dotación de agua contra incendios del Código Ecuatoriano de la Construcción (IEOS, 1992).

Consumo de agua según las actividades

La norma nos indica que, para instituciones educativas de tercer y cuarto nivel, los valores son los correspondientes al intervalo de 40 a 60 L/estudiante/día. Para esto se debe tomar en cuenta que no todas las actividades que se realizan requieren estrictamente de agua potable; de acuerdo a distintos estudios que se han realizado se establece que el consumo de agua se clasifica como se indica en la siguiente figura:

Figura 2

Demanda de agua por usos



Nota. Adaptado de *Estimación de la demanda de agua en centros educativos: caso de estudio Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia* (p.160), por Manco et al., 2017, Luna Azul.

Capítulo III

Resultados y Discusiones

Cambio total de la red

Este escenario consiste en abastecer a todo el campus con el agua potable que ofrece la red matriz del cantón Rumiñahui, empleando este recurso para todas las actividades, como lo son: consumo humano, higiene, sanitario, mantenimiento, riego, incendios, entre otros.

La posible nueva red de distribución de agua potable consta de 6 tuberías principales distribuidas a lo largo de todo el campus, las cuales se han establecido en base a la ubicación y cantidad de agua que prestan a los distintos edificios.

Las tuberías principales tienen un diámetro de 110 mm, el cual ha sido tomado en base al caudal y velocidad de flujo de agua; de estas tuberías se desprenden ramales hacia los bloques, cafeterías, laboratorios, canchas, entre otros. Adicional, cabe mencionar que se implementó una red abierta contra incendios con tuberías del mismo diámetro que las destinadas para agua potable; esta también servirá para limpieza y riego del campus.

Para obtener la distribución de la red se debe iniciar calculando la cantidad necesaria de agua potable para cada uno de los edificios y espacios que lo requieren, seguido se presenta el resumen de lo mencionado:

Figura 3

Cuadro resumen del cálculo del agua por edificación

BLOQUE O EDIFICIO	NÚMERO DE PLANTAS	ÁREA PLANTA (m ²)	ÁREA TOTAL EDIFICIO (m ²)	CANTIDAD DE AGUA POR m ² (m ³ /día)	AGUA POR EDIFICACIÓN (m ³ /día)
AMBIENTAL	2	368,64	737,28	0,0128	9,4
ASADERO	1	240,72	240,72	0,0128	3,1
BAR SALON 2000-2001	4	1028,09	4112,34	0,0128	52,7
BIBLIOTECA	3	1899,68	5699,05	0,0128	73,0
BIOTECNOLOGÍA	2	524,00	1048,00	0,0128	13,4
BLOQUE A Y B	4	4059,85	16239,40	0,0128	208,0
BLOQUE C, D, G Y H	4	4050,47	16201,88	0,0128	207,5
CENTRO DE INFORMACIÓN	1	115,87	115,87	0,0128	1,5
POSGRADOS	5	8090,48	40452,40	0,0128	518,1
COLISEO	2	624,02	1248,04	0,0128	16,0
EDIFICIO ADMINISTRATIVO	9	729,84	6568,60	0,0128	84,1
LAB. ELECTRÓNICA	2	1216,98	2433,97	0,0128	31,2
GASTRONOMÍA	1	309,63	309,63	0,0128	4,0
LAB GEOGRÁFICA Y METROLOGÍA	2	1011,74	2023,48	0,0128	25,9
IDIOMAS - CENCINAT	2	1622,66	3245,32	0,0128	41,6
LAB MECÁNICA	2	1681,90	3363,81	0,0128	43,1
RESIDENCIA	4	3587,10	14348,40	0,0128	183,8
SIS	1	517,62	517,62	0,0128	6,6
TOTAL	-	31679,29	118905,79	-	1522,9

Figura 4

Cuadro resumen del cálculo del diámetro comercial que se empleará

BLOQUE O EDIFICIO	PORCENTAJE DE AGUA (%)	CAUDAL POR EDIFICACIÓN (m ³ /s)	VELOCIDAD PVC (m/s)	DÍAMETRO CALCULADO (mm)	DÍAMETRO COMERCIAL (mm)
AMBIENTAL	0,62	0,00011	4	5,90	25
ASADERO	0,20	0,00004	4	3,37	25
BAR SALON 2000-2001	3,46	0,00061	4	13,93	25
BIBLIOTECA	4,79	0,00084	4	16,40	25
BIOTECNOLOGÍA	0,88	0,00016	4	7,03	25
BLOQUE A Y B	13,66	0,00241	4	27,68	32
BLOQUE C, D, G Y H	13,63	0,00240	4	27,65	32
CENTRO DE INFORMACIÓN	0,10	0,00002	4	2,34	25
POSGRADOS	34,02	0,00600	4	43,69	50
COLISEO	1,05	0,00019	4	7,67	25
EDIFICIO ADMINISTRATIVO	5,52	0,00097	4	17,61	25
LAB. ELECTRÓNICA	2,05	0,00036	4	10,72	25
GASTRONOMÍA	0,26	0,00005	4	3,82	25
LAB GEOGRÁFICA Y METROLOGÍA	1,70	0,00030	4	9,77	25
IDIOMAS - CENCINAT	2,73	0,00048	4	12,37	25
LAB MECÁNICA	2,83	0,00050	4	12,60	25
RESIDENCIA	12,07	0,00213	4	26,02	32
SIS	0,44	0,00008	4	4,94	25
TOTAL	100,00	0,01763	-	-	-

Figura 5

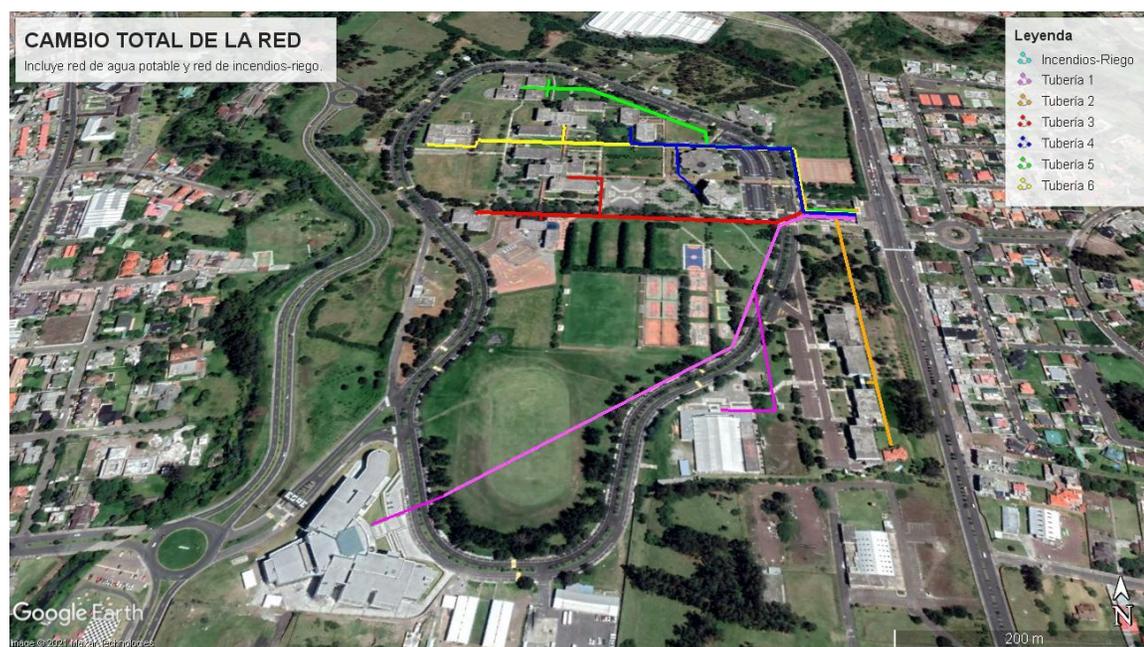
Cuadro resumen del cálculo de las tuberías del cambio total de la red

TUBERÍA PRINCIPAL	EDIFICIOS	TUBERÍA PRINCIPAL	TUBERÍAS SECUNDARIAS
TUBERÍA 1	Posgrados, Coliseo, Gastronomía	617,26 m de 110 mm	64,37 m de 50 mm 218,87 m de 25 mm
TUBERÍA 2	Centro de información, Residencia, Asadero	368 m de 110 mm	8,92 m de 32 mm 57,53 m de 25 mm
TUBERÍA 3	Lab. Geográfica y Metrología, Bar Salón 2000-2001, Bloque A y B	438,43 m de 110 mm	112,53 m de 32 mm 16,48 m de 25 mm
TUBERÍA 4	Edificio Administrativo, Biblioteca, SIS, Idiomas CENCINAT	383,53 m de 110 mm	140,74 m de 25 mm
TUBERÍA 5	Lab. Electrónica, Lab. Ambiental, Lab. Biotecnología	547,17 m de 110 mm	79,11 m de 25 mm
TUBERÍA 6	Bloque C, D, G, H, Lab. Mecánica	573,07 m de 110 mm	39,74 m de 32 mm 73,89 m de 25 mm

TIPO DE RED	AGUA TOTAL (m ³ /día)	LONGITUD TUBERÍA PRINCIPAL (m)	DÍAMETRO TUBERÍA (mm)
RIEGO - INCENDIOS	1052,4	4433,47	110

Figura 6

Red de distribución del primer escenario



Costo referencial de construcción

El costo de la construcción de la nueva red de distribución de agua potable está a cargo de la institución que solicita el servicio. A continuación, se presenta un presupuesto referencial del cambio total de la red:

Figura 7

Rubros y volúmenes de obra del cambio total de la red

No.	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
TUBERÍAS					
1	TUBERÍA PVC U/E 25mm X1.25MPA X6m	m	586.62	3.2	1877.18
2	TUBERÍA PVC U/E 32mm X1.25MPA X6m	m	161.19	5.47	881.71
3	TUBERÍA PVC U/E 50mm X1.25MPA X6m	m	64.37	9.41	605.72
4	TUBERÍA PVC U/E 110mm X1.25MPA X6m	m	7360.93	24.61	181152.49
MOVIMIENTOS DE TIERRA					
5	EXCAVACIÓN ZANJA A MANO H=00-2.00m (EN TIERRA)	m3	200	8.09	1618.00
6	EXCAVACIÓN ZANJA A MÁQUINA H=00-2.00m (EN TIERRA)	m3	16146.22	2.23	36006.07
7	RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE EXCAVACIÓN)	m3	16346.22	3.53	57702.16
VÁLVULAS					
8	VÁLVULA COMPUERTA 04"	u	7	207	1449.00
10	CAJA DE VÁLVULA 04"	u	7	27.06	189.42
VARIOS					
20	REPLANTEO Y NIVELACIÓN TOTAL	m2	8173.11	1.87	15283.72
21	HORMIGÓN SIMPLE $f_c=180$ kg/cm ² - EN SITIO	m3	5	144.42	722.10
22	ROTURA ACERA	m2	50	4.55	227.50
24	ROTURA CARPETA ASFÁLTICA 3"-4" (INCL. CORTE DE FILOS)	m2	32	17.53	560.96
25	REPOSICIÓN HORMIGÓN ACERAS (10cm-180kg/cm ²)	m2	5	20.47	102.35
26	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	m2	32	2.56	81.92
27	CARPETA ASFÁLTICA 03"	m2	32	13.21	422.72
28	RECONEXIÓN DOMICILIARIA	u	17	257.16	4371.72
SEÑALIZACIÓN Y MITIGACIÓN AMBIENTAL					
29	CONO DE SEÑALIZACIÓN VIAL (H mínima 90cm)	u	10	26.65	266.50
30	CINTA PLÁSTICA DE SEGURIDAD CON LEYENDA ROLLO 250 m (PROVISIÓN E INSTALACIÓN)	u	33	16.08	530.64
31	CONTROL DE POLVO (INCL. AGUA Y TANQUERO)	m3	100	3.7	370.00
SUMA					304421,88

El cambio total de la red tiene un costo de trescientos cuatro mil cuatrocientos veintinueve dólares americanos y 88/100 centavos (\$304.421,88); se trata de un valor aproximado debido a los inconvenientes que se puedan suscitar durante la obra, sin embargo, nos permite tener una estimación de lo que costaría la construcción.

Pagos mensuales

Para este pago se tendrá en cuenta la cantidad de agua necesaria para abastecer a todo el campus, con el fin de que este recurso se emplee en todas las actividades que se realizan dentro

de él, así como también se distribuirá el valor de inversión para todo el periodo de diseño de manera mensual.

La probabilidad de que ocurran incendios dentro de la universidad es baja, sin embargo, se plantea un caso en el que se consumirá toda la cantidad de agua dotada para esta actividad, partiendo de esta premisa a continuación se calcula el pago mensual para el primer escenario.

$$\text{Consumo mensual} = 30 \times (\text{Dotación total} + \text{Dotación}_{inc/riego})$$

$$\text{Consumo mensual} = 30 \times (1522,95 + 1052,352)m^3/\text{día}$$

$$\text{Consumo mensual} = 77259,06 m^3/\text{mes}$$

$$\text{Costo de agua potable} = \text{Consumo mensual} \times \text{Tarifa}$$

$$\text{Costo de agua potable} = 77259,06 m^3/\text{mes} \times 0,375 \text{ USD}$$

$$\text{Costo de agua potable} = 28972,15 \text{ USD}/\text{mes}$$

$$\text{Costo de inversión} = \frac{\text{Presupuesto}}{\text{Periodo de diseño}}$$

$$\text{Costo de inversión} = \frac{304421,88 \text{ USD}}{25 \text{ años}}$$

$$\text{Costo de inversión} = 1014,74 \text{ USD}/\text{mes}$$

$$\text{Pago mensual} = \text{Costo de agua potable} + \text{Costo de inversión}$$

$$\text{Pago mensual} = 29986,89 \text{ USD}/\text{mes}$$

Para el cambio total de la red se tendrá una factura mensual de veintinueve mil novecientos ochenta y seis dólares americanos y 89/100 centavos (\$29.986,89); valor que cubre el costo de inversión, adicional a los costos de consumo.

Bloque administrativo, residencial, estudiantil, laboratorios, biblioteca, coliseo y cafeterías

Para este caso se propone proveer de agua potable de la red matriz del cantón Rumiñahui únicamente a los bloques administrativo, residencial, estudiantil, laboratorios, biblioteca, coliseo y cafeterías del campus, excluyendo de este servicio al área de mantenimiento, riego e incendios, con la intención que esta zona se mantenga abastecida por el agua captada de los pozos.

Las tuberías principales que se emplean para este escenario tienen un diámetro de 110 mm, de las cuales se extienden ramales que transportan agua potable hacia los distintos edificios de la universidad.

Con el fin de obtener la red de distribución de acuerdo a la cantidad necesaria de agua potable para cada uno de los edificios se presenta el siguiente resumen de cálculos:

Figura 8

Cuadro resumen del cálculo de agua por edificación para el segundo escenario

BLOQUE O EDIFICIO	NÚMERO DE PLANTAS	ÁREA PLANTA (m ²)	ÁREA TOTAL EDIFICIO (m ²)	CANTIDAD DE AGUA POR m ² (m ³ /día)	AGUA POR EDIFICACIÓN (m ³ /día)
AMBIENTAL	2	368,64	737,28	0,0128	9,4
ASADERO	1	240,72	240,72	0,0128	3,1
BAR SALÓN 2000-2001	4	1028,09	4112,34	0,0128	52,7
BIBLIOTECA	3	1899,68	5699,05	0,0128	73,0
BIOTECNOLOGÍA	2	524,00	1048,00	0,0128	13,4
BLOQUE A Y B	4	4059,85	16239,40	0,0128	208,0
BLOQUE C, D, G Y H	4	4050,47	16201,88	0,0128	207,5
CENTRO DE INFORMACIÓN	1	115,87	115,87	0,0128	1,5
POSGRADOS	5	8090,48	40452,40	0,0128	518,1
COLISEO	2	624,02	1248,04	0,0128	16,0
EDIFICIO ADMINISTRATIVO	9	729,84	6568,60	0,0128	84,1
LAB. ELECTRÓNICA	2	1216,98	2433,97	0,0128	31,2
GASTRONOMÍA	1	309,63	309,63	0,0128	4,0
LAB GEOGRÁFICA Y METROLOGÍA	2	1011,74	2023,48	0,0128	25,9
IDIOMAS - CENCINAT	2	1622,66	3245,32	0,0128	41,6
LAB MECÁNICA	2	1681,90	3363,81	0,0128	43,1
RESIDENCIA	4	3587,10	14348,40	0,0128	183,8
SIS	1	517,62	517,62	0,0128	6,6
TOTAL	-	31679,29	118905,79	-	1522,9

Figura 9

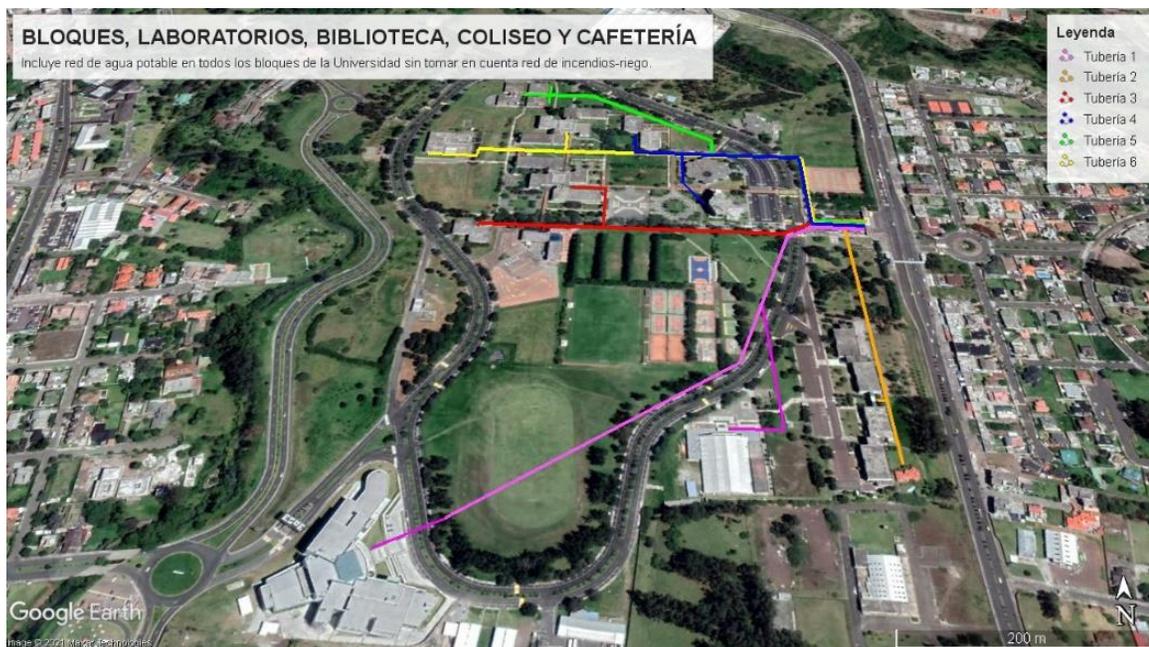
Cuadro resumen del cálculo del diámetro de tuberías para el segundo escenario

BLOQUE O EDIFICIO	PORCENTAJE AGUA (%)	CAUDAL POR EDIFICACIÓN (m ³ /s)	VELOCIDAD PVC (m/s)	DÍAMETRO CALCULADO (mm)	DÍAMETRO COMERCIAL (mm)
AMBIENTAL	0,62	0,0001	4	5,90	25
ASADERO	0,20	0,0000	4	3,37	25
BAR SALON 2000-2001	3,46	0,0006	4	13,93	25
BIBLIOTECA	4,79	0,0008	4	16,40	25
BIOTECNOLOGÍA	0,88	0,0002	4	7,03	25
BLOQUE A Y B	13,66	0,0024	4	27,68	32
BLOQUE C, D, G Y H	13,63	0,0024	4	27,65	32
CENTRO DE INFORMACIÓN	0,10	0,0000	4	2,34	25
POSGRADOS	34,02	0,0060	4	43,69	50
COLISEO	1,05	0,0002	4	7,67	25
EDIFICIO ADMINISTRATIVO	5,52	0,0010	4	17,61	25
LAB. ELECTRÓNICA	2,05	0,0004	4	10,72	25
GASTRONOMÍA	0,26	0,0000	4	3,82	25
LAB GEOGRÁFICA Y METROLOGÍA	1,70	0,0003	4	9,77	25
IDIOMAS - CENCINAT	2,73	0,0005	4	12,37	25
LAB MECÁNICA	2,83	0,0005	4	12,60	25
RESIDENCIA	12,07	0,0021	4	26,02	32
SIS	0,44	0,0001	4	4,94	25
TOTAL	100,00	0,0176	-	-	-

Figura 10

Cuadro resumen del cálculo de las tuberías del segundo escenario

TUBERÍA PRINCIPAL	EDIFICIOS	TUBERÍA PRINCIPAL	TUBERÍAS SECUNDARIAS
TUBERÍA 1	Posgrados, Coliseo, Gastronomía	617,26 m de 110 mm	64,37 m de 50 mm 218,87 m de 25 mm
TUBERÍA 2	Centro de información, Residencia, Asadero	368 m de 110 mm	8,92 m de 32 mm 57,53 m de 25 mm
TUBERÍA 3	Lab. Geográfica y Metrología, Bar Salón 2000-2001, Bloque A y B	438,43 m de 110 mm	112,53 m de 32 mm 16,48 m de 25 mm
TUBERÍA 4	Edificio Administrativo, Biblioteca, SIS, Idiomas CENCINAT	383,53 m de 110 mm	140,74 m de 25 mm
TUBERÍA 5	Lab. Electrónica, Lab. Ambiental, Lab. Biotecnología	547,17 m de 110 mm	79,11 m de 25 mm
TUBERÍA 6	Bloque C y D, Lab. Mecánica	573,07 m de 110 mm	39,74 m de 32 mm 73,89 m de 25 mm

Figura 11***Red de distribución del segundo escenario******Costo referencial de construcción***

El costo de la construcción de la posible nueva red de distribución de agua potable está a cargo de la institución que solicita el servicio, más no del gobierno autónomo descentralizado encargado de proveerlo.

A continuación, se presenta un presupuesto referencial respecto al segundo escenario planteado que corresponde a abastecer de agua potable únicamente a los bloques administrativo, residencial, estudiantil, laboratorios, biblioteca, coliseo y cafeterías:

Figura 12

Rubros y volúmenes de obra del segundo escenario

No.	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
TUBERÍAS					
1	TUBERÍA PVC U/E 25mm X1,25MPA X6m	m	586,62	3,2	1877,18
2	TUBERÍA PVC U/E 32mm X1,25MPA X6m	m	161,19	5,47	881,71
3	TUBERÍA PVC U/E 50mm X1,25MPA X6m	m	64,37	9,41	605,72
4	TUBERÍA PVC U/E 110mm X1,25MPA X6m	m	2927,46	24,61	72044,79
			3739,64		
MOVIMIENTOS DE TIERRA					
5	EXCAVACIÓN ZANJA A MANO H=00-2,00m (EN TIERRA)	m3	200	8,09	1618,00
6	EXCAVACIÓN ZANJA A MÁQUINA H=00-2,00m (EN TIERRA)	m3	7279,28	2,23	16232,79
7	RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE EXCAVACIÓN)	m3	7479,28	3,53	26401,86
VÁLVULAS					
8	VÁLVULA COMPUERTA 04"	u	7	207	1449,00
10	CAJA DE VÁLVULA 04"	u	7	27,06	189,42
VARIOS					
20	REPLANTEO Y NIVELACIÓN TOTAL	m2	3739,64	1,87	6993,13
21	HORMIGÓN SIMPLE $f_c=180$ kg/cm ² - EN SITIO	m3	5	144,42	722,10
22	ROTURA ACERA	m2	50	4,55	227,50
24	ROTURA CARPETA ASFÁLTICA 3"-4" (INCL. CORTE DE FILOS)	m2	32	17,53	560,96
25	REPOSICIÓN HORMIGÓN ACERAS (10cm-180kg/cm ²)	m2	5	20,47	102,35
26	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	m2	32	2,56	81,92
27	CARPETA ASFÁLTICA 03"	m2	32	13,21	422,72
28	RECONEXIÓN DOMICILIARIA	u	17	257,16	4371,72
SEÑALIZACIÓN Y MITIGACIÓN AMBIENTAL					
29	CONO DE SEÑALIZACIÓN VIAL (H mínima 90cm)	u	10	26,65	266,50
30	CINTA PLÁSTICA DE SEEGURIDAD CON LEYENDA ROLLO 250 m (PROVISIÓN E INSTALACIÓN)	u	15	16,08	241,20
31	CONTROL DE POLVO (INCL. AGUA Y TANQUERO)	m3	100	3,7	370,00
SUMA					135660,58

El abastecer de agua potable a los bloques administrativo, residencial, estudiantil, laboratorios, biblioteca, coliseo y cafeterías tiene un costo referencial de ciento treinta y cinco mil seiscientos sesenta dólares americanos y 58/100 centavos (\$135.660,58); este valor nos permite tener una estimación de la construcción.

Pagos mensuales

En este caso se toma la cantidad de agua necesaria para abastecer a todos los edificios del campus, excluyendo actividades de mantenimiento, incendios y riego; también se incluye el valor de inversión para todo el periodo de diseño de manera mensual.

$$\text{Consumo mensual} = 30 \times (\text{Dotación total})$$

$$\text{Consumo mensual} = 30 \times 1522,95 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Consumo mensual} = 45688,50 \text{ m}^3/\text{mes}$$

$$\text{Costo de agua potable} = \text{Consumo mensual} \times \text{Tarifa}$$

$$\text{Costo de agua potable} = 45688,50 \text{ m}^3/\text{mes} \times 0,375 \text{ USD}$$

$$\text{Costo de agua potable} = 17133,19 \text{ USD/mes}$$

$$\text{Costo de inversión} = \frac{\text{Presupuesto}}{\text{Periodo de diseño}}$$

$$\text{Costo de inversión} = \frac{135660,58 \text{ USD}}{25 \text{ años}}$$

$$\text{Costo de inversión} = 452,20 \text{ USD/mes}$$

$$\text{Pago mensual} = \text{Costo de agua potable} + \text{Costo de inversión}$$

$$\text{Pago mensual} = 17585,39 \text{ USD/mes}$$

Para abastecer de agua potable a todos los edificios se debe pagar en la factura mensual el valor de diecisiete mil quinientos ochenta y cinco dólares americanos y 39/100 centavos (\$17.585,39); valor que cubre el costo de inversión y los costos de consumo.

Bebederos

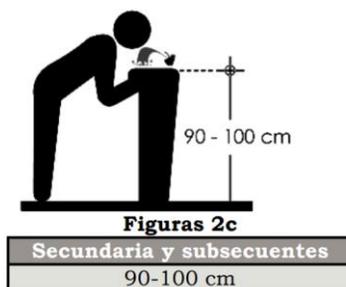
En este escenario implementaremos una nueva red de agua potable para abastecer a bebederos que serán ubicados en lugares específicos para consumo, es decir en: bloques estudiantiles y bloque administrativo, canchas deportivas, coliseo, cafetería, biblioteca y residencia estudiantil. Con esta alternativa se busca aprovechar el agua captada de los pozos al mismo tiempo que se evita consumos innecesarios de agua potable en varias actividades.

Dentro de las normativas ecuatorianas la información sobre habilitación y funcionamiento de bebederos es bastante pobre, sin embargo, México cuenta con una normativa llamada “Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones” en la cual en su Tomo 5 del Volumen 3 manifiesta las especificaciones necesarias para la implementación de un bebedero (Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa, 2015).

Para el presente proyecto se ha tomado en cuenta por tratarse de un establecimiento de educación superior, 2 boquillas con altura regular, 1 boquilla para personas con discapacidad motriz y una llave de llenado. En cuanto a las dimensiones de los bebederos, estos deberán cumplir con lo que se manifiesta a continuación:

Figura 13

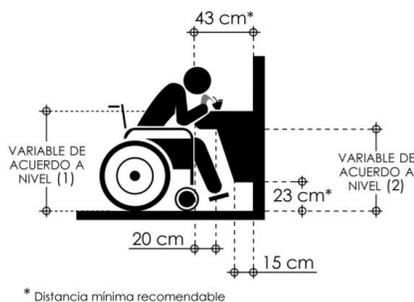
Altura de la tarja del bebedero sobre el nivel del piso



Nota. Adaptado de *Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones: Tomo V Bebederos, México* (p.8), por Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa, 2015.

Figura 14

Accesibilidad para personas con discapacidad



Nivel Educativo	(1) Tarja (máximo)	(2) Bajotarja (mínimo)
Jardín de Niños y Primaria	76 cm	61 cm
Secundaria en adelante	85 cm	70 cm

Nota. Adaptado de *Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones: Tomo V Bebederos, México* (p.8), por Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa, 2015.

Sobre la base de lo anteriormente mencionado se decide emplear el siguiente modelo de bebederos:

Figura 15

Bebedero de agua en acero inoxidable, MODELO JL-5



Nota. Adaptado de *Bebedero de agua en acero inoxidable agua*, por Zona-activa (<https://www.zona-activa.com/producto/bebedero-de-agua-en-acero-inoxidable-agua-al-clima/>).

Figura 16

Bebedero Portinox FMIC-1000^a-1B-1H-1LL



Nota. Adaptado de *Bebedero Portinox FMIC-1000A-1B-1H-1LL de 2 tomas*, por Carbotecnia (<https://www.carbotecnia.info/producto/bebedero-portinox-fmic-1000a-1b-1h-1ll-2-tomas-inifed/#sidewidgetarea>).

Con base en la cantidad de agua necesaria por usuario se ha establecido la cantidad de bebederos por edificio y los diámetros las tuberías que se emplearán.

Figura 17

Cuadro resumen del cálculo del agua por edificación para el caso de implementar bebederos

BLOQUE O EDIFICIO	NÚMERO DE PLANTAS	ÁREA PLANTA (m ²)	ÁREA TOTAL EDIFICIO (m ²)	CANTIDAD DE AGUA POR m ² (m ³ /día)	AGUA POR EDIFICACIÓN (m ³ /día)
AMBIENTAL	2	368,64	737,28	0,0128	9,4
ASADERO	1	240,72	240,72	0,0128	3,1
BAR SALON 2000-2001	4	1028,09	4112,34	0,0128	52,7
BIBLIOTECA	3	1899,68	5699,05	0,0128	73,0
BIOTECNOLOGÍA	2	524,00	1048,00	0,0128	13,4
BLOQUE A Y B	4	4059,85	16239,40	0,0128	208,0
BLOQUE C, D, H Y G	4	4050,47	16201,88	0,0128	207,5
CENTRO DE INFORMACIÓN	1	115,87	115,87	0,0128	1,5
POSGRADOS	5	8090,48	40452,40	0,0128	518,1
COLISEO	2	624,02	1248,04	0,0128	16,0
EDIFICIO ADMINISTRATIVO	9	729,84	6568,60	0,0128	84,1
LAB. ELECTRÓNICA	2	1216,98	2433,97	0,0128	31,2
GASTRONOMÍA	1	309,63	309,63	0,0128	4,0
LAB GEOGRÁFICA Y METROLOGÍA	2	1011,74	2023,48	0,0128	25,9
IDIOMAS - CENCINAT	2	1622,66	3245,32	0,0128	41,6
LAB MECÁNICA	2	1681,90	3363,81	0,0128	43,1
RESIDENCIA	4	3587,10	14348,40	0,0128	183,8
SIS	1	517,62	517,62	0,0128	6,6
TOTAL	-	31679,29	118905,79	-	1522,9

Figura 18

Cuadro resumen del cálculo de la cantidad de bebederos por edificio

BLOQUE O EDIFICIO	PORCENTAJE AGUA (%)	NÚMERO DE PERSONAS	BEBEDEROS POR EDIFICIO (u)	BEBEDEROS POR EDIFICIO DISCAPACITADOS (u)
AMBIENTAL	0,62	189	1	1
ASADERO	0,20	62	1	1
BAR SALON 2000-2001	3,46	1053	1	1
BIBLIOTECA	4,79	1460	2	2
BIOTECNOLOGÍA	0,88	268	1	1
BLOQUE A Y B	13,66	4160	8	8
BLOQUE C, D, H Y G	13,63	4150	16	16
CENTRO DE INFORMACIÓN	0,10	30	1	1
POSGRADOS	34,02	10362	10	10
COLISEO	1,05	320	1	1
EDIFICIO ADMINISTRATIVO	5,52	1683	9	9
LAB. ELECTRÓNICA	2,05	623	1	1
GASTRONOMÍA	0,26	79	1	1
LAB GEOGRÁFICA Y METROLOGÍA	1,70	518	1	1
IDIOMAS - CENCINAT	2,73	831	1	1
LAB MECÁNICA	2,83	862	1	1
RESIDENCIA	12,07	3675	4	4
SIS	0,44	133	1	1
TOTAL	100,00	30458	61	61

Figura 19

Cuadro resumen del cálculo del diámetro de las tuberías para los bebederos

BLOQUE O EDIFICIO	CAUDAL POR EDIFICACIÓN (m ³ /s)	VELOCIDAD PVC (m/s)	DÍAMETRO CALCULADO (mm)	DÍAMETRO COMERCIAL (mm)
AMBIENTAL	1,6394E-05	4	2,28	25
ASADERO	5,3524E-06	4	1,31	25
BAR SALON 2000-2001	9,1440E-05	4	5,40	25
BIBLIOTECA	1,2672E-04	4	6,35	25
BIOTECNOLOGÍA	2,3303E-05	4	2,72	25
BLOQUE A Y B	3,6109E-04	4	10,72	32
BLOQUE C, D, G Y H	3,6026E-04	4	10,71	32
CENTRO DE INFORMACIÓN	2,5764E-06	4	0,91	25
POSGRADOS	8,9948E-04	4	16,92	50
COLISEO	2,7751E-05	4	2,97	25
EDIFICIO ADMINISTRATIVO	1,4606E-04	4	6,82	25
LAB. ELECTRÓNICA	5,4120E-05	4	4,15	25
GASTRONOMÍA	6,8847E-06	4	1,48	25
LAB GEOGRÁFICA Y METROLOGÍA	4,4993E-05	4	3,78	25
IDIOMAS - CENCINAT	7,2161E-05	4	4,79	25
LAB MECÁNICA	7,4796E-05	4	4,88	25
RESIDENCIA	3,1904E-04	4	10,08	32
SIS	1,1509E-05	4	1,91	25
TOTAL	0,0026	-	-	-

Se decidió agrupar de la siguiente manera los edificios para la red de distribución, esto de acuerdo a su ubicación y dotación necesaria:

Figura 20

Cuadro resumen de las tuberías necesarias para la implementación de bebederos

TUBERÍA PRINCIPAL	EDIFICIOS	TUBERÍA PRINCIPAL	TUBERÍAS SECUNDARIAS
TUBERÍA 1	Posgrados, Coliseo, Gastronomía	617,26 m de 110 mm	64,37 m de 50 mm 218,87 m de 25 mm
TUBERÍA 2	Centro de información, Residencia, Asadero	368 m de 110 mm	8,92 m de 32 mm 57,53 m de 25 mm
TUBERÍA 3	Lab. Geográfica y Metrología, Bar Salón 2000-2001, Bloque A y B	438,43 m de 110 mm	112,53 m de 32 mm 16,48 m de 25 mm
TUBERÍA 4	Edificio Administrativo, Biblioteca, SIS, Idiomas CENCINAT	383,53 m de 110 mm	140,74 m de 25 mm
TUBERÍA 5	Lab. Electrónica, Lab. Ambiental, Lab. Biotecnología	547,17 m de 110 mm	79,11 m de 25 mm
TUBERÍA 6	Bloque C y D, Lab. Mecánica	573,07 m de 110 mm	39,74 m de 32 mm 73,89 m de 25 mm

Figura 21

Red de distribución del tercer escenario



Costo referencial de construcción

A continuación, se presenta un presupuesto referencial con respecto a la implementación de bebederos dentro de la universidad:

Figura 22

Rubros y volúmenes de obra del tercer escenario

No.	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
TUBERÍAS					
1	TUBERÍA PVC U/E 25mm X1.25MPA X6m	m	3739.64	3,2	11966,85
MOVIMIENTOS DE TIERRA					
2	EXCAVACIÓN ZANJA A MANO H=00-2,00m (EN TIERRA)	m3	200	8,09	1618,00
3	EXCAVACIÓN ZANJA A MÁQUINA H=00-2,00m (EN TIERRA)	m3	7479,28	2,23	16678,79
4	RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE EXCAVACIÓN)	m3	7679,28	3,53	27107,86
VÁLVULAS					
5	VALVULA COMPUERTA 04"	u	7	207	1449,00
6	CAJA DE VÁLVULA 04"	u	7	27,06	189,42
VARIOS					
7	REPLANTEO Y NIVELACIÓN TOTAL	m2	3739,64	1,87	6993,13
8	HORMIGÓN SIMPLE $f_c=180$ kg/cm ² - EN SITIO	m3	5	144,42	722,10
9	ROTURA ACERA	m2	50	4,55	227,50
10	ROTURA CARPETA ASFÁLTICA 3"-4" (INCL. CORTE DE FILOS)	m2	32	17,53	560,96
11	REPOSICIÓN HORMIGÓN ACERAS (10cm-180kg/cm ²)	m2	5	20,47	102,35
12	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	m2	32	2,56	81,92
13	CARPETA ASFÁLTICA 03"	m2	32	13,21	422,72
14	RECONEXIÓN DOMICILIARIA	u	17	257,16	4371,72
15	BEBEDEROS	u	61	170	10370,00
16	BEBEDEROS DISCAPACITADOS	u	61	320	19520,00
SEÑALIZACIÓN Y MITIGACIÓN AMBIENTAL					
17	CONO DE SEÑALIZACIÓN VIAL (H mínima 90cm)	u	10	26,65	266,50
18	CINTA PLÁSTICA DE SEEGURIDAD CON LEYENDA ROLLO 250 m (PROVISIÓN E INSTALACIÓN)	u	15	16,08	241,20
19	CONTROL DE POLVO (INCL. AGUA Y TANQUERO)	m3	100	3,7	370,00
SUMA					103260,02

Para dotar de agua potable e implementar bebederos dentro de la universidad se establece un costo referencial de ciento tres mil doscientos sesenta dólares americanos y 02/100 centavos (\$103.260,02), valor estimado para la construcción.

Pagos mensuales

En este caso se toma la cantidad de agua necesaria para abastecer a los bebederos implementados dentro de la universidad y el costo de inversión para todo el periodo de diseño, de manera mensual.

$$\text{Consumo mensual} = 30 \times (\text{Dotación total}) \times \text{Porcentaje para consumo}$$

$$\text{Consumo mensual} = 30 \times 1522,95 \text{ m}^3/\text{día} \times 0,15$$

$$\text{Consumo mensual} = 6853,28 \text{ m}^3/\text{mes}$$

$$\text{Costo de agua potable} = \text{Consumo mensual} \times \text{Tarifa}$$

$$\text{Costo de agua potable} = 6853,28 \text{ m}^3/\text{mes} \times 0,375 \text{ USD}$$

$$\text{Costo de agua potable} = 2569,98 \text{ USD}/\text{mes}$$

$$\text{Costo de inversión} = \frac{\text{Presupuesto}}{\text{Periodo de diseño}}$$

$$\text{Costo de inversión} = \frac{103260,02 \text{ USD}}{25 \text{ años}}$$

$$\text{Costo de inversión} = 344,20 \text{ USD}/\text{mes}$$

$$\text{Pago mensual} = \text{Costo de agua potable} + \text{Costo de inversión}$$

$$\text{Pago mensual} = 2914,18 \text{ USD}/\text{mes}$$

La factura mensual contempla el valor aproximado de consumo y construcción de los bebederos; esta será de dos mil novecientos catorce dólares americanos y 18/100 centavos (\$2.914,18).

Cuadro Comparativo

Figura 23

Cuadro comparativo de factores técnico económicos

PARÁMETROS		PRIMER ESCENARIO	SEGUNDO ESCENARIO	TERCER ESCENARIO
TÉCNICO	Red	Implementación de un nueva de red de agua potable para todas las actividades del campus	Implementación solo de un nuevo sistema de red de agua potable para edificios	Implementación de una red adicional a las existentes, destinada a bebederos
	Pozos	Al crear un nuevo sistema de red, los pozos ya no serán usados	Se usará los pozos únicamente para la red de incendios-riego	Los pozos seguirán trabajando normalmente
	Volumen de agua necesaria	77257,56 m ³ /mes	45687 m ³ /mes	6853,06 m ³ /mes
	Material/perido de diseño	Tuberías y accesorios de PVC con un periodo de diseño de 25 años	Tuberías y accesorios de PVC con un periodo de diseño de 25 años	Tuberías y accesorios de PVC con un periodo de diseño de 25 años
	Conexión con GAD Rumiñahui	Tiene una conexión total con el GAD Rumiñahui	Conexión con el GAD Rumiñahui solo en la nueva red de agua potable	Conexión con el GAD Rumiñahui en la red adicional para bebederos
ECONÓMICO	Costo de construcción	\$304.421,88	\$135.660,58	\$103.260,02
	Factura mensual	\$29.986,89	\$17.585,39	\$2.914,18

Factibilidad

Con el fin de obtener del GAD Municipal Rumiñahui, los datos necesarios sobre el abastecimiento y la calidad de agua que brinda, se envió un oficio dirigido a la Dirección de Agua Potable y Alcantarillado (2021) y su respuesta fue: “informo a usted previo a consultas realizadas con la Jefatura de operación y mantenimiento del sistema de agua potable, el sector donde se encuentra implantadas las instalaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE) no cuenta con un sistema de distribución de agua potable por tal razón no sería actualmente factible el abastecimiento y por lo tanto esta Dirección ve en este momento inviable trabar bajo un supuesto en el tema de tesis”.

Capítulo IV

Conclusiones

- El primer escenario planteado el cual consiste en un cambio absoluto de las redes de agua potable y de incendios-riego permite tener agua potable abastecida por el GAD Municipal Rumiñahui para todas las actividades que se realizan en la universidad. Adicionalmente, el costo a pagar en la construcción es de \$ 993.823,70 y el pago mensual por toda la dotación es de \$ 32.284,34. La segunda alternativa consiste en construir una nueva red de agua potable para todos los edificios existentes en el campus donde el costo a pagar por la construcción es de \$ 451.099,23 y el pago mensual de \$ 18.636,29. El tercer y último escenario planteado consiste en mantener todas las redes existentes en la universidad e implementar una nueva red destinada únicamente para abastecer a bebederos, los cuales estarán distribuidos por todo el campus; presenta costos menores en su construcción de \$ 40.7428,65, como en sus pagos mensuales de \$ 3.927,98. Asimismo, existirá un aprovechamiento al máximo de los pozos, ya que se conoce que no todas las actividades que se realizan requieren específicamente de agua potable.
- Mediante el análisis realizado se concluye que la implementación de bebederos en el campus es la alternativa más viable tanto económica como técnicamente, obteniendo un menor gasto para la institución y abasteciendo completamente a la población universitaria con agua potable para su hidratación y, agua de los pozos para las otras actividades en las que se requiera este recurso. Pese a que se plantea la implementación de bebederos como la mejor alternativa, con la respuesta desfavorable del GAD Municipal Rumiñahui, hoy en día, no es posible ejecutar esta propuesta.
- El presente proyecto presenta un análisis detallado sobre los tres escenarios que se plantearon como posibles soluciones y, una comparación económica y técnica entre los

mismos; con la finalidad de mostrar a las autoridades las alternativas frente a este problema para una correcta toma de decisiones.

Bibliografía

- Bravo, K. A. (2014). *Historia de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*. Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.
- CEINCI-ESPE. (2011). *Tratamiento de agua del pozo 2 de la ESPE*.
- Consejo de Participación Ciudadana y Control Social. (2019). *Informe de Rendición de Cuentas No 1685*. Obtenido de <https://informes.cpccs.gob.ec/ReportesConsejo/Pages/ReportViewer.aspx?%2fReportesRendicionProduccion%2fInstitutosdeEducacion&Codigo=1685&anio=2019>
- IEOS. (1992). *Código Ecuatoriano de la Construcción: 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.
- Iglesias, M. S. (30 de Junio de 2016). *Características de la red de distribución de agua potable*. Obtenido de <https://www.eadic.com/caracteristicas-de-la-red-de-distribucion-de-agua-potable/>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2014). *NTE INEN 1108: Agua Potable. Requisitos 5 ed.* Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2396.pdf>
- Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa. (2015). *Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones: Tomo V Bebederos*. Obtenido de <https://www.gob.mx/inifed/documentos/normas-y-especificaciones-tecnicas-para-la-realizacion-de-estudios-proyectos-construccion-e-instalaciones>
- Laboratorio de microbiología de docencia. (2010). *Resultados del análisis microbiológicos de muestras de agua de la ESPE*.
- Laboratorios Jara y Jara. (2019). *Informe N.- 025*.
- Laboratorios Jara y Jara. (2019). *Informe N.- 026*.

- Manco Silva, D., Guerrero Erazo, J., & Morales Pinzón, T. (2017). *Estimación de la demanda de agua en centros educativos: caso de estudio Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia*. Universidad de Caldas.
- Municipio de Rumiñahui. (15 de agosto de 2021). *Municipio de Rumiñahui*. Obtenido de <http://www.ruminahui.gob.ec/rumi3/eje-territorial/#:~:text=Agua%20potable%20y%20alcantarillado,de%20alcantarillado%20es%20del%2092%25>.
- NEC-11. (2011). Norma Hidrosanitaria NHE Agua. En *Norma Ecuatoriana de la Construcción* (págs. 16-17).
- Organización Mundial de la Salud. (2018). *Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda, 4a ed + 1a adenda*. Organización Mundial de la Salud. Obtenido de <https://apps.who.int/iris/handle/10665/272403>.
- Torre Fuerte Pozos y Bombas S.C.C. (2008). *Informe técnico final de la perforación del pozo N°.2 para abastecimiento de agua potable de la Escuela Politécnica del Ejército, de la ciudad de Sangolquí - provincia de Pichincha*. Quito.
- Trahisa. (2015). *Reporte de Análisis de Aguas*.
- Trujillo Cardona, C. D., & Sarmiento Ocampo, J. F. (2012). *Estrategias de uso eficiente y ahorro de agua en centros educativos, caso de estudio, edificio Facultad de Ciencias Ambientales - Universidad Tecnológica de Pereira*. Universidad Tecnológica de Pereira. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11059/2769>
- Universidad de las Fuerzas Armadas. (2 de agosto de 2021). *Georeferencia de la Universidad de las Fuerzas Armadas*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/georeferenciaespe/>

Universidades de Ecuador. (7 de agosto de 2021). *Universidades de Ecuador*. Obtenido de

Universidad de las Fuerzas Armadas: <https://www.universidades.com.ec/universidad-de-las-fuerzas-armadas>

Vargas Cordero, Z. R. (2009). La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con

evidencia científica. *Revista Educación*, 159. Obtenido de

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44015082010>