



**UNIVERSIDAD LATINA
DE COSTA RICA**

**UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES**

Licenciatura en Ingeniería Civil

Proyecto de Graduación

**Determinación de la funcionalidad del uso de la fibra óptica,
como herramienta para la detección temprana de fugas, en la
Red de Agua Potable de Alajuela.**

Tutor: Leonardo Moya González

Sustentante: Kenneth Francisco Arias Ortiz

Heredia, Costa Rica

Septiembre, 2020.

RESUMEN

Este estudio se basa en una de las partes de la problemática y preocupación actual, la pérdida de un recurso natural fundamental para la vida: el agua.

El aporte para una posible solución al problema en estudio se fundamenta en cómo prevenir el desperdicio de agua que se da por las rupturas de las tuberías de los acueductos potables de una ciudad, en este caso: Alajuela. Si bien, se conoce, que las fallas de estas tuberías se observan cuando ya es demasiado tarde; es aquí, donde surge la preocupación y es justamente la importancia y el fin del proyecto, detectar a tiempo estas fugas descontroladas que se presentan en diferentes lugares de la ciudad, objeto en estudio.

La estrategia por desarrollar se basa, en: la determinación del uso de la fibra óptica, como herramienta para la detección temprana de fugas en la red de Agua Potable de Alajuela Centro.

Para el análisis y desarrollo de esta se cuenta con el apoyo e información brindada por La Municipalidad de Alajuela. Aquí se revisarán los antecedentes respecto a las pérdidas de agua por averías o rupturas en las tuberías y el caos que esto genera para la población de la ciudad.

Los datos copilados serán tomados por el Departamento de Agua y Saneamiento de esta Municipalidad.

Como parte del desarrollo de este proyecto, será colocar ductos con una tecnología no invasiva (esto implica no cerrar vías públicas, no usar herramientas ni equipos pesados) y en los mismos, instalar fibra óptica como sistema de detección en tiempo real y geo - referenciada de las fallas en la red de agua potable de Alajuela. También, se utilizará técnicas en el campo topográfico para ayudar a facilitar la localización de las futuras averías y lograr el propósito principal del proyecto.

ABSTRACT

The work under study is based on one of the parts of the current problem and concern of the loss of a life-based natural resource; The water.

The contribution to this problem is based on the waste of water that is given by the ruptures of the drinking aqueducts of a city, Alajuela. While it is known, that the faults of these pipes come to light when it is already too late; it is here, where the concern arises and it is precisely the end of the project, to detect in time these uncontrolled leaks that occur in different places of this city.

The strategy to be developed is based on the determination of the use of fiber optics as a tool for the early detection of failures in the drinking network of Alajuela Centro. For the analysis and development of the same, it has the support and information provided by the municipality of Alajuela. Here you will see a history of water losses from breakdowns or ruptures in the pipes and the chaos this creates for the city's population. The data collected will be taken by the water and sanitation department of that municipality.

As part of the content of this project, it will be to place ducts with a non-invasive technology (this implies not closing public roads, not using tools or heavy equipment) and in them, installing fiber optics as a real-time and geo-referenced detection system failures in Alajuela's drinking network. Also, this study will use techniques in the topographic field to help locate future breakdowns and achieve the purpose mentioned above.

Carta de aprobación del Tutor

Heredia, 4 de setiembre de 2020

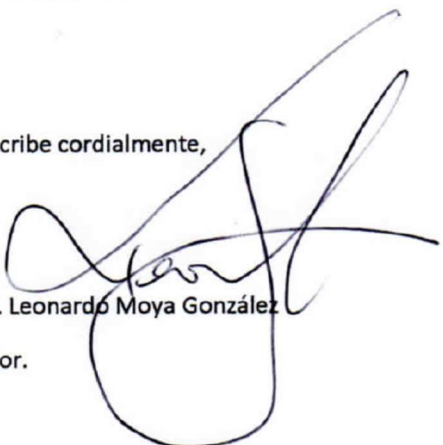
Sres. Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación.
SD.

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Determinación la funcionalidad del uso de la fibra óptica como herramienta para la detección temprana de fugas en la Red de Agua Potable de Alajuela, elaborado por el estudiante: Kenneth Francisco Arias Ortiz, carné número 200302020345, Cedula 205920784, como requisito para que el citado estudiante pueda optar por la Licenciatura en Ingeniería Civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,



Ing. Leonardo Moya González

Tutor.

Carta de aprobación del Lector

Heredia, 4 de setiembre de 2020

Sres. Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación.
SD.

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Determinación la funcionalidad del uso de la fibra óptica como herramienta para la detección temprana de fugas en la Red de Agua Potable de Alajuela, elaborado por el estudiante: Kenneth Francisco Arias Ortiz, carné número 200302020345, Cedula 205920784, como requisito para que el citado estudiante pueda optar por la Licenciatura en Ingeniería Civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,



Ing. Leonardo Moya González

Tutor.

Tribunal Examinador



TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: "*Determinación del uso de la fibra óptica como herramienta para la detección temprana de fugas en la Red de Agua Potable de Alajuela.*" por el (la) estudiante: **Kenneth Francisco Arias Ortiz**, fue aprobada por el Tribunal Examinador de la carrera de **Ingeniería Civil** de la Universidad Latina, Sede Heredia, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en **Ingeniería Civil**:

Leonardo Moya González

Tutor

Erick Cruz Padilla

Lector

Giovanni Arguedas Morales

Representante

Declaración jurada

“Carta autorización del autor (es) para uso didáctico del Trabajo Final de Graduación”

Vigente a partir del 31 de Mayo de 2016, revisada el 24 de Abril de 2020

Instrucción: Complete el formulario en PDF, imprima, firme, escanee y adjunte en la página correspondiente del Trabajo Final de Graduación.

Yo (Nosotros):

Escriba Apellidos, Nombre del Autor(a). Para más de un autor separe con " ; "

Arias Ortiz Kenneth Francisco

De la Carrera / Programa:

autor(es) del trabajo final de graduación titulado:

Licenciatura en Ingeniería Civil

Determinación de la funcionalidad del uso de la fibra óptica, como herramienta para la detección temprana de fugas, en la Red de Agua Potable de Alajuela.

Autorizo (autorizamos) a la Universidad Latina de Costa Rica, para que exponga mi trabajo como medio didáctico en el Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI o Biblioteca), y con fines académicos permita a los usuarios su consulta y acceso mediante catálogos electrónicos, repositorios académicos nacionales o internacionales, página Web institucional, así como medios electrónicos en general, Internet, intranet, DVD, u otro formato conocido o por conocer; así como integrados en programas de cooperación bibliotecaria académicos, que permitan mostrar al mundo la producción académica de la Universidad a través de la visibilidad de su contenido.

De acuerdo a lo dispuesto en la Ley No. 6683 sobre derechos de autor y derechos conexos de Costa Rica, permita copiar, reproducir o transferir información del documento, conforme su uso educativo y debiendo citar en todo momento la fuente de información; únicamente podrá ser consultado, esto permitirá ampliar los conocimientos a las personas que hagan uso, siempre y cuando resguarden la completa información que allí se muestra, debiendo citar los datos bibliográficos de la obra en caso de usar información textual o paráfrasis de la misma.

La presente autorización se extiende el día (Día, fecha) **once** del mes **septiembre** de año **2020** a las **5:00 pm**. Asimismo doy fe de la veracidad de los datos incluidos en el documento y eximo a la Universidad de cualquier responsabilidad por su autoría o cualquier situación de perjuicio que se pudiera presentar.

Firma(s) de los autores

Según orden de mención al inicio de ésta carta:

**KENNETH
FRANCISCO
ARIAS ORTIZ
(FIRMA)**

Firmado digitalmente
por KENNETH
FRANCISCO ARIAS ORTIZ
(FIRMA)
Fecha: 2020.09.11
19:15:04 -06'00'



**UNIVERSIDAD LATINA
DE COSTA RICA**

Carta de aprobación de la Filóloga

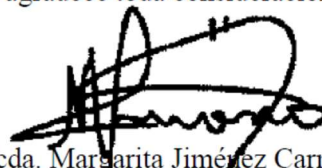
04 de setiembre de 2020

Señores
Universidad Latina de Costa Rica
Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

Respetados señores:

En calidad de filóloga, yo Margarita Jiménez Carmona, cédula de identidad número: 1-0493-0598. Egresada de la Universidad de Costa Rica. Asociada al Colegio de Licenciados y Profesores, hago constar que he revisado y señalado cada uno de los aspectos de construcción gramatical, ortografía y redacción del proyecto de graduación titulado: **Determinación de la funcionalidad del uso de la fibra óptica, como herramienta para la detección temprana de fugas, en la Red de Agua Potable de Alajuela**, perteneciente a: Kenneth Francisco Arias Ortiz, número de identificación: 2-0592-0784. Así, cumple con un requisito más para optar por el grado de **Licenciatura en Ingeniería Civil**.

Se agradece toda consideración al respecto.



Licda. Margarita Jiménez Carmona
Cédula: 1-0493-0598
Carné: 008.87(COLYPRO)

Dedicatoria

A mi esposa por ser quien me ha fortalecido en mis momentos de flaqueza

A mis padres por ser quienes me enseñaron el valor de luchar día a día por conseguir mis metas

A mis hijas y hermana, ya que por ellas me esforcé en lograr mis anhelos y lograr ser un ejemplo para ellas.

Agradecimientos

Mi agradecimiento se dirige quien ha forjado mi camino y me ha dirigido por el sendero correcto, a Dios, el que en todo momento está conmigo ayudándome a aprender de mis errores y a no cometerlos otra vez. Eres quien guía el destino de mi vida.

Índice de contenidos

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
Carta de aprobación del Tutor	iii
Carta de aprobación del Lector	iv
Tribunal Examinador	v
Declaración jurada	vi
Carta de aprobación de la Filóloga	vii
Dedicatoria	viii
Agradecimientos	ix
Índice de contenidos	x
Índice de imágenes	xv
Índice de tablas	xviii
Índice de Abreviaturas.	xix
INTRODUCCIÓN	1
Antecedentes	2
Agua no contabilizada	2
Importancia del agua	4
Red potable en costa rica.	5
La fibra óptica	10
Marco normativo	12
Planteamiento del problema	15
Objetivos	18

General	18
Específicos	18
Hipótesis	19
Justificación	20
Alcance y limitaciones	22
Impacto	23
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO	24
1.1. Marco Situacional	25
1.1.1. Contexto específico	25
1.1.2. Contexto geográfico.....	25
1.1.3. Extensión del cantón, distrito y límites	25
1.1.4. Población del cantón	25
1.1.5. Institución dónde se realizará el proyecto final de graduación	25
1.1.6. Cobertura actual	27
1.1.7. Caso de Estudio.	28
1.2. Marco Teórico-Conceptual	29
1.2.1. Hidráulica	29
1.2.2. Estudio técnico De red potable.....	29
1.2.3. Capacidad HIDRÁULICA	29
1.2.4. Sistema de agua potable.....	30
1.2.5. Caudal	31
1.2.6. Caudal promedio diario.....	31
1.2.7. Caudal máximo horario.....	32
1.2.8. Caudal máximo diario	32

1.2.9. Velocidad.....	33
1.2.10. Presión nominal.....	33
1.2.11. Presión estática máxima	34
1.2.12. Capacidad hídrica	34
1.2.13. Periodo de diseño.....	34
1.2.14. Población futura	34
1.2.15. Población de diseño	35
1.2.16. Dotación	36
1.2.17. Área urbana.....	36
1.2.18. Área rural	36
1.3. Sensores Acústicos Distribuidos (DAS).....	37
1.3.1. Sensores de fibra distribuidos.	37
1.3.2. Detección de vibración distribuidas frente a la detección acústica distribuida.	37
1.3.3. Fidelidad de la señal.....	38
1.3.4. Alcance de la medición.....	39
1.4. Especificaciones técnicas de materiales.....	40
1.4.1. Ducto Future Path Amored.	40
1.4.2. Cajas de distribución y protección de micro ductos.....	41
1.4.3. Conectores para micro ductos.....	42
1.4.4. Obturadores.....	42
1.4.5. Separadores	42
1.4.6. Cajas de registro.....	42
1.4.7. Cajas de registro de polipropileno reforzado.....	43
1.4.8. Cables de Fibra Óptica	44
1.4.8.1. Sistema de ducto paralelo.....	45

1.4.8.2. Sistema Pipe in Pipe.....	47
CAPÍTULO II MARCO METODOLÓGICO	50
2.1. Paradigma.....	51
2.2. Enfoque.....	51
2.3. Métodos de investigación.....	52
2.4. Técnicas para la recopilación de datos.....	52
2.5. Análisis de la investigación.....	53
2.6. Población.....	53
2.7. Muestra	53
CAPÍTULO III ANÁLISIS DE RESULTADOS	57
CAPÍTULO IV PROPUESTA.....	62
4.1. Propuesta final para el despliegue del sistema de fibra óptica.	63
4.1.1. Propuesta de Producto.....	64
4.1.2. Tipos de Rosca	67
4.1.3. Kit de Instalación	68
4.1.4. Detección de Fugas, Seguridad de Activos y Mitigación CBRN: Especificaciones.....	68
4.1.5. Hardware	70
4.1.6. Fibra de Detección.....	70
4.1.7. Parámetros Básicos del Sistema	70
4.1.8. Diseño Inicial	72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	86
Conclusiones.....	87
Recomendaciones.....	88
Bibliografía	89

Anexos91

Índice de imágenes

Ilustración 1: Agua que se pierde por zona.....	3
Ilustración 2: Agua en Costa Rica para consumo humano en 2018.....	9
Ilustración 3: Fugas no visibles.....	15
Ilustración 4: Cobertura y Calidad de Agua por zonas Urbanas y Rurales.....	17
Ilustración 5: Cobertura y Calidad de Agua por zonas Urbanas y Rurales.....	17
Ilustración 6: Suspensión del servicio de agua potable.....	21
Ilustración 7: Características de una Ciudad Resiliente.....	23
Ilustración 8: Límite de cobertura de la red de distribución potable Alajuela.....	27
Ilustración 9: SUB SISTEMA TUETAL SUR.....	28
Ilustración 10: Ejemplos de arreglos formados con un único cable de fibra.....	39
Ilustración 11: Dura Line, Micro tecnología para ductos.....	40
Ilustración 12: Ejemplo de caja de distribución de micro ductos.....	41
Ilustración 13: Cajas de registro de Polipropileno.....	43
Ilustración 14: Ejemplo de ducto en paralelo.....	46
Ilustración 15: Unidad OLA2.1.....	47
Ilustración 16: Tramo de Instalación Típica, Pipe in Pipe.....	48

Ilustración 17: Sistema Atlantis Hidrotec	48
Ilustración 18: Ejemplo de sistema Pipe in Pipe.....	49
<i>Ilustración 19: Interface de usuario</i>	<i>49</i>
Ilustración 20: Principales etapas de la metodología de trabajo.	54
Ilustración 21: Etapa 1 de la metodología.....	54
Ilustración 22: Etapa 2 de la metodología.....	55
<i>Ilustración 23:Etapa 3 de la metodología</i>	<i>56</i>
Ilustración 19: Cable de fibra óptica instalado dentro de tubería de Agua Potable	64
Ilustración 20: Caja de registro, donde se visualiza sistema de fibra optca.....	65
Ilustración 21: Tipo de roscas	67
Ilustración 22: Sección 1 AC de 100mm	72
Ilustración 23: Sección 2.1 PVC 75 mm.....	73
Ilustración 24: Sección 2.2 PVC 75 mm.....	73
Ilustración 25: Sección 2.3 PVC 75 mm.....	74
Ilustración 26: Sección 3.1 HG 75 mm.....	75
Ilustración 27: Sección 3.3 HG 75 mm.....	76
Ilustración 28: Sección 3.2 HG 75 mm.....	76
Ilustración 29: Sección 4.1 PVC 25 mm.....	78

Ilustración 30: Sección 4.2 PVC 25 mm.....	78
Ilustración 31: Sección 5 PVC 100 mm.....	79
Ilustración 32: Vista general de la propuesta.	80
Ilustración 33 Sub Sistema Tuetal Sur.....	81
Ilustración 34 Grafico Posible Reducción del porcentaje de agua no contabilizada en el sector de Itiquis.	84
Ilustración 35: Daño en tubería.....	91
Ilustración 36: Fuga en el sector de La Ceiba.....	92

Índice de tablas

Tabla 1: Velocidades permisibles	33
Tabla 2: Servicios equivalentes según actividad a desarrollar.....	35
Tabla 3: Cantidad de materiales para sección 1	72
Tabla 4: Cantidad de materiales para sección 2	75
Tabla 5: Cantidad de materiales sección 3	77
Tabla 6: Cantidad de materiales sección 4.....	79
Tabla 7: Cantidad de material sección 5	80
Tabla 8: Cantidad de materiales requeridos en todo el tramo Itiquis.....	80
Tabla 9: Desglose de presupuesto	83
Tabla 10: Tipos De Rosca.....	93

Índice de Abreviaturas.

AyA: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

PNMSCSAP: Programa Nacional de Mejoramiento y Sostenibilidad de los Servicios de Agua Potable.

IRCACH: Índice de Riesgo para la Calidad del Agua para Consumo Humano.

LNA: Laboratorio Nacional de Aguas.

ACH: Agua para consumo humano.

CAAR: Comités Administradores de Acueductos Rurales

ASADAS: Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios.

ARESEP: Autoridad Reguladora de los SERVICIOS PÚBLICOS.

MINAE: Ministerio de Ambiente y Energía.

MOPT: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

GAM: Gran Área Metropolitana.

QMD: caudal máximo diario

QPD: caudal promedio diario

FMD: factor máximo diario.

HDD: Perforación horizontal dirigida.

NSF: La Organización para la Salud y Seguridad Pública

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Agua no contabilizada

En el ámbito nacional se han realizado estudios gubernamentales, entre ellos el Informe de Agua Potable y Saneamiento del 2019 realizado por Instituto Costarricense de Acueductos y alcantarillados, en donde se evidencia un alto porcentaje de agua desperdiciada, lo cual se conoce, técnicamente, como agua no contabilizada. Estos estudios realizados coinciden, en que más de la mitad del agua captada no se cobra debido a diferentes factores, entre ellos: hidrómetros en mal estado, conexiones ilegales y el más relevante de todos, las fugas, este último se da debido al mal estado de la infraestructura, vida útil de los materiales usados, falta de monitoreo y en menor medida a errores en la conexión.

Según el estudio realizado por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, para el 2012, se produjeron más 230 millones de metro cúbicos de agua potable para abastecer La Gran Área Metropolitana y siete sistemas periféricos, lo anterior representa más de 120 millones de metros cúbicos desperdiciados o agua no contabilizada, que, económicamente refleja, que se está dejando de percibir, aproximadamente, 34 mil millones de colones al año. Lo que referencia el costo del metro cúbico a 285 (doscientos ochenta y cinco colones), según la tarifa presentada por la Municipalidad de Alajuela.

Según el periódico, El Financiero:

La problemática se da, principalmente, en zonas de bajos recursos, esto de acuerdo con la información brindada por la Asociación Latinoamericana de Reúso del Agua, en la región, el porcentaje de agua no contabilizada ronda un rango entre el 33 % y 55 %, esto ubica al país en el límite superior de dicho rango. (Avila, 2019).

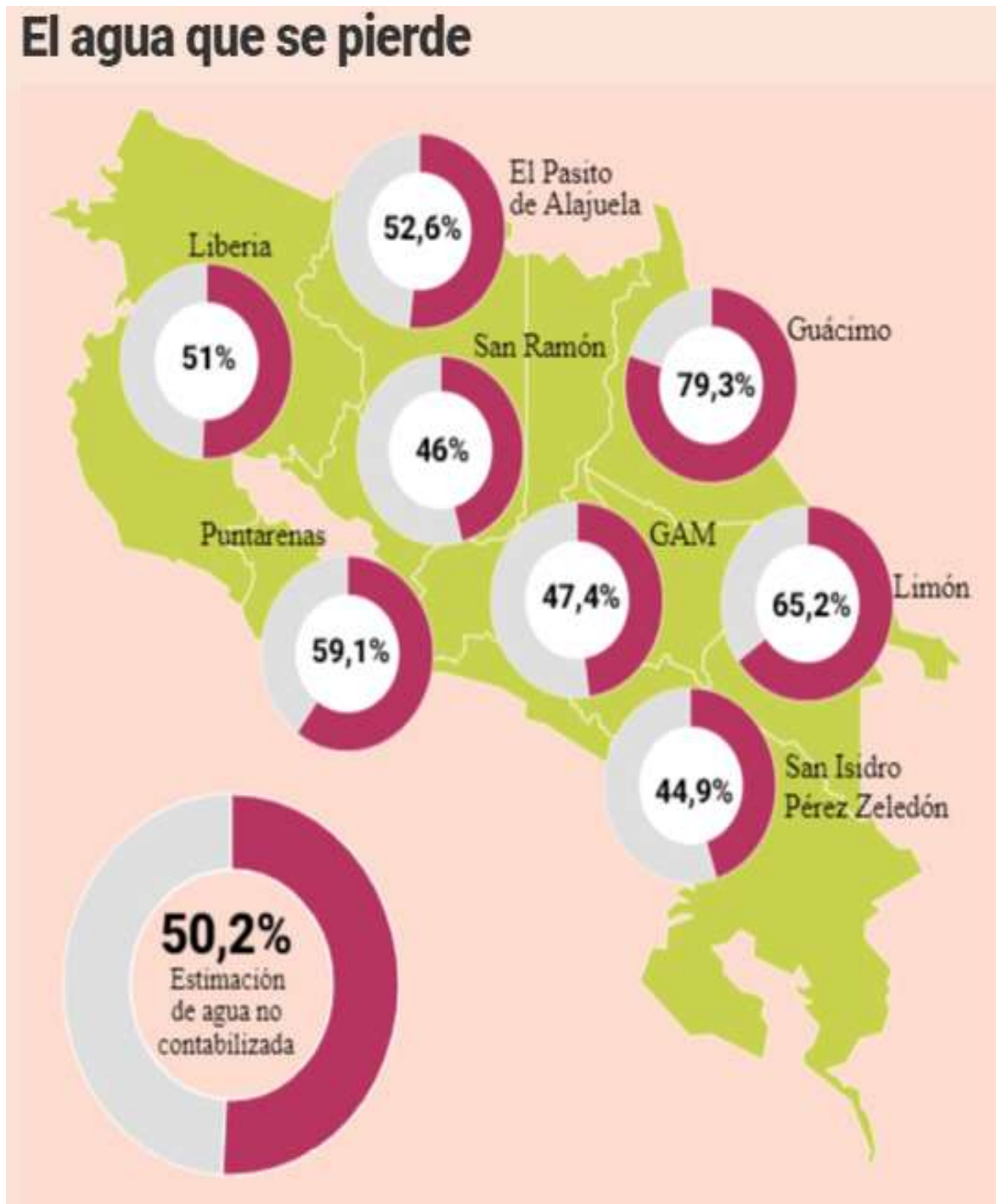


Ilustración 1: Agua que se pierde por zona

Fuente (INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS)

Importancia del agua

El agua es el elemento más importante para la vida. Es de importancia vital para el ser humano, así como, para el resto de los animales y seres vivos que nos acompañan en el planeta Tierra.

Resulta curioso, que el 70 por ciento de la Tierra sea agua y que el 70 por ciento de nuestro cuerpo también sea agua. Quizás sea por eso, que lo recomendable para tener una dieta saludable y una larga vida sea el comer alimentos con un porcentaje del 70 por ciento en agua.

El ser humano necesita muchísima agua potable para su propia existencia, pero solo unos litros de agua serían necesarios, los justos para beber, hidratarse y asearse, regar las plantas entre algunas. Pero en cambio, el ser humano tiende a abusar de este valioso elemento en perjuicio de su propia especie y de su propia existencia, así como la del resto de habitantes de la Tierra. Se dice que el ser humano puede llegar a necesitar hasta 500 litros de agua potable al día, lo que supone un derroche, extremadamente, excesivo. De ahí, que se le esté dando tanta importancia al agua para el desarrollo de la vida en el planeta.

El agua no solo es importante como recurso vital, sino también, como recurso económico e industrial, ya que, se usa en innumerables actividades industriales, supone un consumo elevado y casi siempre resulta contaminada.

Fuera del mar, el agua potable es solo un 1 por ciento de toda el agua existente, el 96 por ciento restante es agua salada que se encuentra en los mares, y el tres por ciento que falta es el agua que se encuentra en los polos en forma de hielo. Y aunque parezca que llueve a menudo y que se dispone de forma muy gratuita e ilimitada del agua, es todo lo contrario. La tierra cada vez está más caliente, la desertización va creciendo en zonas que antes gozaban de ríos y pantanos, y la imposibilidad de poder cultivar y regar la tierra será en el principal problema del ser humano en el ámbito mundial.

Por lo tanto, se debe ser responsable del oro líquido de la humanidad, el agua. Ahorrar agua es salvar el planeta. Está en nuestras manos que las futuras generaciones hagan uso sostenible de un recurso natural tan importante para la vida, el agua.

Red potable en costa rica.

Costa Rica, con una población de 5 022 000 (cinco millones veintidós mil) personas de las cuales, aproximadamente, el 61 % reside en zonas urbanas, ha logrado un avance significativo durante la última década en la expansión de la cobertura de los servicios de agua para las zonas urbanas.

Aproximadamente, el 99 % de la población urbana cuenta con conexión a los sistemas de abastecimiento de agua (comparado con un promedio de 90 % en la región América Latina y el Caribe), lo que representa un aumento significativo del 92 % en 1990. Un 48 % cuenta con conexión domiciliaria urbana al alcantarillado público o con tanques sépticos individuales. En 2006, el Banco Japonés de Cooperación Internacional (JBIC, por sus siglas en inglés), suscribió un préstamo para el Proyecto de Mejoramiento del Medio Ambiente del Área Metropolitana de San José, destinado a desarrollar una planta de tratamiento de aguas residuales y a la instalación de alcantarillado.

El nivel de cobertura en las zonas rurales es menor. Aproximadamente, el 92 % de los 1.7 millones de pobladores rurales cuentan con conexión a los sistemas públicos de abastecimiento de agua, y un 97 % a los servicios de saneamiento, principalmente, a través, del uso de tanques sépticos y letrinas.

En el año 2006 se diseñó e implementó el “Programa Nacional de Mejoramiento y Sostenibilidad de los Servicios de Agua Potable 2007 a 2015” (PNMSCSAP). Este programa, se aprobó mediante el Decreto Ejecutivo N°33953-S-MINAE, lo cual permitió avances muy

importantes en la cobertura de los servicios de agua potable en nuestra nación, cambia de 82,0 % a 91,2 % entre el 2007 y 2015.

En la mayoría de las regiones del país, la capacidad de producción de agua es muy similar a la demanda actual, por lo que, el riesgo de enfrentar un déficit en el futuro cercano es considerable y, de hecho, varias ciudades ya sufren escasez y racionamiento de agua.

De acuerdo con la Ley de Agua Potable de 1953, los 82 municipios del país (llamados cantones) tienen la responsabilidad por la prestación de servicios de agua y saneamiento. Sin embargo, en la práctica, estos servicios son proporcionados por las entidades siguientes:

- El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), una institución pública centralizada que responde ante el Ministerio de Salud. AyA tiene a su cargo la administración y la operación directa de los sistemas de acueductos y alcantarillados que sirven al 46 % de la población, principalmente, en las zonas urbanas. AyA presta servicio directo al 3 % de la población rural;
- Las municipalidades que, en total, prestan servicio al 16 % de la población;
- La Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH S.A.), una empresa autónoma que presta múltiples servicios públicos y que fue constituida bajo una ley privada. Esta empresa brinda servicios de agua, alcantarillado y electricidad a la provincia de Heredia, en la zona norte del país, atendiendo al 5 % de la población costarricense;
- Los Comités Administradores de Acueductos Rurales (CAAR) y las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ASADAS), las cuales brindan servicio a un total de 24 % de la población del país en 1,620 comunidades;

- Otras organizaciones privadas que operan sistemas de aguas, tales como desarrolladores de viviendas, que sirven a un 5 % de la población.

Además, de su función como proveedor de servicios en su área de competencia, las responsabilidades de AyA incluyen:

- Proporcionar apoyo a las comunidades rurales fuera de su área de competencia; monitorear el cumplimiento con las normas técnicas; garantizar la continuidad de la prestación de los servicios en todo el país (al punto de poder asumir la operación directa de sistemas defectuosos no operados por AyA); y dirigir el desarrollo del sector en toda la nación.

En especial, la Subgerencia de Sistemas Delegados dentro del AyA es responsable por la planificación, el diseño, el financiamiento y la construcción de sistemas rurales de abastecimiento de agua y de saneamiento. También, tiene a su cargo la entrega de asistencia técnica a las asociaciones de acueductos y alcantarillados.

El nivel de agua no facturada (“pérdidas de agua”) de las empresas de agua costarricense es elevado puesto que la mayoría de los sistemas están operando con pérdidas que suelen ascender al 50 %, cifra que refleja un alto grado de ineficiencia y pone en riesgo la continuidad del servicio.

A fin, de mejorar los servicios del sector agua y saneamiento costarricense, es necesario realizar grandes esfuerzos e inversiones cuantiosas. En el pasado, más del 60 % de las inversiones en el sector provenían de los recursos gubernamentales, y la mitad de estos recursos se financiaba con préstamos multilaterales. Sin embargo, dados los actuales requerimientos sectoriales de inversión, el gobierno ya no puede sostener una proporción tan alta de financiamiento para el sector. Por consecuencia, se torna necesario incrementar la generación interna de efectivo por parte de los proveedores de servicio, así como la movilización de financiamiento comercial.

Según la Controlaría General de la República, se invirtieron US\$ 203 millones en el sector de agua potable y saneamiento entre 1990 y 2006, lo que resulta en promedio en US\$ 3.3 per cápita y año. La inversión anual aumentó durante los años 90 y llegó a US\$ 6.3 per cápita en 1999. Desde 2000, descendió, notablemente, hasta solo US\$ 0.7 en 2005 y US\$ 1.1 en 2006. Comparado con otros países Latinos, el nivel de inversiones en el sector costarricense es bajo.

Gran parte de las inversiones que se realizan en las zonas rurales proviene de donaciones canalizadas, a través del AyA.

En 2002, AyA propuso un programa de modernización del sector (2001-2020), el cual contempla mantener la cobertura de los servicios urbanos de agua en 98.5 %, e incrementar, drásticamente, la cobertura del alcantarillado urbano a 89 % para el año 2020. También contempla incrementar a 90 % la cobertura de los servicios rurales de agua para el mismo año. La inversión total requerida para poner en práctica este programa asciende a 1.6 mil millones de dólares, es decir, aproximadamente 80 millones al año, lo que refleja los muchos años de negligencia en el mantenimiento de los activos del AyA. Estas cifras son cuatro veces más que la inversión anual promedio durante el período 1991-1998. En 2002, AyA estimó que, tomando en cuenta la mayor generación de efectivo y las mejoras en la eficiencia, el gobierno tendría que financiar solo un 40 % de la inversión.

Abastecimiento	N°	Población cubierta		Población con agua potable		Población con agua No Potable		Acueductos	
		Acueductos	Población	%	Población	%	Población	%	Pot.
AyA	214	2.336.105	46,7	2.301.063	98,5	35.042	1,5	186	28
Municipalidades	242	663.188	13,2	581.616	87,7	81.572	12,3	219	23
ESPH	14	224.665	4,5	224.665	100	0	0,0	14	0
CAAR'/ASADAS *	910	1.029.458	20,6	868.863	84,4	160.595	15,6	704	206
CAAR'/ASADAS **	1.322	589.947	11,8	497.915	84,4	92.032	15,6	1.023	299
Subtotal por entidad operadora	2.702	4.843.363	96,8	4.474.122	92,4	369.241	7,6	2.145	557
Otros con cañería intradomiciliar ***	ND	48.584	1,0	44.892	92,4	3.692	7,6	ND	ND
Otros con agua por cañería en el patio ***	ND	92.776 (1)	1,8	85.725	92,4	7.051	7,6	ND	ND
Subtotal de población abastecida por cañería ***	2.702	4.984.723	99,6	4.604.739	92,4	379.984	7,6	2.145	557
Sin tubería: pozos-nacientes ***	ND	18.679 (1)	0,4	17.259	92,4	1.420	7,6	ND	ND
TOTALES	2.702	5.003.402 (1)	100	4.621.998	92,4	381.404	7,6	2.145	557

ND: no determinado.

(1) Población estimada por el INEC con la ENAHO julio 2018.

* Evaluados en el periodo 2016 al 2018, con un 84,4% de población con agua potable.

** De acuerdo a la metodología, se aplica el 84,4% obtenido en los acueductos evaluados.

*** Se aplica el 92,4% obtenido en el subtotal de los sistemas de entes operadores oficiales.

FUENTE: LNA e INEC.

Ilustración 2: Agua en Costa Rica para consumo humano en 2018

fuelle: (Mora Alvarado & Portuguez B, 2019)

La fibra óptica

La fibra óptica es un medio físico de transmisión de información, usual en redes de datos y telecomunicaciones, que consiste en un filamento delgado de vidrio o de plástico, a través del cual viajan pulsos de luz láser o led, en la cual se contienen los datos a transmitir.

Muchos tienen fibra óptica en sus casas, pero ¿se sabe de dónde viene?, ¿cómo se inventó?, ¿fue fruto de la casualidad, como la mayoría de inventos, o fue el resultado de un estudio más consciente?

La historia de la fibra óptica se inicia cuando el físico irlandés John Tyndall descubrió, en el siglo XIX, que la luz puede viajar a través de agua. Casi un siglo más tarde, en 1952, otro físico, Narinder Singh Kapany, se apoyó en los estudios de Tyndall e inventó la fibra óptica. Sin embargo, en esa época no existía la fibra que hoy se conoce. Además, los usos que se le dio no son los de la actualidad. Al principio, se utilizó para la transmisión de imágenes en el endoscopio médico.

Es en los años 60 cuando se empieza a vislumbrar las posibilidades de este nuevo método de transmisión en las comunicaciones. La invención del láser en esta década fue el que condujo a la investigación de los cables transmisores de vidrio. Pero con el estudio de Kao y Hockman en 1966, se produjo un antes y un después en la investigación de este material y la revolución de las comunicaciones. En el estudio se concluía que la atenuación observada hasta entonces en las fibras de vidrio, no se debía a mecanismos intrínsecos sino a impurezas originadas en el proceso de fabricación. Es por ello, por lo que se ponen en marcha para sustituir electricidad y los conductores mecánicos por el vidrio y la luz, en cuanto a las líneas telefónicas se refiere.

Fue este estudio el que originó que muchos físicos empezaran a investigar sobre la atenuación, por lo que durante toda la década de los 70 hubo diversos experimentos y estudios

en los que la atenuación iba bajando cada vez más. Todo ello hizo, que la fibra óptica mejorara su transparencia cuantas más investigaciones se hacían.

En 1980, los científicos Payne y Desurvire inventan un amplificador óptico con el que se hizo más eficiente las comunicaciones interurbanas. Es en esta década cuando se comienzan a construir infraestructuras de telecomunicaciones que conecta poco a poco a todo E.E.U.U. A final de los años 80, la fibra óptica atraviesa el océano para conectar América con otros continentes, como Europa.

Marco normativo

En Costa Rica este recurso está fundamentado por medio de la Constitución Política de la República, la cual en el artículo 21 establece el Derecho Fundamental a la Vida, este derecho se encuentra, directamente correlacionado, con la salud y por consiguiente, tener acceso al agua potable es uno de los principales medios para mantener un estado saludable del cuerpo, debido a ello es considerado como uno de los garantes al derecho vital. Debido a lo anterior, se considera que la falta de acceso al agua o el suministro de ella en condiciones de insalubridad es una violación a los derechos humanos fundamentales, derechos que los entes gubernamentales competentes deben velar por que se cumplan a cabalidad, sin verse disminuido ningún aspecto de relevancia. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2016).

Determinado lo anterior, se establece que el agua es un bien de dominio público respaldado por la ley de aguas N° 276 del 27 de agosto de 1942 la cual fundamenta que el uso prioritario del agua es para abastecimiento poblacional, complementándola por medio de la ley general de salud N°5395 del 30 de octubre de 1973, donde hacen un hincapié en la obligatoriedad de suministrar ACH, es decir, agua potable que evite la transmisión de posibles afectaciones a la salud. También se establecen parámetros de consideración para el agua incluidos en la Ley Orgánica del Ambiente N°7554 del 4 de octubre de 1995, a estas normativas las complementa un decreto ejecutivo N°30480 establecido por el Ministerio de Ambiente y Energía el 5 de junio del 2002, el cual establece los principios que deben incorporarse a los planes de trabajo de las instituciones públicas ya que rigen en la política nacional con respecto a la gestión de los recursos hídricos del país.

Previamente, en el año 1953 se había establecido la Ley General de Agua Potable N°1634, esta consta de las normas que deben cumplir los sistemas de acueductos y brinda los parámetros de calidad a los que se deben apegar las entidades administradoras de estos, la Ley

General de Agua Potable ha sido complementada por medio del decreto DE-38924-S (La Gaceta 170 – Martes 1 de Setiembre del 2015) Reglamento para la Calidad del Agua Potable y su modificación mediante el decreto DE-39144-S (Setiembre 2015).

En lo que se refiere principalmente al tema del agua potable, en el país, el AyA¹ tiene doble funcionalidad, esto debido a que es uno de los entes oficiales de operación de los acueductos y al mismo tiempo es la entidad encargada de ejecutar la rectoría técnica del sector potable, por esto último el AyA tiene potestades para intervenir en la administración de otros entes oficiales ya que estas entidades deben basarse en los parámetros técnicos elementales para ejecución obligatoria que define el AyA.

Desde el punto de vista de control al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, en la Ley Orgánica del Ministerio de Ambiente y Energía N°7152, se le otorgó al MINAE las facultades de competencia para avalar las políticas públicas del sector y la administración del agua, ejerciendo sobre su disposición, dominio, utilización y vigilancia a nivel nacional. Estas funciones hacen que el MINAE, en conjunto con el Ministerio de Salud (MINSa), ejerza el gobierno sobre el recurso hídrico avalando o no, según los criterios técnicos, las acciones que vaya a emplear el AyA sobre la disposición del agua, con el fin de la protección del recurso en el medio ambiente y la salud de las personas. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2016)

En el año 2006 se diseñó e implementó el “Programa Nacional de Mejoramiento y Sostenibilidad de los Servicios de Agua Potable 2007 a 2015” (PNMSCSAP). Este programa, se aprobó mediante el Decreto Ejecutivo N°33953-S-MINAE 3, lo cual

¹ AyA: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados

permitió avances muy importantes en la cobertura de los servicios de agua potable en nuestra nación, pasando de 82,0% a 91,2% entre el 2007 y 2015.

Potable”. Luego, en el año 2019 el IRCACH fue incluido en el propio “Reglamento para la Calidad del Agua Potable”, mediante el Decreto Ejecutivo N°41499-S (16) Luego, en el año 2019 el IRCACH fue incluido en el propio “Reglamento para la Calidad del Agua Potable”, mediante el Decreto Ejecutivo N°41499-S (16)

Planteamiento del problema

La idea de este proyecto, nace principalmente, de la escasez de agua potable que se presenta en la actualidad en muchos hogares. Y a su vez, de la gran cantidad de este líquido preciado que se desperdicia, diariamente, por falta de un control de fugas anticipado por las instituciones a cargo. En este caso, es La Municipalidad de Alajuela, propiamente, El Departamento de Subprocesos de Acueductos y Alcantarillados.

Tomando en cuenta lo anterior, según la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP), en Costa Rica se pierden 51 de cada 100 litros de agua por las fugas.

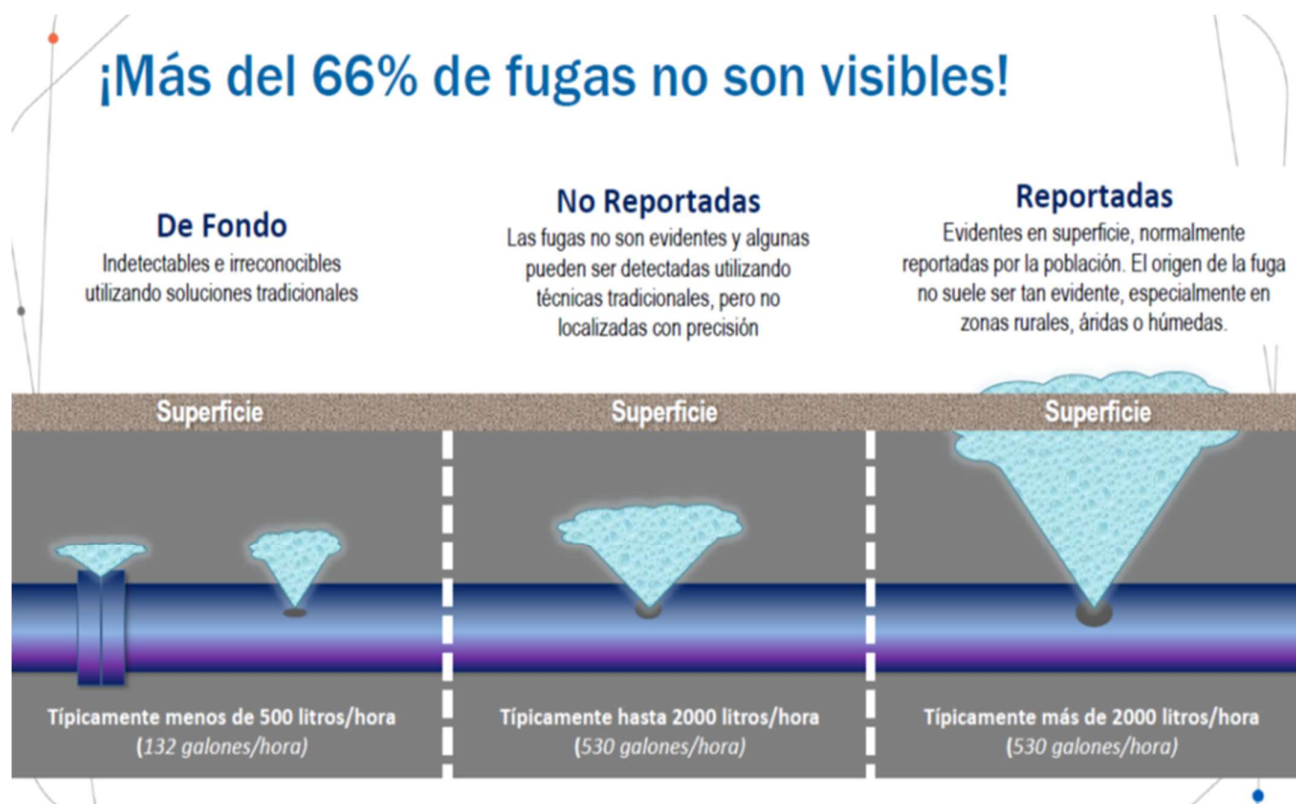


Ilustración 3: Fugas no visibles.

fuelle: (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2016)

Unas 115 mil personas se habían visto afectadas por los racionamientos de agua potable en los primeros meses del 2019. La mitad de ellas viven en el Gran Área Metropolitana (GAM), Durante esta época seca las fuentes de agua se han reducido en un 15 % y el escenario

Empeora, si se toma en cuenta que durante el mismo periodo el consumo de agua aumenta en un 10 %. Según las cifras oficiales:

El 51,94 % del agua que se produce en Costa Rica no llega a los consumidores. Queda de camino, en tomas ilegales, fugas, robos, alteración de medidores o el agua que utilizan los hidrantes, que tampoco se contabiliza como “consumida”. También por las obras que hacen las municipalidades o el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) en las calles y que provocan salidas masivas de agua. (Alvarado, 2019)

Según, ARESEP, “en el GAM no se aprovecha el 49,66 % del agua producida.”

Con base en lo mencionado, se decide formular este estudio, con el propósito de implementar un método novedoso con el uso y determinación de la fibra óptica como herramienta para la detección temprana y geo-referenciada de rupturas en la red potable de Alajuela específicamente, en el centro de esta.

Por tanto, el agua como recurso natural agotable, es un bien que se debe de proteger, como ciudadanos responsables. Entonces, ¿es posible que el uso o implementación de fibra óptica sea un método efectivo para evitar el desperdicio y la falta de agua en muchas familias de la ciudad de Alajuela?

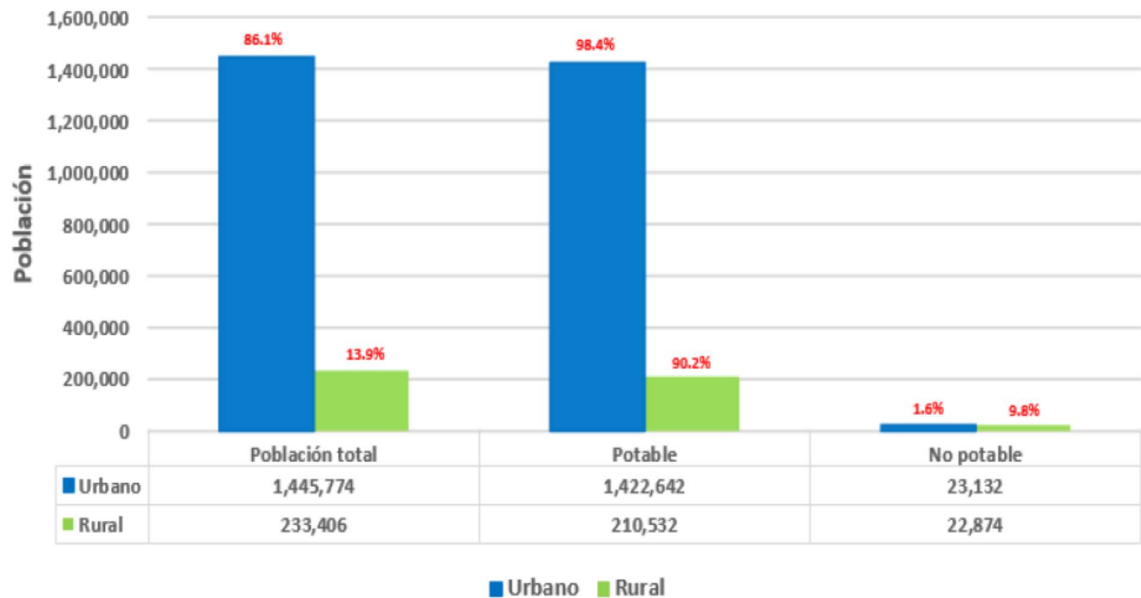


Ilustración 4: Cobertura y Calidad de Agua por zonas Urbanas y Rurales

Fuente: (Mora Alvarado & Portuquez B, 2019)

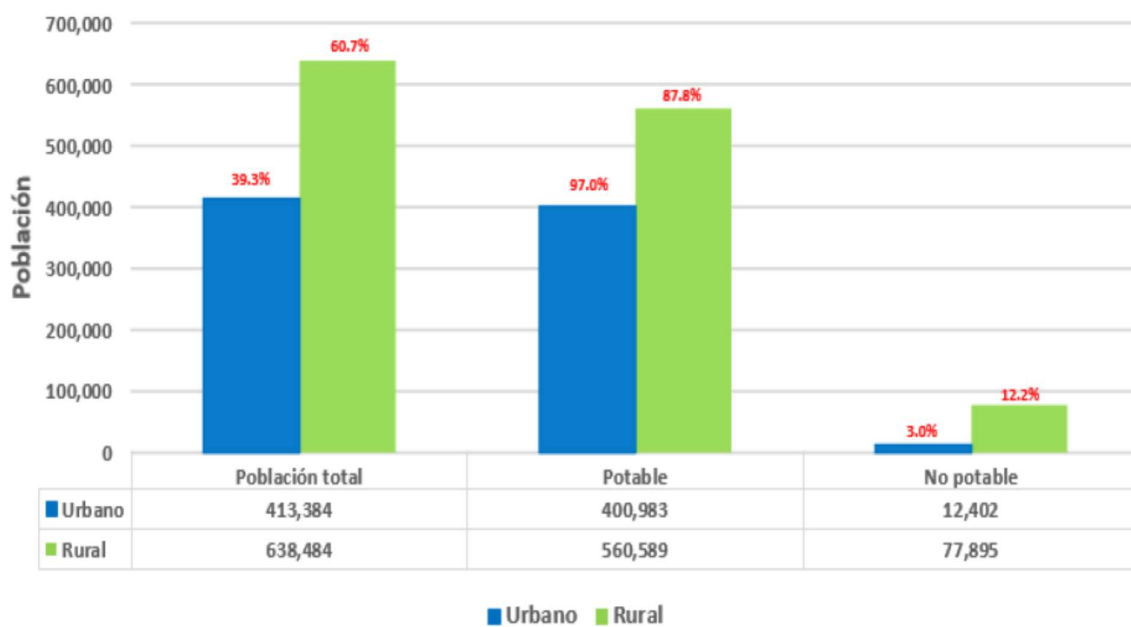


Ilustración 5: Cobertura y Calidad de Agua por zonas Urbanas y Rurales

Fuente: (Mora Alvarado & Portuquez B, 2019)

Objetivos

Para toda actividad humana, llámese de investigación o de cualquier otra índole se requiere del planteamiento de objetivos pues son los que señalan el norte del proceso que se deberá desarrollar, en este caso se plantean los siguientes:

General

Determinar la funcionalidad del uso de la fibra óptica como herramienta para la detección temprana de fugas en la Red de Agua Potable de Alajuela.

Específicos

- Proponer el uso de esta fibra óptica como herramienta de monitoreo para la red potable de ciudad Alajuela, específicamente, en el sector Itiquis
- Analizar el estado actual de la red potable de Alajuela.
- Mostrar listado de especificaciones técnicas como guía para que la Municipalidad de Alajuela elabore un cartel de licitación referente a implementación de la fibra.
- Realizar un estudio de factibilidad o viabilidad, en donde se indique el análisis financiero, económico y social del proyecto.

Hipótesis

Siguiendo la línea investigativa planteada en el último objetivo específico, se planea utilizar el tipo de fibra óptica que se emplea, actualmente, para detectar sismos; como herramienta básica y fundamental para la detección temprana y geo referenciada de las fallas ocasionadas en la red potable de Alajuela. Esto será posible, mediante el uso de técnicas amigables con el medio ambiente y la infraestructura de la ciudad. En este caso específico, la idea es representar una disminución significativa en las aguas no contabilizadas, que se pierden por el tiempo que se toma detectar una ruptura de los ductos de la red potable. El proyecto, permite implementar planes de mejoramiento y agilización de la infraestructura; consecuentemente, los que a futuro brinden un servicio de mayor eficiencia, capacidad y ahorro del líquido.

Justificación

El motivo de la ejecución de este proyecto de graduación hace referencia a la necesidad de mejorar el funcionamiento de la red de Agua Potable en Alajuela Centro y sus alrededores, ya que, al no contar con un sistema adecuado para el suministro del recurso (Agua Potable) los consumidores se ven muy afectados por la constante suspensión del servicio, esto debido a la gran cantidad de fugas ,no visibles, que tiene el sistema Potable, por lo tanto, al momento de que se logren detectar ya han provocado graves problemas, como lo son: la contaminación del recurso hídrico, grandes pérdidas de agua potable, la socavación del terreno lo que provoca destrucción de superficies de rodamiento, entre algunos.

Problemática que afecta de igual manera al gobierno local, ya que sus costos de mantenimiento se elevan, lo mismo que la facturación del recurso durante la suspensión del servicio se afecta, esto debido a que la Municipalidad de Alajuela no tiene una buena sectorización del sistema de Agua potable, por lo tanto, cuando existe una fuga se ven obligados a dejar sin el recurso a una gran cantidad de pobladores.

La propuesta del uso de la Fibra Óptica para la detección de fugas en la red de Agua potable, que se indica en este proyecto de graduación, favorecería para una mejora del servicio que brinda la Municipalidad de Alajuela, a sus consumidores y, por ende, nos beneficia para cuidar el recurso hídrico más importante que poseen, los seres vivos, el agua.

<p>Aviso urgente / Agua</p> <p>Suspensión del servicio de agua potable</p> <p>Sector Alajuela - Reparación red de distribución De Carbonal (todo) hasta la salida a La Ceiba, Barrio San Martín, Urb. Alba María, Calle Arias, Pueblo Nuevo hasta el Puente de Repuestos Gigante, de Gato Verde hasta la Iglesia de Barrio San José, del cruce de Embutidos Praga hasta 100 mts. antes de antigua Tinajitas, Calle San Juan, Calle La Unión, Los Trópicos, Calle La Torre y Santa Rita, además de casas ubicadas en calle que une Gato Verde con Tuestal Sur y Botánica.</p> <p>Miércoles 12 de agosto 2020 7:00 a.m. a 5:00 p.m.</p> <p> Municipalidad de Alajuela Acueducto Municipal</p>	<p>Aviso urgente / Agua</p> <p>Suspensión del servicio de agua potable</p> <p>Sector Alajuela - Reparación red de distribución El Brasil, Urbanización La Brasilia, Condominio Los Higueros, Sector del Colegio Redentorista hasta el cruce de la Urbanización Villa Hermosa, Urbanización Los Adobes y Urbanización La Independencia</p> <p>Miércoles 19 de agosto 2020 7:00 a.m. a 3:00 p.m.</p> <p> Municipalidad de Alajuela Acueducto Municipal</p>
--	---

Aviso urgente / Agua

Suspensión del servicio de agua potable

Sector Alajuela - Pueblo Nuevo - Reparación red de distribución
De Carbonal (todo) hasta la salida a La Ceiba, Barrio San Martín, Urb. Alba María, Calle Arias, Pueblo Nuevo hasta el Puente de Repuestos Gigante, de Gato Verde hasta la Iglesia de Barrio San José, del cruce de Embutidos Praga hasta 100 mts. antes de antigua Tinajitas, Calle San Juan, Calle La Unión, Los Trópicos, Calle La Torre y Santa Rita, además de casas ubicadas en calle que une Gato Verde con Tuestal Sur y Botánica.

Jueves 20 de agosto 2020 **7:00 a.m. a 5:00 p.m.**

 **Municipalidad de Alajuela** | **Acueducto Municipal**

Ilustración 6: Suspensión del servicio de agua potable

Fuente (Municipalidad de Alajuela)

Alcance y limitaciones

La investigación se fundamenta, en general, como un proyecto de investigación y ejecución en el cual se elaborará una estrategia de implementación de la Fibra Óptica como herramienta para la detección en tiempo real de las fallas en la red potable de Alajuela, además la creación un listado de especificaciones técnicas para que la Municipalidad de Alajuela elabore un cartel de licitación y la propuesta de un estudio de factibilidad o viabilidad, en que indique el análisis financiero, económico y social de la inversión para el proyecto.

De las limitaciones más importantes es el no contar con toda la información de los diferentes sistemas subterráneos que se ubican debajo de las calles de Alajuela para así definir una ruta óptima del sistema.

Existe poco conocimiento bibliográfico del caso en estudio. La información del historial de la red potable de Alajuela es obsoleta. Pues, por ubicarse la red bajo tierra genera una incertidumbre, en cuanto su estado real, por consiguiente, los datos no se actualizan.

No se puede corroborar la veracidad de los levantamientos topográficos existentes,, ya que , la mayoría de los tramos de la red de distribución de Agua Potable se encuentran bajo la carpeta asfáltica

Impacto

Este proyecto impacta de manera positiva en diferentes puntos, entre ellos, la parte económica, debido a que sería posible reducir el costo del mantenimiento de la red potable y por consiguiente brindar un servicio de mayor calidad, el otro, de los campos de influencia es el social, pues, los habitantes de la población de Alajuela Centro y sus alrededores se verían beneficiados por recibir un servicio de calidad, por último, uno de los impactos de mayor influencia sería el de garantizar el uso responsable de agua.

Consecuentemente, dar los primeros pasos para lograr que Alajuela tome un rumbo de ciudad sostenible y resiliente, en aras de resistir el cambio climático, y así, poder ser un mejor lugar para proteger y mejorar la vida de las personas.



Ilustración 7: Características de una Ciudad Resiliente.

Fuente (La Network, Miguel Ángel Morffe Peraza)

CAPÍTULO I
MARCO TEÓRICO

1.1. Marco Situacional

1.1.1. Contexto específico

El proyecto se desarrolla a partir de los conocimientos de hidráulica, obra civil y conocimientos técnicos con referencia a los sensores acústicos.

1.1.2. Contexto geográfico

Este trabajo se enfoca en Alajuela, ubicado en el centro de la provincia de Alajuela, , en cuanto su el casco que comprende el tramo de Itiquis de Alajuela.

1.1.3. Extensión del cantón, distrito y límites

Alajuela es el cantón número 1 de la provincia de Alajuela, Costa Rica. Está localizado en el Valle Central del país. Posee un área de 388.43 km² y se encuentra dividido en 14 distritos.

1.1.4. Población del cantón

Según Censo Nacional del 2011, la población del cantón era de 254.886 habitantes, de los cuales, el 10,1 % nació en el extranjero. El mismo censo destaca que había 72.031 viviendas ocupadas, de las cuales, el 68,9 % se encontraba en buen estado y había problemas de hacinamiento, en el 4,3 % de las viviendas. El 88,0 % de sus habitantes vivían en áreas urbanas

1.1.5. Institución dónde se realizará el proyecto final de graduación

La Municipalidad de Alajuela es una personería jurídica estatal con patrimonio propio, personalidad y capacidad jurídica plena para ejecutar todo tipo de actos y contratos necesarios. El Gobierno Local Municipal está compuesto por un cuerpo deliberativo denominado Concejo Municipal integrado por los regidores y síndicos que determina la ley, además, por un Alcalde, y sus respectivas suplencias. La estructura administrativa está compuesta por: departamentos, jefaturas y funcionarios municipales.

Misión

“Garantizar el bienestar de los y las alajuelenses mediante una sana administración de los recursos, que permitan brindar servicios y obras locales de calidad que den un verdadero desarrollo integral del cantón en armonía con el medio ambiente.”

Visión

“Ser una institución líder, moderna, con un perfil empresarial innovador y participativo, cimentada en un recurso humano altamente comprometido con los y más altos niveles de rendimiento y competitividad que satisfaga las expectativas ciudadanas de los y las alajuelenses. Ser el cantón más desarrollado de Costa Rica.”

DEPARTAMENTO DE ACUEDUCTO MUNICIPAL DE ALAJUELA

Este Departamento tiene como objeto establecer el marco legal para regular la organización y el funcionamiento del Acueducto Municipal de Alajuela, en cuanto a la administración, prestación, registro, facturación y cobro del servicio de agua potable que brinda la Municipalidad de Alajuela, y para establecer los derechos y obligaciones de los abonados y usuarios de ese servicio (administrados).

Algunos aspectos y definiciones de este acueducto:

1.1.6. Cobertura actual

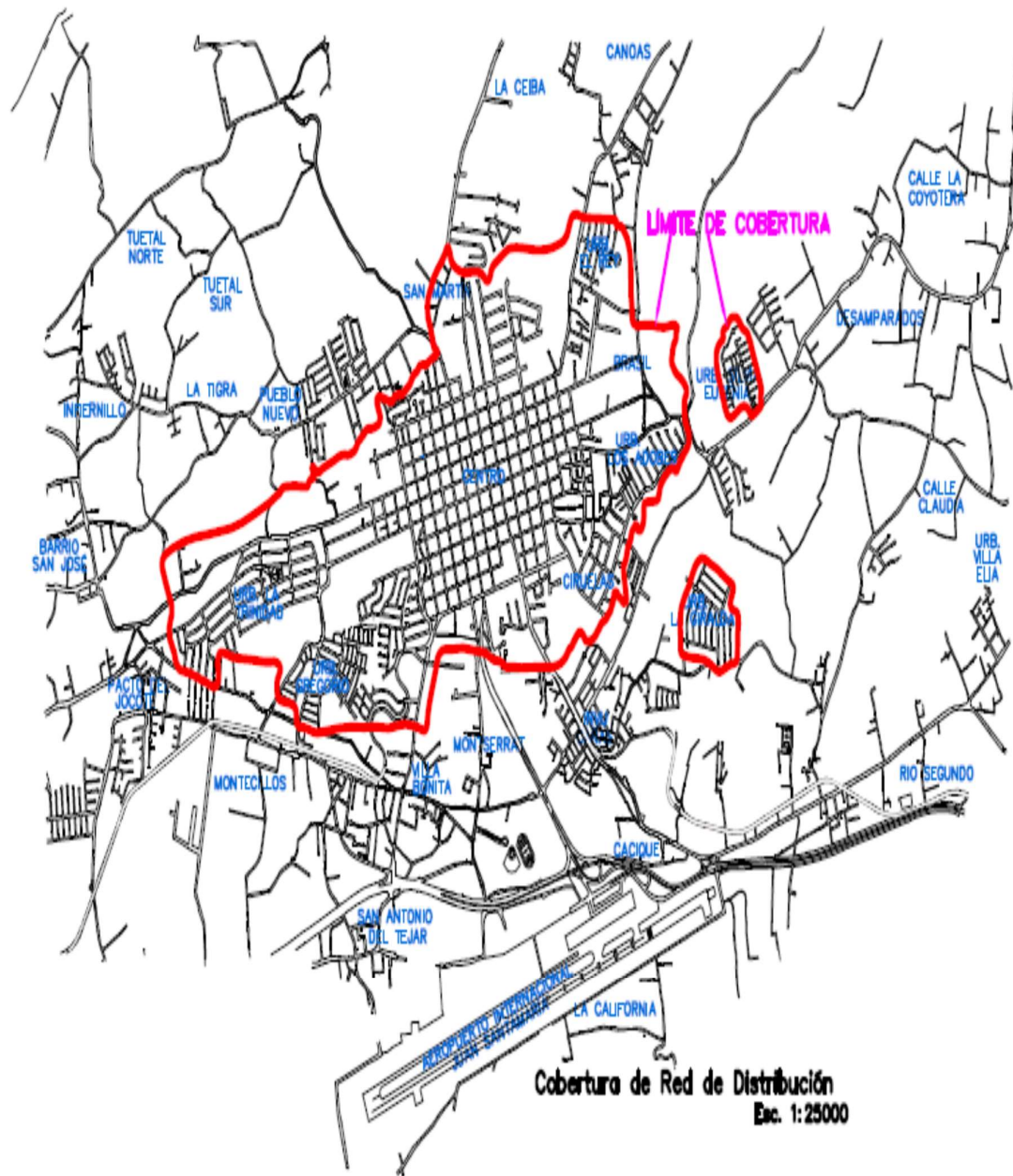


Ilustración 8 Límite de cobertura de la red de distribución potable Alajuela.

Fuente (Municipalidad de Alajuela)

1.2. Marco Teórico-Conceptual

1.2.1. Hidráulica

Hidráulica es la rama de la ingeniería civil que aplica los conceptos de mecánica de fluidos y los resultados experimentales obtenidos en laboratorio en la solución de problemas prácticos que tienen que ver con el almacenamiento de agua y con su trasiego en conducciones a presión y en lámina libre.

1.2.2. Estudio técnico De red potable.

El estudio técnico que se llevará a cabo en este proyecto tiene como objetivo darle una forma estructural y funcional a los sistemas existentes en un proceso el cual será parte de un análisis exhaustivo, los estudios se rigen por las normas y especificaciones técnicas que se deben contemplar y que se encuentran estandarizadas en manuales como la Norma Técnica de Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial. Estos estudios deben realizarse previo a poder brindar conceptos y recomendaciones para la mejora del sistema en general. (CONAGUA, 2015)

1.2.3. Capacidad HIDRÁULICA

Este término se refiere a la capacidad construida o instalada que se encuentra en operación ya sea en una planta potabilizadora o planta de tratamiento de aguas residuales, en el caso de plantas potabilizadoras, se refiere a la infraestructura para captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir el agua, satisfaciendo las necesidades demandadas y cumpliendo con los parámetros de servicio establecidos, tales como cantidad, calidad continuidad y presión para la demanda como la solicitud del servicio. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017)

1.2.4. Sistema de agua potable

Conjunto de obras que contemplan los componentes civiles y electromecánicos que conciernen al proceso de potabilización del agua, es decir, captación, potabilización y distribución del líquido.

Es complementado por el proceso de físico, químico y/o biológico que tiene como finalidad transformar el agua para volverla apta para el consumo humano, según los parámetros indicados por el Ministerio de Salud y el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2018)

Un sistema de abastecimiento de agua consta esencialmente, fuentes de agua, tanques, una red de distribución compuesta por tuberías que conectan las diversas partes del sistema del acueducto, así como también los procesos intermedios o requeridos para la potabilización del agua. Por estas razones es necesario, dependiendo de la calidad del agua, que se estén utilizando, que sean fuentes de abastecimiento permanentes, tanto superficiales como subterráneas, suficientes todo el año de caudal sensiblemente fijo o variable muy limpias, poco contaminadas o muy contaminadas, esto es fundamental, respecto de aspectos físico-químico.

Entre los sistemas de explotación de agua potable para captación de fuentes, se tienen

- A. Zonas de topografía quebrada, lo cual implica obras de cierta consideración
- B. Desarrollo de manantiales o nacientes y su captación propiamente dicha
- C. Explotación de los mantos subterráneos sea por medio de campo de pozos de bombeo del cual sale, normalmente, el agua en condiciones cercanas a la potabilidad, la cual requerirá únicamente, de un tratamiento menor de desinfección mediante cloración.

El agua puede transportarse en conductos abiertos o cerrados y puede llevarse por gravedad o presión dependiendo de la energía disponible requerida.

Las consideraciones preliminares al seleccionar los conductos y rutas serán influenciados por la topografía, las presiones de trabajo, la geología de la zona y los materiales en las tuberías por emplear.

Las líneas de gradientes hidráulicos podría definirse mediante los meniscos de tubos piezométricos insertos a lo largo del conducto mismo, conforme este sigue la superficie del suelo, por encima de las colinas o descendiente de los valles y bajo las montañas, esta línea de gradiente , se separa de la tubería mismo, dependiendo de la energía potencial relativa, del caudal que se pasa, a través, de la tubería de un diámetro dado y la rugosidad interior del tubo, lo cual produce una pérdida por fricción y turbulencia.

En términos generales, el agua para suministro se transporta de lugar a lugar, frecuentemente, a presión o bajo presión, mientras que el flujo en los sistemas de agua residuales a otros sistemas de drenaje, casi siempre es flujo libre por gravedad o puede transportarse por bombeo.

1.2.5. Caudal

“Hace referencia a la cantidad de agua que circula a través de un medio determinado medido en volumen, por una cantidad de tiempo conocida. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017).”

De este se derivan tres tipos que deben considerarse para el diseño hidráulico.

1.2.6. Caudal promedio diario

Este se refiere: “a la estimación del consumo medio por persona para la población futura la cual fue establecida y para la que se diseñó en el periodo de diseño.” (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017)

Según lo anterior, el caudal promedio diario se puede obtener multiplicando el número de habitantes que se abastecerán con la dotación que lleva cada sector de las poblaciones, que cubrirá la red potable.

1.2.7. Caudal máximo horario

Es el caudal promedio de la hora de mayor consumo en el día, para razones de diseño se puede establecer dentro de un rango proporcionado según la norma del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados en el cual propone que dicho valor se encuentra en 2.16,

$$QMD = 1.2 * QPD$$

$$QMH = 1.8 * QMD$$

$$QMH = 2.16 * QPD$$

Sin embargo, mencionado lo anterior, en la Norma Técnica de Diseño y Construcción, de Sistemas de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial del AyA, se propone un número exacto evitando así diferencias en los sistemas, el cual es 1,8 para el caudal máximo horario, se observa que este valor se encuentra dentro del rango establecido previamente. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017)

1.2.8. Caudal máximo diario

Este se establece conociendo el consumo máximo registrado por día a lo largo de un periodo de un año (365 días), cuantificándolo en una media de consumo en ese periodo de tiempo, la cual sería mayor que el promedio diario. (Quirós, 2019).

Para el diseño del sistema de abastecimiento se deben aplicar los siguientes factores:

El caudal máximo diario será igual a 1,2 veces el caudal promedio diario, es decir el factor máximo diario (FMD) es 1,2.

El caudal máximo horario será igual a 1,80 veces el caudal máximo diario, es decir el factor máximo horario (FMH) es 1,80.

En dónde:

$$QMD = QPD \times FMD$$

QMD: caudal máximo diario

QPD: caudal promedio diario

FMD: factor máximo diario

1.2.9. Velocidad

Se define como el tiempo de desplazamiento del líquido a lo largo de una distancia conocida, por lo general, se establece en unidades de metros / segundo (m/s) para los sistemas de transporte. En las redes de distribución la velocidad no debe superar los 3 m/s mientras que para las líneas de conducción no debe superar los 5 m/s, ni ser menor a los 0,6 m/s. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017)

Tabla 1: Velocidades permisibles

	Conducciones	Redes
Mínima	0.60 m/s	N.A.
Maxima	5.00 m/s	2.50 m/s

Fuente: (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017)

1.2.10. Presión nominal

Presión interna máxima que soporta la tubería, teniendo en consideración el factor de seguridad. Es proporcionada por el fabricante en la ficha técnica del producto, respaldada por los estudios de calidad que se realizan en ella. “La presión nominal debe tener la capacidad de soportar la presión estática, más las sobrepresiones del sistema ocasionadas por casos como golpes de ariete, entre otros, por lo cual es necesario que la capacidad de soporte mínimo de la

tubería esté cercana a los 10 kg/cm².” (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017).

1.2.11. Presión estática máxima

La presión estática máxima será de 50 metros columna de agua (mca), en el punto más bajo de la red.

Se permitirán en puntos aislados presiones de hasta de 70 mca, cuando el área de servicio sea muy quebrada.

La presión dinámica de servicio no será menor de 15 mca, en la interconexión con la red de distribución, en el punto crítico de la red.

1.2.12. Capacidad hídrica

Es la capacidad hídrica real y potencial de disponibilidad del servicio de abastecimiento de agua a una comunidad o inmueble específicos, supeditada a la construcción por parte del o los interesados de la infraestructura necesaria indicada al momento de la solicitud.

1.2.13. Periodo de diseño

Tiempo previsto en el diseño, para el cual las obras que constituyen el diseño del acueducto funcionen eficientemente. De acuerdo con, la magnitud del proyecto y el área que abarque el periodo de diseño podrá ser mayor o menor, esto se determina por estudios poblacionales y la situación socio-económica de la zona por intervenir, con interferencia directa en el costo del proyecto.

1.2.14. Población futura

Es la proyección estimada del crecimiento poblacional en la zona de desarrollo del proyecto, el cual dependerá de los estudios y censos realizados en la zona, “en caso de que no existiesen dichos estudios, se puede utilizar un valor recomendado por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.” (Quirós, 2019).

1.2.15. Población de diseño

Es la población mínima de diseño reflejada en el mayor tiempo previsto, para el cual se diseñará todo el sistema de acueducto, calculada a partir del número de unidades habitacionales abarcadas multiplicadas por el factor de hacinamiento obtenido del último censo poblacional en la zona con funcionamiento correcto, durante este periodo. Cuando se contemplen unidades que no sean habitacionales se deben aplicar los valores detallados a continuación:

Tabla 2: Servicios equivalentes según actividad a desarrollar

Tipo de Actividad de nuevo desarrollo	Unidades de cálculo (UC)	Unidad de consumo equivalente (UCE) o servicios equivalentes (SE)*
Hoteles, moteles	Habitación	Un servicio equivalente por cada 3 Unidades de cálculo
Escuelas, colegios o centros de educación y capacitación	Estudiante	Un servicio equivalente por cada 25 Unidades de cálculo
Bodega, industrias o centros de acopio, almacenamiento y distribución	Metro cuadrado de área de parcela o predio (incluyendo parques y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas)	Un servicio equivalente por cada 500 Unidades de cálculo
Restaurantes, sodas Bares y similares.	Metro cuadrado de área de parcela o predio (incluyendo parques y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas)	Un servicio equivalente por cada 100 Unidades de cálculo
Locales comerciales, Centros comerciales	Metro cuadrado de área de parcela o predio (incluyendo parques y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas)	Un servicio equivalente por cada 200 Unidades de cálculo
oficinas administrativas y bancarias (industrial o general)	Metro cuadrado de área de parcela o predio (incluyendo parques y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas)	Un servicio equivalente por cada 200 Unidades de cálculo
Parcelamiento agrícola con frente a calle pública	Metro cuadrado de área de parcela	Un servicio equivalente por cada 500 Unidades de cálculo
Parcelamiento agrícola con frente a servidumbre	Metro cuadrado de área de parcela	Un servicio equivalente por cada 5000 Unidades de cálculo
centro de recreación turísticos o club campestre.	Metro cuadrado de área de parcela o predio (incluyendo parques y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas)	Un servicio equivalente por cada 200 Unidades de cálculo

Fuente: (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017)

Con esta equivalencia se podrá estimar el parámetro de población y el consumo respectivo, en proyectos, donde la actividad esencial de la población es comercial, industrial o distinta a habitacional. En caso de presentarse proyectos mixtos, este cálculo deberá realizarse de manera independiente para cada tipo de actividad realizando al final la sumatoria de las unidades habitacionales con las equivalentes. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017)

1.2.16. Dotación

La dotación es la cantidad de agua por persona que debe ser capaz de suministrar el acueducto al día, por lo cual la unidad de cuantificación de la dotación es de Litros/Persona/Día (l/p/d):

Estas dotaciones se respaldan por estudios realizados y contemplan además de ello todas las pérdidas que se generan en el sistema por diferentes causas, vale la pena resaltar que las dotaciones que se establecen para Costa Rica específicamente y algunos países latinoamericanos que se ubican en zonas tropicales son muy altas en comparación con las utilizadas en países desarrollados de la unión Europea (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017).

1.2.17. Área urbana

Es el ámbito territorial de desenvolvimiento de un centro de población.

1.2.18. Área rural

Áreas poblacionales que no se encuentran desarrolladas en torno a los centros principales de población, por lo general, se encuentran alejadas de ellos y se concentran en pequeños grupos.

1.3. Sensores Acústicos Distribuidos (DAS)

1.3.1. Sensores de fibra distribuidos.

Los sensores de fibra óptica distribuidos ofrecen la capacidad de medir en miles de puntos, simultáneamente, utilizando una simple fibra óptica sin modificar, como elemento de detección.

El instrumento de este tipo más implantado es el sensor de temperatura distribuido, que se utiliza normalmente en aplicaciones de fondo de pozo. Aquí describimos un nuevo tipo de sensor distribuido, el Sensores Acústicos Distribuidos (DAS), el cual mide cambios de deformación en todos los puntos a lo largo de la fibra óptica a frecuencias acústicas.

El DAS ofrece una nueva herramienta para obtener imágenes sísmicas lo que permite la adquisición simultánea de miles de canales de detección, mediante sólo una fibra óptica estándar como elemento de detección. Además, de ofrecer una cobertura sin precedentes, la simplicidad del elemento de detección permite que el (DAS) realice mediciones sísmicas sin la intervención de pozos o sin realizar ningún cambio en el perfil de producción.

El Sensores Acústicos Distribuidos (DAS) se ha utilizado en muchas adquisiciones sísmicas hasta la fecha, en cuanto perfiles sísmicos verticales, tanto en pozos que fluyen como los que no, y prospecciones sísmicas superficiales.

1.3.2. Detección de vibración distribuidas frente a la detección acústica distribuida.

Los sensores de fibra óptica, de vibración distribuidos, se han utilizado para la detección de intrusiones, ya que, proporcionan sensibilidad vibracional además de inmunidad a las interferencias electromagnéticas. Asimismo, se han introducido en la industria del petróleo y el gas en varias aplicaciones. La idea se basa en los efectos de interferencia asociados con la señal de reflectometría óptica en el dominio del tiempo (OTDR, por sus siglas en inglés).

Una gran limitación de esos sensores de perturbación es que no son capaces de determinar el campo acústico del vector completo - es decir, la amplitud, la frecuencia y la fase - de la señal incidente; algo necesario para obtener imágenes sísmicas. Medir el campo acústico completo es un reto técnico mucho más difícil de salvar, pero haciéndolo es posible conseguir imágenes sísmicas de gran resolución y también realizar otros novedosos sistemas, por ejemplo, una antena acústica masiva o convertir estos sensores en elemento para la detección de fallas en tuberías.

La nueva técnica de medición que encarna (DAS) se utiliza en el campo acústico completo para aplicar con precisión señales acústicas repetitivas con una precisión que permita la obtención de imágenes. Asimismo, determinar con precisión la distancia de un evento acústico respecto de la fibra de detección.

La capacidad de formación de haces se ha utilizado para formar una cámara acústica y, en aplicaciones de seguridad, determinar la distancia de un posible intruso desde el cable de detección.

1.3.3. Fidelidad de la señal.

El aspecto más desafiante, técnicamente, de la especificación de diseño (DAS) es la capacidad de registrar, fielmente, la señal acústica y no solo registrar una aproximación de la señal.

La fidelidad de la señal se puede determinar sometiendo a una sección de la fibra a una señal conocida, siendo la más conveniente una onda senoidal. La señal acústica (DAS) y la transformada rápida de Fourier de esta señal se pueden utilizar a continuación para calcular el grado de cualquier distorsión armónica. Además, se puede probar la respuesta de distorsión por intermodulación sometiendo a la fibra de detección simultáneamente a dos tonos. Las comparaciones con los sensores convencionales indican que las distorsiones armónicas,

generalmente, están limitadas por la fuente acústica en lugar de estarlo por los mecanismos de detección (DAS).

El arreglo óptico del Sensores Acústicos Distribuidos (DAS) implica que, inherentemente, muestra una diafonía acústica no medible entre los canales de detección. Este hecho se puede demostrar rápidamente con aplicar una gran señal en cualquier punto a lo largo de la fibra y observando que esta no se ve en ningún otro punto.

1.3.4. Alcance de la medición

Hay dos factores que gobiernan el alcance de detección máximo que se puede conseguir: las pérdidas ópticas a lo largo de la fibra y el número de puntos de muestreo que se puedan procesar en el sistema. El Sensores Acústicos Distribuidos (DAS) utiliza la longitud de onda óptica óptima para las pérdidas, alrededor de 1550 nm, que permite que un único sistema consiga un alcance de hasta 40 km con una buena relación señal/ruido.

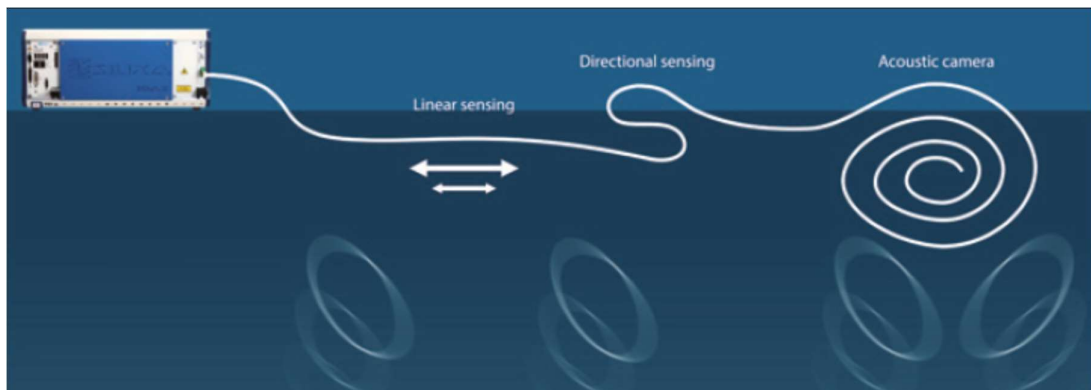


Ilustración 10: Ejemplos de arreglos formados con un único cable de fibra.

Fuente (first break volumen 32, febrero 2014)

1.4. Especificaciones técnicas de materiales

A continuación, se indican las especificaciones y descripciones de los elementos que constituyen la infraestructura de red. En los anexos de este documento se incluyen las fichas técnicas de los productos propuestos.

1.4.1. Ducto Future Path Amored.

El ducto de marca Dura Line de Mexichem.

- Maximización del espacio del ducto con el uso de micro tecnología.
- Micro ductos con estrías longitudinales en su interior que facilita la instalación de cables de fibra óptica.
- Producto extrudido con revestimiento súper deslizante SILICORE que permite el tendido de cables a mayor distancia y velocidad protegiendo el cable de fibra óptica.
- Fabricación en polietileno que permite su instalación subductada, área, perforación horizontal dirigida (HDD), arado (Plow), directamente en el suelo o en micro zanjas.
- No requiere herramientas ni equipos adicionales para su instalación.

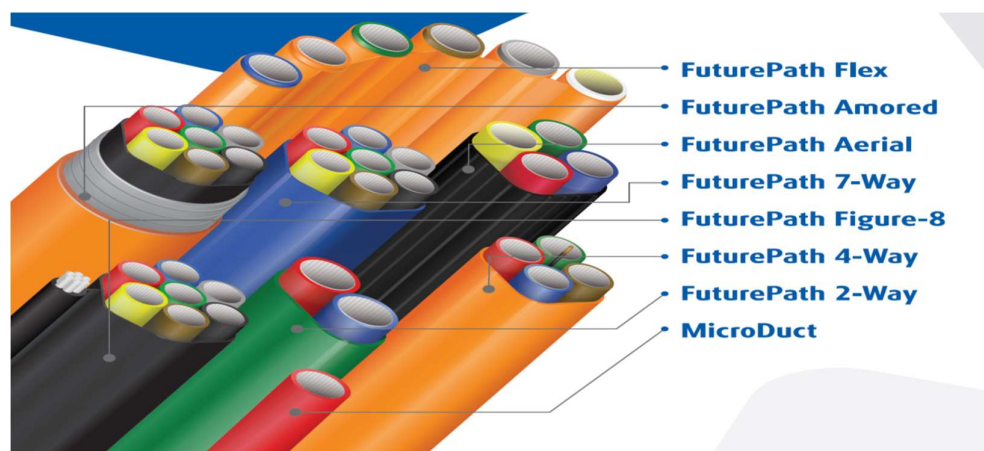


Ilustración 11: Dura Line, Micro tecnología para ductos

Fuente (Mexichem Costa Rica S.A, 2019)

1.4.2. Cajas de distribución y protección de micro ductos.

Para la correcta distribución de micro ductos y protección de estos, ante agresiones ambientales, es necesaria la instalación de cajas y conectores para garantizar la estanquidad y continuidad del trazado. A continuación, se muestran las características generales referentes a las cajas por instalar para este propósito.

- Puerto que permita la conexión de conductos de hasta 38 mm
- Cada puerto debe permitir la conexión de hasta 6 conductos unitubo
- Protección ambiental IP67 o superior
- Dimensiones aproximadas: 316 mm x 220 mm x 70 mm



Branch out with grommet (24 way DB 3mm or 5mm
- maximum 6 x 1DB from one port)

Ilustración 12: Ejemplo de caja de distribución de micro ductos

Fuente (Alemany, Pere, 2014)

1.4.3. Conectores para micro ductos

Las dimensiones de los conectores deben permitir la conexión de micro ductos de 10 mm. de diámetro exterior y 8 mm. de diámetro interior. Deben ser específicos para esta función, de modo que aseguren la estanqueidad de la unión en el 100 % de los casos, permitir el soplado de fibra y soportar presiones de hasta 16 bar.

El polietileno del conector cumplirá las mismas especificaciones que las requeridas para el tubo.

1.4.4. Obturadores

Tapón para obturar conductos vacantes: consta de un cuerpo cilíndrico de PVC o polietileno de baja densidad, de diámetro ligeramente inferior a tubo, dos discos metálicos y un espárrago con tuerca. Se instalarán los obturadores adecuados a cada tipo de conducto.

1.4.5. Separadores

Se usan como apoyos de los tubos, y para mantener constante la separación entre los mismos y permitir una fácil penetración del hormigón entre ellos. Se utilizan en canalizaciones de tipo convencional. Existen diferentes modelos en función de la composición del prisma y el diámetro de los conductos. La fuerza de extracción de conducto colocado en el separador no será inferior a 30 N. Habitualmente, están fabricados con material plástico, como el polipropileno, poliuretano, entre algunos.

1.4.6. Cajas de registro

Las cajas de registro son los únicos puntos accesibles de la canalización, una vez, terminada su construcción. En ellos, hay que hacer todas las operaciones de tendido, empalme, reparación y sustitución de cables, derivaciones, y otros.

Inicialmente, se prevé la utilización de dos tipos de cajas en función del uso al que se destinen.

- Tipo A: Cajas de 60 x 60 x 60 cm. De planta cuadrada. Con capacidad para seis conductos con diámetros de 40 mm por pared. Su funcionalidad es permitir los cambios de dirección, cruce de calle y ubicación de cajas de empalme. Es recomendable que la instalación de las estas, se realice sobre la acera y en el caso de no ser posible, se instalarán en calzada, lo más cercano al bordillo.
- Tipo B: Cajas de 120 x 60 x 60 cm. De planta rectangular. Con capacidad para seis conductos con diámetros de 40 mm por pared. Su funcionalidad es permitir el acceso a los revisar primarios.

1.4.7. Cajas de registro de polipropileno reforzado.

Las cajas de registro de polipropileno reforzado auto-resistente son una alternativa eficaz a las cajas tradicionales en obra civil. Surgen del interés por desarrollar una solución que aunará la resistencia de los registros tradicionales (hormigón, ladrillo...) con la manejabilidad, versatilidad y calidad del acabado que ofrecen los productos plásticos.

Cada vez más, adquieren un mayor protagonismo en grandes infraestructuras, tales, como: autopistas, carreteras, aeropuertos, ferrocarriles, entre algunos. En urbanizaciones, polígonos industriales, proyectos de energías renovables, y otros.

Fabricadas a base de polipropileno reforzado auto-resistente son desmontables de tipo modular. Presentan una alta resistencia a la compresión y a la corrosión, mucho mayor que las tradicionales de hormigón y ladrillo, con una mayor durabilidad.



Ilustración 13: Cajas de registro de Polipropileno

Fuente (Mexichem Costa Rica S.A, 2019)

1.4.8. Cables de Fibra Óptica

La fibra óptica es una fibra flexible, transparente, hecha al embutir vidrio (sílice) o plástico en un diámetro, ligeramente, más grueso que el de un cabello humano. Las fibras ópticas se utilizan más como un medio para transmitir luz entre dos puntas de una fibra y tienen un amplio uso en las comunicaciones por fibra óptica, que permiten la transmisión en distancias y en un ancho de banda (velocidad de datos) más grandes que los cables eléctricos. Se usan fibras, en vez de alambres de metal porque las señales viajan ,a través de ellas, con menos pérdida; además, las fibras son inmunes a la interferencia electromagnética, un problema del cual los cables de metal sufren, ampliamente. Las fibras también se usan para la iluminación e imaginaria, y normalmente se envuelven en paquetes para introducir o sacar luz de espacios reducidos, como en el caso de un fibroscopio. Algunas fibras diseñadas de manera especial se usan también para una amplia variedad de aplicaciones diversas, algunas de ellas son los sensores de fibra óptica y los láseres de fibra.

Típicamente, las fibras ópticas tienen un núcleo rodeado de un material de revestimiento transparente con un índice de refracción más bajo. La luz se mantiene en el núcleo debido al fenómeno de reflexión interna total que causa que la fibra actúe como una guía de onda. Las fibras que permiten muchos caminos de propagación o modos transversales se llaman multimodo (MM), mientras que aquellas que permiten solo un modo se llaman fibras monomodo (SM). Las fibras multimodo tienen generalmente un diámetro de núcleo más grande y se usan para enlaces de comunicación de distancia corta y para aplicaciones donde se requiera transmitir alta potencia. Las fibras monomodo se utilizan para enlaces de comunicación más grandes que 1000 metros.

Ser capaces de unir fibras ópticas con pérdida baja es importante en la comunicación por fibra óptica. Esto es más complejo que unir cable eléctrico e involucra una adhesión cuidadosa de las fibras, la alineación precisa de los núcleos de las fibras y el acoplamiento de

estos núcleos alineados. Para las aplicaciones que necesitan una conexión permanente se debe de fusionar la fibra. En esta técnica, se usa un arco eléctrico para fundir los extremos y así unirlos. Otra técnica común es el empalme mecánico, donde el extremo de las fibras se mantiene en contacto por medio de una fuerza mecánica. Las conexiones temporales o semi-permanentes se hacen por medio de un conector de fibra óptica especializado.

Para el monitoreo de las tuberías se cuenta con dos tipos de sistemas:

- Sistema de ducto paralelo
- Sistema Pipe in Pipe.

1.4.8.1. Sistema de ducto paralelo

Unidad de Interrogación estándar. El OLA2.1 OPTASENSE

¿Quién es OptaSense?

OptaSense es una empresa asociada a buscar soluciones de detección acústica distribuida (DAS) de vanguardia que reducen el costo de propiedad de activos al optimizar la eficiencia operativa, el rendimiento y la seguridad. Las soluciones de sensores acústicos (DAS) proporcionan datos procesables en tiempo real, experiencia dedicada y experiencia global a múltiples industrias, incluyendo, petróleo y gas, gasoductos, seguridad, transporte y servicios públicos. Opera en más de 50 países, con más de 25.000 km de activos bajo contrato. Esta tecnología es utilizada para proteger algunos de los activos más valiosos del mundo.

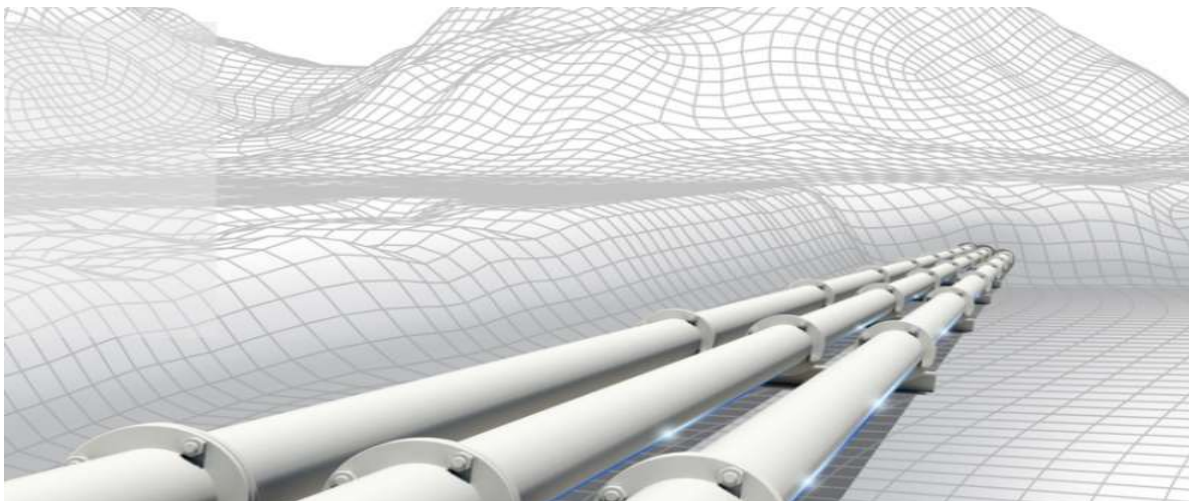


Ilustración 14: Ejemplo de ducto en paralelo.

Fuente (OptaSense A Qinetiq Company, 2020).

El hardware OLA2.1 de la compañía OptaSense establece el rendimiento de la unidad para detección acústica distribuida (DAS) de fibra óptica.

Especificaciones:

El OLA2.1 se puede aplicar en diferentes campos de la industria:

- Activos Lineales, alcance nominal de 50 km
- Perímetros, activos menores, rango nominal de 20 km
- Perímetros pequeños, activos menores, rango nominal de 10 km

Las capacidades de sensación incluyen:

- Alcance 0 km – 50 km
- Velocidad de ping máxima 20 kHz
- Velocidades de ping ultra bajas hasta 1 kHz para rutas de fibra complejas

Resolución espacial 7,5 m y 10 kHz



Ilustración 15: Unidad OLA2.1.

Fuente (OptaSense A Qinetiq Company, 2020)

1.4.8.2. Sistema Pipe in Pipe.

Los sistemas modernos han desarrollado tecnologías que monitorean las tuberías que se encuentran instaladas bajo la capa asfáltica. La empresa Craley Group desarrollo un sistema llamado Atlantis Hydrotec, es una solución patentada tipo ‘pipe-in-a-pipe’, para alojar un nuevo conducto para cables de comunicaciones dentro de canalizaciones existentes o nuevas de agua potable. Adaptable a cualquier tubería o caño.

- HDPE, PVC, Acero, Acero Inoxidable, Fundición Dúctil, Cemento...
- Probada a futuro
- Instala o quita los cables cuando sea necesario
- Distancias de monitoreo de 40 kilómetros con solo un extremo conectado a una unidad analizadora.
- Registros típicos cada kilómetro.

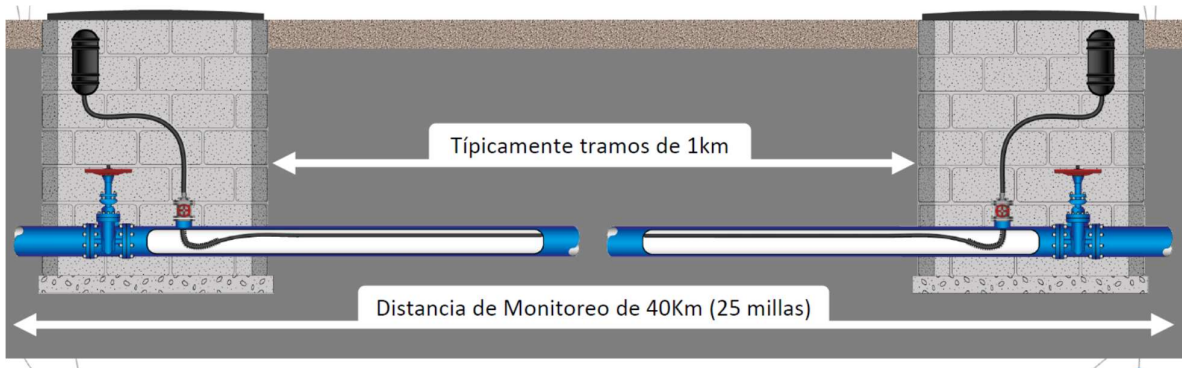


Ilustración 16: Tramo de Instalación Típica, Pipe in Pipe.

Fuente: (DURA LINE, Abril, 2020)

El sistema Atlantis, se puede instalar para monitoreo, permanente, de una red de distribución de agua potable o bien por su bajo costo se puede utilizar como herramienta para analizar el estado en el que se encuentra un tramo de tubería que se quisiera intervenir, esto para hacer una mejor inversión, tanto de tiempo como de dinero.



Ilustración 17: Sistema Atlantis Hidrotec

Fuente (DURA LINE, Abril, 2020)

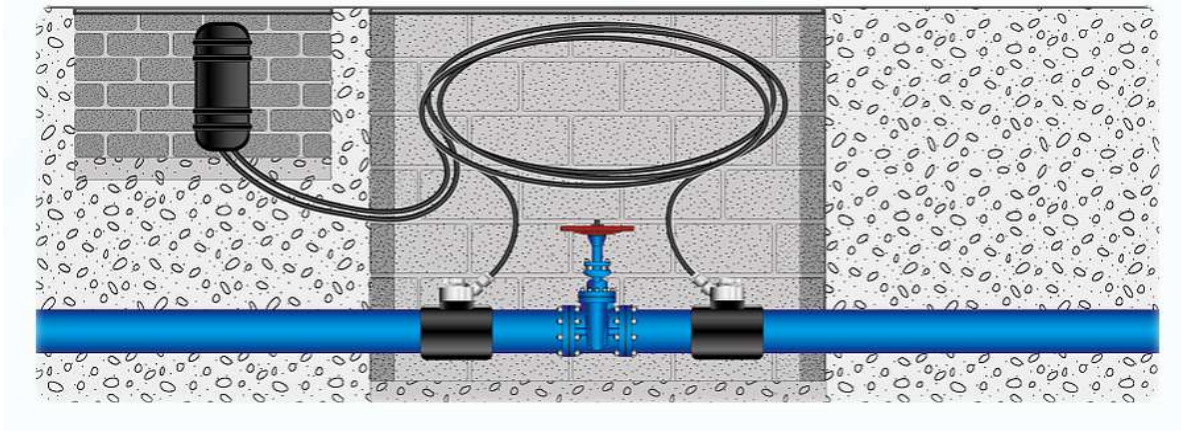


Ilustración 18: Ejemplo de sistema Pipe in Pipe.

Fuente (DURA LINE, Abril, 2020)



Ilustración 19: Interface de usuario

Fuente (Craley Group, s.f.)

CAPÍTULO II
MARCO METODOLÓGICO

2.1. Paradigma

La propuesta se cataloga como innovadora, clara y concisa. La implementación de la Fibra Óptica está siendo de gran ayuda en diversas ramas del ámbito industrial, empresarial, entre algunos.

En el enfoque propuesto (implementación de esta, en las tuberías de agua potable) es de sumo interés y aporte, tanto, para la población en general como para el departamento encargado de los sistemas, ya que permitirá un mejor funcionamiento y detección de fugas. Lo cual da como resultado, evitar pérdida de agua y caer en costos de mantenimiento elevados y deficientes. Es por ello, que según lo determinado en este estudio el uso de la Fibra Óptica se vuelve tan importante y de gran interés.

2.2. Enfoque

Esta investigación mostrará un enfoque cuantitativo, ya que, muestra un punto en específico y se ha obtenido suficiente datos contables respecto del tema en estudio.

A partir de los datos obtenidos, surge el interés de mejorar la red de Agua Potable del Cantón Central de Alajuela.

“Dado que, actualmente se sufre de un desperdicio importante de este líquido, por fugas no visibles.” (más del 50 %. Según el Ingeniero Pablo Palma, Municipalidad de Alajuela)

La idea por desarrollar en este proyecto es una implementación de Fibra Óptica para la detección temprana de fugas en tiempo real y geo referenciada en la red de Agua Potable de la ciudad objeto en estudio: Alajuela, con el fin de lograr:

- Mejoras consideradas en el funcionamiento de esta red potable.
- Evitar pérdidas de agua.
- Mejorar de manera eficaz el trabajo que realizan los funcionarios municipales.
- Y a la vez, mejorar el servicio que se brinda a la población.

2.3. Métodos de investigación

Los métodos de investigación que se implementaron son los cualitativos y cuantitativos.

Método cualitativo, ya que se logró recopilar información por medio de observar el estado actual de la red de Agua Potable del Sector Itiquis.

Método cuantitativo, se logró recopilar información para cuantificar la inversión para poder instalar el sistema de Sensores Acústicos.

Por lo tanto, el método de investigación utilizado se conoce como mixto.

Estos se obtuvieron por medio de recopilación de datos. Por parte de:

- La Municipalidad de Alajuela, Departamento de Acueducto y Saneamiento.
- Compañías involucradas en el tema en estudio: Optasense, Mexichem y Craley group.

Con base en los antecedentes encontrados y suministrados, se realizará la investigación correspondiente para detectar el estado actual de la red de Agua Potable en estudio. Con el fin de proponer un sistema de monitoreo constante de la red y, consecuentemente, mejorar las deficiencias presentes.

2.4. Técnicas para la recopilación de datos

La recopilación de datos para el análisis del estado de la red de Agua Potable se realizó, por medio de entrevistas al personal a cargo del mantenimiento, además se visitó los tramos de la red, para así poder verificar el estado real del sistema.

La Municipalidad facilitó planos de levantamiento de la red de distribución de Agua Potable que permitieron cuantificar la extensión de la sección en estudio y gracias a los planos se elaboró un presupuesto para poder analizar, qué tan factible puede llegar a ser este proyecto, y de qué manera se puede justificar la inversión de este.

Se aplicaron entrevistas a personal de las compañías involucradas, con el fin de resolver dudas, y a la vez, gestionar una posible capacitación acerca del tema en interés (monitoreo con Fibra Óptica)

2.5. Análisis de la investigación

En este apartado se analizará cada uno de los resultados obtenidos, mediante la aplicación de los instrumentos en busca de conclusiones válidas y objetivas. Y además de aquí se parte para presentar el proyecto a la Municipalidad de Alajuela, con el fin de que esta ponga en práctica ponga en práctica como plan piloto mediante uso de las nuevas tecnologías y así, mejorar su funcionamiento actual.

2.6. Población

El estudio involucra a la Municipalidad de Alajuela como entidad administradora y operadora del Acueducto de Alajuela y a la población ya que son los consumidores del servicio que brinda la Municipalidad.

2.7. Muestra

Las entrevistas se les aplico a los Ingeniero de la Municipalidad de Alajuela Ing. Kasey Palma Chavarría, Ing. Pablo Palma, al personal a cargo del mantenimiento de la red de Agua Potable de Alajuela. Se sostuvieron reuniones virtuales con Ing. Oscar Eduardo Ramírez Jaimes, Gerente de ventas de Datacom, Colombia, Ing. Esteban Ramírez Rivera, Gerente de Producto para Latinoamérica de Wavin.

Se realizaron recorridos en conjunto con las cuadrillas de mantenimiento de la red de Agua Potable de la Municipalidad de Alajuela, en los cuales se observó el estado actual de la tubería del sistema de Tuetal Sur, comenzando en el sector de Itiquis, pasando por Tuetal Norte y Tuetal Sur, terminado en las inmediaciones del Plantel Municipal.

Se realizó visita de sitio de falla en el Sistema de Tuetal Sur en la cercanía de Auto Mercado, Alajuela.

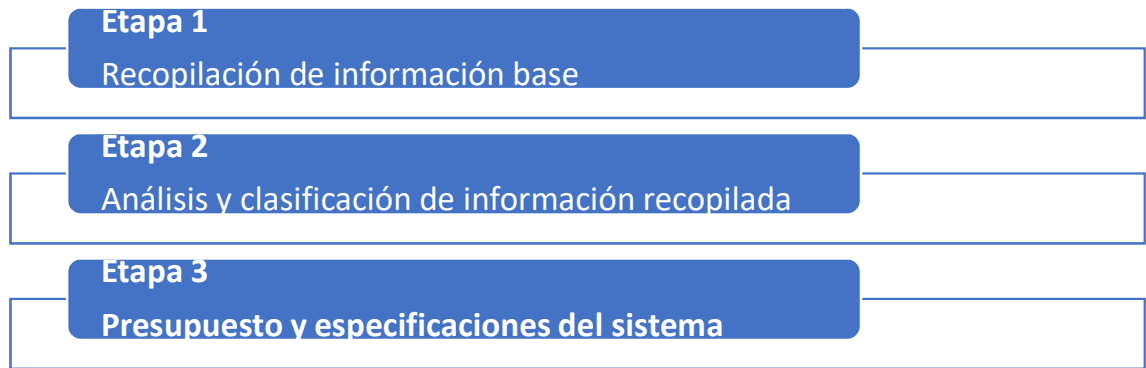


Ilustración 20: Principales etapas de la metodología de trabajo.

Fuente (Propia)

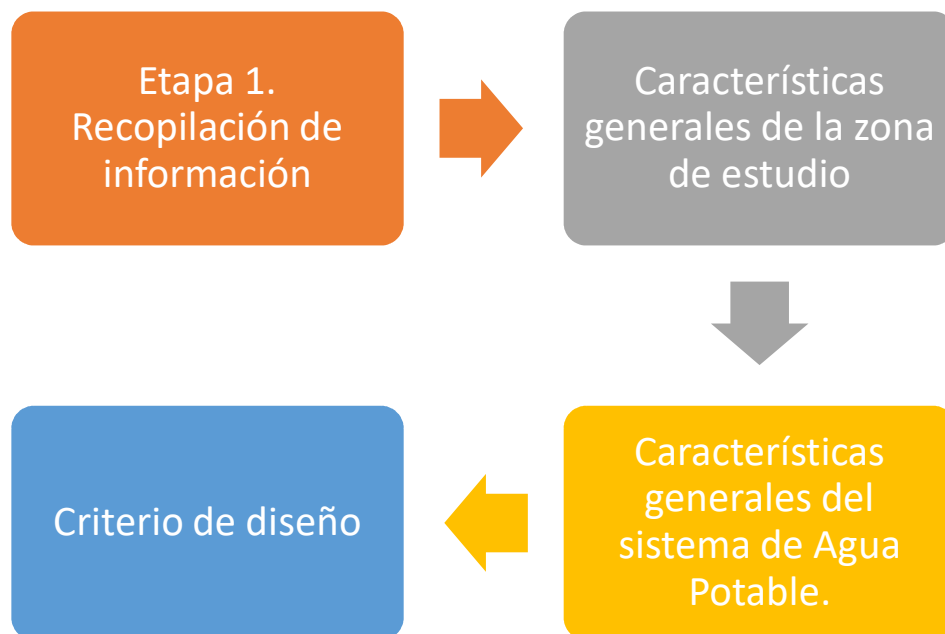


Ilustración 21: Etapa 1 de la metodología.

Fuente (Propia)

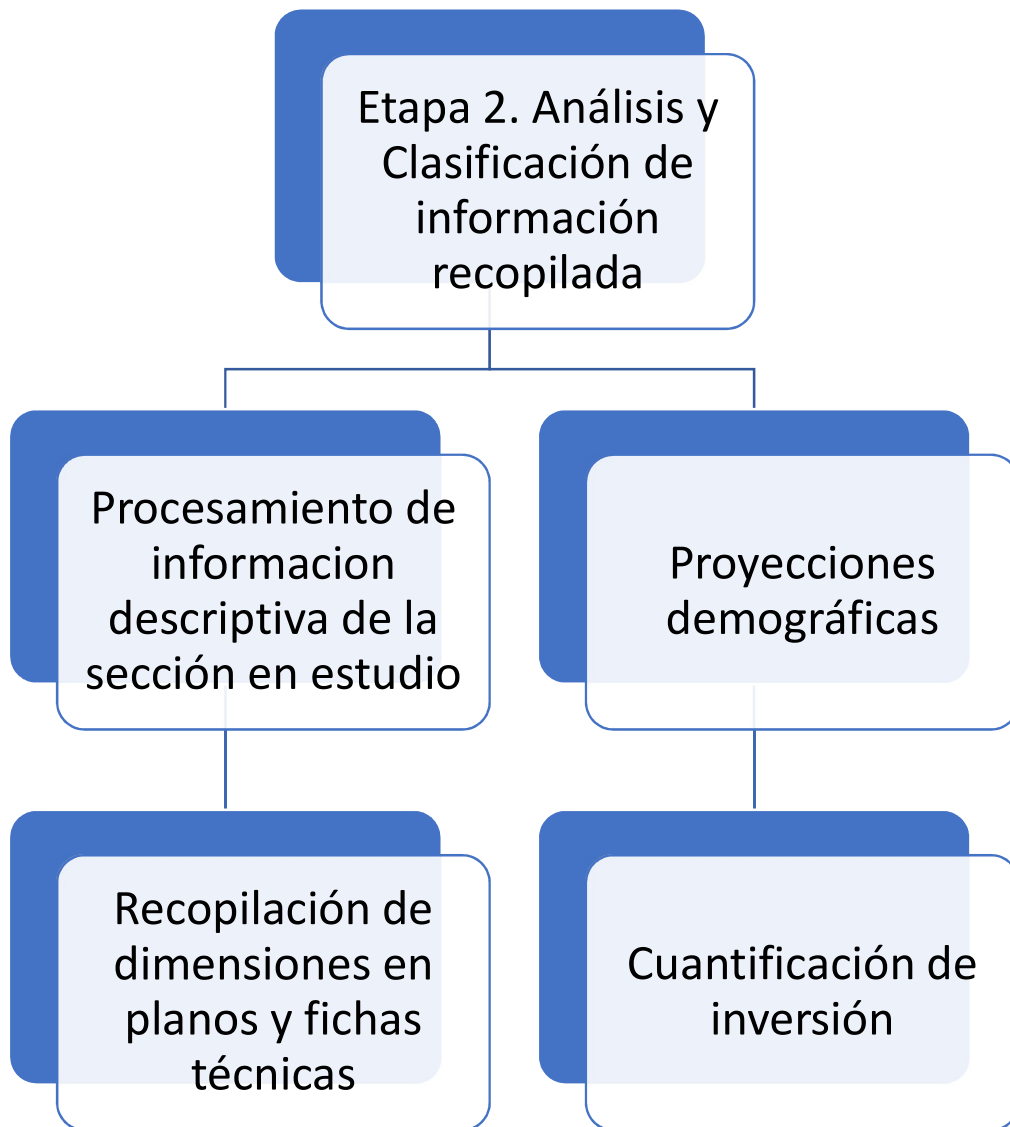


Ilustración 22: Etapa 2 de la metodología.

Fuente (Propia)

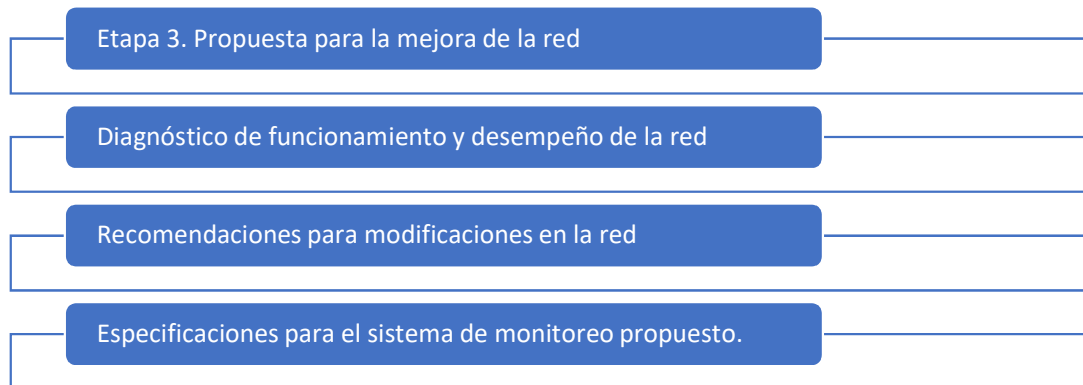


Ilustración 23: Etapa 3 de la metodología

Fuente (Propia)

CAPÍTULO III
ANÁLISIS DE RESULTADOS

Después de una serie de estudios e investigaciones en cuanto al análisis del sistema actual de red de Agua Potable con el que cuenta la Municipalidad de Alajuela, se concluye que la deficiencia que esta presenta es de consideración, por tanto, se puede mencionar una serie de puntos que pueden llevar la toma de decisiones, respecto de lo urgente de cambio en el sistema en estudio.

Según los datos suministrados por la Municipalidad de Alajuela, esta brinda el servicio de agua potable, aproximadamente a 31 mil abonados, datos con referencia al año 2012; sin embargo, la sostenibilidad del recurso hídrico y de este servicio a la población de su Cantón plantea riesgos, basado en el estudio realizado, la administración municipal del acueducto, desconoce la cantidad de agua que explota en las 46 fuentes de abastecimiento utilizadas en ese año, ya que, no se mide el volumen del líquido que se produce en cada una de esas fuentes, datos que en la actualidad desconocen.

Para que la Administración Municipal del Acueducto pueda lograr una gestión eficiente del servicio suministrado a los usuarios es importante que se tomen las medidas necesarias para contabilizar los volúmenes de agua extraídos de las diferentes fuentes que se abastece, o implementar un sistema de medición de caudal a la entrada de los tanques de captación. Además si se lograra el objetivo de contabilizar el agua producida en cada una de las fuentes, esto podría beneficiar lo establecido en el artículo 17 de la Ley N.º 27, que se señala la obligatoriedad de obtener una autorización del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) en la que se establece, “En toda concesión de aprovechamiento de aguas públicas se fijará la naturaleza de ésta, la cantidad en litros por segundo del agua concedida...”, con lo cual ,se busca garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico que se utiliza en la prestación del servicio de acueductos.

En línea con la evaluación desarrollada para la implementación de un sistema que mejore el índice de agua no contabilizada se encontraron las siguientes deficiencias de sistema de abastecimiento actual.

- Tiempos de detección más largos para fugas pequeñas.
- Materiales muy viejos como lo son el asbesto/cemento.
- Falta de levantamiento topográfico actualizado. Los levantamientos existentes son poco confiables, ya que la gran mayor parte de la tubería se encuentra bajo carpeta asfáltica.
- Capacidad limitada de localización de fugas. En la Municipalidad cuentan con sistema de sonar, el cual es un equipo muy desactualizado y dependiente del recurso del saber escuchar de una persona, lo cual, lo vuelve vulnerable al fallo en la localización de una falla o fuga.
- Monitoreo preventivo limitado. No cuenta con un monitoreo preventivo de alguna índole. Por lo cual, solo se intervienen fugas cuando son visibles.
- Poca sensibilidad a las fugas.
- Numerosas falsas alarmas.
- Falta de sensores de presión y altas tasas de muestreo.
- Mayor mantenimiento.

El agua, aparte de considerarse un bien económico, ya que se cobra por cada metro cubico (m³) llevado a la población, es también esencial para la salud, por lo cual, los desperdicios generados y los no contabilizados ante la ausencia de un buen monitoreo y de una eficiente gestión, da pie a pérdidas económicas para el Gobierno Local. La interrupción del servicio a los usuarios provoca de igual manera una faltante económico muy importante, ya

que son tiempos en el cual se deja de consumir el servicio, lo que provoca el cese de facturación, y evidentemente, el disgusto de los usuarios.

Por lo que después de realizar el análisis del sistema, se recomienda utilizar para el monitoreo de la Red de Agua Potable, después identificar una serie de ventajas, entre ellas:

- Detección de tomas ilegales.
- Capacidad de detección de Fugas, en tiempo real, en las tuberías del sistema de Agua Potable, con diámetros desde de 3 mm.
- Interferencia de terceros y derecho de paso
- Movimiento terrestre
- Monitoreo de condiciones
- Herramientas de inspección en línea

Además, se puede decir que, el sistema de monitoreo de Fibra Óptica cuenta con una tecnología más eficiente y garantiza rendimientos óptimos en:

- Detección y clasificación más rápido y sensible de amenazas.
- Ubicación precisa de amenazas.
- Rendimiento consistente y más robusto del sistema.
- Datos de alta calidad y comunicaciones fiables

Medición avanzada

- Mide la temperatura acústica, la presión, la tensión y el ruido de una perforación.
- Elimina errores de conversión y computación
- Realiza en flujo transitorio de línea holgada y multifásica
- Monitorea distancias más largas mediante miles de sensores distribuidos
- Proporciona una precisión de 3m. de localización.

Flexibilidad

- Personalizar un sistema para su entorno de tubería específico.
- Reducir los costos de instalación.
- Elimina la necesidad de sistemas y hardware redundantes.

CAPÍTULO IV
PROPUESTA

4.1. Propuesta final para el despliegue del sistema de fibra óptica.

La propuesta contempla el despliegue de la solución de fibra CRALEY para el monitoreo, permanente, de la canalización mediante la solución de sensores CRALEY dentro de las canalizaciones de agua potable de la ciudad de Alajuela, Costa Rica.

Esta propuesta pretende aportar un indicativo asociado con los costos y los trabajos técnicos del proyecto. Las propuestas formales y las recomendaciones serán realizadas después de completar la Ingeniería de proyecto y la inspección de relevamiento a campo.

La propuesta de despliegue punto a punto tiene una distancia total de 18 200 metros y se estiman 38 tramos (cajas de registro) antes de la etapa de Estudio Completo.

Según la información recopilada en campo, la mayoría de las canalizaciones en las cuales se debe instalar Fibra Óptica son de PVC, Hierro Galvanizado y Acero al Carbón con diámetros comprendidos entre los 100mm y 25mm.

En el momento del análisis de la propuesta preliminar, no se conocen detalles del régimen hidráulico (presión, velocidad, etc.) o información de los distintos elementos y accesorios (válvulas, reductoras de presión, ventosas, drenajes, hidrantes, codos, etc.) ya que, la Municipalidad carece de esa información. Además, la información del trazado de las canalizaciones es meramente orientativa, para anticipar posibles discrepancias, debidas a la antigüedad de la red. Todos estos detalles deberán ser establecidos y acotados, una vez que se encargue y realice el Estudio Completo.

Los antecedentes citados conducen el seguimiento estricto de la poca información con la que cuenta la Municipalidad.

La Fibra Óptica hará el monitoreo permanente de la red para la detección de fugas, seguridad de activos y mitigación de riesgos y comunicaciones internas tipo (SCADA) por sus siglas en inglés Supervisión, Control y Adquisición de Datos.

4.1.1. Propuesta de Producto

La puesta inicial, es desplegar tanto el conducto Messenger Pipe de 5/2,5mm (conducto/ducto), como la de 10/6mm según el diámetro de cada sección de la red. Esto requerirá acomodar puertos roscados de 19 mm tipo BSP para los Válvulas Finales M-Series de 19mm y puertos roscados de 50 mm tipo BSP para los Válvulas Finales M-Series Modelo MHD de 50mm antes de acometer la instalación de la solución de Fibra Óptica propuesta



Ilustración 24: Cable de fibra óptica instalado dentro de tubería de Agua Potable

Fuente (Craley Group, s.f.)

El concepto de conducto Messenger Pipe hueca es una consideración de ingeniería deliberada y, específicamente, diseñado para que el cliente puede utilizar técnicas de soplado de Fibra Óptica, y así se instale suficiente para cubrir las necesidades actuales, y que, en un futuro, si es requerido se pueda remover los cables existentes e instalar un cable de mayor

capacidad (mayor número de unidades de fibra). Los avances tecnológicos permiten despliegues de cables de mayor capacidad en un mismo calibre interior.

Según la reunión realizada inicialmente, se asume y propone, en adelante, la instalación si fuese posible sea posible de un cable de 24 unidades de Fibra Óptica (FU), o un cable de 4FU en las canalizaciones más pequeñas, lo cual dotará a la ciudad de Alajuela, con la oportunidad de realizar monitoreo permanente, de su red y activos de agua potable, así como, comunicaciones internas (por ejemplo, de tipo SCADA) con la capacidad sobrante.

Hoy, distintas técnicas de instalaciones son posibles. Pero, como punto de partida, debido a las características de la red y sus especificaciones, se considera la técnica "dry-wet" para el despliegue de la solución de fibra CRALEY, dentro de las tuberías de agua.



Ilustración 25: Caja de registro, donde se visualiza sistema de fibra optca.

Fuente (Craley Group, s.f.)

Notas:

1. El conducto Messenger Pipe está certificada por La Organización Para La Salud y Seguridad Pública (NSF) para su uso en redes de agua potable.

2. El Messenger Pipe tiene un diámetro interior de 2.5mm y es capaz de alojar un cable de 4 unidades de fibra óptica o un diámetro interior de 6mm siendo capaz de alojar 24 unidades de fibra óptica.
3. Para la inserción/extracción de la Messenger Pipe, puertos roscados de 19mm o 50mm deben ser acomodados o instalados mediante un collarín, silla o soldados con el propósito de ser la interfaz adecuada para las válvulas Finales de tipo M-Series.
4. Las Válvulas Finales de CRALEY son manufacturadas en Acero Inoxidable AISI-316 para su contacto con agua potable y asegurar el correcto ingreso y salida del Messenger Pipe en las localizaciones requeridas.
5. En los puntos de ingreso/salida, se debe construir nuevas cajas de registro o modificar las existente para acomodar las Válvulas Finales.
6. Las nuevas cajas de registro deben ser dimensionadas, adecuadamente, para contener las Válvulas Finales y los elementos activos/pasivos de la red de fibra óptica, y obviamente, los elementos y accesorios preexistentes de la red de agua.

4.1.2. Tipos de Rosca

La rosca es acorde NPT (National Pipe Threads) según American Standard, la cual es bastante extendida en la industria petrolífera, o BSP (British Standard), la más común en Europa.

La rosca BSP puede ser de tipo "taper" (norma ISO 7/1 o DIN 2999 y JIS B0203 equivalentes) y "paralela" (ISO 228/1 o DIN ISO 228/1, B

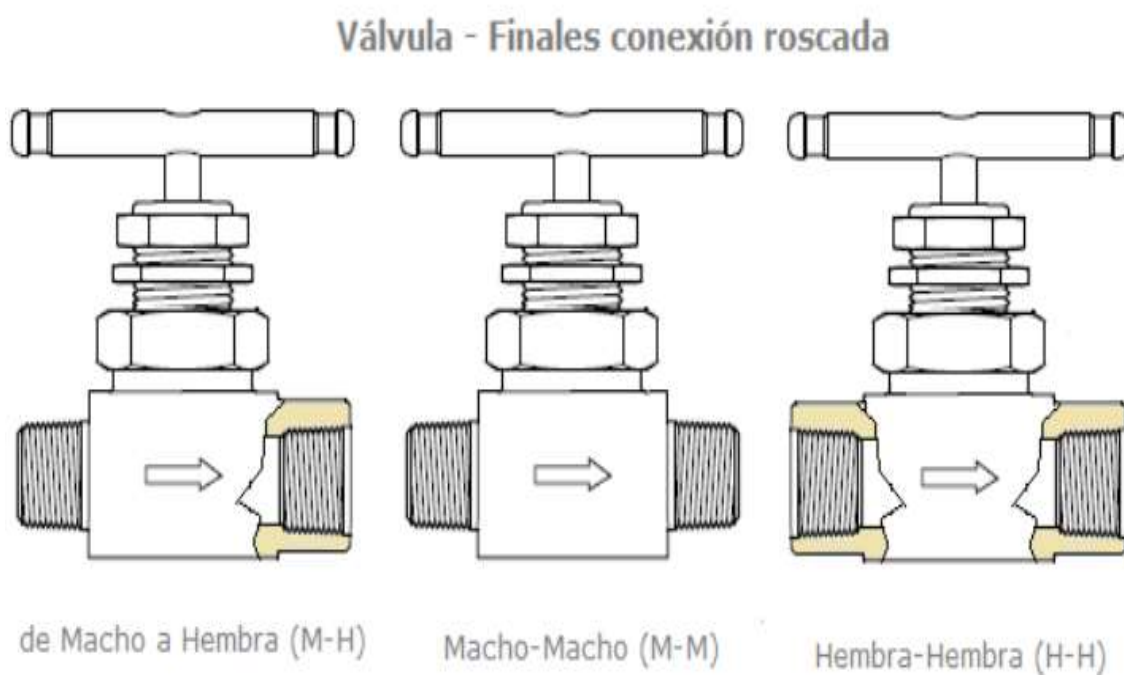


Ilustración 26: Tipo de roscas

Fuente (Craley Group, s.f.)

4.1.3. Kit de Instalación

Un kit de Instalación que incluye los materiales necesarios para instalar la solución de fibra óptica Craley.

La mayor parte del equipamiento y las herramientas incluidas en el kit podrán ser reusadas y reutilizadas en futuros proyectos, haciendo la presente partida de una sola inversión.

Un kit típico se conforma de los siguientes elementos y partes:

- Válvulas de instalación de fibra Craley
- Paquete de repuestos Craley para válvulas de instalación
- Sistema de clorado y desinfección CRALEY
- Línea de dibujo
- Cinta mule (si es necesario)
- Etiquetas de precaución.
- Instrucciones de Uso y Guía de Instalación Rápida
- Tornillería.
- Forros para los conductos.
- Lubricante de grado agua.
- Guantes de nitrilo
- Comprimidos de cloro

Además del kit estándar de instalación, hay requerimientos de herramientas de fontanería estándar y herramientas básicas.

4.1.4. Detección de Fugas, Seguridad de Activos y Mitigación CBRN: Especificaciones

Una vez desplegada la Fibra Óptica en el conducto Messenger Pipe, el equipamiento de la solución de sensores Craley , puede ser conectado a una unidad de Fibra Óptica.

Para este proyecto, la Unidad Analizadora será colocada en un punto intermedio de la instalación, y la propuesta asume un equipo multipuerto para monitorear hasta 40Kms lineales.

Para asegurar que una sola Unidad Analizadora pueda monitorear, completamente, la red, la cabina tipo rack de 19" deberá situarse en el punto intermedio en un entorno protegido y seguro.

La Unidad Analizadora de la solución, únicamente, requerirá de una sola fuente de alimentación donde esta se ubique. No hay necesidad de energía adicional a lo largo de la red; todo el monitoreo se realiza, pasivamente, (sin sensores, electricidad u otros requerimientos).

El proceso de instalación se realizará de la siguiente forma:

- Calibración Geográfica del sistema, localizadas, las coordenadas de todas las cajas de registros. Mapeando su posición en cuánto a longitud de fibra, mediante el contacto físico sobre esta.
- Simulación de todos los eventos detectados (especialmente fugas) para recoger los mejores parámetros de configuración para esta red en concreto. El objetivo principal de la simulación de eventos es situarse en una posición de cero falsos positivos (falsas alarmas).
- Ajustar el sistema del perfil de resultado de los Sensores, con la base de los eventos, previamente, simulados y logueados.
- Pruebas de Aceptación en Sitio, con responsables municipales, simulando los eventos por ser detectados y probando el mecanismo de alarmado automático.
- Después del proceso de calibración, la Unidad permanecerá trabajando bajo tiempo real y alarmado automático para el monitoreo permanente, en las bases que la municipalidad requiera y desee.

4.1.5. Hardware

Dentro de esta propuesta, se ha tenido en cuenta una solución de sensores Craley de tipo "plug and play" completa y permanente.

En esta propuesta no se ha tenido en cuenta ninguna zona TPi (Intrusismo de Terceras Partes). Las zonas TPi son ubicaciones a lo largo del despliegue de fibra o canalización que requieren que esta salga de la tubería y rodee un activo o instalación para la detección de intrusiones e interferencias de terceros. Tales, cómo, alrededor del perímetro de una planta de tratamiento de agua o depósito para detectar movimiento de vehículos y personas, o inclusive alrededor de otros activos de la municipalidad o la compañía de aguas.

4.1.6. Fibra de Detección

El sistema de sensores Craley utiliza la siguiente fibra óptica para detección:

- G.652D (o mejor) especificación de fibra monomodo
- Longitud de onda de operación 1.550 nm
- Pérdida máxima de fibra de extremo a extremo en línea (fibra más empalmes)
12,5 dB
- Uso típico de 40 km (25 millas) de fibra más 60 empalmes de fusión

4.1.7. Parámetros Básicos del Sistema

De la misma manera el sistema de sensores Craley se compone de las siguientes unidades básicas:

- Unidad analizadora – interconecta directamente con la fibra y realiza la generación de pulsos de luz y su vez hace la función de analizar la luz reflejada en el OTDR (reflectómetro óptico en el dominio del tiempo).
- Unidad de control: recopila y acumula los datos sin procesar de la unidad analizadora e incluye una matriz de discos RAID para almacenar datos

- Servidor de procesamiento – procesa los datos de la unidad de control, manejando información SIG (sistema de información geográfica) y generando alertas para cada evento o falla.
- Sistema de acceso PC – proporciona la interfaz de usuario al sistema general

A las unidades centrales se añaden (dentro de una cabina tipo rack de 27U 483 mm)

- Interruptor KVM (teclado, vídeo y ratón)
- Interruptor de red
- UPS (fuente de alimentación ininterrumpida)
- ADA (dispositivo de seguridad adaptable)
- Gabinete para Monitoreo
- Centro de carga.

4.1.8. Diseño Inicial

Con los detalles e información recopilados, se propone el siguiente diseño inicial para el despliegue de la solución de fibra óptica de la empresa Craley Group y posteriormente, la conexión de los sensores de la misma marca fabril.



Ilustración 27: Sección 1 AC de 100mm

Fuente (Propia)

Tabla 3: Cantidad de materiales para sección 1

Caja de registro	# Valvulas	Longitud (m)	MP OD/ID (mm)	# Fibras (FU)	Puerto (")
1	2	826	10/6	24	2

Fuente (Propia)



Ilustración 29: Sección 2.2 PVC 75 mm

Fuente (Propia)

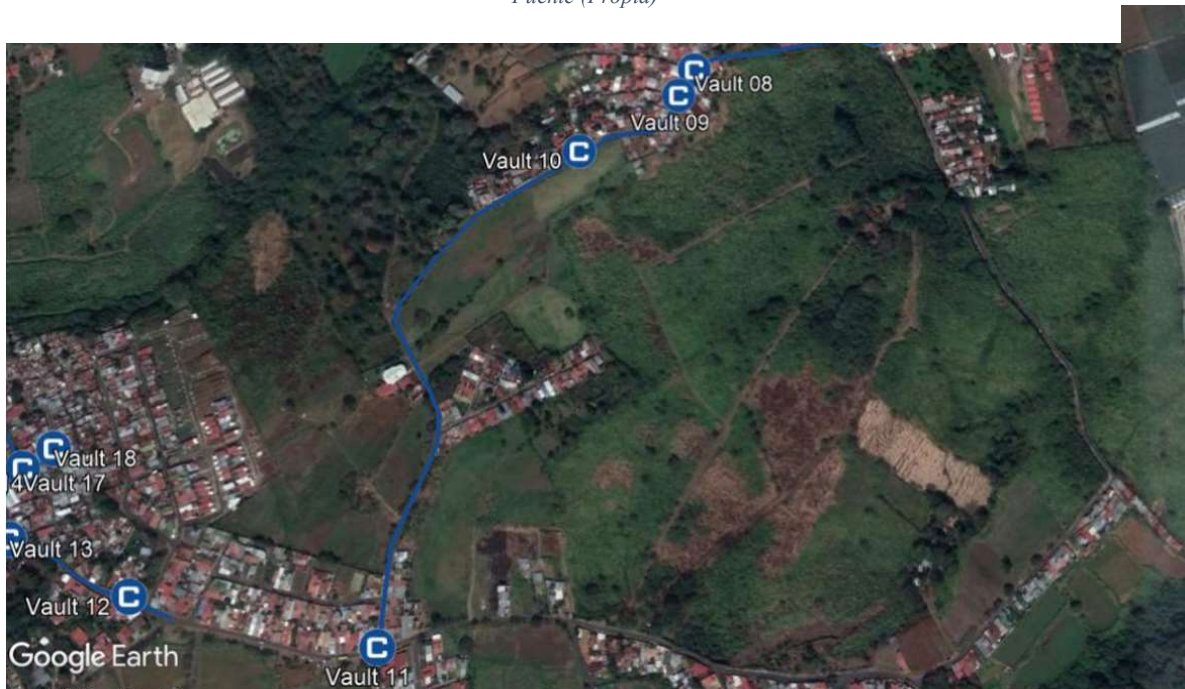


Ilustración 28: Sección 2.1 PVC 75 mm

Fuente (Propia)



Ilustración 30: Sección 2.3 PVC 75 mm

Fuente (Propia)

Tabla 4: Cantidad de materiales para sección 2

Caja de registro	# Valvulas	Longitud (m)	MP OD/ID (mm)	# Fibras (FU)	Puerto (")
2	2	475	10/6	24	2
3	2	914	10/6	24	2
4	2	627	10/6	24	2
5	2	530	10/6	24	2
6	2	760	10/6	24	2
7	2	254	10/6	24	2
8	2	43	10/6	24	2
9	2	167	10/6	24	2
10	2	767	10/6	24	2
11	2	62	10/6	24	2
12	2	180	10/6	24	2
13	2	73	10/6	24	2
14	2	107	10/6	24	2
15	2	52	10/6	24	2
16	2	15	10/6	24	2
17	2	115	10/6	24	2
18	2	46	10/6	24	2
19	2	45	10/6	24	2

Fuente (Propia)

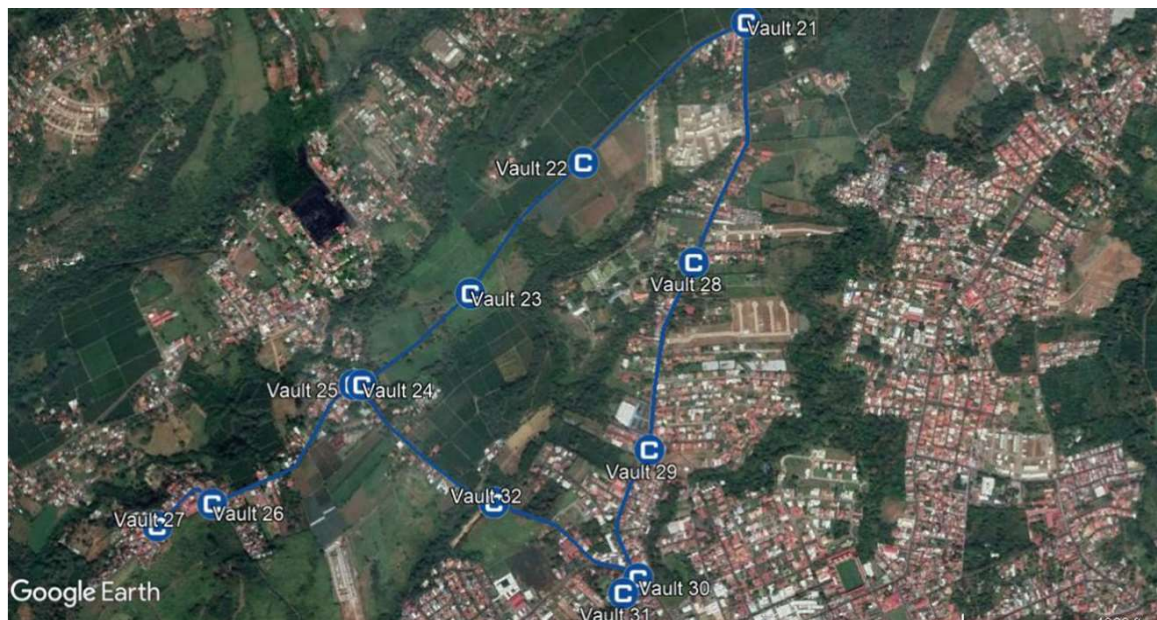


Ilustración 31: Sección 3.1 HG 75 mm

Fuente (Propia)

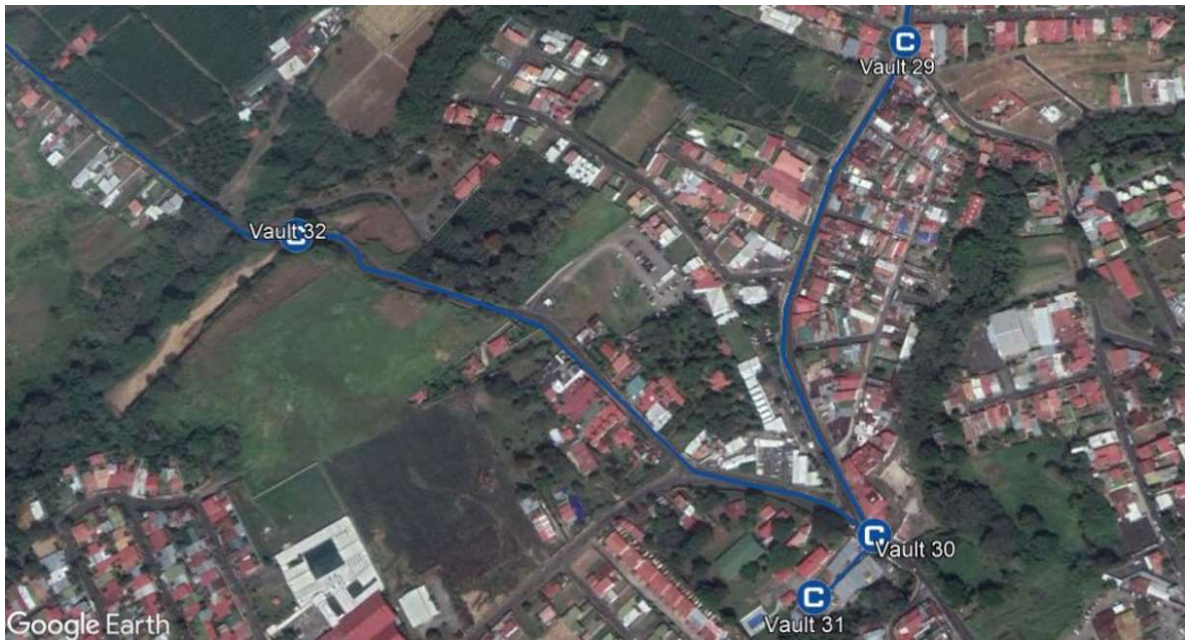


Ilustración 33: Sección 3.2 HG 75 mm

Fuente (Propia)

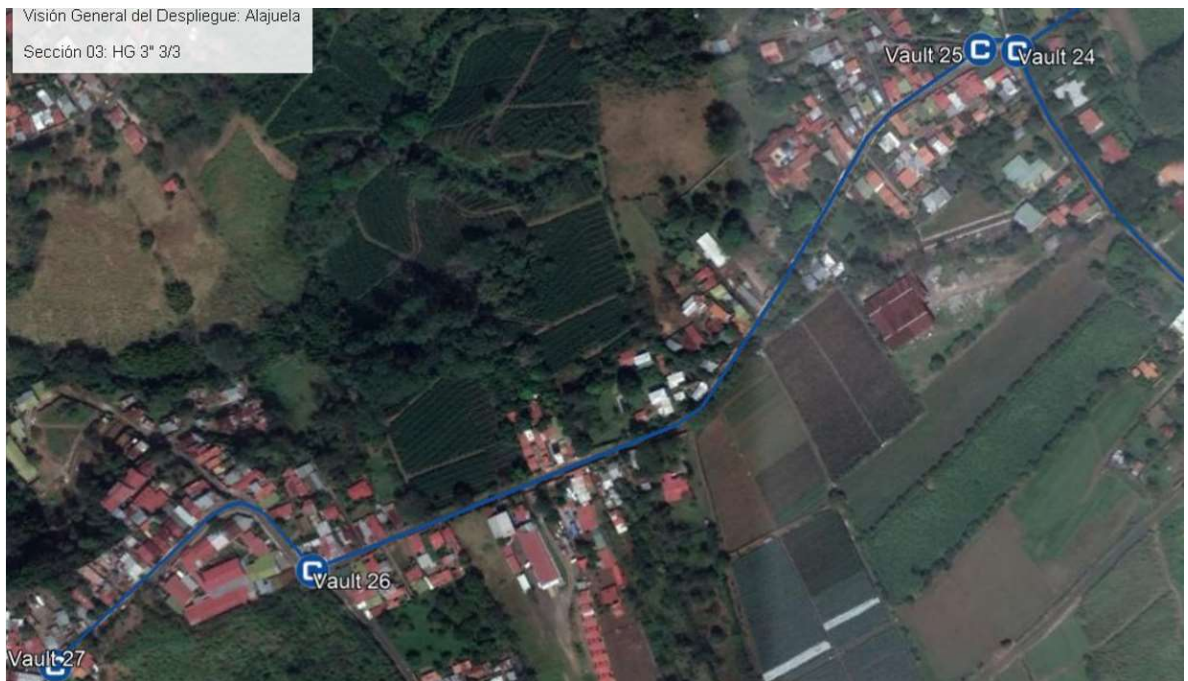


Ilustración 32: Sección 3.3 HG 75 mm

Fuente (Propia)

Tabla 5: Cantidad de materiales sección 3

Caja de registro	# Valvula	Longitud (m)	MP OD/ID (mm)	# Fibras (FU)	Puerto (")
20	2	779	10/6	24	2
21	2	276	10/6	24	2
22	2	841	10/6	24	2
23	2	674	10/6	24	2
24	2	553	10/6	24	2
25	2	38	10/6	24	2
26	2	745	10/6	24	2
27	2	292	10/6	24	2
28	2	956	10/6	24	2
29	2	747	10/6	24	2
30	2	539	10/6	24	2
31	2	82	10/6	24	2
32	2	661	10/6	24	2
33	2	702	10/6	24	2

Fuente (Propia)

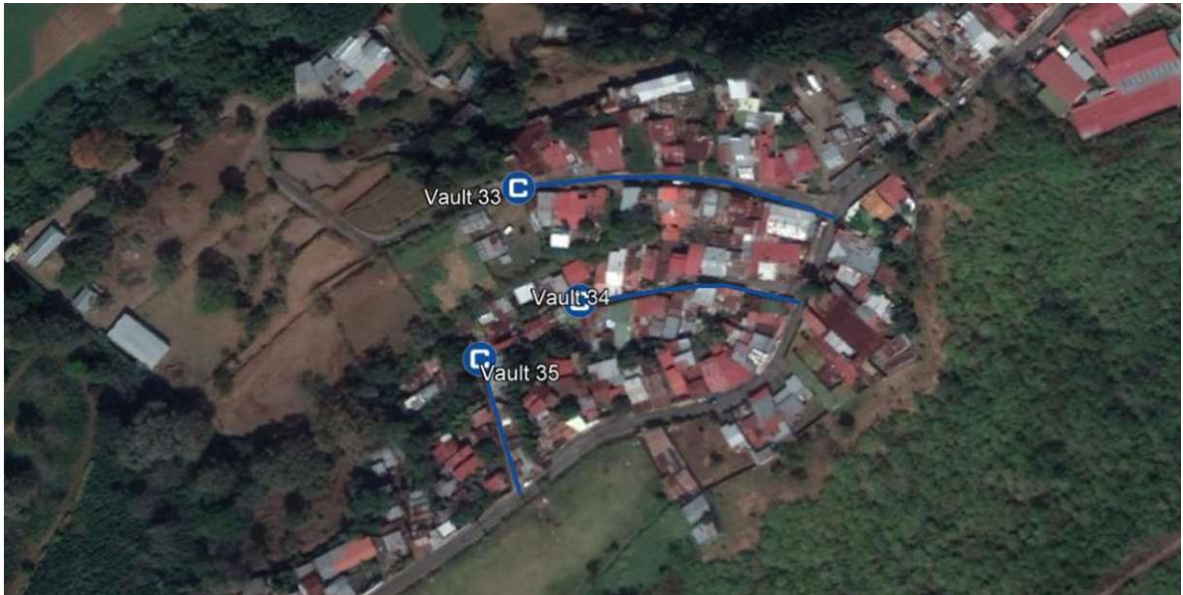


Ilustración 34: Sección 4.1 PVC 25 mm

Fuente (Propia)



Ilustración 35: Sección 4.2 PVC 25 mm

Fuente (Propia)

Tabla 6: Cantidad de materiales sección 4

Caja de registro	# Valvulas	Longitud (m)	MP OD/ID (mm)	# Fibras (FU)	Puerto (")
34	2	153	5/2.5	4	3/4
35	2	105	5/2.5	4	3/4
36	2	67	5/2.5	4	3/4
37	2	372	5/2.5	4	3/4

Fuente (Propia)

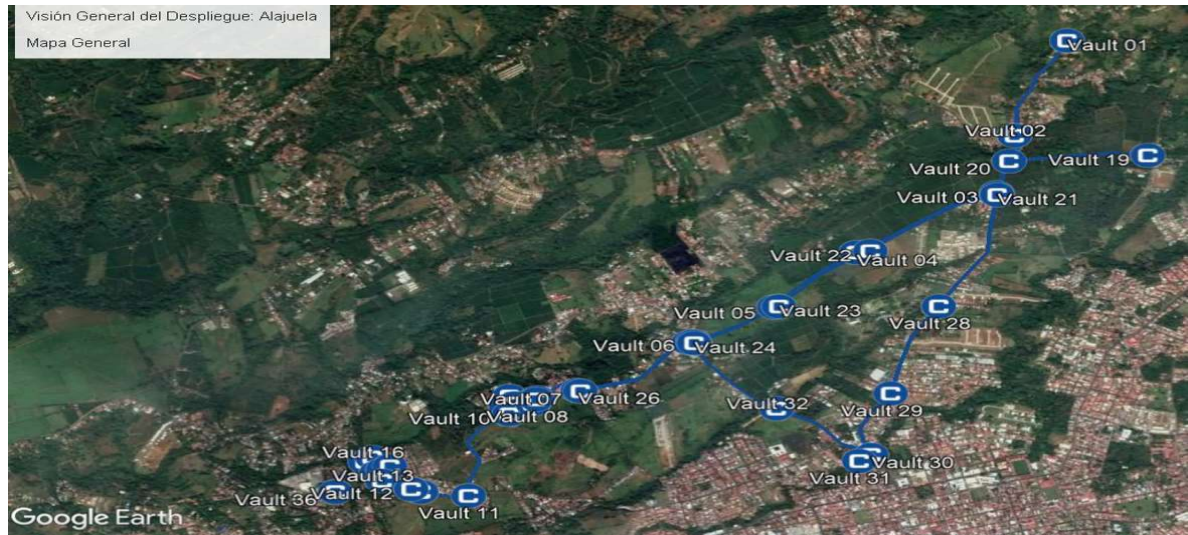


Ilustración 36: Sección 5 PVC 100 mm

Fuente (Propia)

Tabla 7: Cantidad de material sección 5

caja de registro	# Valvulas	Longitud (m)	MP OD/ID (mm)	# Fibras (FU)	Puerto (")
38	2	268	10/6	24	2

Fuente (Propia)

Según lo anterior, se obtiene una visión general del despliegue de la Fibra Óptica de la siguiente forma.

Estudio de factibilidad.

La Municipalidad de Alajuela propuso desarrollar este proyecto en el sector de Itiquís (Central Tuetal Sur) que comprende una longitud aproximada de 18200 m. con tuberías que van de 25 a 100 mm (1 a 4 pulgadas) de diámetro a lo largo de todo el tramo, este es un punto considerado crítico por la Administración Municipal del Acueducto. Es considerado crítico, según las fuentes de la información, ya que cuenta con un número importante de fugas.

Tabla 8: Cantidad de materiales requeridos en todo el tramo Itiquis

Materiales Requeridos	Cantidad
CRALEY Stainless Steel 50mm M-Series MHD Final Fittings (PN16)	68 und
CRALEY Stainless Steel 19mm M-Series Final Fittings (PN16)	8 und
CRALEY 10/6mm Messenger Pipe (PN16)	17.000m (17Km)
CRALEY 5/2.5mm Messenger Pipe (PN16)	1.200m (1.2Km)
CRALEY 24FU – 24 strand cable de fibra óptica	17.000m (17Km)
CRALEY 4FU – 4 strand Cable de fibra óptica	1.200m 1.2(Km)

Ilustración 37: Vista general de la propuesta.

Fuente (Propia)

Para implementar el sistema que se plantea en este proyecto, como solución para la disminución del agua no contabilizada y el óptimo monitoreo de la red de Agua Potable administrada por la Municipalidad de Alajuela, se debe hacer una inversión de ₡409 657 706,51, dato que se obtiene al realizar el presupuesto necesario para su implementación en el sitio de estudio.

SUB-SISTEMA: TUETAL SUR (SISTEMA CENTRAL)

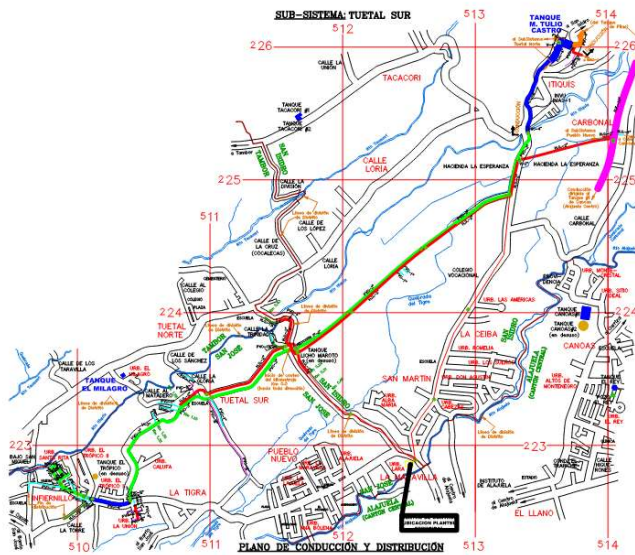


Ilustración 38 Sub Sistema Tuetal Sur

Fuente: Administración Municipal

Dicha inversión asume las siguientes especificaciones técnicas, construcción de 23 cajas de registro, las cuales se instalan a lo largo del tramo en estudio, debido a que las válvulas existentes no cuentan con registro propio, además, es recomendado por el fabricante del sistema de monitoreo de fibra óptica, fraccionar la línea de distribución por medio de válvulas, al menos cada 1000 m, las cuales contarán con su respectiva caja de registro.

La función principal de las cajas de registro, es permitir la entrada y salida en cada válvula de la fibra óptica, por medio uniones flexibles tipo “dresser” con una adaptación especial para evitar fugas por presión y permitir la salida/entrada de la fibra óptica, tanto a las uniones como a la caja de fusión de la fibra óptica, las válvulas y el cable de fibra óptica, están incluidos dentro del presupuesto.

La unidad analizadora Atlantis Hydrotec se deberá adquirir a la empresa Craley Group distribuidor exclusivo, pionera en innovación por medio de infraestructura inteligente, entre las cuales se destaca la tecnología “Pipe in pipe”, desarrollada para el uso en infraestructura existente, Lo que genera el mínimo impacto y reduce los tiempos y costos de ejecución al mínimo, comparado con el sistema tradicional. La unidad analizadora Atlantis Hydrotec tiene la capacidad de procesar 40 km lineales, sin una unidad auxiliar, por lo anterior, el costo indicado en el presupuesto de esta unidad, puede aprovecharse diluyéndose dentro de la instalación de, aproximadamente, 30 km adicionales al caso en estudio, lo que permite una optimización mayor a la red de distribución. Esta solución cuenta con el certificado de uso seguro dentro de la red de agua potable, emitido por la Esquema de Asesoramiento sobre Regulaciones de Agua (WRAS) y la Organización para la Salud y Seguridad Pública de los Estados Unidos, la NSF International.

Esta unidad analizadora se debe instalar en un cuarto de monitoreo lo más cercano posible a la línea de conducción, en nuestro caso de estudio, se plantea la construcción de un cuarto de monitoreo de 36 m² , completamente dotado, que cumpla estándares de calidad requeridos por la Administración, ubicado en el plantel municipal, a una distancia aproximada de 50 m. del empalme a la red de conducción de agua potable, esta ubicación facilita el no adquirir terrenos que incrementen el valor del proyecto.

Tabla 9: Desglose de presupuesto

Suministro e instalación del sistemas de detección de fugas Atlantis Hidrotec para el Sistema Central - Tuetal sur (Tramo						
Ítem	Obras (entregables)	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Precio Total
1	cajas de registro de concreto	Cajas de 60 x 60 x 150 cm. De planta cuadrada. Su funcionalidad es permitir los cambios de dirección, cruce de calle y ubicación de cajas de empalme. Es recomendable que la instalación de las mismas, se realice sobre la acera y en el caso de no ser posible, se instalarán en calzada lo más cercano al bordillo.	38	und	€834 246,56	€31 701 369,12
2	Unidad Analizadora principal y la Unidad de Mapeo	suministro e instalación de cabina tipo rack de 27U con control ambiental, suministro e instalación de una unidad analizadora principal y la unidad de mapeo. suministro e instalación de UPS. suministro e instalación de filtro de potencia y distribución eléctrica suministro e instalación switch de red, según especificación técnica. suministro e instalación de KVM, según especificación técnica. suministro e instalación de unidad de almacenaje RAID.	1	Unid.	€164 178 550,00	€164 178 550,00
3	Suministro e instalación de cable de fibra óptica.	suministro e instalación de cable de fibra óptica dentro de las tuberías de la red de Agua Potable denominada Sistema Central-Tuetal sur. Se instalara solamente en las tuberías de 25, 75 y 100 mm de diámetro.	18200	m	€1 714,78	€31 208 947,50
4	Instalación de ODF con fibra óptica.	Instalación de centro de distribución de fibra óptica en cada caja de registro, en el cual se fusionara la fibra utilizando conectores LCLC para lograr la salida/entrada del sistema en cada una de las válvula.	38	und	€85 699,28	€3 256 572,80
5	Cabina de Monitoreo	construcción de cabina de monitoreo según planos constructivos.	36	m ²	€524 819,44	€18 893 500,00
6	Válvulas	suministro e instalación	68	und	€188 261,10	€12 801 754,50
7	Cambio de tubería de AC	suministro e instalación de 775 m de tubería PVC RSD26 de 100 mm, la misma remplazara el tramo de asbesto, ubicado en Itiquís.	775	m	€190 473,56	€147 617 012,59
					Imp 13%	€0,00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO						€409 657 706,51
COSTO TOTAL DEL PROYECTO						\$ 694 335,10

Fuente: Propia

En el presupuesto se propone el cambio de 775 m de tubería en Asbesto-Cemento, la cual ha salido del mercado a finales del siglo XX debido a que se comprueba que los componentes de la estructura mineral del Asbesto son perjudiciales para la salud al ser inhalado, este material se ha comprobado ser causal de tipos de cáncer los cuales afectan, principalmente, los pulmones, aunque en menor proporción, sigue siendo dañino al ser ingerido, este material fue utilizado principalmente en el siglo anterior como aislante debido a

sus óptimas condiciones para ello, por lo tanto, se considera el cambio de asbesto cemento a tubería de PVC. Este cambio refleja en el presupuesto un 37 % del costo total de la inversión, lo que significaría que la inversión para instalar el sistema de monitoreo estima los 246 millones de colones.

Es sumamente importante resaltar, que la inversión para la ejecución del sistema propuesto y algunas mejoras de la red de Agua Potable, cuenta con un retorno de inversión a corto plazo, debido a que el porcentaje de agua no contabilizada bajaría ,considerablemente, lo que provocaría de esta manera una mejora en la recaudación del cobro del agua, mensualmente ,y de igual manera reduciría los costos de manteamiento, daría como resultado una evidente baja en el costo final del agua distribuida a la población. Por ende, el Gobierno Local lograría obtener una a abrupta mejora en sus ganancias, además de mejorar los inconvenientes que generan las fugas para la circulación peatonal y vehicular, así como en su mantenimiento correctivo, y afectación en la calidad y continuidad del servicio.

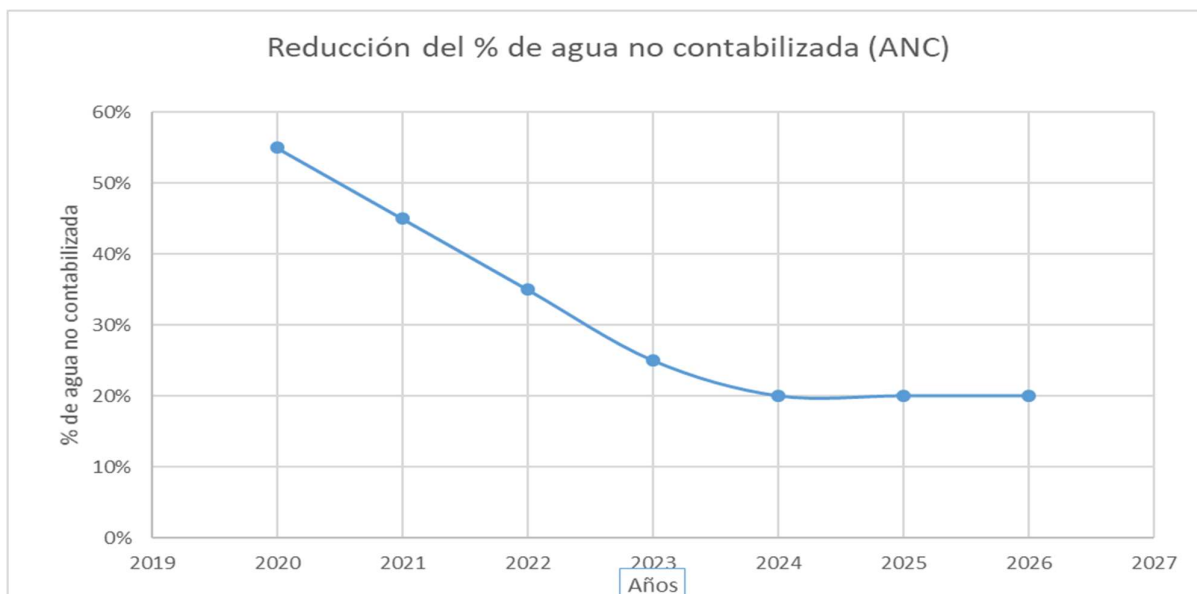


Ilustración 39 Grafico Posible Reducción del porcentaje de agua no contabilizada en el sector de Itiquis.

Fuente Propia.

Por último, y no menos importante, cabe señalar que el sistema de monitoreo de fibra Atlantis Hydrotec, cuenta con la capacidad de mapear tuberías subterráneas con gran precisión e identificar la ubicación precisa del subsuelo de las tuberías para la reparación de los daños o cualquier tipo de evento, todo sin la necesidad de hacer zanjas ,técnicas amigables con el medio ambiente, lo cual desde el aspecto social se diría que el impacto para la población durante el proceso de ejecución del proyecto sería mínimo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. En definitivo, basada en los datos obtenidos, se determina que el sistema actual de la red potable de Alajuela Centro, antiguo y carente de tecnologías.
2. Además, lo expuesto, permite concluir sin duda alguna, que implementar la Fibra Óptica como herramienta de detección temprana de fugas en los ductos de la red de Agua Potable, será de gran beneficio y ligereza para la compañía encargada de manejar este proyecto. Así como, para la población en general, ya que esta recibirá un servicio fiable y eficiente.
3. Analizado cada punto de este proyecto, se puede afirmar, que, si se quiere tener ductos de distribución de Agua Potable fiables, beneficiosos y positivos; la Municipalidad de esta provincia necesita un cambio urgente en sus sistemas potables actuales. Con la necesidad de una inversión inicial justa, que luego traerá bajos costos y mayor beneficio para la misma; así, como para la comunidad.
4. Con base en el estudio, se generó un listado de especificaciones técnicas de los materiales necesarios para poder ejecutar el proyecto.

Recomendaciones.

1. Después de haber finalizado el análisis de este trabajo se recomienda a la Municipalidad de Alajuela ejecutar un proyecto piloto para la implementación del sistema Atlantis Hydrotec, ya que se demostró que es una necesidad paliativa de la red de Agua Potable. Cabe resaltar que las empresas involucradas están dispuestas a ejecutar dicho plan de la mano de Municipalidad de Alajuela.
2. Implementar el cambio de tubería de diámetro pequeños (50 y 75 mm) que se encuentran, comúnmente, en la red de distribución de Agua Potable y pasarlas a mínimo un diámetro de 150 mm, esto con el fin de mejorar la capacidad hidráulica de la red.
3. Ejecutar la sustitución de las tuberías de asbesto cemento que se encuentran en la red de Agua Potable, ya que existen estudios sobre posibles daños para la salud del ser humano hay que llevar a cabo, la transición del asbesto cemento a tubería de PVC.
4. Instalar una cantidad importante de válvulas de control de paso en el sistema lo que genera una mejor sectorización de la red lo que genera un beneficio al momento de dar mantenimiento, pues menos consumidores se verán afectados, con quedarse sin agua.

Bibliografía

- Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica. (2017). *Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones*. San Jose, Costa Rica: CFIA.
- CONAGUA. (2015). *Estudios Técnicos Para Proyectos de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Diseño Estructural*. Mexico D.F.: Comisión Nacional del Agua.
- CONAGUA. (2016). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento; Diseño de Redes de Distribucion de Agua Potable*. Mexico D.F: Comisión Nacional del Agua.
- Espino, A. (12 de Noviembre de 2018). *Revista Circle*. Obtenido de <https://www.revistacircle.com/2018/11/12/ciudades-resilientes/>
- INEC. (2018). *Costa Rica en Cifras 2018*. San Jose: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Obtenido de <http://inec.cr/sites/default/files/documentos-biblioteca-virtual/recostaricaencifras2018.pdf>
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (-). *Especificaciones Técnicas Generales del AyA*. San Jose: AyA.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2016). *Política Nacional de Agua Potable de Costa Rica 2017-2030*. San José, Costa Rica : Comision Interinstitucional.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2017). *NORMA TÉCNICA PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DE SANEAMIENTO Y PLUVIAL*. AyA. San Jose: AyA.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2018). *Reglamento para la prestacion de los servicios del AyA*. AyA. San Jose: AyA.
- Mora Alvarado, D., & Portuguez B, C. F. (2019). *AGUA PARA CONSUMO HUMANO POR PROVINCIAS Y SANEAMIENTO POR REGIONES MANEJADOS EN FORMA SEGURA*

OptaSense A Qinetiq Company. (2020). Obtenido de <https://www.optasense.com/power-utilities/>

Anexos



Ilustración 40: Daño en tubería




Fuente (Propia)



Ilustración 41: Fuga en el sector de La Ceiba

Fuente (Propia)

Tabla 10: Tipos De Rosca

TIPOS DE ROSCA			
NORMA	EUROPEA		AMERICANA
TIPO DE ROSCA	BSP		NPT
	CILÍNDRICA	CÓNICA	
RACOR			
Denominación de la rosca	ROSCA "G"	ROSCA "R"	ROSCA "NPT"
Medidas disponibles de racores neumáticas	G 1/8	R 1/8	NPT 1/8
	G 1/4	R 1/4	NPT 1/4
	G 3/8	R 3/8	NPT 3/8
	G 1/2	R 1/2	NPT 1/2
Nº de hilos por Pulgada de rosca	1/8	28	27
	1/4	19	18
	3/8	19	18
	1/2	14	14
Meiddas de las mangueras	mm		Pulg
C en mm	6	7,5	9,8
	8	11	14,3
	9	11,5	19
	11	15	19

FUENTE (Aragonesa, Tornillería)