



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

MANEJO DEL SOFTWARE QGIS PARA GESTIONAR DATOS DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA EN LA URB. MIRAFLORES

Aymé Valdiviezo-Castro

Piura, marzo de 2019

FACULTAD DE INGENIERÍA

Departamento de Ingeniería Civil

Valdiviezo, A. (2019). *Manejo del software QGIS para gestionar datos de redes de distribución de agua en la Urb. Miraflores* (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú.



Esta obra está bajo una licencia

[Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

[Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura](https://repositorio.institucional.pirhua.edu.pe/)

UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL



“Manejo del software QGIS para gestionar datos de redes de distribución de agua en la Urb. Miraflores”

**Tesis para optar el Título de
Ingeniero Civil**

Aymé Lucía Valdiviezo Castro

Asesor: Dr. Francisco Arteaga Nuñez

Piura, marzo de 2019

A Dios por permitir un logro más. A mis padres Teresa y Luis por su esfuerzo y dedicación. Y a mi familia que siempre me ha apoyado.

Prólogo

La idea principal de este proyecto es llegar a diversos tipos de profesionales que deseen involucrarse y a la vez adquirir conocimientos sólidos acerca de cómo implementar Sistemas de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés [*Geographic Information System*]) integrados por *software* de código libre, los cuales son: Quantum GIS (QGIS) 2.8.4, PostgreSQL 9.2 y PostGIS 2.1.

En la región Piura la EPS GRAU S.A., es la empresa que brinda servicios de saneamiento de agua potable y alcantarillado a las provincias de Piura, Paita, Talara, Sullana, Morropón y próximamente Sechura. Esta empresa es una de las innovadoras en tecnologías GIS en la zona norte del Perú, esta administra toda su información de catastro de clientes, redes de agua, alcantarillado e infraestructuras en una base de datos geográfica; y los usuarios en tiempo real pueden consultar dicha información a través de un sistema web con tecnología GIS alojado en un servidor en la nube. Basándose en esta tecnología aplicada por la empresa en mención surgió la necesidad de promover el uso de este tipo de tecnologías en los diferentes proyectos de catastro que pueden implementarse en Piura y otras ciudades.

Este proyecto toma como modelo a EPS GRAU S.A. para demostrar paso a paso las bondades que tiene un GIS respecto a archivos AutoCAD que actualmente vienen siendo manejados por los municipios de Castilla, Piura y Veintiséis de octubre.

Por otro lado, el proyecto está configurado para Windows 10, pero puede descargarse, instalarse y configurarse en cualquier sistema operativo. Para más detalle ingrese a cada una de las siguientes páginas oficiales: QGIS (<https://www.qgis.org/es/site/>), PostgreSQL (<https://www.postgresql.org/>) y lea la documentación para aclarar todo tipo de inquietud.

Resumen

El tema de estudio para esta investigación es la implementación de los sistemas de información geográfica que puedan facilitarnos los datos al momento de gestionar información en sistemas de redes de distribución de agua potable, para ello se tomó como área piloto a la urbanización Miraflores ubicada en la ciudad de Piura.

Asimismo, se contemplaron cinco capítulos que se detallan a continuación:

El capítulo uno trata la problemática que dio paso a la investigación, los objetivos y la justificación que llevó a implementar el SIG.

En el capítulo dos encontramos los antecedentes de la investigación, la teoría de los sistemas de redes de distribución de agua potable, y las bases teóricas del *software* QGIS 2.8.4, PostgreSQL 9.2 y PostGIS 2.1.

El capítulo tres se basa en la metodología de la investigación empleada y la hipótesis junto a la variable dependiente e independiente.

El capítulo cuatro detalla el proceso de instalación e implementación del sistema GIS. A su vez contiene el modelado de tablas en la base de datos PostgreSQL y el diseño de reportes en QGIS.

Por último, el capítulo cinco explica cómo la implementación del SIG mejora el desempeño y el rendimiento de los usuarios que manipulen este tipo de datos.

Tabla de contenido

Introducción	1
Capítulo 1 Aspectos generales	3
1.1. Planteamiento del problema	3
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Objetivo general	4
1.2.2. Objetivos específicos.....	4
1.3. Justificación de la investigación	4
Capítulo 2 Marco teórico	5
2.1. Antecedentes de la investigación	5
2.1.1. A nivel internacional	5
2.1.2. A nivel nacional	6
2.2. Características del área piloto	7
2.3. Sistema de distribución de agua potable	9
2.3.1. Descripción general.....	9
2.3.2. Componentes del sistema	10
2.3.2.1. Captación.....	10
2.3.2.2. Conducción	10
2.3.2.3. Tratamiento	11
2.3.2.4. Regulación.....	11
2.3.2.5. Línea de alimentación (aducción)	11
2.3.2.6. Red de distribución	11
2.4. Red de distribución de agua potable	12
2.4.1. Definición.....	12
2.4.2. División	12

2.4.2.1.	Red primaria.....	12
2.4.2.2.	Red secundaria	13
2.4.3.	Componentes en el área piloto	14
2.4.3.1.	Tuberías.....	14
2.4.3.2.	Accesorios.....	17
2.5.	Fuentes de captación y almacenamiento en el área piloto	19
2.5.1.	Canal	19
2.5.2.	Pozo.....	19
2.5.3.	Reservorio	19
2.6.	Bases teóricas del software QGIS.....	20
2.6.1.	Sistema de información geográfica QGIS	20
2.6.1.1.	Definición	20
2.6.1.2.	Conceptos importantes del programa.....	21
2.6.1.3.	Interfaz	25
2.6.2.	Ventajas.....	28
2.6.3.	Uso del QGIS en el mantenimiento de un sistema de agua potable	29
2.6.3.1.	Mantenimiento correctivo	29
2.6.3.2.	Mantenimiento predictivo	30
2.6.4.	Base de datos del QGIS	30
2.6.4.1.	pgAdmin3	30
2.6.4.2.	PostgreSQL 9.2	31
2.6.4.3.	PostGIS 2.1	31
Capítulo 3 Metodología de la investigación		35
3.1.	Tipo de investigación.....	35
3.2.	Diseño de la investigación	35
3.3.	Técnicas y análisis de datos	35
3.4.	Hipótesis	36
Capítulo 4 Implementación e instalación del software QGIS		37
4.1.	Alcance del proyecto	37
4.2.	Requisitos para la instalación del programa QGIS	37
4.2.1.	Pasos para la descarga de los programas QGIS y PostgreSQL.....	38
4.2.2.	Pasos para la instalación de los programas QGIS y PostgreSQL	38
4.2.3.	Creación y configuración de la base de datos del programa PostgreSQL	39

4.3.	Diseño del sistema de distribución de redes de agua potable	40
4.3.1.	Exportación de los planos del <i>software</i> AutoCAD a QGIS	40
4.3.2.	Creación de las capas del proyecto	44
4.3.2.1.	Tipos de geometrías espaciales del <i>software</i> QGIS	44
4.3.3.	Creación de las capas en la base de datos de PostgreSQL.....	45
4.3.3.1.	Crear conexión en la base de datos	45
4.3.3.2.	Crear la propia base de datos	45
4.3.3.3.	Crear las tablas en la propia base de datos	46
4.3.3.4.	Modelado de la base de datos.....	60
4.3.4.	Conexión de QGIS con la base de datos de PostgreSQL.....	60
4.3.4.1.	Parámetros de conexión con la base datos	60
4.3.4.2.	Visualización de las capas de la base de datos.....	60
4.3.5.	Personalización de las capas en el software QGIS.....	63
4.3.5.1.	Estilo	64
4.3.5.2.	Etiquetas	66
4.4.	Pruebas del sistema	67
4.4.1.	Filtrado de las capas en el programa QGIS	67
4.4.2.	Demostración de la información de los atributos en QGIS.....	69
4.4.3.	Edición de la información de las capas en QGIS	70
4.4.4.	Diseño de reportes con QGIS	73
	Capítulo 5 Análisis de resultados	77
5.1.	Rendimiento del sistema SIG.....	77
5.2.	Finalización del sistema SIG.....	78
	Conclusiones.....	83
	Recomendaciones.....	85
	Referencias bibliográficas.....	87

Anexos	93
Anexo 1. Plano AV-01 Plano urbanístico de Castilla actualizado al año 2017.....	95
Anexo 2. Plano AV-02 Plano general de la red de distribución de agua potable en el Distrito de Castilla	96
Anexo 3. Plano AV-03 Planimetría del sistema de distribución de agua potable del año 2018 en formato CAD brindada por la Municipalidad de Castilla ..	97

Lista de tablas

Tabla 1.	Ventajas y desventajas de las fuentes de abastecimiento de aguas superficiales y subterráneas	11
Tabla 2.	Atributos de la capa urbanismo.....	47
Tabla 3	Atributos de la capa manzanas.....	48
Tabla 4.	Atributos de la capa predios.....	49
Tabla 5.	Atributos de la capa redes de agua.....	50
Tabla 6.	Atributos de la capa calle	52
Tabla 7.	Atributos de la capa accesorios.....	53
Tabla 8.	Atributos de la capa válvula de cierre.....	55
Tabla 9.	Atributos de la capa pozo.....	57
Tabla 10.	Atributos de la capa reservorio	59

Lista de figuras

Figura 1	Ubicación geográfica de la urbanización Miraflores	8
Figura 2.	Usuarios de agua potable de la urbanización Miraflores	9
Figura 3.	Redes de distribución de agua potable	12
Figura 4.	Redes primarias y secundarias	13
Figura 5.	Tuberías de conducción	16
Figura 6.	Tuberías de aducción	16
Figura 7.	Tuberías de impulsión.....	17
Figura 8.	Pozo y reservorio Miraflores	20
Figura 9.	Software QGIS 2.8.4.....	21
Figura 10.	Imagen ráster centrada de la ciudad de Huaraz, con una escala de 1:40 000.....	22
Figura 11.	Mapa hecho solo de datos vectoriales: las provincias (polígonos), las vías (líneas) y las capitales provinciales (puntos).....	23
Figura 12.	Complemento <i>OpenLayers</i>	24
Figura 13.	Zona piloto vista desde el programa <i>Google Hybrid</i>	25
Figura 14.	Elementos del programa QGIS: 1) Barra de herramientas menú, 2) Barra de herramientas ayuda, 3) Panel de capas, 4) Vista del mapa, 5) Barra de estado, 6) Explorador de datos.	25
Figura 15.	Acceder a los paneles del menú “Ver” en QGIS	26
Figura 16.	Barra de menú de QGIS	26
Figura 17.	Herramientas usadas con más frecuencia	27
Figura 18.	Elementos de la barra de estado: 1) Coordenada, 2) Escala, 3)Amplificador, 4) Rotación y 5) EPSG.....	28
Figura 19.	Acceder al panel del explorador desde el menú Ver > Paneles	29
Figura 20.	Software pgAdmin3	32
Figura 21.	Interfaz del software pgAdmin3	32
Figura 22.	Software PostgreSQL 9.2.....	32
Figura 23.	Software PostGIS 2.1	33

Figura 24.	Plano Castilla actualizado 2017	40
Figura 25.	Creación de una capa vectorial	41
Figura 26.	Abrir una capa vectorial admitida por OGR.....	41
Figura 27.	Selector de sistema de referencia de coordenadas	42
Figura 28.	Selección de capas vectoriales.....	42
Figura 29.	Capa punto y línea del plano Castilla actualizado 2017	43
Figura 30.	Plano Castilla actualizado 2017 importado en el <i>software</i> QGIS	43
Figura 31.	Representación de la zona piloto haciendo uso de las capas: punto, línea y polígono en el QGIS	44
Figura 32.	Conexión en la base de datos de PostgreSQL	45
Figura 33.	Nombre de la base de datos: Urb Miraflores	45
Figura 34.	Creación de una tabla en la base de datos	46
Figura 35.	Capas en formato shape	46
Figura 36.	Creación de los campos de la tabla urbanismo.....	47
Figura 37.	Creación de los campos de la tabla manzanas	48
Figura 38.	Creación de los campos de la tabla predios	49
Figura 39.	Creación de los campos de la tabla redes de agua.....	50
Figura 40.	Creación de los campos de la tabla calle	52
Figura 41.	Creación de los campos de la tabla accesorios	53
Figura 42.	Creación de los campos de la tabla válvula de cierre	54
Figura 43.	Creación de los campos de la tabla pozo	56
Figura 44.	Creación de los campos de la tabla reservorio	58
Figura 45.	Tablas de la base de datos.....	60
Figura 46.	Ícono para conectar QGIS con PostgreSQL	61
Figura 47.	Parámetros de conexión de QGIS con PostgreSQL	61
Figura 48.	Listado de las capas de la base de datos	62
Figura 49.	Capas mostradas en el QGIS desde la base de datos	62
Figura 50.	Opción de propiedades de capa en QGIS	63
Figura 51.	Propiedades de capa en QGIS	63
Figura 52.	Estilo de capa.....	64
Figura 53.	Estilo de las capas: urbanismo y predios	64
Figura 54.	Estilo por tipo de función de la red de agua (aducción, distribución e impulsión).....	65
Figura 55.	Estilo de la capa red de agua	65
Figura 56.	Personalización por etiqueta de la urb. Miraflores	66
Figura 57.	Urbanismo Miraflores etiquetado	66

Figura 58.	Opción de filtrado de una capa	67
Figura 59.	Constructor de consultas para el filtrado	68
Figura 60.	Filtrar en la capa accesorios los campos: <i>false</i> y CODO 90	68
Figura 61.	Opción “Abrir tabla de atributos”	69
Figura 62.	Tabla de atributos de los codos de 90° que no se han eliminado en campo	69
Figura 63.	Atributos de la capa accesorios	70
Figura 64.	Opciones de edición, guardar, borrar y mover de la tabla de atributos	70
Figura 65.	Opciones de edición, guardar, añadir, mover y borrar objetos espaciales	71
Figura 66.	Ingreso de la información de los accesorios	71
Figura 67.	Mover hidrante de su ubicación	72
Figura 68.	Objeto seleccionado y eliminado	72
Figura 69.	Opción para el diseño de reportes	73
Figura 70.	Ingreso del título del reporte	74
Figura 71.	Diseñador del reporte	74
Figura 72.	Opción “Diseño”	74
Figura 73.	Opción “Añadir mapa”	75
Figura 74.	Hoja de impresión	75
Figura 75.	Exportación a formato PDF	76
Figura 76.	Planimetría del sistema de distribución de agua potable del año 2018 en formato CAD brindada por la municipalidad de Castilla	78
Figura 77.	Los 2 tramos de red de agua junto con el hidrante encerrados con un rectángulo rojo	79
Figura 78.	Cambio de estado de red de agua 1, asignándole: eliminado = <i>true</i>	79
Figura 79.	Cambio de estado de red de agua 2, asignándole: eliminado= <i>true</i>	80
Figura 80.	Cambio de estado de accesorio, asignándole: eliminado= <i>true</i>	80
Figura 81.	Filtro de la capa red de agua	81
Figura 82.	Ingreso de la información de la nueva red de agua	81

Introducción

Todo sistema de redes de distribución de agua potable consta de accesorios y tuberías, que juntos permiten el transporte del agua desde las fuentes (pozos, reservorios, plantas de tratamiento, entre otras) hasta la población; este servicio de agua potable debe satisfacer las necesidades de la misma.

Para una buena operación y mantenimiento del sistema de distribución se debe contar con un catastro de redes, que implica mantener una base de datos espacial y georreferenciada con información exacta existente en campo de los elementos que conforman este sistema de redes. Esta gestión de información permitirá analizar, evaluar, planear e implementar medidas eficientes de mantenimiento preventivo y correctivo de redes de distribución.

La manera de gestionar eficientemente este tipo de datos es por medio de un Sistema de Información Geográfica, el cual es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar la información geográficamente referenciada, con el fin de resolver problemas complejos de planificación y de operación de la red de distribución.

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus características o atributos, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

La razón fundamental para utilizar un SIG es la eficaz gestión de la información espacial, que es lo que diferencia a un SIG de otros sistemas de información. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitar al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos.

En este proyecto se cuenta con la información de campo de las redes de distribución de agua potable de la urbanización Miraflores de Castilla, la cual servirá como fuente de referencia para implementar el sistema de información geográfica.

Capítulo 1

Aspectos generales

1.1. Planteamiento del problema

Actualmente los municipios de Piura, Castilla y Veintiséis de Octubre manejan su planimetría catastral con el programa AutoCAD de formato (.dwg), el cual es una herramienta muy empleada por el área de proyectos y catastro.

El Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento (OTASS) actualmente viene solicitando a las empresas prestadoras de servicios de saneamiento la implementación de sistemas de información geográfica aplicados a sus catastros, para que de esta forma se logren mejoras en la gestión de la información catastral de los usuarios de la empresa, así como la operación y el mantenimiento de las redes de agua potable, alcantarillado e infraestructuras como plantas de tratamiento, pozos, reservorios, cámaras de bombeo, etc.

Se ha tomado en cuenta este requerimiento de la OTASS para mostrar las bondades que brinda un SIG respecto al programa AutoCAD que actualmente manejan los municipios mencionados anteriormente.

El principal problema de trabajar con archivos CAD en proyectos de catastro es la gestión de la información catastral, debido a que la misma es muy cambiante en el tiempo, y el estar realizando estas actualizaciones de información en un solo archivo AutoCAD demanda muchas horas de trabajo y se vuelve tedioso para aquellas personas que se encargan de manejarla.

Los altos directivos de los municipios muchas veces solicitan resúmenes o consolidados de información con respecto a uno o más parámetros, un claro ejemplo puede ser: cuáles y cuántas son las de redes de agua potable que se encuentran defectuosas desde el año 2015; obtener este tipo de información demandaría mucho tiempo y participación de los miembros del área de catastro.

Otro de los problemas que existen al momento de implementar los sistemas de información geográfica en los municipios o empresas del sector de saneamiento es la falta de conocimiento de estos sistemas y experiencia de especialistas en esta materia, es por ello que este proyecto permitirá servir de modelo al momento de querer implementar sistemas GIS en alguna empresa de saneamiento o municipio.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Implementar con software libre QGIS un catastro de redes de distribución de agua potable dinámico para la gestión de la información, en este caso se tomará como área de estudio a la urbanización Miraflores, lo cual también permitirá brindar conocimientos técnicos para el manejo de sistemas de información geográfica en proyectos de catastro.

1.2.2. Objetivos específicos

- Adquirir información en formato AutoCAD, PDF, SHAPE para la correcta georreferenciación de información planimétrica proveniente de variadas fuentes como lo son: la Municipalidad de Castilla y la EPS Grau S.A.
- Diseñar una base de datos espacial, la cual será alimentada con información que ha sido extraída del catastro técnico, y a su vez permitirá gestionar dicha información.
- Introducir tecnologías de información como QGIS 2.8.4, PostgreSQL 9.2 y PostGIS 2.1 para implementar el SIG.
- Diseño e implementación de un sistema de información geográfica en la urbanización Miraflores de Castilla.
- Actualización permanente del catastro técnico existente o ampliación del sistema de redes de distribución de agua potable.

1.3. Justificación de la investigación

Desde sus inicios las áreas de catastro de las empresas de saneamiento y municipios han tenido una incorrecta estructuración y administración tanto en la base de datos geográfica como alfanumérica, presentándose una falta de control de calidad en el levantamiento de información cartográfica y diseño de la base de datos catastral sin tener en cuenta la componente geográfica para la validación de la información alfanumérica.

Como la información catastral es un producto importante tanto para las empresas de saneamiento como para las entidades municipales que se apoyan en los insumos cartográficos, la desactualización de la información y la no adecuada estructuración de la misma repercuten en la incorrecta toma de decisiones.

Visualizando los requerimientos que actualmente presentan las dos entidades en mención, estos se pueden priorizar básicamente en la necesidad de contar con una base de datos corporativa donde se garantice una relación consistente entre lo alfanumérico y lo geográfico.

El diseño e implementación del SIG y la actualización de la información permitirán el ahorro de esfuerzos tanto económicos como humanos, ya que al contar con esta herramienta las empresas de saneamiento y los municipios invertirán menos tiempo en la ejecución de sus procesos, ahorrando así parte del presupuesto destinado para la ejecución de nuevos proyectos.

Capítulo 2

Marco teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. A nivel internacional

- En este proyecto se exponen las experiencias en la aplicación de técnicas de Sistemas de Información Geográfica en la minimización de riesgos de dolinas (depresión geológica característica de los relieves kársticos, los cuales se originan por la meteorización química de rocas como la caliza, yeso, etc.) en la República de Sudáfrica.

En el mismo se demuestra como la herramienta SIG facilitó tanto el manejo de las redes de agua y saneamiento como la gestión de los reportes de incidencia. También se exponen las características específicas del proyecto, las fases en que se trabajó para la creación de las bases del SIG, los resultados preliminares obtenidos y las perspectivas del desarrollo futuro. (Ordás, 2012)

Este proyecto se logró, ya que después de 6 meses en la creación de las bases del sistema y 12 meses de explotación y mejora del mismo, se realizó la recomendación de la extensión del uso del SIG.

La argumentación de esta recomendación se basó en los beneficios brindados por el empleo de esta herramienta, desde el punto de vista técnico y organizativo, para el manejo eficiente del proyecto; así como las ventajas en la mejor utilización del presupuesto, con su uso en los lugares más necesitados.

Producto de esta recomendación, el Department of Public Works (DPW) de la República de Sudáfrica en el año 2010 encomendó a la compañía consultante a cargo de la oficina de ingeniería, que realizara un informe detallado de los costos que representaría la implantación del SIG en el proyecto, así como recomendará las compañías con mejores posibilidades de ofrecer el software necesario y la cartografía digital de alta calidad para la implantación del SIG.

Este requerimiento constituyó el primer paso para solicitar la asignación de un presupuesto especial al proyecto que requería la implantación del SIG.

- Se hizo una investigación que se centra en aplicar softwares libres a sistemas de alcantarillado. Además, para crear este modelo se tomaron varios aspectos importantes que servirán para el diagnóstico del manejo de la información de la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL) en Boaco, entre ellos se encuentran: la elaboración de una base de datos en QGIS y la evaluación hidráulica en *Environmental Protection Agency (EPA) Storm Water Management Model (SWMM)* de los Estados Unidos. Todos estos aspectos conformaron el modelo de aplicación de softwares libres del sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de Boaco.

La problemática de ENACAL delegación Boaco es que no cuenta con mecanismos actualizados a través de sistemas computarizados que permitan resguardar con mayor eficacia la información existente, pues cuando se aprueban proyectos de alcantarillado sanitario los planos se extravían debido a la cantidad de trabajos y archivos que se guardan. Tampoco cuenta con planos actualizados completos, y existen muchos sectores de la ciudad con inconsistencia en la información, no hay un orden de la poca información que se tiene, así mismo no existe una base de datos que le dé seguimientos a los problemas de alcantarillado sanitario de la ciudad. De igual forma no se cuenta un sistema de información geográfica del servicio de alcantarillado sanitario. (Lazo, 2016)

Frente a esta problemática se empleó el QGIS 2.8, programa que almacenará toda la información levantada en campo para luego ser utilizada en la toma de decisiones, además, esta información podrá ser subida a algún servidor de ENACAL o de la Cooperación Alemana para así poder usarla con fines operativos o comerciales según el usuario autorizado por ENACAL o la Cooperación Alemana; y EPA SWMM 5.0.

Este estudio facilitará a la empresa una mejor gestión del sistema de alcantarillado sanitario, ya que teniendo la información en manos se podrá solucionar cualquier problema en el alcantarillado sanitario con mayor agilidad.

2.1.2. A nivel nacional

- La sequía es un evento climatológico muy conocido en el Perú; frente a los efectos del cambio climático su frecuencia se verá modificada, así como la intensidad de sus impactos. Con la finalidad que el desarrollo socio económico de Piura no se vea muy afectado por motivos ambientales es necesario conocer los aspectos sociales que intervienen en la adaptación a la sequía. (Córdova, J. 2015)

La perspectiva de análisis a la problemática de adaptación al cambio climático ha estado mayormente centrada en la insuficiencia tecnológica y la carencia de infraestructura hídrica. (Córdova, J. 2015)

La metodología que se empleó para solucionar este problema fue mixta dado que los métodos fueron tanto cuantitativos como cualitativos. La finalidad de establecer ambos métodos es complementar los límites que implica cada uno de ellos. Del

mismo modo utilizó un software QGIS para el diseño de mapas con la finalidad de poder resaltar algunos aspectos de la investigación y hacer más fácil su lectura.

Con el propósito de validar las percepciones de sequía en Tucaque se revisó y analizó los registros de las estaciones meteorológicas de la zona que midieron las precipitaciones y la temperatura.

- El proyecto aborda la problemática actual de la gestión de las redes de agua urbanas mediante la conjunción de las nuevas tecnologías de tratamiento de la información con técnicas innovadoras para la construcción de modelos de las redes de distribución, con el propósito último de facilitar su diagnóstico y extender su uso en la toma de decisiones que redunden en la consecución de los objetivos establecidos.

La metodología empleada es la modelación de la red de agua a través de sistemas de información geográfica SIG que permita analizar datos y elaborar desde consultas sencillas hasta complejos modelos, llevados a cabo tanto sobre la componente espacial como sobre la componente temática de los datos, permitiendo la generación de resultados tales como mapas, informes y gráficos. (Caballero, 2017)

- La cuenca del río Mantaro es una de las más estudiadas del país, debido a su importancia. Su aprovechamiento hídrico se da con fines agrícolas, poblacionales, mineros, industriales y también para fines de producción energética. (Córdova, M. 2015)

El propósito de la tesis de Córdova consistió en emplear la regionalización hidrológica por medio del método de las técnicas estadísticas de regresión simple o múltiple para la predicción de los caudales en las subcuentas del río Mantaro que no poseen registros.

Además, en este proyecto se pretende dejar un documento que muestre el propósito de emplear esta técnica en otras cuencas peruanas, ya que el Perú es un país que carece de una adecuada cantidad de estaciones de medición.

Los registros hidrométricos naturalizados fueron obtenidos de los estudios hidrológicos del año 2004, realizados por las empresas ELECTROPERÚ S.A. y ELECTROANDES S.A., a partir de los registros históricos de las estaciones que administran.

A su vez la obtención de las características geomorfológicas de las cuencas hidrográficas se realizó mediante el empleo de la herramienta informática Quantum GIS 2.6.0, el cual es un sistema de información geográfica que permitió trabajar y analizar cierta información espacial georreferenciada para resolver problemas y tomar decisiones rápidas apoyadas en representaciones del mundo real.

2.2. Características del área piloto

La urbanización Miraflores está ubicada en el distrito de Castilla, provincia y departamento de Piura (ver Figura 1).

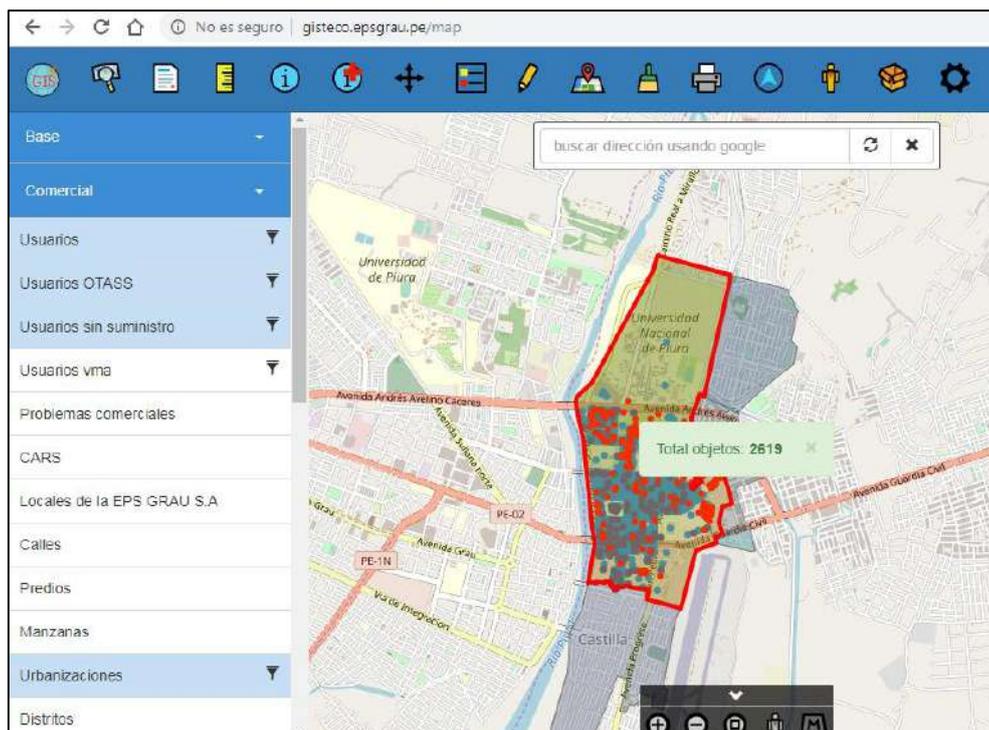


Figura 2. Usuarios de agua potable de la urbanización Miraflores
Fuente: GIS EPS GRAU

2.3. Sistema de distribución de agua potable

2.3.1. Descripción general

La hidráulica urbana tiene como uno de sus objetivos la parte sanitaria para la prevención de las enfermedades de tipo hídrico, tanto en la distribución de agua potable como en la recolección del agua residual. Esto da como resultado que los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario sean complementarios. (Jiménez, 2013)

En este proyecto nos vamos a centrar en el sistema de agua potable, por tanto, será conveniente definir y explicar las partes que lo integran.

Un sistema de abastecimiento de agua potable tiene como finalidad primordial, entregar agua en cantidad y calidad adecuada a los habitantes de una localidad para satisfacer sus necesidades, ya que como se sabe los seres humanos estamos compuestos en un 70% de agua, por lo que este líquido es vital para la supervivencia. (Jiménez, 2013)

El agua potable es considerada aquella que cumple con la norma establecida por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la cual indica la cantidad de sales minerales disueltas, así como la calidad microbiológica que debe tener el agua para adquirir la calidad de potable. Sin embargo, una definición generalmente aceptada dice que el agua potable es aquella que es “apta para consumo humano”, lo que quiere decir que es posible beberla sin que cause daños o enfermedades al ser ingerida. (Jiménez, 2013)

La contaminación del agua ocasionada por aguas residuales municipales, es la principal causa de enfermedades de tipo hídrico por los virus, bacterias y otros agentes biológicos que contienen las excretas, sobre todo si son de personas enfermas. Por tal motivo

es indispensable conocer la calidad del agua que se piensa utilizar para el abastecimiento a una población. (Jiménez, 2013)

2.3.2. Componentes del sistema

Un sistema de abastecimiento de agua potable está integrado por: captación, línea de conducción, tratamiento de potabilización, regularización, línea de alimentación, red de distribución y obras conexas o complementarias.

2.3.2.1. Captación

Es la parte inicial del sistema hidráulico y consiste en las obras donde se capta el agua para poder abastecer a la población. Pueden ser una o varias, el requisito es que en conjunto se obtenga la cantidad de agua que la comunidad requiere.

Para definir cuál será la fuente de captación a emplear, es indispensable conocer el tipo de disponibilidad del agua en la tierra, basándose en el ciclo hidrológico, de esta forma se consideran los siguientes tipos de agua según su forma de encontrarse en el planeta: aguas superficiales, aguas subterráneas, aguas meteóricas (atmosféricas) y agua de mar.

Las aguas meteóricas y el agua de mar, ocasionalmente se emplean para el abastecimiento de las poblaciones, cuando se usan es porque no existe otra posibilidad de surtir de agua a la localidad, las primeras se pueden utilizar a nivel casero o de poblaciones pequeñas y para la segunda, en la actualidad se desarrollan tecnologías que abaraten los costos del tratamiento requerido para convertirla en agua potable, además, de que los costos de la infraestructura necesaria en los dos casos son altos.

Por lo tanto, actualmente solo quedan dos alternativas viables para abastecer de agua potable a una población con la cantidad y calidad adecuada y a bajo costo, las aguas superficiales y las subterráneas (ver Tabla 1).

Las aguas superficiales son aquellas que están en los ríos, arroyos, lagos y lagunas, las principales ventajas de este tipo de aguas son que se pueden utilizar fácilmente, son visibles y si están contaminadas pueden ser tratadas con relativa facilidad y a un costo razonable. Su principal desventaja es que se contaminan fácilmente debido a las descargas de aguas residuales, pueden presentar alta turbiedad y contaminarse con productos químicos usados en la agricultura.

Las aguas subterráneas son aquellas que se encuentran confinadas en el subsuelo y su extracción resulta algunas veces cara, estas se obtienen por medio de pozos poco profundos y profundos, galerías filtrantes y en los manantiales cuando afloran libremente. Por estar confinadas están más protegidas de la contaminación que las aguas superficiales, pero cuando un acuífero se contamina, los métodos para descontaminarlo no son económicos.

2.3.2.2. Conducción

La denominada línea de conducción consiste en todas las estructuras civiles y electromecánicas cuya finalidad es llevar el agua desde la captación hasta un punto que puede ser un tanque de regularización, una planta de tratamiento de potabilización o el sitio de consumo.

Tabla 1. Ventajas y desventajas de las fuentes de abastecimiento de aguas superficiales y subterráneas

SUPERFICIALES		SUBTERRÁNEAS	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> - Disponibilidad - Visibles - Limpiables - Baja dureza 	<ul style="list-style-type: none"> - Fácilmente contaminables - Calidad variable - Alto color - Alta turbiedad - Olor y color biológico - Alta materia orgánica 	<ul style="list-style-type: none"> - Protección - Bajo color - Baja turbiedad - Calidad constante - Baja corrosividad - Bajo contenido de materia orgánica 	<ul style="list-style-type: none"> - Alta dureza - Relativa inaccesibilidad - Difícilmente limpiables

Fuente: Elaboración propia

2.3.2.3. Tratamiento

Se refiere a todos los procesos físicos, mecánicos y químicos que harán que el agua adquiera las características necesarias para que sea apta para su consumo.

Los tres objetivos principales de una planta potabilizadora son lograr un agua que sea: segura para consumo humano, estéticamente aceptable y económica.

2.3.2.4. Regulación

Como punto importante de este apartado es indispensable establecer con claridad la diferencia entre los términos: almacenamiento y regulación. La función principal del almacenamiento es contar con un volumen de agua de reserva para casos de contingencia que tengan como resultado la falta de agua en la localidad y la regulación sirve para adaptarse a un régimen de consumo variable.

2.3.2.5. Línea de alimentación (aducción)

Esta línea es el conjunto de tuberías que sirven para conducir el agua desde el tanque de regularización hasta la red de distribución, cada día son más usuales por la lejanía de los tanques y la necesidad de tener zonas de distribución con presiones adecuadas.

2.3.2.6. Red de distribución

Este sistema de tuberías es el encargado de entregar el agua a los usuarios en su domicilio, debiendo ser el servicio constante las 24 horas del día en cantidad adecuada y con la calidad requerida para todos y cada una de las zonas socio-económicas (comerciales, residenciales de todos los tipos, industriales, etc.) que tenga la localidad o que se pretenda abastecer de agua. El sistema no solo incluye tuberías sino también válvulas, tomas domiciliarias, medidores, grifos contra incendios y en caso de ser necesario equipo de bombeo.

2.4. Red de distribución de agua potable

2.4.1. Definición

Una red de distribución de agua potable es el conjunto de tuberías, accesorios, etc. que una empresa de abastecimiento dispone para transportar el agua desde el punto o puntos de captación (pozos de agua, represas, embalses, arroyos, ríos, lagos, etc.) y puntos de tratamiento (plantas de tratamiento de agua) hasta hacer llegar el suministro al cliente en condiciones que satisfagan sus necesidades (ver Figura 3).

Este grado de satisfacción tiene un elevado número de componentes, unos medibles y otros no, entre los que podemos destacar la calidad, el caudal, la presión, la continuidad del suministro y el precio.

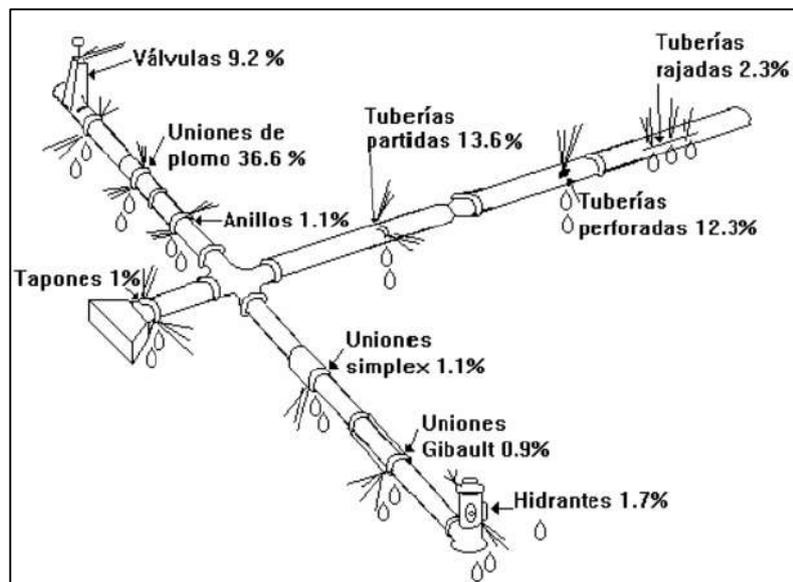


Figura 3. Redes de distribución de agua potable
Fuente: CONAGUA, 2018

2.4.2. División

Una red de distribución se divide en dos partes para determinar su funcionamiento hidráulico: la red primaria, que es la que rige el funcionamiento de la red, y la red secundaria o de relleno (ver Figura 4).

2.4.2.1. Red primaria

Permite conducir el agua por medio de líneas troncales o principales, y alimentar a las redes secundarias.

A la tubería que conduce el agua desde el tanque de regulación hasta el punto donde inicia su distribución se le conoce como línea de aducción, y se considera parte de la red primaria.

La red primaria a su vez se constituye de los tubos de mayor diámetro.

Así, una red primaria puede ser una sola tubería de alimentación o cierto conjunto de tuberías de mayor diámetro que abarcan a toda la localidad.

Se considera que el diámetro mínimo de las tuberías correspondientes a la red primaria es de 100 mm.

Sin embargo, en colonias urbanas populares se puede aceptar de 75 mm y en zonas rurales hasta 50 mm, aunque en grandes urbes se puede aceptar a partir de 500 mm.

2.4.2.2. Red secundaria

Distribuye el agua desde las redes primarias hasta la toma domiciliaria.

A su vez está constituida por las tuberías de menor diámetro, las cuales abarcan la mayoría de las calles de la localidad.

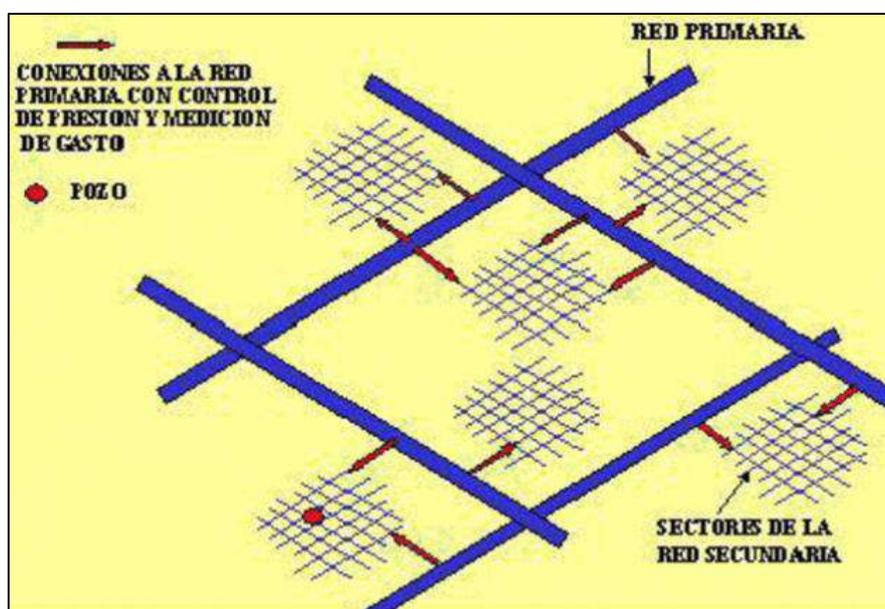


Figura 4. Redes primarias y secundarias
Fuente: CONAGUA, 2018

Existen tres tipos de red secundaria:

a) Red secundaria convencional

En este tipo de red los conductos se unen a la red primaria y funcionan como una red cerrada.

Se suelen tener válvulas tanto en las conexiones con la red primaria como en los cruceros de la secundaria.

Cabe resaltar que la urbanización Miraflores presenta este tipo de red cerrada.

b) Red secundaria en dos planos

En una red de este tipo, las tuberías se conectan a la red primaria en dos puntos opuestos cuando la red está situada en el interior de los circuitos, o bien en un solo cruce de las tuberías primarias en los casos de líneas exteriores a ellos (funcionando como líneas abiertas).

Su longitud varía entre 400 m. y 600 m. en función al tamaño de la zona a la que se le da el servicio.

c) Red secundaria en bloques

En este caso las tuberías secundarias forman bloques que se conectan con la red primaria solamente en dos puntos y la red principal no recibe conexiones domiciliarias.

La longitud total de las tuberías secundarias dentro de un bloque normalmente es de 2,000 m. a 5,000 m.

2.4.3. Componentes en el área piloto

En este apartado se van a describir cada uno de los componentes de la red de distribución de agua potable, exclusivamente de la urbanización Miraflores.

2.4.3.1. Tuberías

Son los elementos de transporte de fluidos por excelencia, estos se pueden componer por uno o más tubos ensamblados mediante un sistema de unión que permite la conducción del fluido.

En la selección del material de la tubería intervienen características tales como: resistencia mecánica que le permite soportar cargas externas, estáticas (relleno de la zanja), dinámicas (tráfico), internas (presión hidrostática); además, características como la durabilidad, la resistencia a la corrosión, la capacidad de conducción, la economía, la facilidad de conexión y reparación, y especialmente la conservación de la calidad del agua.

a) Materiales

a.1) Policloruro de vinilo (PVC)

Las ventajas de los tubos de policloruro de vinilo son:

- **Hermeticidad:** Por su naturaleza el PVC impide filtraciones y fugas, así también se garantiza hermeticidad si los tubos cuentan con una junta hermética. Se recomienda la unión espiga-campana con anillo de hule integrado, porque actúa como junta de dilatación.
- **Pared interior lisa:** Presenta bajas pérdidas por fricción, por lo cual tiene alta eficiencia en la conducción de fluidos.

- Resistencia a la corrosión: Es inmune a la corrosión química o electroquímica. Por lo tanto, no requiere recubrimientos, forros, etc. No se forman incrustaciones ni tuberculizaciones (formaciones de óxido).
- Resistencia química: Es altamente resistente al ataque químico de suelos agresivos, de aguas conducidas, y en general de ácidos, álcalis y soluciones salinas. Además, resiste el ataque de algas, hongos y bacterias por no existir en el PVC materia nutriente para su desarrollo.
- Ligereza: Es sencillo de transportar, manejar y colocar.
- Flexibilidad: Permite cierta deflexión durante su instalación.
- Resistencia a la tensión: Mejor comportamiento frente a movimientos sísmicos, cargas externas muertas y vivas, así como ante sobrepresiones momentáneas (golpe de ariete).
- Facilidad de instalación: Puede manejarse y cortarse en obra.
- No altera la calidad del agua.

a.2) Asbesto cemento

Asbesto-cemento es el actual fibrocemento (FC).

Las tuberías de fibrocemento se fabrican con cemento, fibras de asbesto y sílice.

Entre las ventajas de los tubos de fibrocemento se encuentran:

- Ligereza.
- Generalmente no se corroe.
- Inmunidad a la corrosión electroquímica y a la tuberculización (formaciones de óxido).
- Alta capacidad de conducción, es decir, bajo coeficiente de fricción.
- Durabilidad, la cual se obtiene de su proceso de curado.

a.3) Hierro fundido dúctil (HD)

Entre las ventajas del hierro fundido dúctil se tienen:

- Larga vida útil: Puede considerársele una vida útil de 100 años.
- Alta resistencia mecánica: Posee alta resistencia a impactos y a las cargas normales y extraordinarias, así como a la presión interna.
- Alta resistencia a la corrosión, aunque es susceptible a la tuberculización, lo cual puede evitarse con recubrimientos especiales.
- Es prácticamente libre de mantenimiento.
- El hierro dúctil tiene una soldadura económica en comparación con el hierro fundido gris, el cual es menos resistente.

b) Tipos

b.1) Conducción

Es la tubería que transporta el agua por gravedad desde una fuente hasta un punto de descarga, que puede ser una estructura de almacenamiento (ver Figura 5).

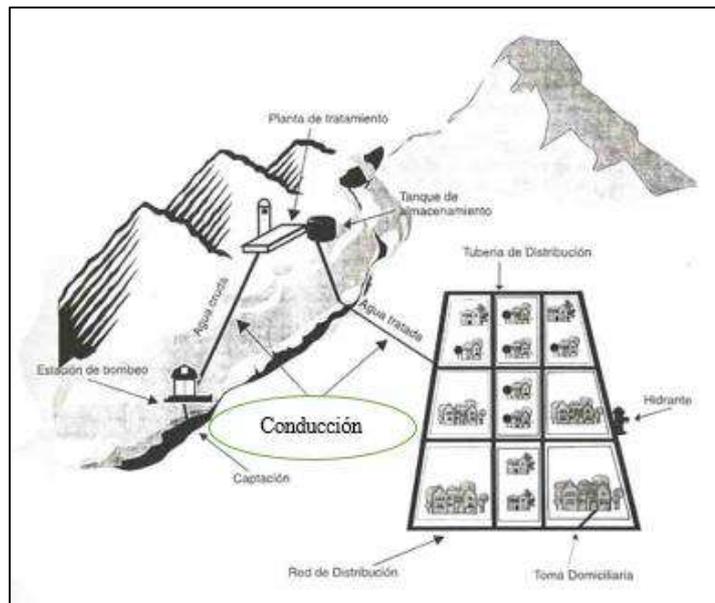


Figura 5. Tuberías de conducción
Fuente: SENA, 1999

b.2) Aducción

Es la tubería que transporta agua tratada desde una estructura de almacenamiento (reservorios, cisternas) hasta las redes de distribución (ver Figura 6).

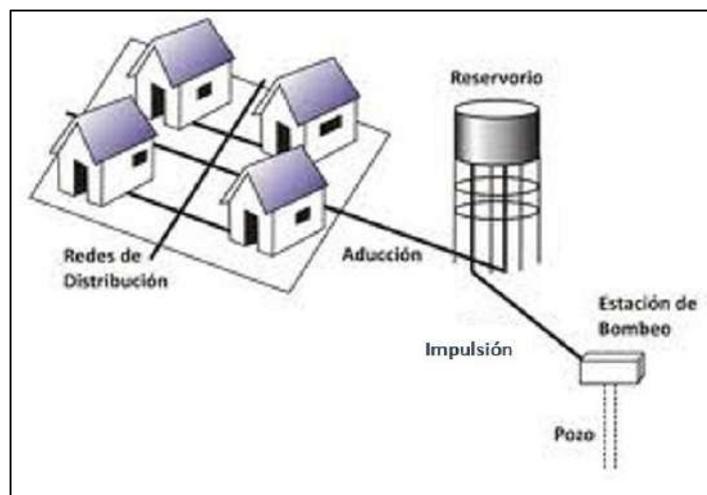


Figura 6. Tuberías de aducción
Fuente: SEDAPAL, 2017

b.3) Impulsión

Es la tubería que transporta agua hacia estructuras de almacenamientos en cotas superiores al punto de partida, mediante equipos de bombeo que permitan realizar esta tarea (ver Figura 7).



Figura 7. Tuberías de impulsión
Fuente: Grupo Huaralene, 2011

2.4.3.2. Accesorios

a) Válvulas

Son dispositivos mecánicos que son empleados para detener, iniciar o controlar las características del flujo en conductos a presión.

Pueden ser accionadas manualmente o por medios automáticos o semiautomáticos. Así, existen accionadores eléctricos, hidráulicos o neumáticos, los cuales se usan en plantas de tratamiento o en instalaciones donde se requiere operar frecuentemente las válvulas.

En redes de distribución son más usuales las válvulas que se operan manualmente mediante palancas, volantes y engranes, debido a que los cierres y aperturas son ocasionales.

Las válvulas permiten el aislamiento de ciertos tramos de tubería para realizar labores de reparación o mantenimiento, o simplemente evitar el flujo o cambiarlo de dirección. También permiten drenar o vaciar una línea, controlar el gasto, regular los niveles en los tanques de almacenamiento, evitar o disminuir los efectos del golpe de ariete (cambios de presión que pueden colapsar la tubería)

y la salida o entrada de aire, así como evitar contraflujos, es decir, prevenir el flujo en dirección contraria a la de diseño.

En nuestro proyecto de redes de distribución contamos con los siguientes tipos de válvulas:

a.1) De purga de aire

Conocidas también como válvulas de aire o ventosas, se ubican en los puntos más altos de las redes principales o secundarias de ser necesario desde el punto de vista técnico.

Sus funciones consisten en expulsar el aire contenido dentro de las tuberías durante su llenado y expulsar el aire que tiende a acumularse en los puntos más altos, funciones que realizarán siempre y cuando la presión en dicho punto no sea muy alta o menor que la presión atmosférica.

a.2) De control

Conocidas también como válvulas compuertas, se ubican a lo largo de la red, para aislar sectores en caso de roturas de tuberías o incendio y seguir suministrando el agua al resto de la población o para atender las actividades de mantenimiento de redes.

a.3) De distribución

Son componentes que abren, cierran o direccionan el paso del fluido. Estas tienen:

- Posiciones: Son las formas de trabajo que tiene la válvula, las cuales son abierta y cerrada que es la posición normal.
- Vías: Son los accesos del fluido a la válvula.

b) Codos

Son accesorios de forma curva que se utilizan para cambiar el curso del flujo de las líneas tantos grados como lo especifiquen los planos o dibujos de tuberías.

c) Tees

Una unión en T es un tipo de empalme para las tuberías. Es principalmente usada para combinar o dividir el caudal de un fluido.

Los diámetros de las distintas salidas pueden ser del mismo tamaño o distintos.

d) Cruces

Son accesorios que se utilizan para unir 4 tuberías.

e) Tapones

Son accesorios que se emplean en los finales de una línea de agua para evitar la salida de la misma.

f) Hidrantes

Se le llama así a una toma o conexión especial instalada en ciertos puntos de la red con el propósito de abastecer de agua a varias familias (hidrante público) o conectar una manguera o una bomba destinadas a proveer agua para combatir el fuego (hidrante contra incendio).

2.5. Fuentes de captación y almacenamiento en el área piloto

2.5.1. Canal

El agua es captada del canal Daniel Escobar en la progresiva km 52+816 en Curumuy, donde se encuentra una Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) (Ruiz, 2018). Esta PTAP de nombre Curumuy abastece de agua al reservorio Miraflores y es administrada por la EPS GRAU S.A.

Su función principal es potabilizar y producir agua de buena calidad para las ciudades de Piura y Castilla. Además, bombea el agua en un trayecto de 26 kilómetros desde Curumuy hasta llegar a Piura.

Esta planta de tratamiento es fiscalizada por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) y la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA).

2.5.2. Pozo

Un pozo de agua o una perforación es una obra de captación vertical que permite la explotación del agua freática contenida en los intersticios o las fisuras de una roca del subsuelo, a lo que se denomina acuífero (ver Figura 8). (Wikiwater, 2018)

El agua del pozo Miraflores se lleva al reservorio con una bomba motorizada. Actualmente este pozo no está siendo utilizado por la mala calidad del agua subterránea.

2.5.3. Reservorio

Es el elemento fundamental en la red de abastecimiento de agua potable, ya que permite almacenar y preservar el líquido para el uso de la comunidad, y compensar las variaciones horarias de su demanda (ver Figura 8). (EMAPAD-EP, 2014)

Los reservorios pueden ser elevados, apoyados y enterrados.

Los elevados, que generalmente tienen forma esférica, cilíndrica y de paralelepípedo, son construidos sobre torres, columnas, pilotes, etc.; los apoyados, que principalmente tienen forma rectangular y circular, son construidos directamente sobre la superficie del suelo; y los enterrados, de forma rectangular, son construidos por debajo de la superficie del suelo (cisternas). (Aguilar, 2018)

En el caso de la urbanización, el reservorio Miraflores es de tipo elevado cilíndrico.



Figura 8. Pozo y reservorio Miraflores
Fuente: Elaboración propia

2.6. Bases teóricas del software QGIS

2.6.1. Sistema de información geográfica QGIS

2.6.1.1. Definición

Quantum GIS (QGIS) es un sistema de información geográfica de código abierto. El proyecto nació en mayo de 2002 y se estableció como un proyecto dentro de *Source Forge* (repositorio de proyectos en software libre) en junio del mismo año. El objetivo inicial fue proporcionar un visor de datos SIG (ver Figura 9).

QGIS se ha ido desarrollando como una alternativa al software SIG comercial, tradicionalmente caro. Actualmente QGIS puede ser ejecutada en la mayoría de plataformas Unix, Windows y OSX. (SERNANP, 2015)

Además, soporta un gran número de formatos ráster y vectoriales, con nuevos soportes fácilmente añadibles utilizando su arquitectura de complementos.

A su vez se ha publicado bajo licencia pública de GNU (GNU General Public License, por sus siglas en inglés GNU GPL). Desarrollar QGIS bajo esta licencia quiere decir que se puede inspeccionar y modificar el código fuente. Con esto se logra que los usuarios siempre tengan acceso a un programa SIG gratis y que pueda ser libremente modificado.



Figura 9. Software QGIS 2.8.4
Fuente: Monde Geospatial, 2018

2.6.1.2. Conceptos importantes del programa

a) Base de datos

Conjunto de datos estructurados que permiten el almacenamiento, consulta y actualización en un sistema informático.

b) Base de datos alfanumérica

Base de datos que contiene atributos de los objetos espaciales. En este proyecto algunos de los atributos son: diámetro de las tuberías, estado de conservación de los componentes del sistema de redes, función de la tubería, etc.

c) Base de datos geográficos

Es una representación de la realidad territorial que contiene datos sobre posición, relaciones espaciales y tipos de las entidades geográficas, las cuales son puntos, líneas y polígonos.

d) Datos SIG

Dato es otra palabra para la información. La información que se usa en un SIG normalmente tiene un aspecto geográfico (coordenadas).

Una característica común de los SIG es que permiten asociar información (datos no geográficos) con los lugares (datos geográficos). De hecho, la aplicación SIG puede almacenar muchos datos que están asociados a cada lugar, algo que en los mapas de papel no es posible.

e) Datos vectoriales

Son estructuras de datos utilizadas para almacenar datos geográficos de elementos construidos a partir de vértices como una serie de par coordenadas X, Y dentro de la memoria de la computadora.

Estos suelen usarse para representar puntos, líneas y áreas.

f) Datos rásteres

Los datos ráster se almacenan como una rejilla de valores.

Hay muchos satélites que orbitan la tierra y las fotografías que toman son un tipo de datos ráster que se pueden ver en un SIG (ver Figura 10).

Una diferencia importante entre datos ráster y vectoriales es que si te acercas demasiado en una imagen ráster, empezará a aparecer en bloque. De hecho, estos bloques son las células de la red de datos que forman la imagen ráster.

g) Archivo shape

Se trata del formato de datos vectoriales más popular, el cual guarda la localización de elementos geográficos y atributos de ellos asociados. Estos elementos geográficos se pueden representar a partir de una capa de tipo punto, línea o polígono (ver Figura 11).

Los archivos shape son fáciles de enviar de un lado a otro, y la mayoría de software SIG puede leerlos.

Desde el explorador los archivos shape terminan con la extensión (.shp).

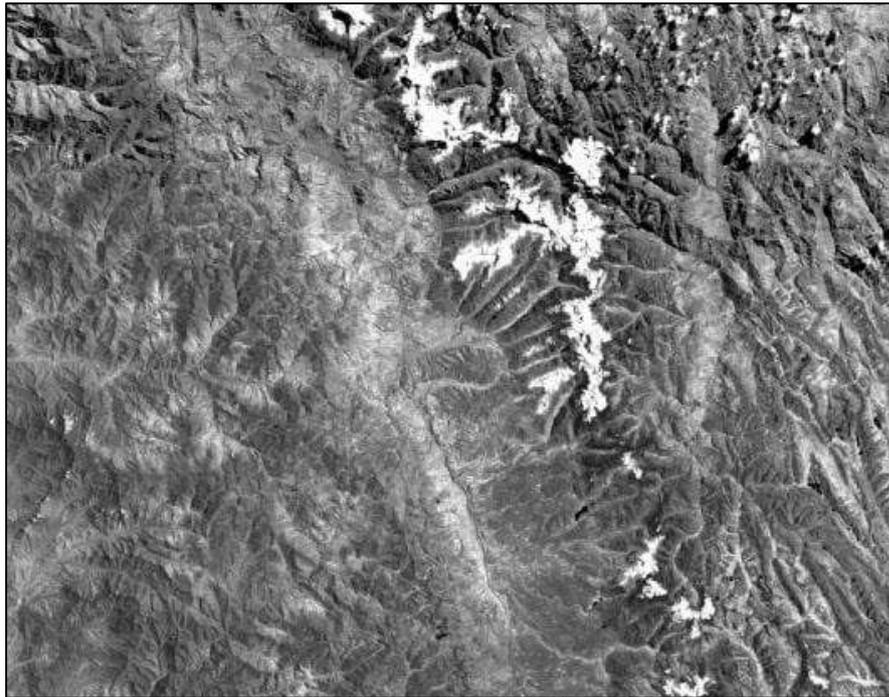


Figura 10. Imagen ráster centrada de la ciudad de Huaraz, con una escala de 1:40 000.

Fuente: SERNANP Perú, 2015

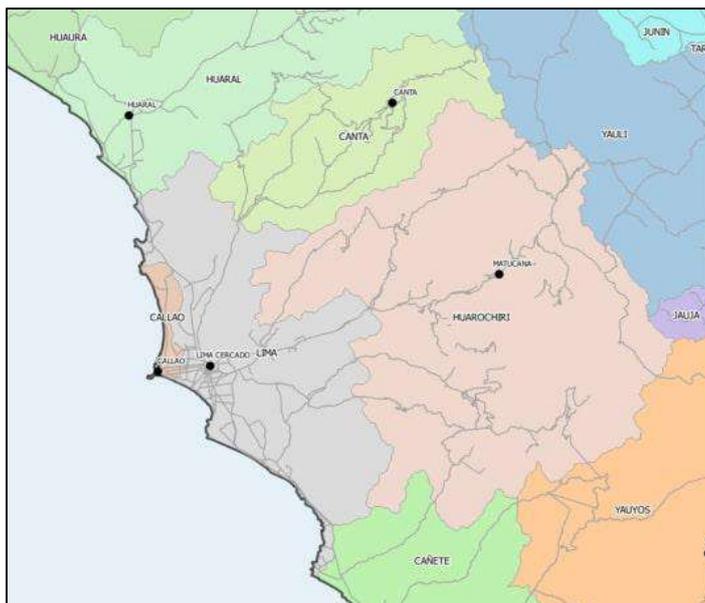


Figura 11. Mapa hecho solo de datos vectoriales: las provincias (polígonos), las vías (líneas) y las capitales provinciales (puntos).

Fuente: SERNANP Perú, 2015

h) Complementos (plugins)

Los plugins son programas que se acoplan y adaptan a otros mejorando su funcionalidad y complementándolos, contribuyendo así con nuevas características y facilitando de esta manera la labor al usuario.

De esta manera QGIS se ha sido diseñado con una arquitectura de complementos, esto permite que muchas características y funciones nuevas pueden fácilmente añadirse en la aplicación. En realidad muchas de las funciones del programa se implementan como complementos, los cuales son alrededor de 600.

i) Complemento OpenLayers

OpenLayers Plugin es una herramienta que hace posible añadir imágenes y capas de datos *Google Maps*, *Bing Maps*, *MapQuest*, *OpenStreetMap* y *Apple Maps* directamente de la web (ver Figura 12).

Entre los mapas activados por el complemento *OpenLayers* en el QGIS tenemos:

- *Google Satellite*: muestra fotografías de satélite de *Google Earth*. Las etiquetas de ruta y características no son visibles.
- *Google Hybrid*: muestra fotografías satelitales con mapas de carreteras agregados. Las etiquetas de carretera y características sí son visibles.

En este proyecto se tomará como referencia el mapa híbrido por ser la opción más completa, ya que además de lo mencionado muestra fotografías satelitales con una combinación de vistas normales, que es lo

que se necesita para referenciar todos los elementos del plan de implementación en la urbanización Miraflores.

Es necesario tener una conexión en la *web* para los datos del complemento *OpenLayers* a cargar al mapa.

Pasos para la instalación del *plugin*:

- Desde la barra de herramientas menú se selecciona Complementos > Administrar e instalar complementos.
- En el cuadro del diálogo que se abre, se navega hacia abajo hasta el *OpenLayers Plugin* y se selecciona (o se puede introducir la palabra “*OpenLayers*” en el campo Buscar).
- Hacer clic en **Instalar complemento** que se encuentra en el panel de la derecha y cuando termina se selecciona **Cerrar**.
- Ahora se va a agregar una imagen de Google en nuestro proyecto. Clic en la barra de herramientas menú: *Web*> *OpenLayers plugin*> *Google Maps* > *Google Hybrid* (ver Figura 13).



Figura 12. Complemento *OpenLayers*

Fuente: Elaboración propia

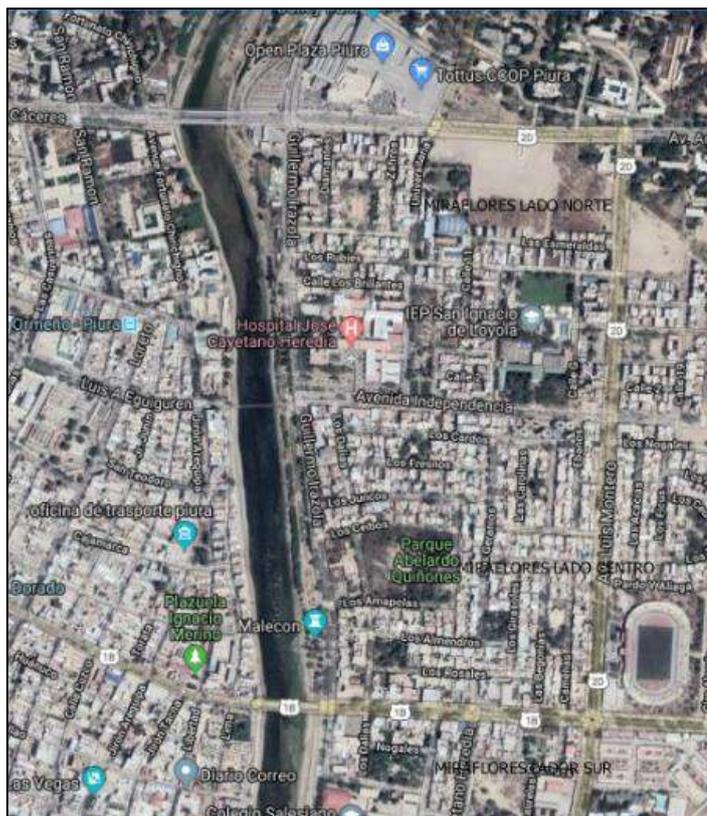


Figura 13. Zona piloto vista desde el programa *Google Hybrid*
Fuente: *Google Hybrid*

2.6.1.3. Interfaz

Cuando QGIS inicia, presenta la sig. interfaz gráfica de usuario (ver Figura 14).

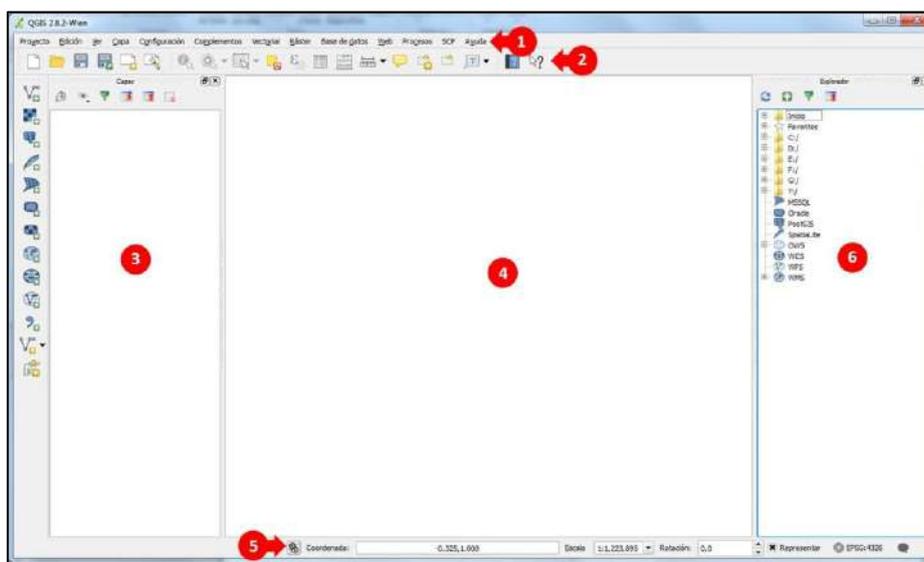


Figura 14. Elementos del programa QGIS: 1) Barra de herramientas menú, 2) Barra de herramientas ayuda, 3) Panel de capas, 4) Vista del mapa, 5) Barra de estado, 6) Explorador de datos.

Fuente: SERNANP Perú, 2015

*Tip: Si se ha ocultado el explorador de datos, puede ser agregado eligiendo la opción del menú “Ver > Paneles” (ver Figura 15).

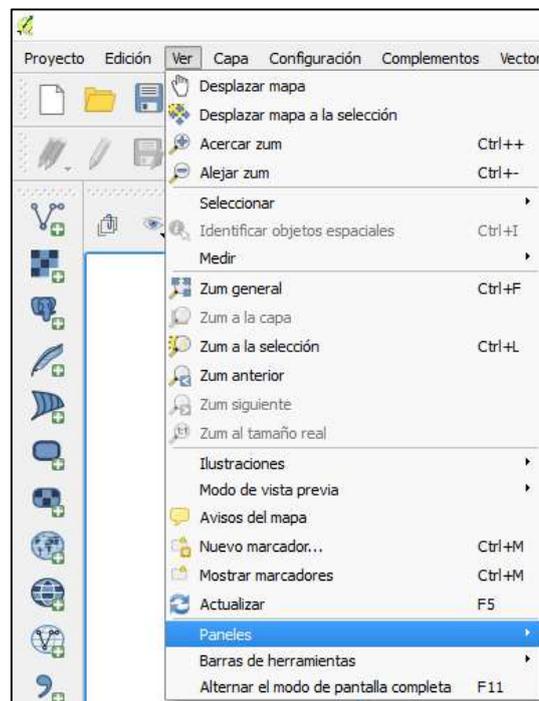


Figura 15. Acceder a los paneles del menú “Ver” en QGIS

Fuente: SERNANP Perú, 2015

a) Descripción de los elementos de la interfaz

a.1) Barra de herramientas menú

La barra de menú permite el acceso a varias características de QGIS mediante un menú jerárquico estándar. Aunque la mayoría de las opciones tiene una herramienta correspondiente, algunas opciones de menú solo aparecen si se carga el complemento solicitado (ver Figura 16).



Figura 16. Barra de menú de QGIS

Fuente: SERNANP Perú, 2015

a.2) Barra de herramientas ayuda

La barra de ayuda proporciona acceso a la mayoría de las mismas funciones del menú, así como a herramientas adicionales para interactuar con el mapa (ver Figura 17).

Cada elemento de barra de herramientas tiene una ayuda emergente disponible. Mantenga el ratón sobre el elemento y se mostrará una breve descripción del propósito de la herramienta.

Cada barra se puede mover de acuerdo a sus necesidades. Además, cada una de ellas se puede desactivar pulsando el botón derecho del ratón sobre la barra de herramientas.



Figura 17. Herramientas usadas con más frecuencia
Fuente: SERNANP Perú, 2015

a.3) Panel de capas

El Panel de capas se usa para establecer la visibilidad y el orden dibujado de las capas. El orden vertical significa que las capas colocadas cerca de la parte superior se dibujan sobre las capas mostradas más abajo.

La casilla de verificación de cada entrada del panel se puede usar para mostrar u ocultar la capa.

a.4) Vista del mapa

El objetivo principal de QGIS es que los mapas se muestren en la parte derecha del panel de capas. El mapa que se visualice en esta ventana dependerá de las capas vectoriales y ráster que se hayan seleccionado para mostrar.

La vista del mapa se puede desplazar y se puede acercar y alejar, además, de estas operaciones, se pueden realizar otras sobre el mapa usando las diferentes herramientas que brinda QGIS y los complementos instalados.

a.5) Barra de estado

La barra de estado muestra la posición actual de las coordenadas del mapa a medida que el puntero del ratón se mueve por la vista del mapa (ver Figura 18).

A la izquierda de la visualización de las coordenadas hay un pequeño botón que alterna entre mostrar las coordenadas de la posición o la extensión de la vista del mapa a medida que desplaza el mapa o modifica el nivel del acercamiento.

Junto a la visualización de coordenadas se encuentra la visualización de la escala de la vista del mapa. La escala se actualiza con acercar o alejar zoom. También se puede escoger la escala haciendo clic en el botón desplegable.

Rotación del norte en grados es posible con la visualización de rotación.

A la derecha de las funciones de representación se verá el sistema de referencia de coordenadas *European Petroleum Survey Group* (EPSG) del proyecto actual.

Este organismo relacionado con la industria petrolera en Europa estuvo formado por especialistas en geodesia, topografía y cartografía, las cuales fueron aplicadas al área de explotación; así también se desarrolló un repositorio de parámetros geodésicos que contienen información sobre sistemas (marcos) de referencia antiguos y modernos (geocéntricos), proyecciones cartográficas y elipsoides de todo el mundo.



Figura 18. Elementos de la barra de estado: 1) Coordenada, 2) Escala, 3) Amplificador, 4) Rotación y 5) EPSG.

Fuente: Elaboración propia

a.6) Explorador de los datos

El explorador de QGIS es similar al explorador de Windows, este permite encontrar archivos espaciales rápidamente para agregar al visor. También puede añadir directorios usados frecuentemente a favoritos para acceso rápido.

Para abrir el explorador si es que no está disponible después de la instalación, se hace clic en la barra del menú “Ver > Paneles > Panel del explorador” (ver Figura 19).

2.6.2. Ventajas

- Es gratis: Instalar y utilizar QGIS no cuesta dinero, pues no hay cuota inicial, ni cargo fijo, nada.
- Es libre: Si necesitas más funciones en QGIS, solo debes esperar a que sean incluidas en la siguiente versión. Puedes patrocinar el desarrollo de la función o añadirla tú mismo si estás familiarizado con programación.
- Está en constante desarrollo: Cualquier persona puede añadir nuevas funciones y mejorar las ya existentes, QGIS nunca se estanca. El desarrollo de una nueva herramienta puede ocurrir tan rápidamente como tú lo necesitas.

- Extensa ayuda y documentación disponible: Si te estancas con cualquier cosa, puedes ayudarte con la extensa documentación, tus compañeros de QGIS, o incluso en los promotores presentes en la web.
- Multiplataforma: QGIS puede ser instalado en MacOS, Windows y Linux.

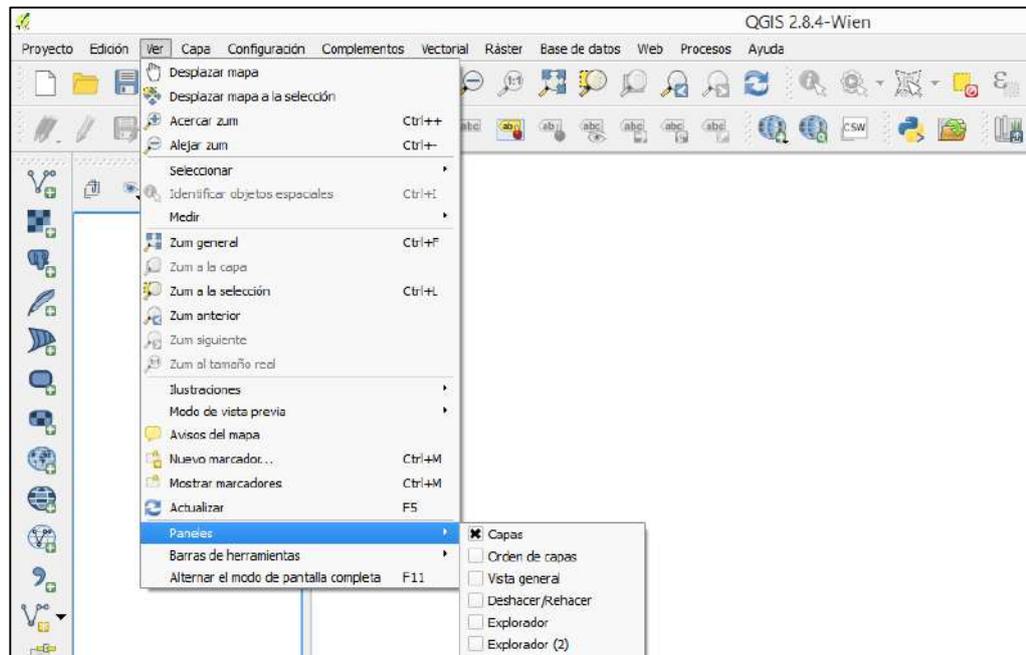


Figura 19. Acceder al panel del explorador desde el menú Ver > Paneles
Fuente: Elaboración propia

2.6.3. Uso del QGIS en el mantenimiento de un sistema de agua potable

El mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua consistirá en el conjunto de actividades que es necesario desarrollar para corregir oportunamente las fallas que lleguen a presentarse en sus estructuras, equipos y redes de distribución, y conseguir que estas se encuentren continuamente en condiciones de poderse operar adecuadamente. (SEDAPAL, 2013)

Las actividades de mantenimiento pueden clasificarse en: correctivas y preventivas.

2.6.3.1. Mantenimiento correctivo

Constituido por las actividades destinadas a reparar oportunamente cualquier falla que se presente en las estructuras, equipos y redes de distribución. Para desarrollarlas se requiere:

- a) Reporte sobre la falla

Es realizado generalmente por personal de operación, sin embargo, a través del público también pueden ser detectadas.

- b) Revisión y diagnóstico de la falla

La atención de las fallas debe priorizarse de acuerdo a los siguientes aspectos:

- El tipo de estructura o equipo en cuestión.
 - La magnitud de la falla.
 - Como afecta la falla al abastecimiento de agua a la población.
- c) Labores de reparación
- d) Reporte final para efectos de control y estadística

2.6.3.2. Mantenimiento predictivo

A diferencia del correctivo, el mantenimiento preventivo se inicia con un programa, sigue con una revisión y termina con un informe que puede originar una actividad de reparación. Para su formulación es indispensable:

- a) Una lista de estructuras, equipos y redes de distribución
- b) Establecer procedimientos
- c) Hacer la programación
- d) Organizar y llevar un registro de datos
- e) Producir la información.

Es por esto que QGIS va a desarrollar una programación con información alfanumérica y geográfica, que unidas darán lugar al mantenimiento predictivo, centrándose en una base de datos actualizada permanentemente para efectos de control y posible reparación.

2.6.4. Base de datos del QGIS

El programa QGIS trabaja junto a tres *software*: PostgreSQL, pgAdmin y PostGIS.

El *software* PostgreSQL es aquel que almacena una o varias bases de datos, estas siempre están plasmadas en tablas, y cada una de estas tablas tiene campos que representan los atributos de cada capa que se muestra en la ventana gráfica del programa QGIS. Cada tabla (urbanismos, tuberías de agua, accesorios, etc.) es una capa en el programa QGIS, para poder visualizarla como tal, PostGIS se conecta con QGIS por medio de la interfaz de este último programa.

PostGIS es una herramienta de PostgreSQL que permite hacer espacial a la base de datos, es decir le da coordenadas a los objetos espaciales de las capas (urbanismos, tuberías, accesorios, etc.) que se muestran en la ventana gráfica de QGIS.

Por otro lado el *software* pgAdmin es la interfaz de PostgreSQL, pues administra su base o bases de datos, por lo que siempre trabajan juntos.

Por último en QGIS se van a poder apreciar los objetos espaciales junto a sus atributos, los cuales se pueden editar o eliminar. Estos cambios van a ser almacenados en la base de datos de PostgreSQL al guardarlos.

2.6.4.1. pgAdmin3

Es la herramienta oficial para administrar nuestras bases de datos en PostgreSQL, su interface gráfica soporta todas las características de PostgreSQL y hace simple la administración (ver Figura 20 y 21).

Nos permite:

- Hacer búsquedas SQL: *Structured Query Language* (SQL) es un lenguaje de programación estándar e interactivo para la obtención de información desde una base de datos y para actualizarla.
- Desarrollar bases de datos que pueden ser complejas de forma muy fácil e intuitiva; directamente desde la interfaz gráfica.

Además, está disponible en más de una docena de lenguajes y para varios sistemas operativos, incluyendo Microsoft Windows, Linux, FreeBSD, Mac OSX y Solaris.

2.6.4.2. PostgreSQL 9.2

Es un avanzado sistema de bases de datos relacionales basado en Open Source. Esto quiere decir que el código fuente del programa está disponible a cualquier persona libre de cargos directos, permitiendo a todos colaborar con el desarrollo del proyecto o modificar el sistema para ajustarlo a sus necesidades. PostgreSQL está bajo licencia Berkeley Software Distribution (BSD), la cual es una licencia de software libre y permisiva (ver Figura 22).

Un sistema de base de datos relacionales es un sistema que permite la manipulación de acuerdo con las reglas del álgebra relacional. Los datos se almacenan en tablas de columnas y renglones, los cuales se pueden relacionar unos con otros.

PostgreSQL por otro lado es considerado el motor de base de datos más avanzado de la actualidad, ya que será empleado en proyectos de gran tamaño, como es el caso del que se está trabajando, que requieran de una base de datos robusta y con muchas consultas largas y frecuentes. La frecuencia es un punto muy importante, ya que si trabajamos con un sistema que bloquea las tablas temporalmente y debemos mover gran cantidad de datos frecuentemente, el rendimiento no será bueno. Para estas situaciones es preferible el uso de Postgres y sus funciones de escritura y lectura en paralelo.

2.6.4.3. PostGIS 2.1

PostGIS convierte al sistema de administración de bases de datos PostgreSQL en una base de datos espacial mediante la adición de tres características: tipos de datos espaciales (geométricos y geográficos), índices espaciales (permiten indizar una columna espacial de las tablas que contienen los datos) y funciones que operan sobre ellos (relaciones topológicas y direccionales entre objetos espaciales, escala, ubicación, etc.), debido a que está construido sobre PostgreSQL (ver Figura 23).

PostGIS es un módulo que añade soporte de objetos geográficos a la base de datos objeto-relacional PostgreSQL, convirtiéndola en una base de datos espacial para su utilización en sistema de información geográfica.



Figura 20. Software pgAdmin3
Fuente: BIGSQL, 2018

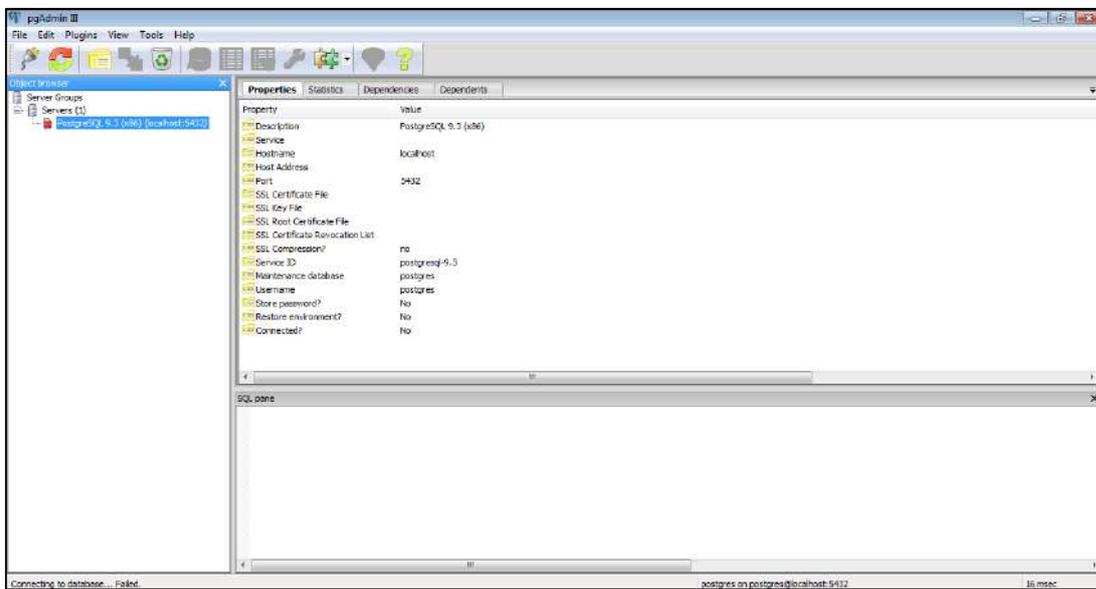


Figura 21. Interfaz del software pgAdmin3
Fuente: Elaboración propia

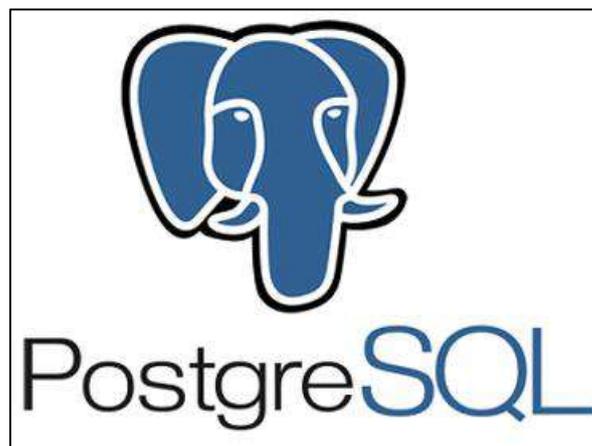


Figura 22. Software PostgreSQL 9.2
Fuente: ZDNet, 2018



Figura 23. Software PostGIS 2.1
Fuente: OSGeo, 2018

Capítulo 3

Metodología de la investigación

3.1. Tipo de investigación

Investigación de tipo experimental, debido a que se analizará y comprobará el efecto que tendrá un sistema de información geográfica en la gestión de la información de redes de distribución de agua potable de la urbanización Miraflores de Castilla.

3.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es correlacional, debido a que se estudian las relaciones entre las variables dependientes e independientes.

Esto significa analizar si un aumento o disminución en una variable coincide con un aumento o disminución en la otra variable. Cuando los resultados se dan de esta forma, indican una relación positiva.

Las variables a estudiar se detallarán más adelante cuando se haga mención a la hipótesis general.

3.3. Técnicas y análisis de datos

Es necesario sistematizar el procesamiento de los datos que se utilizarán para que cualquier otro investigador que quiera corroborar o discrepar los resultados lo haga en base al mismo procesamiento.

Las técnicas que se han utilizado son:

- Depuración de los datos: consiste en buscar y arreglar aquellas inconsistencias que pudieran ocasionar que aparezcan registros incorrectos en la base de datos, como es el caso de que se haya podido filtrar información de las zonas colindantes a la urbanización Miraflores proveniente de los mapas adquiridos, archivos Word y Excel.
- Eliminación de los datos atípicos: valor atípico es aquella información que es distante del resto de los datos que se necesitan para llevar a cabo la tesis (nomenclatura de la tubería, fabricante, entre otros).

- Interpretación de los datos: una vez aplicado los instrumentos de recolección de la información, se procedió a realizar el tratamiento correspondiente para el análisis de los mismos, por cuanto la información que arrojará será la que indique las conclusiones a las cuales llega la investigación. Como dice Encinas (1993), los datos en sí mismos tienen limitada importancia, es necesario “hacerlos hablar”, en ello consiste en esencia el análisis e interpretación de los datos.

3.4. Hipótesis

Mediante la hipótesis de este proyecto de investigación se mostrará si es factible o no implementar un sistema GIS que gestione la información geográfica y alfanumérica de las redes de distribución de agua potable, mediante los programas QGIS 2.8.4, PostgreSQL 9.2 y PostGIS 2.1.

Si fuese factible demostrar la hipótesis entonces se estará en condiciones de implementar sistemas geográficos en redes de agua potable en cualquier lugar del Perú y del mundo, y no solo eso, sino que pueden adaptarse a cualquier actividad cuyo objeto de estudio manifieste una ubicación geográfica.

La hipótesis que se demostrará para este proyecto es la siguiente:

¿Se puede implementar un sistema de información geográfica que mejore la gestión de la información en redes de distribución de agua potable en la urbanización Miraflores de Castilla?

- Variable dependiente

Gestión de la información en redes de distribución de agua potable en la urbanización de Miraflores del distrito de Castilla.

- Variable independiente

Sistema de información geográfica.

Una verdadera investigación experimental se considera exitosa solo cuando el investigador confirma que un cambio en la variable dependiente se debe a la manipulación de la variable independiente.

Capítulo 4

Implementación e instalación del software QGIS

4.1. Alcance del proyecto

El proyecto tiene por zona de estudio a la urbanización Miraflores de Castilla con el fin de demostrar las bondades y el potencial que tienen las herramientas de un sistema de información geográfica en el manejo de su sistema de redes de agua potable.

Así mismo está enfocado a usuarios que trabajen en una red de área local (LAN, siglas que en inglés significan *Local Area Network*), aunque dependiendo de la configuración de la conexión en la base de datos, la información catastral puede alojarse también en un servidor en la nube. Todo ello permitirá centralizar y gestionar la información de redes de agua potable junto a los accesorios de la red, en el caso de una empresa el área involucrada en el manejo de un SIG es catastro técnico u operacional.

Por otro lado, la información está agrupada en capas, las que se están contemplando son: accesorios, válvulas de cierre, redes de agua, pozo, reservorio, calles, predios, manzanas y urbanismos.

Y para mayor detalle el sistema operativo de la computadora cliente es Windows 10, con 6GB de memoria RAM y 634GB de almacenamiento en disco duro.

4.2. Requisitos para la instalación del programa QGIS

Para el mejoramiento de la gestión catastral se deben instalar los siguientes programas en este orden: PostgreSQL 9.2, PostGIS 2.1 y QGIS 2.8.4.

PostgreSQL maneja información geográfica y alfanumérica, esta información se va a ver representada en QGIS, el cual es el sistema que el usuario final va a manipular.

Los archivos con formato .dwg solamente van a ser leídos por el programa AutoCAD y no por QGIS, pero se van a seguir una serie de pasos para que QGIS pueda trabajar con estos archivos, los cuales son:

- Abrir archivo .dwg con AutoCAD
- Exportar en formato .shp desde el programa AutoCAD
- Abrir el archivo .shp desde QGIS

El archivo .shp es el archivo estándar cuando trabajamos con sistemas de información geográfica.

4.2.1. Pasos para la descarga de los programas QGIS y PostgreSQL

- Para descargar el programa QGIS se ingresa a su página oficial: www.QGis.org
- Se procede a dar clic a la opción “Descargar ahora”.
- Dependiendo del número de bits de la computadora se descarga el instalador correcto, el cual se almacena en la carpeta de descargas.
- Para descargar el programa PostgreSQL se ingresa a su página oficial: www.PostgreSQL.org
- Se procede a dar clic a la opción “Download” (la página principal está en el idioma inglés).
- Dependiendo del sistema operativo de la computadora se descarga la opción correcta, para este caso el sistema es Windows 10.
- Una vez identificado el sistema operativo se da clic en “Download the Installer”.
- Luego se elige la versión requerida del programa, en este caso es PostgreSQL 9.2; respecto al sistema operativo se optó por seleccionar Windows 10 (64 bits).
- El instalador será almacenado en la carpeta de descargas.

4.2.2. Pasos para la instalación de los programas QGIS y PostgreSQL

- Se comienza ejecutando el instalador descargado del QGIS como administrador, posteriormente se da clic a la opción “Siguiente”.
- Se acepta las condiciones de acuerdo de licencia del programa y se da clic en “Siguiente”.
- Después se da clic en “Instalar” y se espera a que se instale el programa.
- Una vez instalado, se selecciona la opción “Reiniciar ahora” para dar por terminado el proceso.
- Para la instalación del PostgreSQL se ejecuta el instalador como administrador y se espera a que termine el progreso de la reparación.
- En la ventana de instalación que aparece se selecciona “Siguiente”.
- Luego se procede a ubicar la carpeta en donde será almacenado el PostgreSQL, la cual aparece por defecto y se da clic a “Siguiente”.
- Posteriormente aparece la ventana Directorio de Datos, aquí se elige la carpeta en donde se almacenarán los datos, dicha carpeta será seleccionada por defecto; se elige la opción “Siguiente”.
- En la siguiente ventana aparece un formulario en donde crearemos una contraseña que la elige el usuario. Se da clic en “Siguiente”.
- En la ventana posterior se asigna el Puerto 5432 por defecto. Se selecciona la opción “Siguiente”.
- Se asigna la Configuración Regional “Quechua, Peru” y se da clic a “Siguiente”.

- A continuación, aparecerá una ventana con la que se da inicio a la instalación, donde se opta por dar clic a “Siguiente”.
- Se espera el debido proceso de instalación.
- Una vez culminado el proceso se selecciona la única opción que aparece y se da por terminada la instalación del PostgreSQL.
- Ahora se instalarán las herramientas adicionales al PostgreSQL. Se elige la opción: PostgreSQL 9.2 on port 5432 y se da clic en “Next”.
- Para instalar la herramienta PostGIS se procede a dirigirnos al desplegable Spatial Extensions, se selecciona PostGIS 2.1 que es la versión más actualizada y se da clic en “Next”.
- Ahora se selecciona el directorio de descarga el cual está dado por defecto, clic en “Next”.
- Se espera el debido proceso de instalación.
- En esta ventana se da clic en “Next” sin marcar ninguna opción.
- Aparece un cuadro de acuerdo de licencia y se da clic en “I Agree”.
- En el cuadro mostrado se elige la opción “Create spatial database” y se continúa con el proceso.
- Se selecciona la carpeta por parte del usuario en donde serán instaladas las herramientas y se da clic en “Next”.
- En esta ventana se procede a crear un usuario y una contraseña nuevos, y el puerto debe coincidir con el de la instalación del PostgreSQL: 5432. Se elige “Next”.
- Se continúa dándole nombre a la base de datos, la cual será elegida por el usuario. En este caso es urbmiraflones. Además, se elige “Install”.
- En la siguiente ventana se espera el debido proceso de instalación y en las ventanas emergentes se da clic en “Sí”.
- Una vez culminada la instalación se elige “Close”.
- Y para terminar completamente la instalación se da clic en “Finish”.

4.2.3. Creación y configuración de la base de datos del programa PostgreSQL

- Al ejecutar el programa se introduce la contraseña 1234 por defecto para crear la base de datos.
- Se da anticlick a la opción Databases (3) y se elige New Database.
- En la ventana desplegada se va a la opción Properties en la cual se da un nombre a la base de datos y en el desplegable Owner se selecciona postgres.
- En la siguiente opción de la ventana llamada Definition, en el desplegable Template se elige template 1 y en la opción Tablespace se selecciona pg_default. El resto de opciones se dejan tal cual y se selecciona “OK”.

4.3. Diseño del sistema de distribución de redes de agua potable

Para la implementación de este SIG se utilizaron los *software* de código libre: QGIS 2.8.4, PostgreSQL 9.2 y PostGIS 2.1, y el software de código licenciado AutoCAD para la exportación de la información del formato CAD a shape.

4.3.1. Exportación de los planos del *software* AutoCAD a QGIS

El plano urbano de Piura va a ser exportado del *software* AutoCAD a QGIS, para que este sirva de plantilla en la creación de manzanas y predios de la urbanización Miraflores, así mismo se utilizará para guiar el trazado del sistema de agua potable de dicha zona.

Proceso a seguir:

- En el *software* AutoCAD se abre el plano urbanístico, el cual tiene por nombre: Castilla actualizado 2017 y se guarda el archivo en la opción: Guardar como (ver Figura 24 y Plano AV-1).

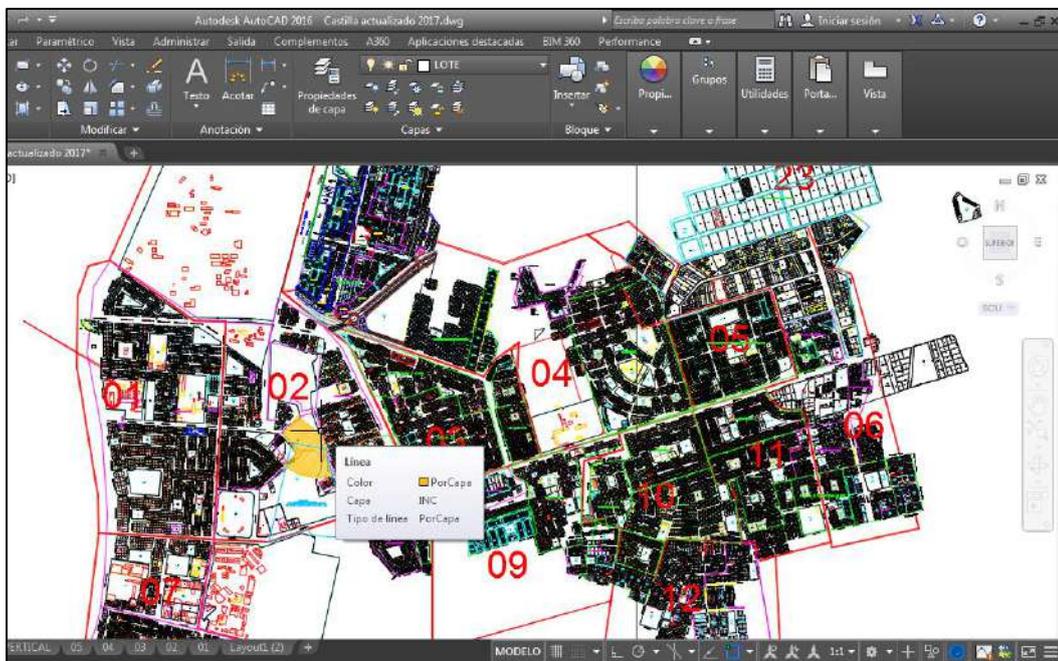


Figura 24. Plano Castilla actualizado 2017

Fuente: Elaboración propia

- En la ventana emergente se selecciona el archivo y en el desglosable “Archivos de tipo” se elige: DXF AutoCAD 2004/LT2004 (*.dxf) y se guarda.
- Ahora en el software QGIS se crea el proyecto a trabajar, este tiene por nombre: proyectobd.
- En la barra de herramientas menú se selecciona **Capa / Añadir Capa / Añadir capa vectorial**, luego de lo cual aparece esta ventana (ver Figura 25).

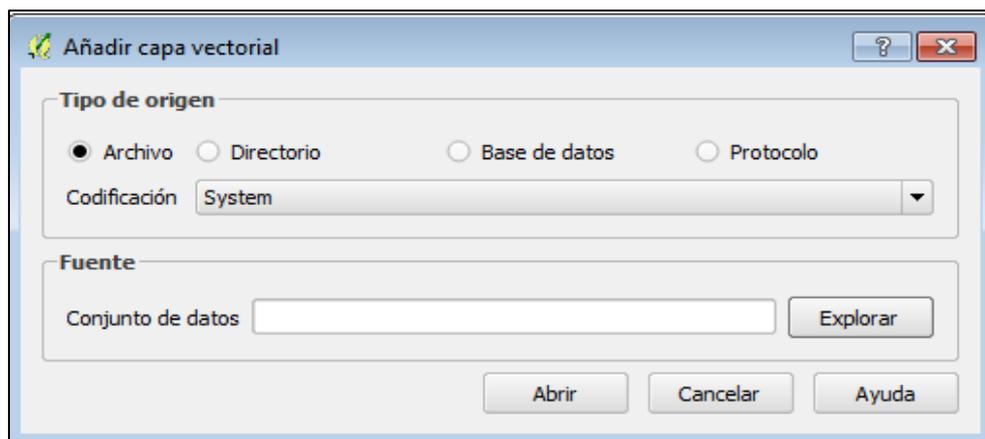


Figura 25. Creación de una capa vectorial
Fuente: Elaboración propia

Esta ventana se llena con los siguientes datos:

- Tipo de origen: Archivo
- Codificación: System

- Al dar clic a **Explorar**, en el desplegable de dicha ventana mostrada se elige: AutoCAD DXF (*.dxf *.DXF).
- Se selecciona el archivo **Castilla actualizado 2017** que tiene la extensión .dxf requerida y se da clic a abrir; nuevamente abrir (ver Figura 26).

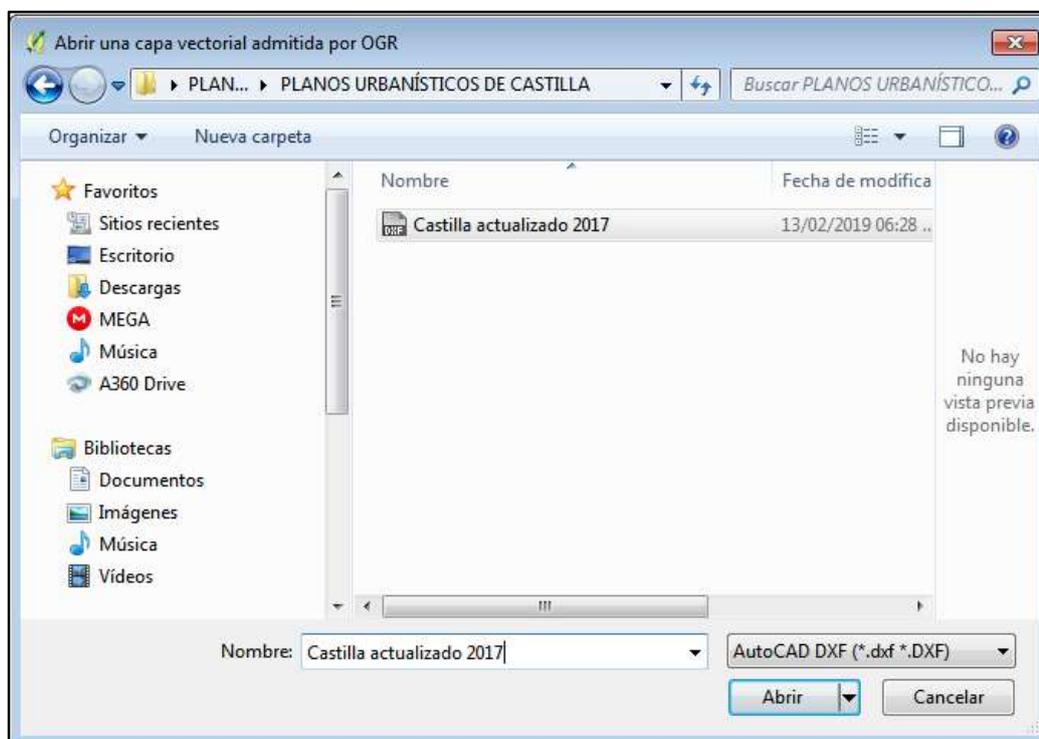


Figura 26. Abrir una capa vectorial admitida por OGR
Fuente: Elaboración propia

- En el cuadro emergente en la opción **Sistema de referencia de coordenadas** se elige: WGS 84 / Pseudo Mercator, el cual tiene por ID de la autoridad: EPSG: 3857 y se da clic a aceptar (ver Figura 27).

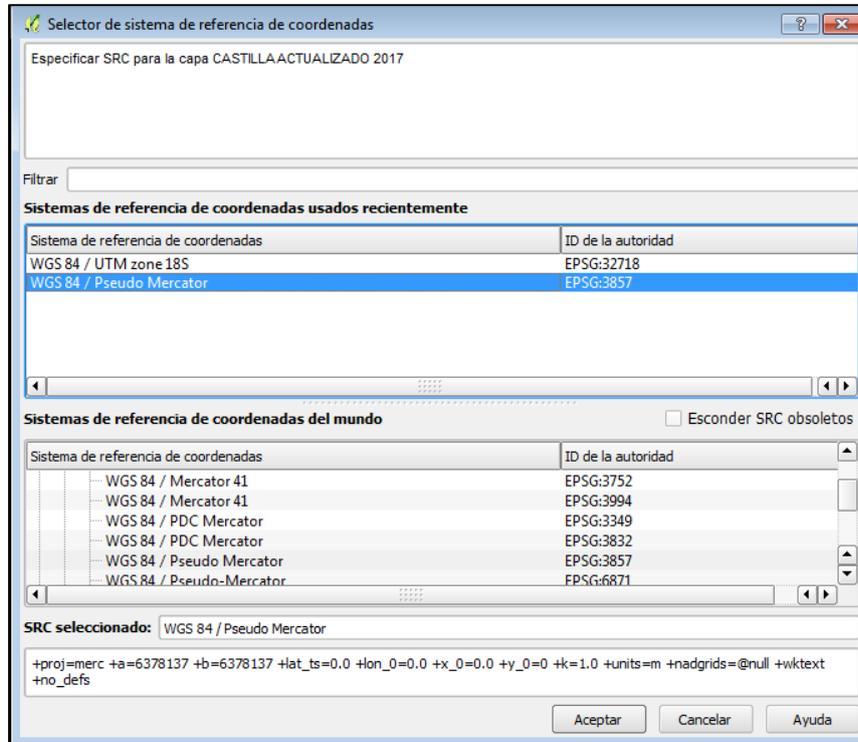


Figura 27. Selector de sistema de referencia de coordenadas
Fuente: Elaboración propia

- En el siguiente cuadro, en **Tipo de geometría** se selecciona “Point y LineString” y se da clic a aceptar (ver Figura 28).

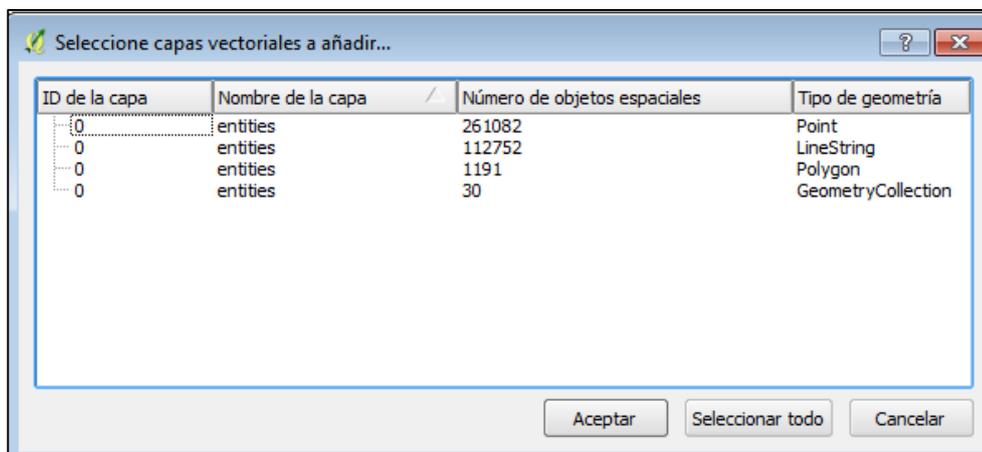


Figura 28. Selección de capas vectoriales
Fuente: Elaboración propia

- En la nueva ventana del sistema de referencia de coordenadas, nuevamente elijo WGS 84 / Pseudo Mercator EPSG: 3857 y se acepta tanto para la opción *Point* como para la opción *LineString*.
- Se puede observar en el panel de capas el archivo Castilla actualizado 2017 tanto en el tipo de geometría *Point* como en el *LineString* (ver Figura 29).



Figura 29. Capa punto y línea del plano Castilla actualizado 2017

Fuente: Elaboración propia

De preferencia se elige la opción *entities LineString*, ya que esta al ser una línea contiene a los puntos de la opción *entities Point*.

- Finalmente haciendo clic a la opción deseada, se selecciona “Zum a la capa” y se da clic a la vista del mapa que es parte de la interfaz gráfica del programa, tantas veces sean necesarias hasta que aparezca la zona del plano a manera de hoja de calcar donde se va a dibujar el accesorio, tubería, etc. (ver Figura 30).

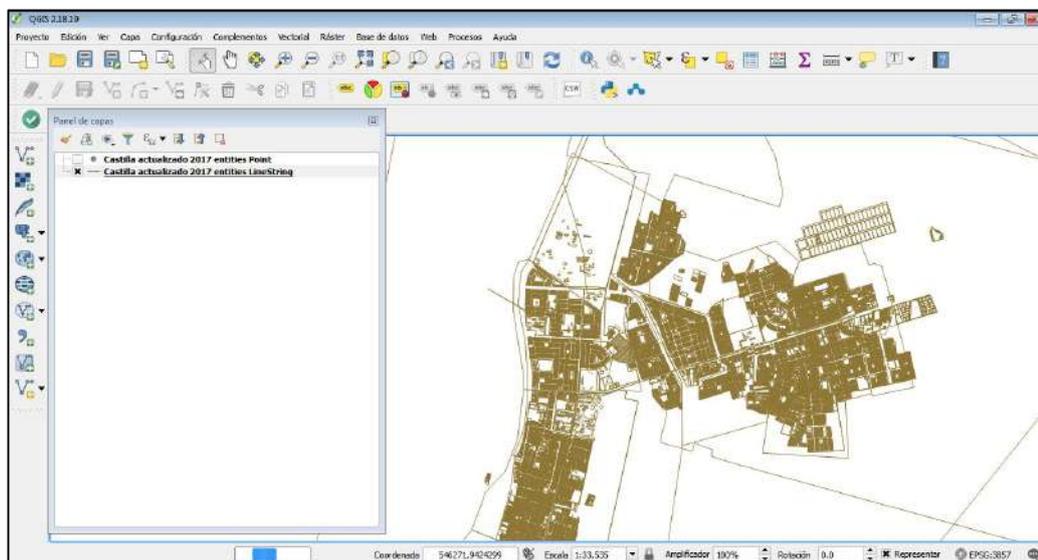


Figura 30. Plano Castilla actualizado 2017 importado en el *software* QGIS

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Creación de las capas del proyecto

Las capas serán creadas para representar los elementos que conforman el sistema de redes de agua potable a tratar (ver Figura 31).

4.3.2.1. Tipos de geometrías espaciales del *software* QGIS

a) Puntos

Se reducen a pares de coordenadas latitud-longitud o x-y, que marcan la posición de lo modelado sobre la superficie de la tierra.

Los accesorios de una red de agua como: válvulas, codos, tees, hidrantes y tapones, así como pozos y reservorios, que son los necesarios para nuestro proyecto, pueden quedar representados con esta estructura vectorial.

Por otro lado, los puntos también sirven para representar: poblaciones, calicatas, estaciones meteorológicas, entre otros.

b) Líneas

Son una serie ordenada de puntos denominados vértices, los puntos inicial y final se llaman nodos. Cuando se visualizan consisten en segmentos rectos entre los vértices. Permiten trazar las calles y las tuberías de agua.

En otros ámbitos pueden representar rutas, ríos, curvas de nivel, etc.

c) Polígonos

Son líneas cerradas que delimitan superficies. Modelan vegetación, suelo, geomorfología, provincia, país, etc.

En este proyecto serán útiles para dibujar los predios, manzanas y urbanismos.



Figura 31. Representación de la zona piloto haciendo uso de las capas: punto, línea y polígono en el QGIS

Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Creación de las capas en la base de datos de PostgreSQL

4.3.3.1. Crear conexión en la base de datos

La conexión con la base de datos se hace a través de la ventana “Nueva Registración de Servidor” (ver Figura 32).

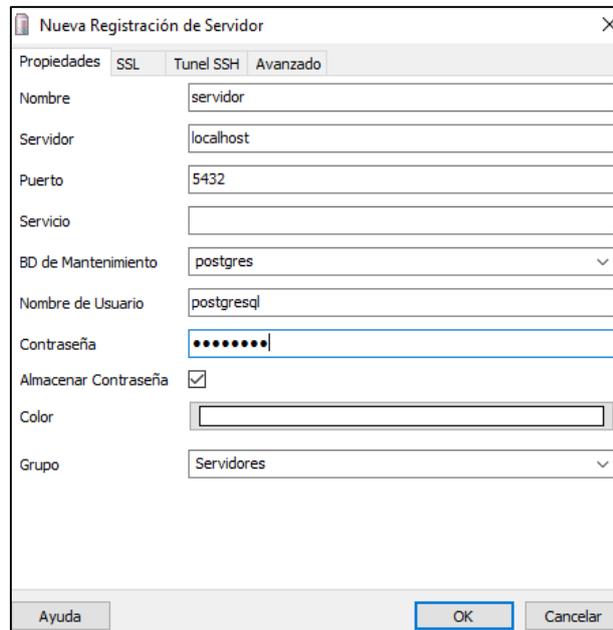


Figura 32. Conexión en la base de datos de PostgreSQL
Fuente: Elaboración propia

4.3.3.2. Crear la propia base de datos

Se le asigna un nombre a la base de datos (ver Figura 33).

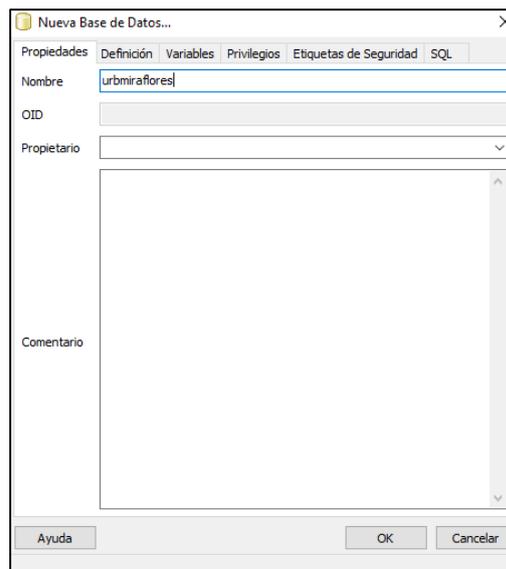


Figura 33. Nombre de la base de datos: Urb Miraflores
Fuente: Elaboración propia

4.3.3.3. Crear las tablas en la propia base de datos

Cada tabla creada en la base de datos representa una capa en formato shape del programa QGIS (ver Figura 34 y 35).

Las tablas están formadas por columnas, las cuales indican los campos de la tabla, y cada campo indica un atributo de los objetos espaciales que agrupa dicha tabla.

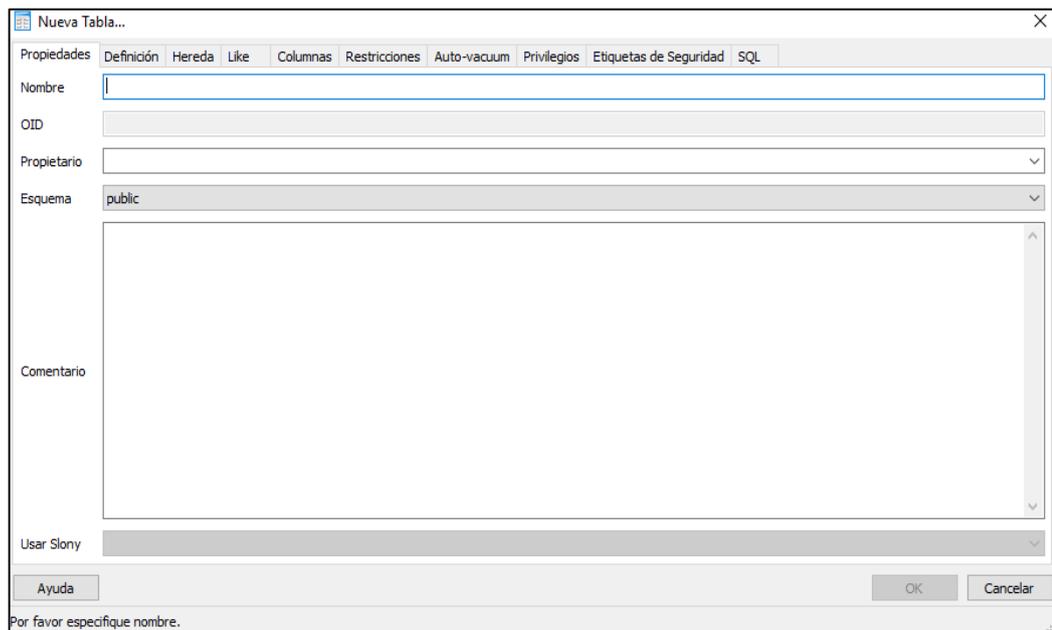


Figura 34. Creación de una tabla en la base de datos
Fuente: Elaboración propia



Figura 35. Capas en formato shape
Fuente: Elaboración propia

a) Creación de las columnas de la tabla urbanismo (ver Figura 36).

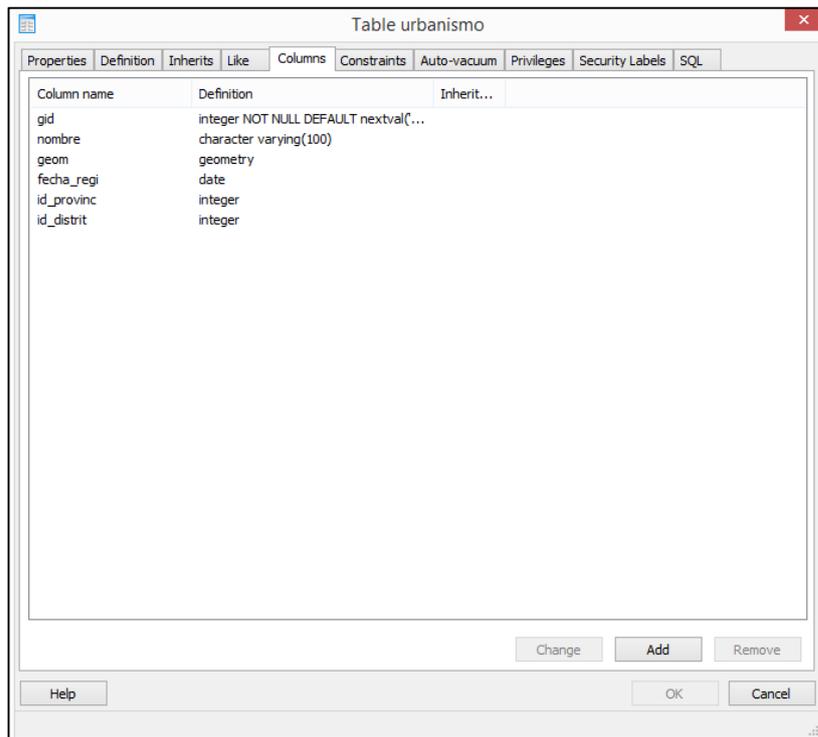


Figura 36. Creación de los campos de la tabla urbanismo
Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Atributos de la capa urbanismo

Atributo	Descripción
gid	Es la clave primaria del objeto espacial.
nombre	Nombre de la habilitación urbana asignado por la municipalidad.
geom	Es la geometría espacial de la capa urbanismo. Para este caso será de tipo polígono.
fecha_regi	Fecha en la que se han registrado los atributos del urbanismo en la base de datos.
id_provinc	Código de provincia a nivel interno de la EPS GRAU S.A, Piura. id_provincia = 1 (Piura)
id_distrit	Código de distrito a nivel interno de la EPS GRAU S.A, Piura. id_distrito = 1 (Piura) id_distrito = 4 (Castilla)

Fuente: Elaboración propia

b) Creación de las columnas de la tabla manzanas (ver Figura 37).

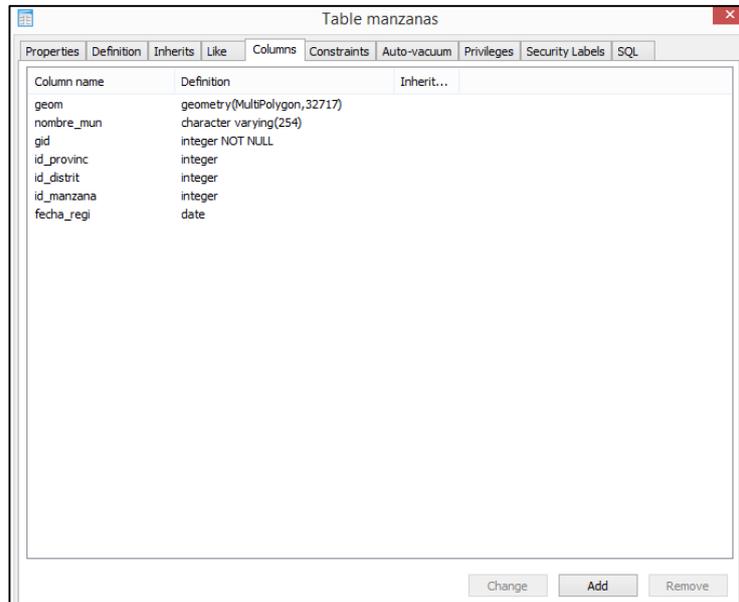


Figura 37. Creación de los campos de la tabla manzanas
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3 Atributos de la capa manzanas

Atributo	Descripción
geom	Es la geometría espacial de la capa manzanas. Para este caso será de tipo polígono.
nombre_mun	Es el nombre que establece la municipalidad a la manzana.
gid	Es la clave primaria del objeto espacial.
id_provinc	Código de provincia a nivel interno de la EPS GRAU S.A, Piura. id_provincia = 1 (Piura)
id_distrit	Código de distrito a nivel interno de la EPS GRAU S.A, Piura. id_distrito = 1 (Piura) id_distrito = 4 (Castilla)
id_manzana	Es el código catastral de la manzana asignado por la EPS GRAU S.A, Piura.
fecha_regi	Fecha en la que se han registrado los atributos de las manzanas en la base de datos.

Fuente: Elaboración propia

c) Creación de las columnas de la tabla predios (ver Figura 38).

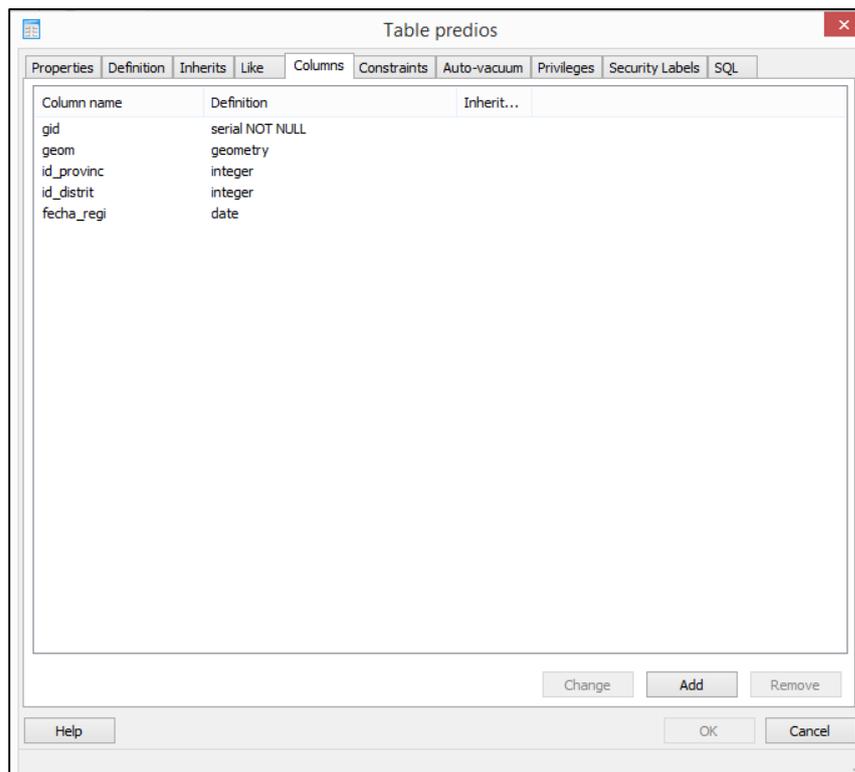


Figura 38. Creación de los campos de la tabla predios
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Atributos de la capa predios

Atributo	Descripción
gid	Es la clave primaria del objeto espacial.
geom	Es la geometría espacial de la capa predios. Para este caso será de tipo polígono.
id_provinc	Código de provincia a nivel interno de la EPS GRAU S.A, Piura. id_provincia = 1 (Piura)
id_distrit	Código de distrito a nivel interno de la EPS GRAU S.A, Piura. id_distrito = 1 (Piura) id_distrito = 4 (Castilla)
fecha_regi	Fecha en la que se han registrado los atributos de los predios en la base de datos.

Fuente: Elaboración propia

d) Creación de las columnas de la tabla redes de agua (ver Figura 39).

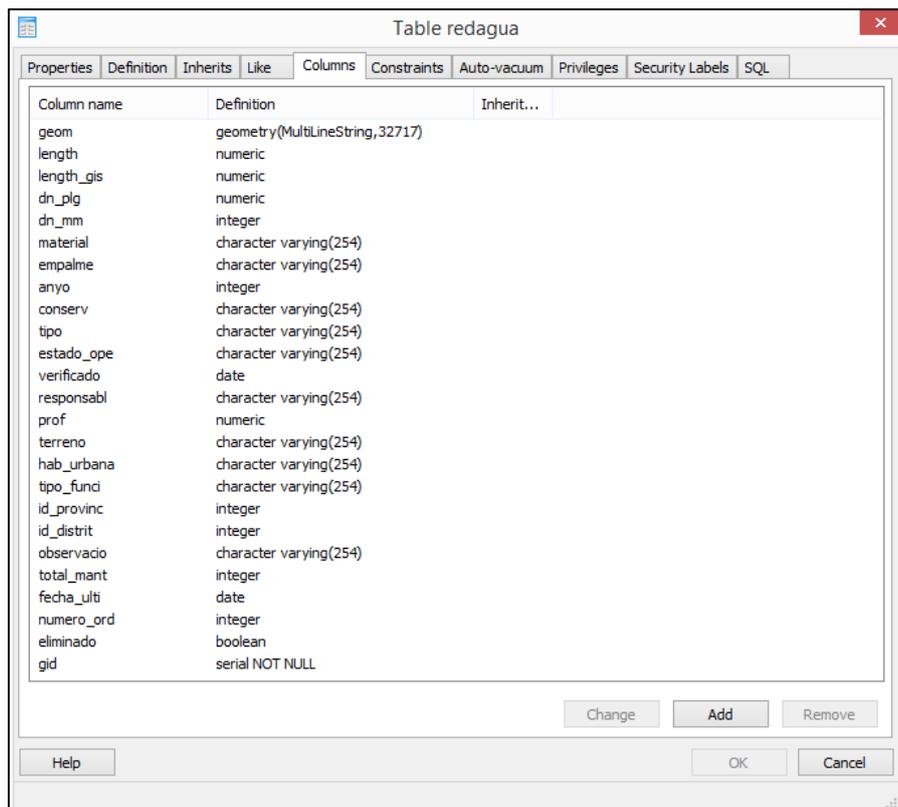


Figura 39. Creación de los campos de la tabla redes de agua
Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Atributos de la capa redes de agua

Atributo	Descripción
geom	Es la geometría espacial de la capa redes de agua. Para este caso será de tipo línea.
length	Es la longitud de la tubería de agua en metros.
length_gis	Es la longitud de la tubería de agua en metros según la base de datos espacial. Es decir indica la distancia en metros entre el nodo 1 y el nodo 2.
dn_pulg	Diámetro en pulgadas.
dn_mm	Diámetro en milímetros.
material	Tipo de material de la tubería.
empalme	Junta entre tubería y accesorios: embone.
anyo	Año en el cual se instaló la tubería de agua potable en la habilitación urbana.
conserv	Estado de conservación (bueno, malo o regular).
tipo	Primaria o secundaria.

Tabla 5. Atributos de la capa redes de agua (continuación)

estado_ope	Estado de operación (operativo o inoperativo).
verificado	Fecha de la última verificación de la tubería en el campo.
responsabl	Empresa u operarios encargados de levantar la información en el campo.
prof	Profundidad medida desde el nivel del terreno hasta la tubería de agua.
terreno	Área superficial en la que se encuentra la tubería (asfalto, tierra, bloqueta o vereda).
hab_urbana	Nombre de la habilitación urbana a la que pertenece la tubería.
tipo_funcion	Distribución, impulsión o aducción.
id_provinc	Código de provincia a nivel interno de la EPS GRAU S.A, Piura. id_provincia = 1 (Piura)
id_distrit	Código de distrito a nivel interno de la EPS GRAU S.A, Piura. id_distrito = 1 (Piura) id_distrito = 4 (Castilla)
observacio	Indica la red que sale del reservorio Miraflores.
total_mant	Es el número total de mantenimientos hechos a la tubería en el campo.
fecha_ulti	Fecha del último mantenimiento de la tubería de agua en el campo.
numero_ord	Es el número de órdenes que se hacen en los mantenimientos, este número puede ser igual o aproximado a los mantenimientos hechos. En estas órdenes se detalla el estado de la red, quién elaboró el mantenimiento, entre otros detalles.
eliminado	Indica si la tubería ha sido eliminada o no.
gid	Es la geometría espacial de la capa redes de agua. Para este caso será de tipo línea.
node 1	Indica el accesorio que se encuentra al inicio del tramo de la red de agua. Tiene la misma codificación del dc_id del accesorio.
node 2	Indica el accesorio que se encuentra al final del tramo de la red de agua. Tiene la misma codificación del dc_id del accesorio.

Fuente: Elaboración propia

e) Creación de las columnas de la tabla calle (ver Figura 40).



Figura 40. Creación de los campos de la tabla calle
Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Atributos de la capa calle

Atributo	Descripción
geom	Es la geometría espacial de la capa calle. Para este caso será de tipo línea.
gid	Es la clave primaria del objeto espacial.
calle	Es el nombre de la calle.
fecha_regi	Fecha en la que se han registrado los atributos de las calles en una base de datos.
id_prov	Código de provincia a nivel interno de la EPS GRAU S.A, Piura. id_provincia = 1 (Piura)
id_dist	Código de distrito a nivel interno de la EPS GRAU S.A, Piura. id_distrito = 1 (Piura) id_distrito = 4 (Castilla)

Fuente: Elaboración propia

f) Creación de las columnas de la tabla accesorios (ver Figura 41).

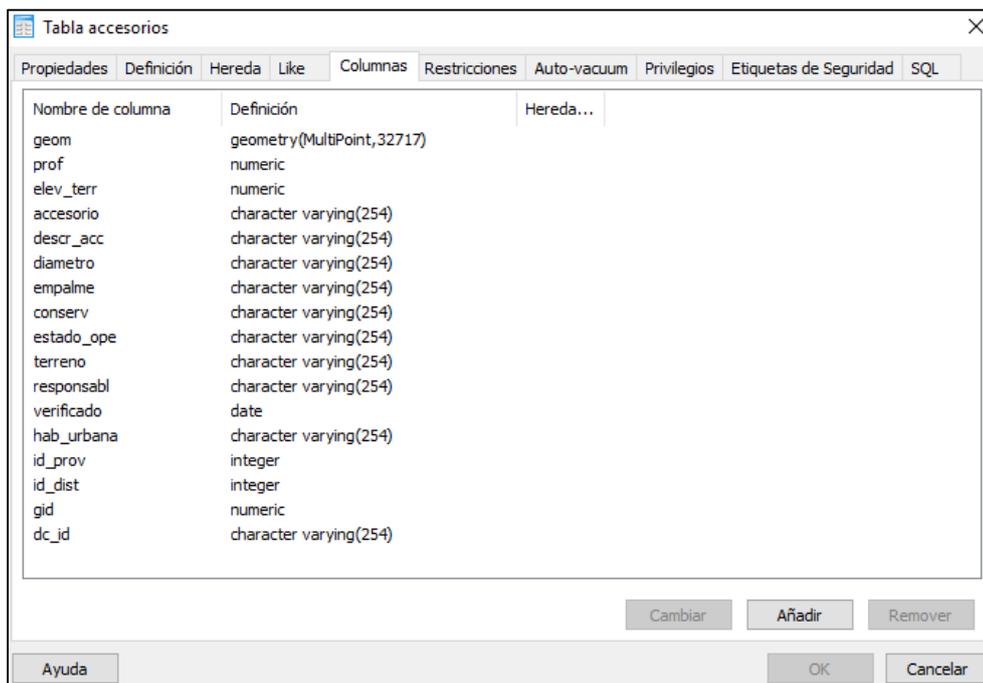


Figura 41. Creación de los campos de la tabla accesorios
Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Atributos de la capa accesorios

Atributo	Descripción
geom	Es la geometría espacial de la capa accesorios. Para este caso será de tipo punto.
prof	Profundidad medida desde el nivel del terreno hasta el accesorio.
elev_terr	Coordenada del terreno donde se encuentra el accesorio, relacionada con su altura respecto al nivel del mar.
accesorio	Codo 22.5°, codo 45°, codo 90°, tee, tapón, cruz, hidrante, válvula de aire.
descr_acc	Descripción del accesorio.
diámetro	Diámetro del accesorio en pulgadas.
empalme	Junta entre tubería y accesorios: embone.
conserv	Estado de conservación del accesorio (bueno, malo o regular).
estado_ope	Estado de operación del accesorio (operativo e inoperativo).
terreno	Área superficial en la que se encuentra el accesorio (asfalto, tierra, bloqueta o vereda).

Tabla 7. Atributos de la capa accesorios (continuación)

Atributo	Descripción
responsable	Empresa u operarios encargados de levantar la información en el campo.
verificado	Fecha de la última verificación del accesorio en el campo.
hab_urbana	Nombre de la habilitación urbana a la que pertenece el accesorio.
id_prov	Código de provincia a nivel interno de la EPS GRAU S.A, Piura. id_provincia = 1 (Piura)
id_dist	Código de distrito a nivel interno de la EPS GRAU S.A, Piura. id_distrito = 1 (Piura) id_distrito = 4 (Castilla)
gid	Es la clave primaria del objeto espacial.
dc_id	Es la codificación del accesorio.

Fuente: Elaboración propia

g) Creación de las columnas de la tabla válvula de cierre (ver Figura 42).

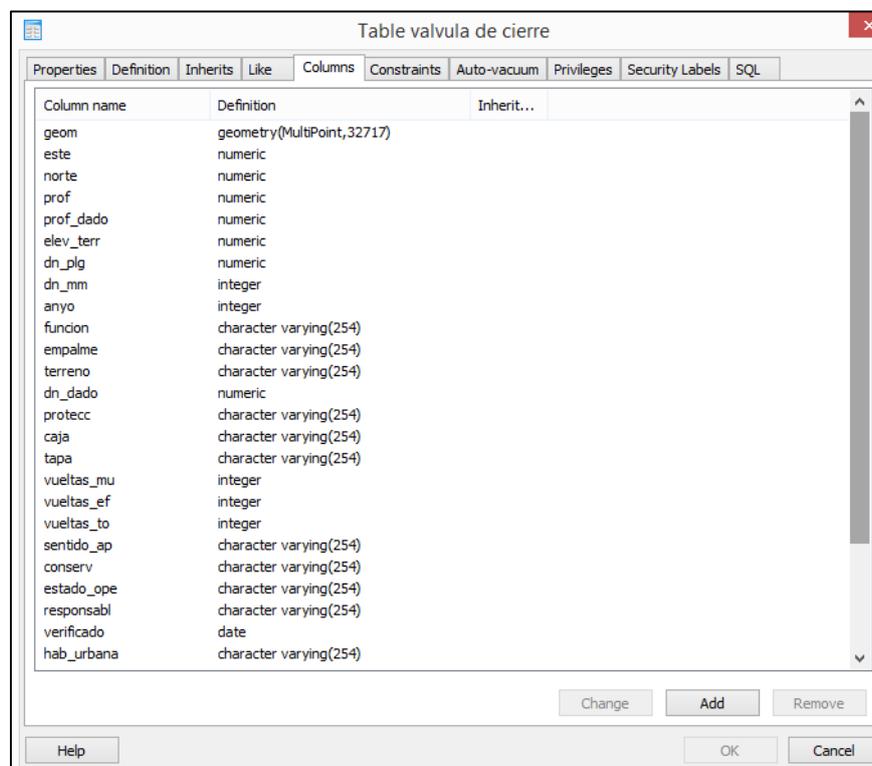


Figura 42. Creación de los campos de la tabla válvula de cierre

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Atributos de la capa válvula de cierre

Atributo	Descripción
geom	Es la geometría espacial de la capa válvula de cierre. Para este caso será de tipo punto.
este	Es la coordenada este de la válvula.
norte	Es la coordenada norte de la válvula.
prof	Profundidad medida desde el nivel del terreno hasta la válvula.
prof_dado	Profundidad a la que se encuentra el dado de la válvula, tomando como referencia el nivel del terreno.
elev_terr	Coordenada del terreno donde se encuentra la válvula, relacionada con su altura respecto al nivel del mar.
dn_plg	Diámetro en pulgadas.
dn_mm	Diámetro en milímetros.
año	Año en el cual se instaló la válvula en la habilitación urbana.
función	Clasificación de la válvula según la función que desempeña dentro del sistema de redes de agua (control o distribución).
empalme	Junta entre tubería y accesorios o válvula: embone.
terreno	Área superficial en la que se encuentra la válvula (asfalto, bloqueta o vereda).
dn_dado	Diámetro en pulgadas del dado de la válvula.
protecc	Material que se encuentra alrededor de la válvula y protege a la misma. Este material puede ser un tubo plástico.
caja	Indica si tiene caja (sí o no).
tapa	Indica si tiene tapa (sí o no).
vueltas_mu	Se considera número de vueltas muertas a la cantidad de vueltas locas, las cuales se dan por funcionalidad después de cerrar la válvula.
vueltas_ef	Se considera número de vueltas efectivas a la cantidad de vueltas necesarias para cerrar la válvula; varía de acuerdo a su diámetro.
vueltas_to	Se considera número de vueltas totales a la sumatoria del número de vueltas efectivas y el número de vueltas muertas.
sentido_ap	Sentido de giro de la válvula (horario).
conserv	Estado de conservación (bueno, malo o regular).
estado_ope	Estado de operación (operativo o inoperativo).
responsabl	Empresa u operarios encargados de levantar la información.

Tabla 8. Atributos de la capa válvula de cierre (continuación)

Atributo	Descripción
verificado	Fecha de la última verificación de las válvulas en el campo.
hab_urbana	Nombre de la habilitación urbana a la que pertenece la válvula.
fecha_regi	Fecha en la que se han registrado los atributos de las válvulas en una base de datos.
id_dpto	Código de departamento a nivel interno de la EPS GRAU S.A, Piura. id_departamento = 19 (Piura)
id_prov	Código de provincia a nivel interno de la EPS GRAU S.A, Piura. id_provincia = 1 (Piura)
id_dist	Código de distrito a nivel interno de la EPS GRAU S.A, Piura. id_distrito = 1 (Piura) id_distrito = 4 (Castilla)
eliminado	Indica si la válvula de cierre ha sido eliminada o no.
gid	Es la clave primaria del objeto espacial.

Fuente: Elaboración propia

h) Creación de las columnas de la tabla pozo (ver Figura 43).

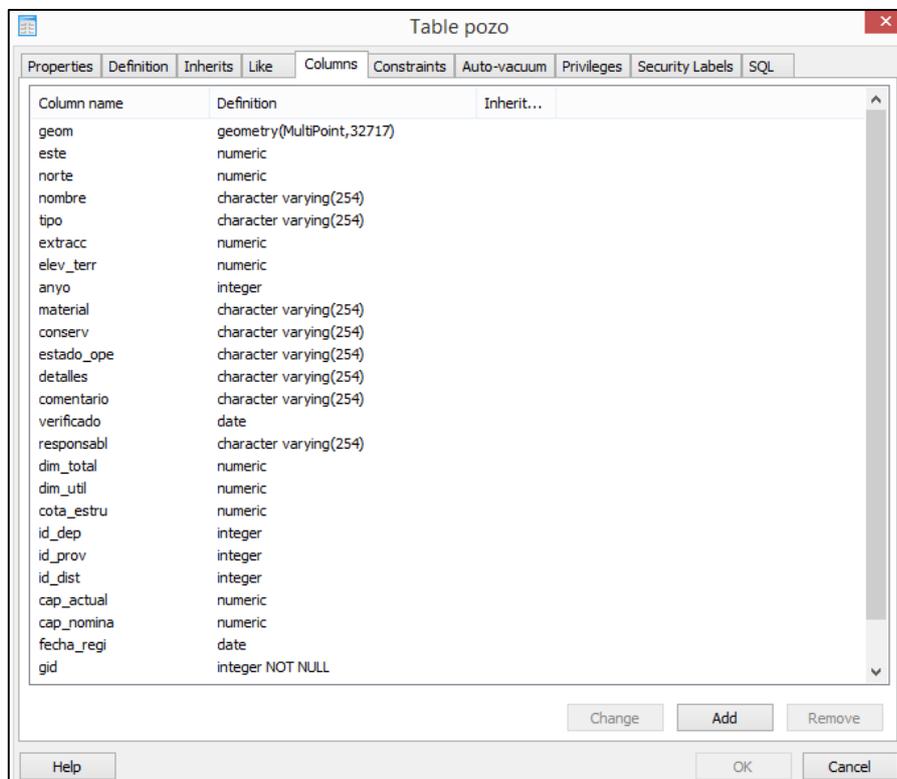


Figura 43. Creación de los campos de la tabla pozo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Atributos de la capa pozo

Atributo	Descripción
geom	Es la geometría espacial de la capa pozo. Para este caso será de tipo punto.
este	Coordenada este del pozo.
norte	Coordenada norte del pozo.
nombre	Nombre del pozo.
tipo	Tipo del pozo: vertical excavado
extracc	Caudal en m ³ /s obtenido de la extracción del agua subterránea, utilizada para el abastecimiento del sistema de agua potable.
elev_terr	Coordenada del terreno donde se encuentra el pozo, relacionada con su altura respecto al nivel del mar.
anyo	Año de construcción del pozo.
material	Material del pozo.
conserv	Estado de conservación del pozo (bueno, malo o regular).
estado_ope	Estado de operación del pozo (operativo o inoperativo).
detalles	Mayores detalles de los componentes del pozo.
comentario	Observaciones
verificado	Fecha de la última verificación del pozo en el campo.
responsabl	Empresa u operarios encargados de levantar la información en el campo.
dim_total	Dimensión del área total que comprende el terreno del pozo.
dim_util	Dimensión del área construida y apta para el uso, almacenamiento y control del pozo.
cota_estru	Coordenada de la estructura relacionada con su altura respecto al nivel del mar.
id_dep	Código de departamento a nivel interno de la EPS GRAU S.A, Piura. id_departamento = 19 (Piura)
id_prov	Código de provincia a nivel interno de la EPS GRAU S.A, Piura. id_provincia = 1 (Piura)
id_dist	Código de distrito a nivel interno de la EPS GRAU S.A, Piura. id_distrito = 1 (Piura) id_distrito = 4 (Castilla)

Tabla 9. Atributos de la capa pozo (continuación)

Atributo	Descripción
cap_actual	Volumen en m ³ que soporta la infraestructura.
cap_nomina	Volumen en m ³ máximo que puede soportar la infraestructura.
fecha_regi	Fecha en la que se han registrado los atributos del pozo en la base de datos.
gid	Es la clave primaria del objeto espacial.
direccion	Es la dirección del pozo.
codigo_sun	La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) establece un código para cada infraestructura de la empresa EPS GRAU S.A, Piura.

Fuente: Elaboración propia

i) Creación de las columnas de la tabla reservorio (ver Figura 44).

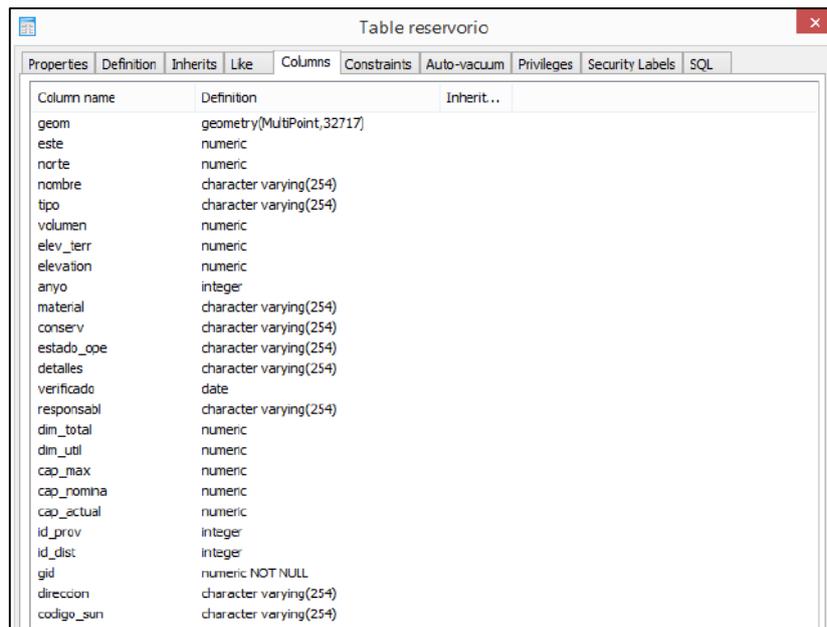


Figura 44. Creación de los campos de la tabla reservorio

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Atributos de la capa reservorio

Atributo	Descripción
geom	Es la geometría espacial de la capa reservorio. Para este caso será de tipo punto.
este	Coordenada este del reservorio.
norte	Coordenada norte del reservorio.
nombre	Nombre del reservorio.
tipo	Tipo de reservorio de almacenamiento: elevado.
volumen	Es la capacidad de agua en m ³ que posee el reservorio a la fecha.
elev_terr	Coordenada del terreno donde se encuentra el reservorio, relacionada con su altura respecto al nivel del mar.
elevation	Coordenada donde se encuentra el reservorio sobre el nivel del mar.
anyo	Año de construcción del reservorio.
material	Material del reservorio.
conserv	Estado de conservación del reservorio (bueno, malo o regular).
estado_ope	Estado de operación del reservorio (operativo o inoperativo).
detalles	Mayores detalles de su composición.
verificado	Fecha de la última verificación del reservorio en el campo.
responsabl	Empresa u operarios encargados de levantar la información en el campo.
dim_total	Dimensión del área total que comprende el terreno del reservorio.
dim_util	Dimensión del área construida y apta para el uso, almacenamiento y control del reservorio.
cap_max	Volumen máximo que puede contener la estructura (desde el piso hasta el techo).
cap_nomina	Volumen máximo que puede almacenar el reservorio (desde el piso hasta el nivel máximo permisible del reservorio).
cap_actual	Volumen almacenado actualmente.
id_prov	Código de provincia a nivel interno de la EPS GRAU S.A, Piura. id_provincia = 1 (Piura)
id_dist	Código de distrito a nivel interno de la EPS GRAU S.A, Piura. id_distrito = 1 (Piura) id_distrito = 4 (Castilla)
gid	Es la clave primaria del objeto espacial.
dirección	Es la dirección del reservorio.
codigo_sun	La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) establece un código para cada infraestructura de la empresa EPS GRAU S.A, Piura.

Fuente: Elaboración propia

4.3.3.4. Modelado de la base de datos

Las tablas que se muestran (ver Figura 45) representan las capas existentes en la base de datos, en total para el proyecto son 9 tablas de las cuales 5 van a trabajarse dinámicamente, estas son: redes de agua, accesorios, válvulas de cierre, pozo y reservorio. En estas tablas se va a permitir actualizar, registrar, eliminar y emitir reportes desde el QGIS.

valvulas_cierre	pozo	redagua	reservorio	accesorios
id int4 geom "public":geometry sin_etique varchar(254) dc_id varchar(254) este numeric norte numeric cruce varchar(254) elevacion numeric diametro numeric type varchar(254) setting varchar(254) minorloss numeric prof numeric prof_dado numeric elev_terr numeric dn_plg numeric dn_mm int4 anyo int4 tipo_ote varchar(254) fundion varchar(254) marca varchar(254) empalme varchar(254) terreno varchar(254) dn_dado numeric profecc varchar(254) caga varchar(254) tapa varchar(254) status varchar(254) vueltas_mu int4 vueltas_ef int4 vueltas_lo int4 sentido_ap varchar(254) conserv varchar(254) estado_ope varchar(254) responsabl varchar(254) verificado date hab_urbana varchar(254) dist_ref numeric fecha_regi date id_dpto int4 id_prov int4 id_dist int4 distancia numeric gid numeric eliminado varchar(1)	geom "public":geometry este numeric norte numeric nombre varchar(254) tipo varchar(254) extracc numeric elev_terr numeric anyo int4 material varchar(254) conserv varchar(254) estado_ope varchar(254) detalles varchar(254) comentario varchar(254) verificado date responsabl varchar(254) dim_total numeric dim_util numeric cota_estru numeric id_dep int4 id_prov int4 id_dist int4 cap_actual numeric cap_nomina numeric fecha_regi date gid int4 direccion varchar(254) codigo_sun varchar(254)	geom "public":geometry length numeric length_gis numeric dn_plg numeric dn_mm int4 material varchar(254) empalme varchar(254) anyo int4 conserv varchar(254) tipo varchar(254) estado_ope varchar(254) verificado date responsabl varchar(254) prof numeric terreno varchar(254) hab_urbana varchar(254) tipo_funcion varchar(254) id_prov int4 id_dist int4 gid numeric observado varchar(254) total_mant int4 fecha_ulti date numero_ord int4 eliminado bool	geom "public":geometry este numeric norte numeric nombre varchar(254) tipo varchar(254) volumen numeric elev_terr numeric elevacion numeric anyo int4 material varchar(254) estado_ope varchar(254) detalles varchar(254) verificado date responsabl varchar(254) dim_total numeric dim_util numeric cap_max numeric cap_nomina numeric cap_actual numeric id_prov int4 id_dist int4 gid numeric direccion varchar(254) codigo_sun varchar(254)	geom "public":geometry prof numeric elev_terr numeric accesorio varchar(254) descr_acc varchar(254) diametro varchar(254) empalme varchar(254) conserv varchar(254) estado_ope varchar(254) terreno varchar(254) responsabl varchar(254) verificado date hab_urbana varchar(254) id_prov int4 id_dist int4 gid numeric dc_id varchar(254) eliminado bool
	manzanas geom "public":geometry nombre_mun varchar(254) gid int4 id_prov int4 id_dist int4 id_manzana int4 fecha_regi date	calles geom "public":geometry gid int4 calle varchar(254) fecha_regi date id_prov int8 id_dist int8	urbanismos gid int4 geom "public":geometry nombre varchar(254) fecha_registro date id_prov int4 id_dist int4	predios id int4 geom "public":geometry id_prov int4 id_dist int4 fecha_regi date

Figura 45. Tablas de la base de datos
Fuente: Elaboración propia

4.3.4. Conexión de QGIS con la base de datos de PostgreSQL

4.3.4.1. Parámetros de conexión con la base de datos

Se deben visualizar las tablas como capas en QGIS, para ello se hace click en el botón “añadir capas PostGIS” (ver Figura 46), luego se ingresarán los parámetros en QGIS al momento de conectar con la base de datos (ver Figura 47).

Los parámetros a ingresar son:

- Nombre de la conexión: urbmiraflores
- Dirección IP del servidor de la base de datos: localhost
- Puerto de la base de datos: 5432
- Nombre de la base de datos: urbmiraflores
- Nombre de usuario de la base de datos: postgres
- Contraseña de la base de datos: 1234

4.3.4.2. Visualización de las capas de la base de datos

Aceptamos la conexión, luego damos clic en el botón “Conectar” para listar las capas de la base de datos (ver Figura 48) y posteriormente poder visualizarlas en el QGIS dando clic al botón “Añadir” (ver Figura 49).

- La columna “public” representa el esquema de la base de datos de las capas creadas.
- La columna “Tabla” es el nombre de la tabla en la base de datos
- La columna “Columna” representa el nombre de la columna del campo espacial de cada una de las tablas de la base de datos, para el proyecto se denomina “geom”.
- La columna “Tipo espacial” representa el tipo de objeto que representa cada tabla, el cual puede ser un punto, una línea o un polígono.

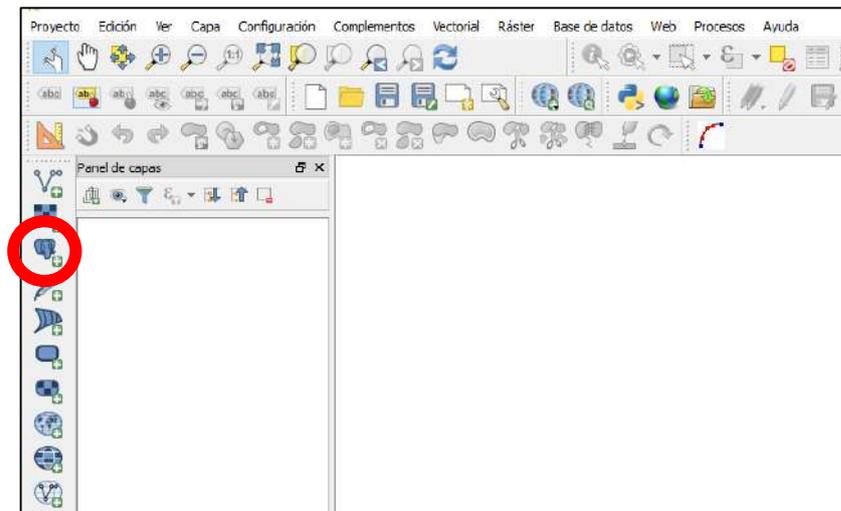


Figura 46. Ícono para conectar QGIS con PostgreSQL
Fuente: Elaboración propia

Crear una nueva conexión a PostGIS

Información sobre la conexión

Nombre:

Servicio:

Servidor:

Puerto:

Base de datos:

Modo SSL:

Nombre de usuario:

Contraseña:

Guardar nombre de usuario

Guardar contraseña

Mostrar capas sólo en los registros de capa

No resolver el tipo de columnas sin restricción (GEOMETRÍA)

Buscar sólo en el esquema "público"

Listar también tablas sin geometría

Utilizar metadatos de tabla estimados

Probar conexión

Aceptar Cancelar Ayuda

Figura 47. Parámetros de conexión de QGIS con PostgreSQL
Fuente: Elaboración propia

Este es el único formulario que permite la comunicación entre el sistema QGIS y PostgreSQL.

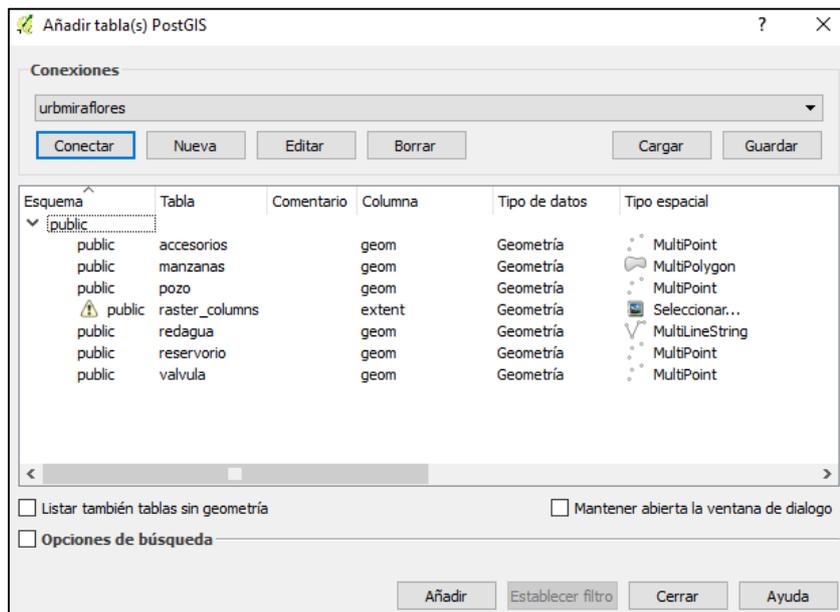


Figura 48. Listado de las capas de la base de datos
Fuente: Elaboración propia

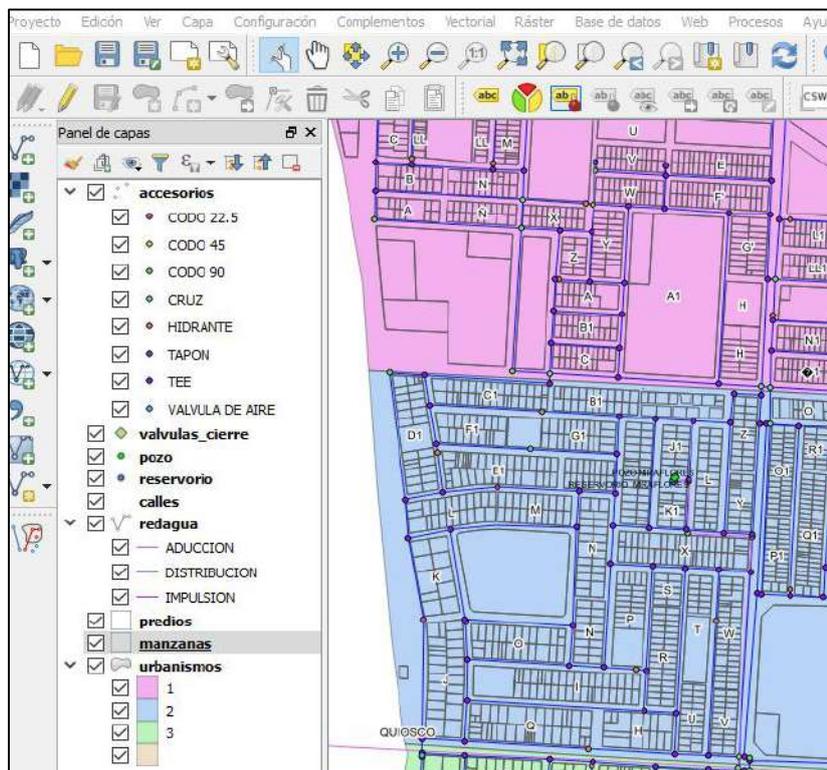


Figura 49. Capas mostradas en el QGIS desde la base de datos
Fuente: Elaboración propia

4.3.5. Personalización de las capas en el software QGIS

En QGIS se pueden personalizar cada una de las capas de la base de datos haciendo clic en la capa y luego clic en propiedades (ver Figura 50).

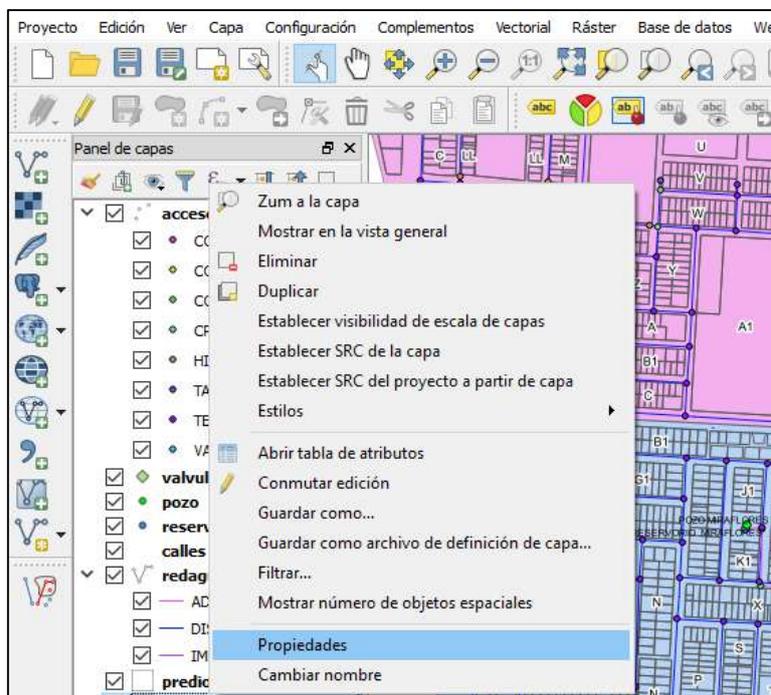


Figura 50. Opción de propiedades de capa en QGIS

Fuente: Elaboración propia

En la ventana propiedades se encuentran diversas opciones de personalización, entre ellas: estilo y etiquetas (ver Figura 51).

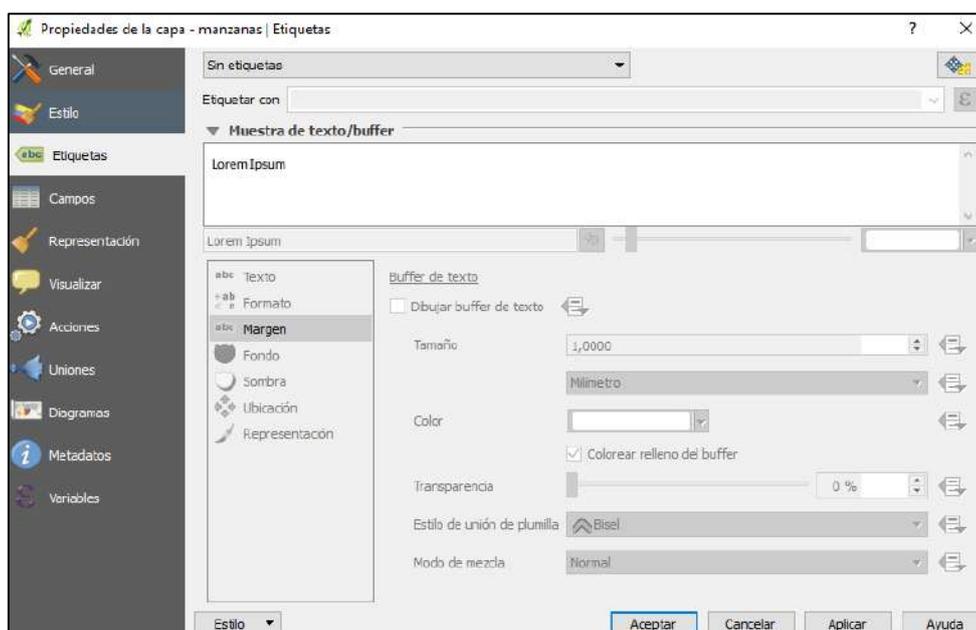


Figura 51. Propiedades de capa en QGIS

Fuente: Elaboración propia

4.3.5.1. Estilo

En esta opción se pueden dar texturas y colores a los objetos espaciales creados (ver Figura 52). Para ejemplificar se aplicarán estilos a la capa urbanismo y predios (ver Figura 53).

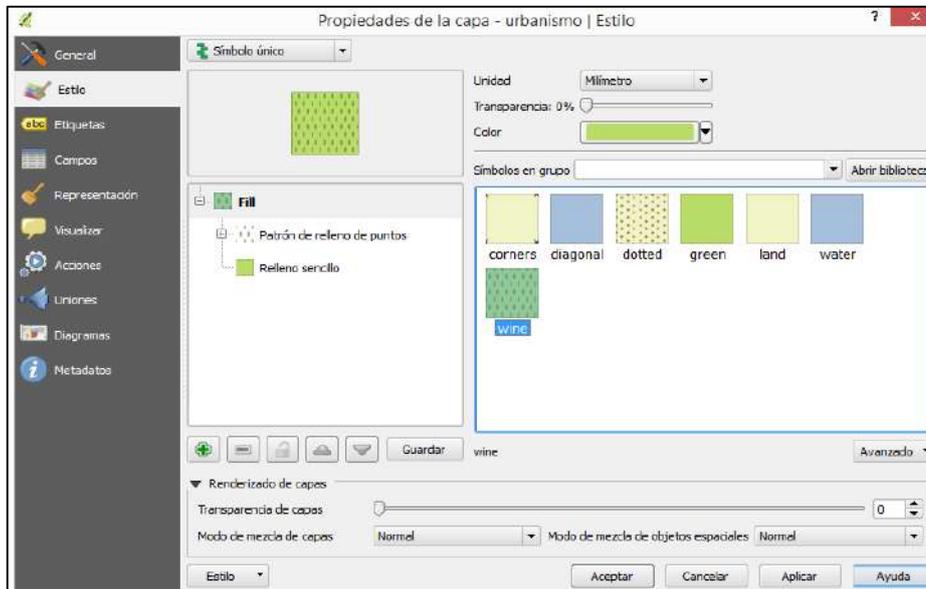


Figura 52. Estilo de capa
Fuente: Elaboración propia

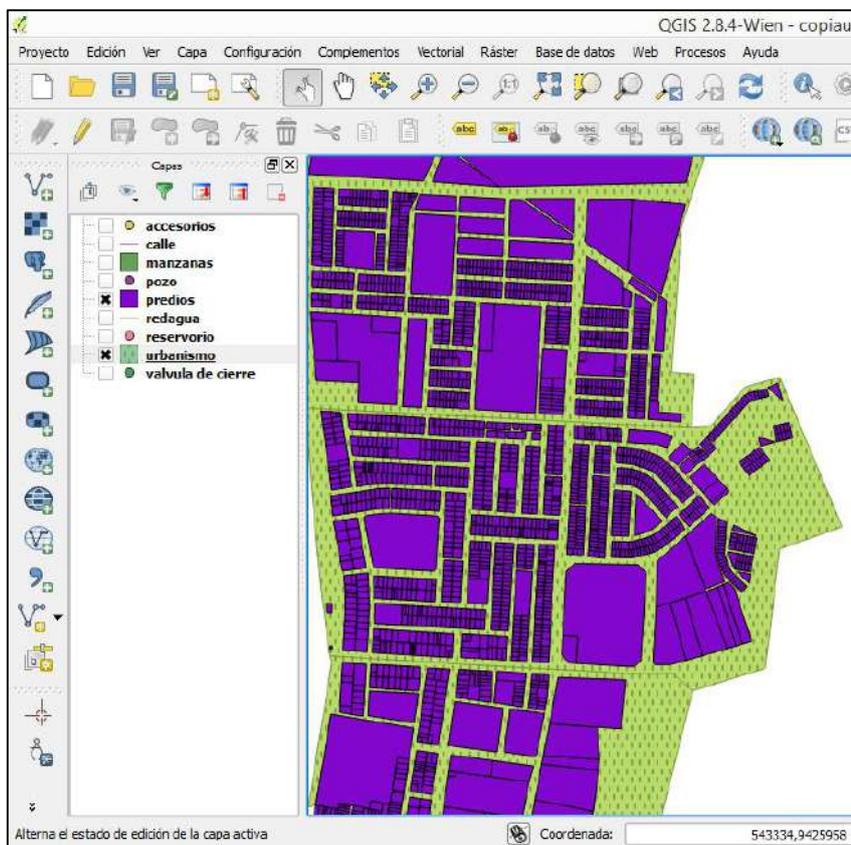


Figura 53. Estilo de las capas: urbanismo y predios
Fuente: Elaboración propia

También se pueden categorizar las capas por sus atributos: fecha de la última verificación en campo, función, diámetro, etc.

Por ejemplo, a la capa red de agua se le puede aplicar un color a cada red según su tipo de función (ver Figura 54 y 55).

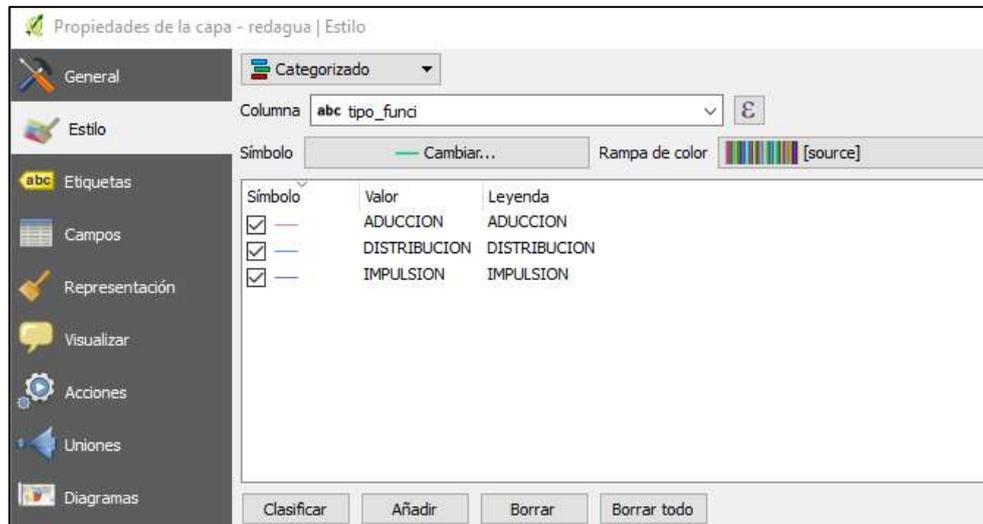


Figura 54. Estilo por tipo de función de la red de agua (aducción, distribución e impulsión)

Fuente: Elaboración propia

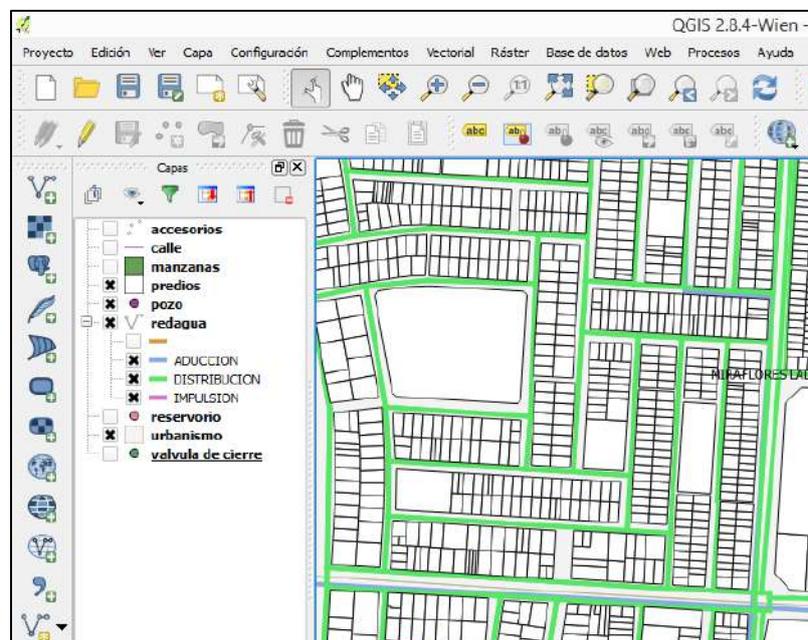


Figura 55. Estilo de la capa red de agua

Fuente: Elaboración propia

4.3.5.2. Etiquetas

Para tener una visión más clara de los objetos espaciales, estos se pueden etiquetar también por sus atributos (ver Figura 56). Como ejemplo se etiquetará a la urbanización Miraflores por su nombre (ver Figura 57).

En los desplegable de esta opción se elige:

- Mostrar etiquetas para esta capa
- Etiquetar con: abc nombre

Por último, se da click a “Aplicar” y a “Aceptar”.

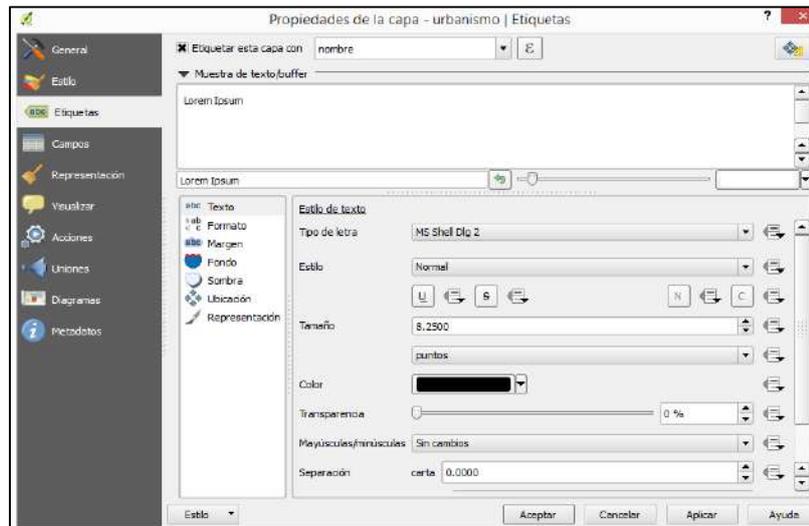


Figura 56. Personalización por etiqueta de la urb. Miraflores
Fuente: Elaboración propia

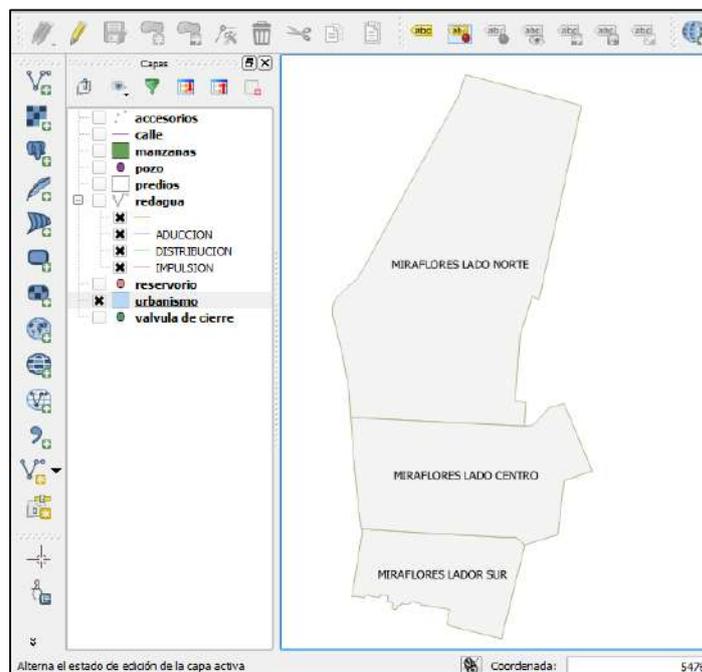


Figura 57. Urbanismo Miraflores etiquetado
Fuente: Elaboración propia

4.4. Pruebas del sistema

4.4.1. Filtrado de las capas en el programa QGIS

Filtrar información en QGIS aligera, la carga de trabajo al momento de buscar un dato específico o información en las tablas de atributos de nuestras capas. Para poder hacerlo se da clic a la capa y se selecciona “Filtrar” (ver Figura 58).

La información filtrada será por alguna condición expresada en el constructor de consultas (ver Figura 59).

Por ejemplo, se necesita mostrar en la tabla de atributos los accesorios que no se hayan eliminado en campo y que sean codos de 90°.

En los campos de esta capa, se selecciona el campo “eliminado” para saber que opciones tiene, las cuales son: false y true, de tal forma que se escriba en el constructor de consultas la opción deseada, que en este caso es false. También se selecciona el campo “accesorios” y se busca la opción “CODO 90”, para saber cómo es su escritura y ponerla tal cual en el recuadro en blanco de la parte inferior del constructor de consultas.

Posteriormente se escribe la condición a probar y se da clic a “Aceptar” (ver Figura 60).

Se procede a dar clic a la capa atributos y se selecciona la opción “Abrir tabla de atributos” (ver Figura 61).

Es así como la tabla de atributos muestra solo la lista de accesorios escritos en la condición (ver Figura 62).

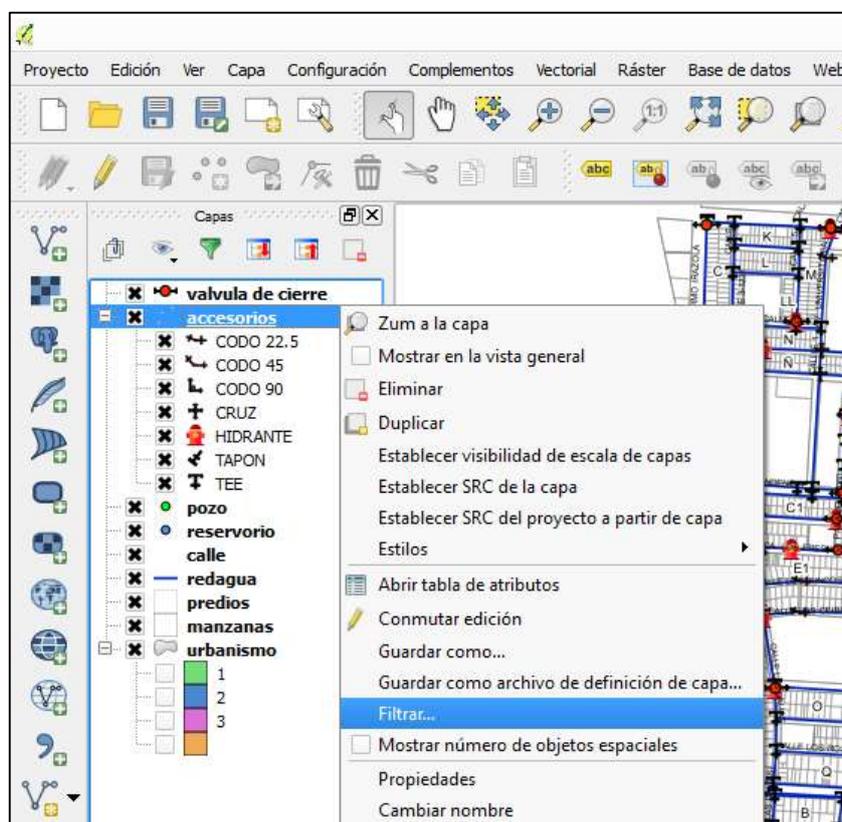


Figura 58. Opción de filtrado de una capa

Fuente: Elaboración propia

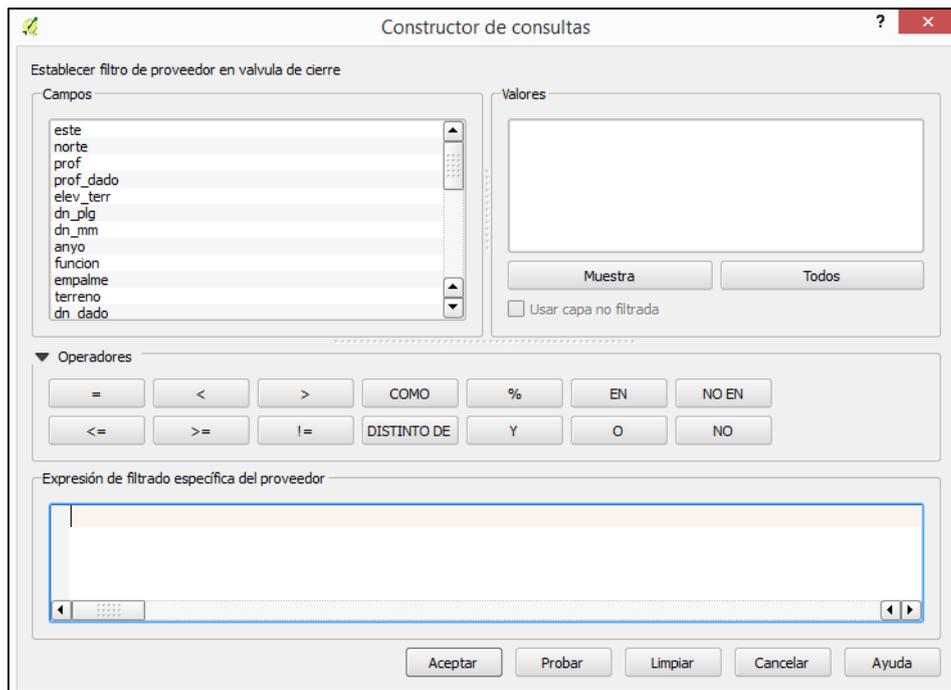


Figura 59. Constructor de consultas para el filtrado
Fuente: Elaboración propia

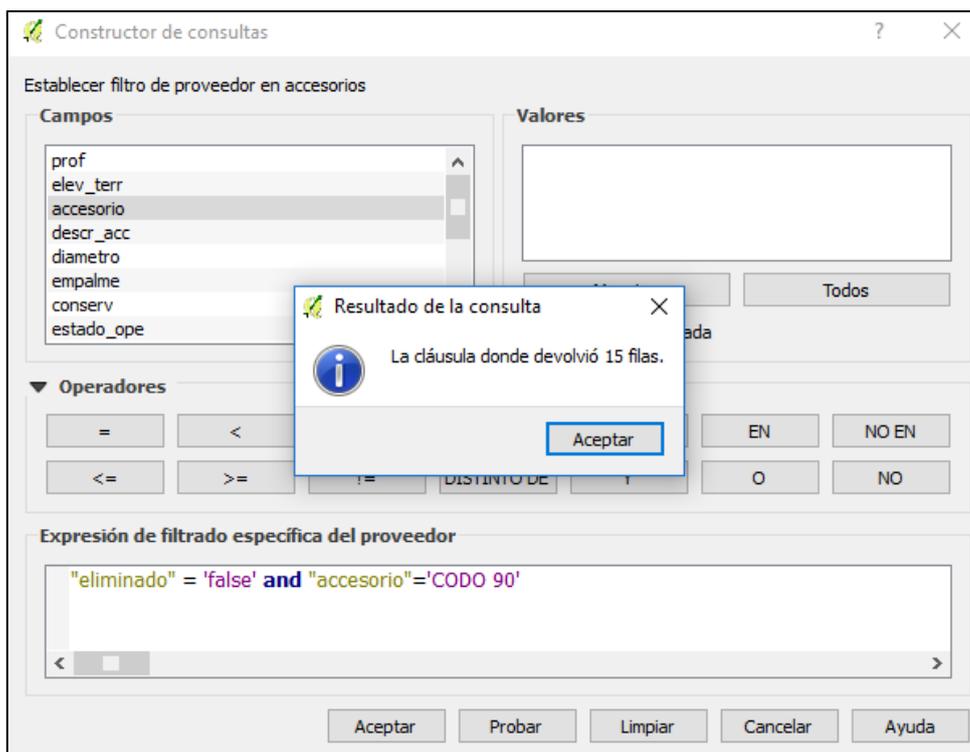


Figura 60. Filtrar en la capa accesorios los campos: *false* y CODO 90
Fuente: Elaboración propia

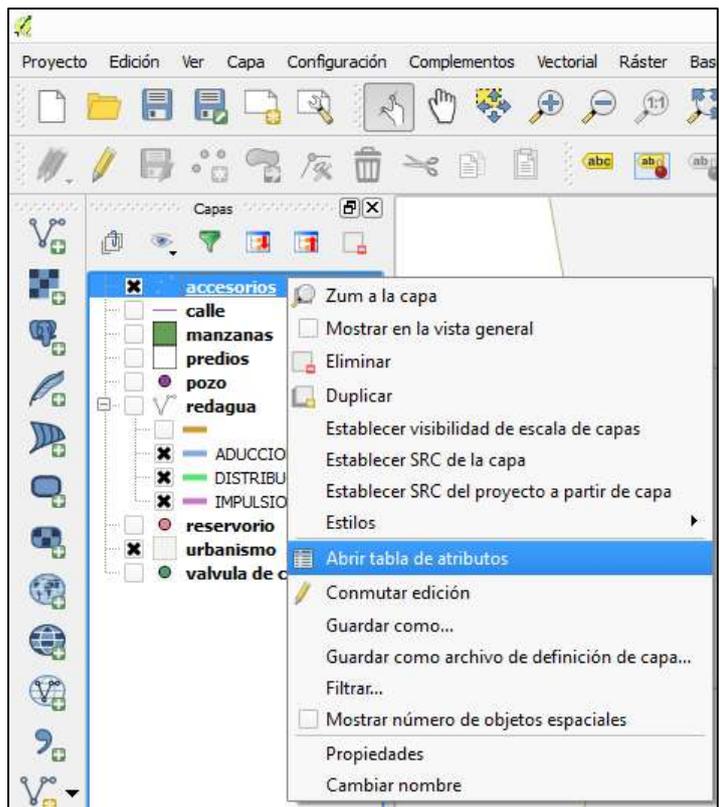


Figura 61. Opción “Abrir tabla de atributos”
Fuente: Elaboración propia

	prof	lev_ter	accesorio	descr_acc	ameti	ipalnr	inser	sdo_	srren	pons	rifica	_urbi	_pro	f_dis	dc_id	eliminado	gid
0	1.2	32.88	CODO 90	CODO 90	12...	EM...	BU...	OP...	AS...	D...	20...	UR...	1	4	62...	f	13
1	1.2	34.6	CODO 90	CODO 90	4x4	EM...	BU...	OP...	AS...	WI...	20...	UR...	1	4	18...	f	36
2	1.2	35.1	CODO 90	CODO 90	4x4	EM...	BU...	OP...	AS...	AN...	20...	UR...	1	4	10...	f	78
3	1.2	34.8	CODO 90	CODO 90	4x4	EM...	BU...	OP...	AS...	JI...	20...	UR...	1	4	14...	f	124
4	1.2	33.9	CODO 90	CODO 90	4x4	EM...	BU...	OP...	TI...	Jia...	20...	UR...	1	4	14...	f	127
5	1.2	35.2	CODO 90	CODO 90	4x4	EM...	BU...	OP...	AS...	WI...	20...	UR...	1	4	2-...	f	138
6	1.2	34.9	CODO 90	CODO 90	4x4	EM...	BU...	OP...	TI...	WI...	20...	UR...	1	4	1-...	f	139
7	1.2	35.3	CODO 90	CODO 90	6x6	EM...	BU...	OP...	AS...	JI...	20...	UR...	1	4	14...	f	202
8	1.2	35.8	CODO 90	CODO 90	4x4	EM...	BU...	OP...	AS...	JI...	20...	UR...	1	4	10...	f	203
9	NULL	NULL	CODO 90	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	f	214
10	NULL	NULL	CODO 90	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	f	223

Figura 62. Tabla de atributos de los codos de 90° que no se han eliminado en campo
Fuente: Elaboración propia

4.4.2. Demostración de la información de los atributos en QGIS

Los objetos espaciales se muestran en la tabla de atributos de una capa dando clic a la capa y seleccionando la opción “Abrir tabla de atributos”.

Cada fila en la tabla representa un objeto espacial en el mapa, y cada columna contiene una pieza importante de información acerca del objeto espacial, a esta pieza se le denomina atributo (ver Figura 63).

Los objetos espaciales en la tabla se pueden editar, guardar, borrar y mover (ver Figura 64).

accesorios :: Objetos totales: 206, filtrados: 206, seleccionados: 0

	prof	elev_terr	accesorio	descr_acc	diametro	empalme	conserv	estado_ope
1	1.2	36.8	TEE	TEE	(4x4)	EMBONE	BUENO	OPERATIVO
2	1.2	34.6	HIDRANTE	POSTE 2 BOCAS;...	(4)	EMBONE	BUENO	OPERATIVO
3	1.2	38.8	HIDRANTE	POSTE 2 BOCAS;...	(4)	EMBONE	BUENO	OPERATIVO
4	1.2	36.8	HIDRANTE	POSTE 2 BOCAS;...	(4)	EMBONE	BUENO	OPERATIVO
5	1.2	35.4	TEE	TEE	6x6	EMBONE	BUENO	OPERATIVO
6	1.2	35.2	TEE	TEE	6x6	EMBONE	BUENO	OPERATIVO
7	1.2	36.2	CODO 22.5	CODO 22.5	(10)	EMBONE	BUENO	OPERATIVO
8	1.2	36.9	TEE	TEE	4x6	EMBONE	BUENO	OPERATIVO
9	1.2	32.9	TEE	TEE	(4x4)	EMBONE	BUENO	OPERATIVO
10	1.2	33.7	TEE	TEE	(4x4)	EMBONE	BUENO	OPERATIVO
11	1.2	37.5	TEE	TEE	(4x4)	EMBONE	BUENO	OPERATIVO
12	1.2	32.88	CODO 90	CODO 90	12x12	EMBONE	BUENO	OPERATIVO
13	1.2	35.8	TEE	TEE	(4x4)	EMBONE	BUENO	OPERATIVO
14	1.2	33.6	HIDRANTE	POSTE 2 BOCAS;...	(4)	EMBONE	BUENO	OPERATIVO
15	1.2	36.1	HIDRANTE	POSTE 2 BOCAS;...	(4)	EMBONE	BUENO	OPERATIVO
16	1.2	38.6	HIDRANTE	POSTE 2 BOCAS;...	(4)	EMBONE	BUENO	OPERATIVO

< Mostrar todos los objetos espaciales

Figura 63. Atributos de la capa accesorios
Fuente: Elaboración propia



Figura 64. Opciones de edición, guardar, borrar y mover de la tabla de atributos
Fuente: Elaboración propia

- Ícono 1: El ícono conmutar el modo edición permite la edición de los atributos de los objetos espaciales.
- Ícono 2: El ícono guardar edición permite guardar los cambios realizados a los atributos de los objetos espaciales.
- Ícono 3: El ícono borrar los objetos espaciales seleccionados permite eliminar uno o más objetos espaciales.
- Ícono 4: El ícono mover la selección arriba del todo permite mover el orden de los objetos espaciales.

4.4.3. Edición de la información de las capas en QGIS

Para el mantenimiento de la información tenemos la opción de editar las capas, la cual permite: el registro y la edición de la información alfanumérica y geográfica, así mismo se pueden mover y borrar los objetos espaciales. (ver Figura 65).



Figura 65. Opciones de edición, guardar, añadir, mover y borrar objetos espaciales

Fuente: Elaboración propia

- Ícono 1: El ícono conmutar edición permite la edición de la información alfanumérica y geográfica (ver Figura 66).
- Ícono 2: El ícono guardar cambios de la capa permite guardar la edición de la información alfanumérica y geográfica.
- Ícono 3: El ícono añadir objeto espacial permite el ingreso de nuevos objetos espaciales
- Ícono 4: El ícono mover objeto espacial permite desplazar los elementos de un lugar a otro en la interfaz gráfica (ver Figura 67).
- Ícono 5: El ícono borrar lo seleccionado permite eliminar un objeto espacial (ver Figura 68).

Figura 66. Ingreso de la información de los accesorios

Fuente: Elaboración propia

4.4.4. Diseño de reportes con QGIS

Con el diseñador de impresión se pueden crear mapas y atlas que se pueden imprimir o guardar como reportes de tipo:

- archivo PDF
- imagen
- archivo SVG

Además, es una manera de compartir información geográfica producida con QGIS que se puede incluir en revistas o publicaciones.

Por ejemplo, para exportar el mapa de la urbanización Miraflores se debe:

- Seleccionar la opción “Proyecto” que se ubica en la interfaz del software QGIS y dar clic a “Nuevo diseñador de impresión” (ver Figura 69).
- En la ventana emergente se coloca el título al reporte que se va a crear (ver Figura 70).
- En el recuadro de diseñador del reporte que tiene por título el nombre dado al reporte (ver Figura 71), se selecciona la opción “Diseño” en la cual se va a elegir el tamaño, orientación y resolución de la exportación (ver Figura 72).
- Luego en la opción “Diseño” se da clic a “Añadir Mapa” (ver Figura 73), y se crea cuadro en la hoja en blanco con el clic izquierdo para ir centrando el mapa en el tamaño de hoja seleccionado (ver Figura 74).
- Después se da clic en la opción “Diseñador” y nuevamente clic a “Exportar como PDF” (ver Figura 75).
- Finalmente se elige un destino para guardar el archivo, se le da un nombre y se da clic en “Guardar”.

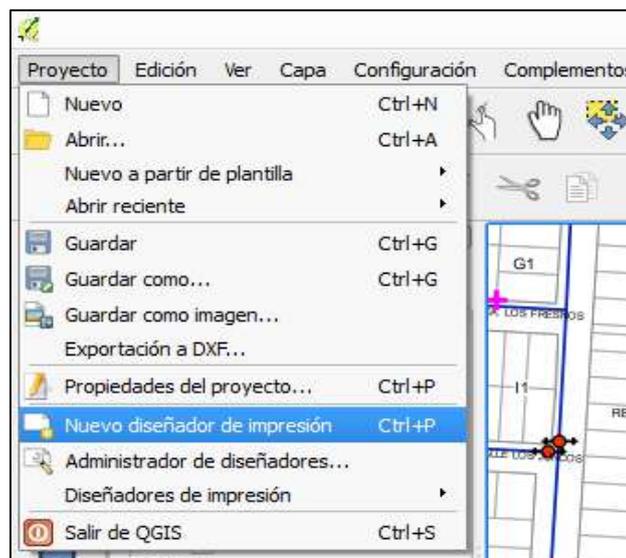


Figura 69. Opción para el diseño de reportes
Fuente: Elaboración propia

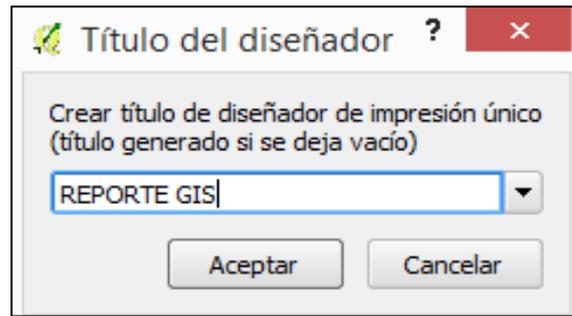


Figura 70. Ingreso del título del reporte
Fuente: Elaboración propia

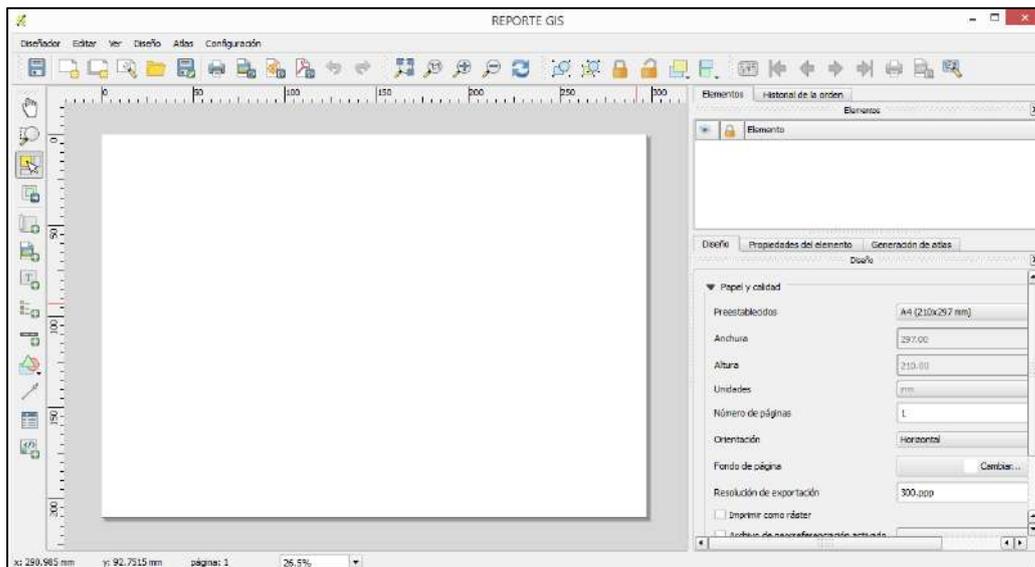


Figura 71. Diseñador del reporte
Fuente: Elaboración propia

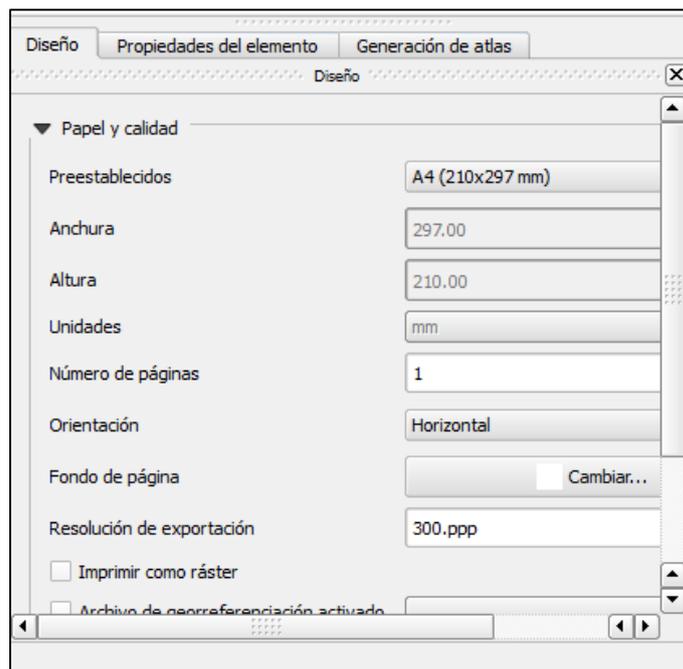


Figura 72. Opción "Diseño"
Fuente: Elaboración propia

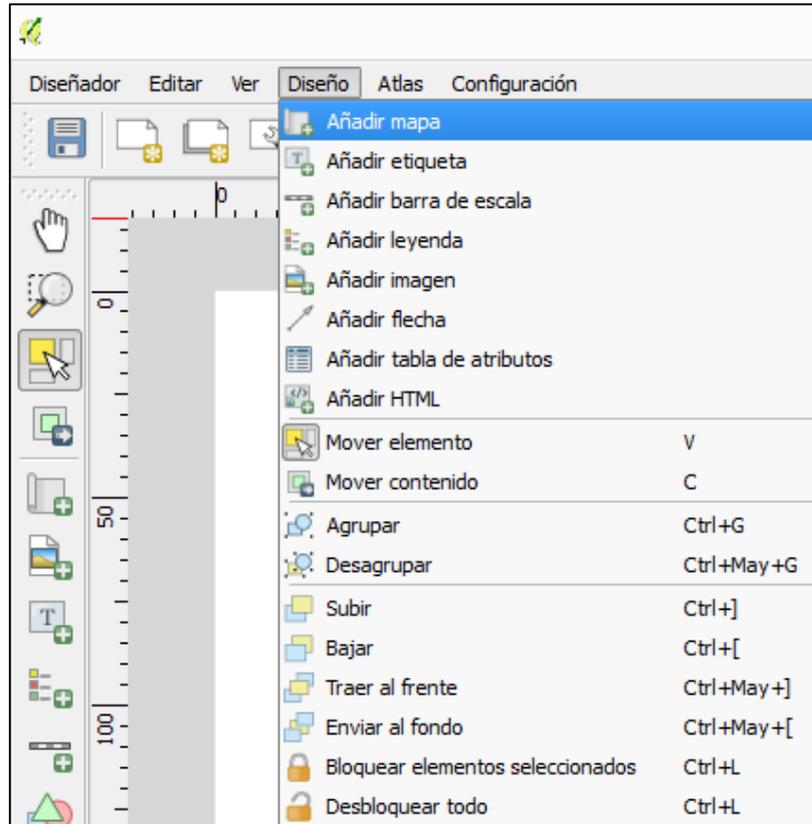


Figura 73. Opción “Añadir mapa”
Fuente: Elaboración propia

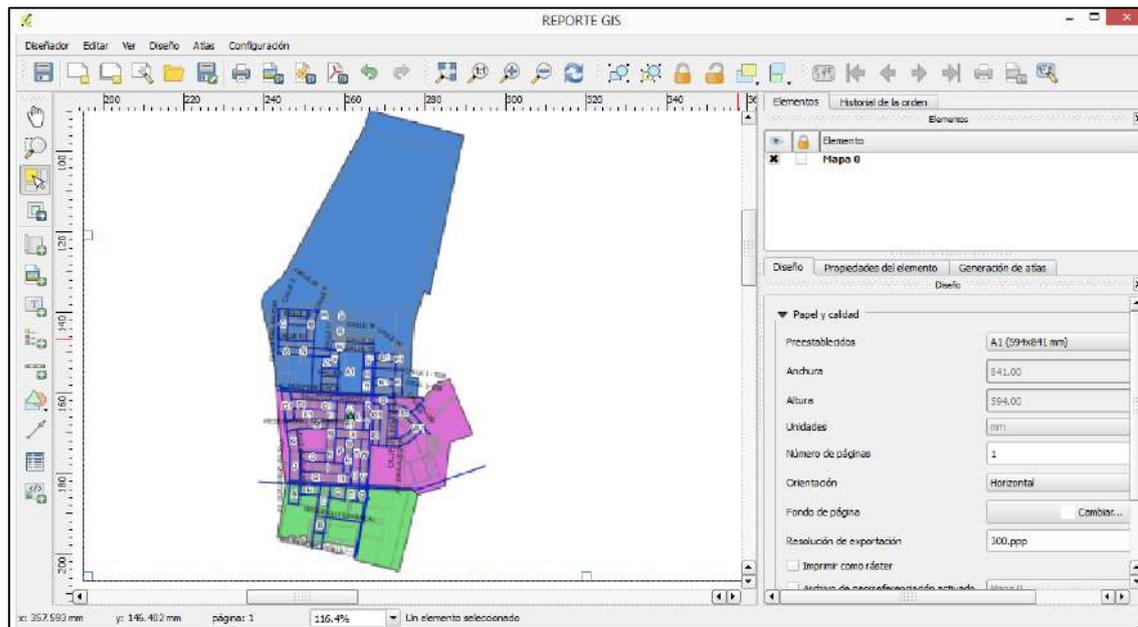


Figura 74. Hoja de impresión
Fuente: Elaboración propia

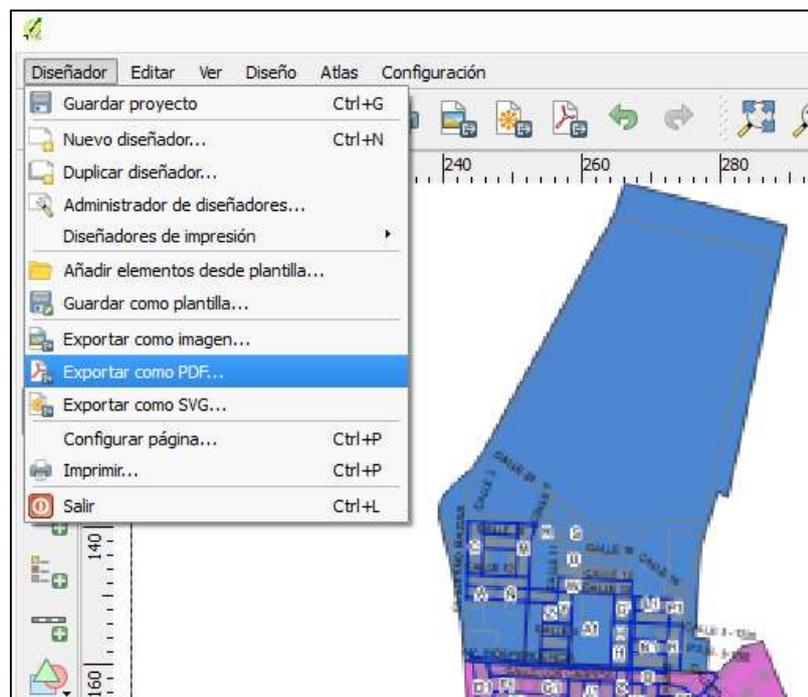


Figura 75. Exportación a formato PDF
Fuente: Elaboración propia

Capítulo 5

Análisis de resultados

5.1. Rendimiento del sistema SIG

QGIS 2.8.4, PostgreSQL 9.2 y PostGIS 2.1 son programas de código abierto, juntos construyen una fuerte herramienta de gestión de información geográfica y alfanumérica.

POSTGRESQL 9.2 y POSTGIS 2.1 son el almacén de la información sobre la cual se va a realizar la gestión.

QGIS 2.8.4 será el programa cliente mediante el cual los usuarios del sistema van a interactuar con el servidor de la base de datos.

Cuando se trabaja con archivos en formato (.dwg) cada usuario debe trabajar su archivo CAD de manera independiente, una vez finalizado se crea un archivo general con los cambios alcanzados de cada usuario. Este sistema de trabajo es denominado monousuario, ya que cada archivo puede ser ocupado por un único usuario en un determinado tiempo. Sin embargo, en los sistemas de información geográfica existe una base de datos central a la que múltiples usuarios se pueden conectar y realizar consultas de inserción, actualización y eliminación de datos en tiempo real. Todos los usuarios conectados en un sistema GIS podrán ver los cambios realizados por otro usuario en un mismo proyecto, lo cual aumentará la productividad del grupo de trabajo, esto hace referencia a un sistema de trabajo multiusuario.

Con la implementación de este proyecto se consiguió centralizar y gestionar la información catastral del sistema de redes de distribución de agua potable de la urbanización Miraflores de Castilla. Se dice por centralizar y gestionar, ya que se puede mantener la información en un almacén de datos disponible a usuarios autorizados para que puedan realizar consultas y gestión catastral, pudiendo también elaborar más adelante proyectos de mantenimiento de prevención y corrección de los diversos elementos catastrales como redes de agua, válvulas, grifos contra incendio, entre otros.

Queda demostrado que el rendimiento o desempeño del trabajo de los usuarios antes y después de implementar el sistema GIS mejora en forma notable, debido a que todos trabajan bajo un mismo proyecto realizando actualizaciones de información constante, emitiendo informes, reportes y consolidados de datos reales y dinámicos.

5.2. Finalización del sistema SIG

Para llevar a cabo la actualización de la información catastral del sistema de redes de distribución de agua potable de la urbanización Miraflores, la Municipalidad de Castilla brindó información del replanteo elaborado en el año 2018 en formato AutoCAD, para que pueda ser actualizada en la base de datos del sistema de información geográfica (ver Figura 76 y Plano AV-3).

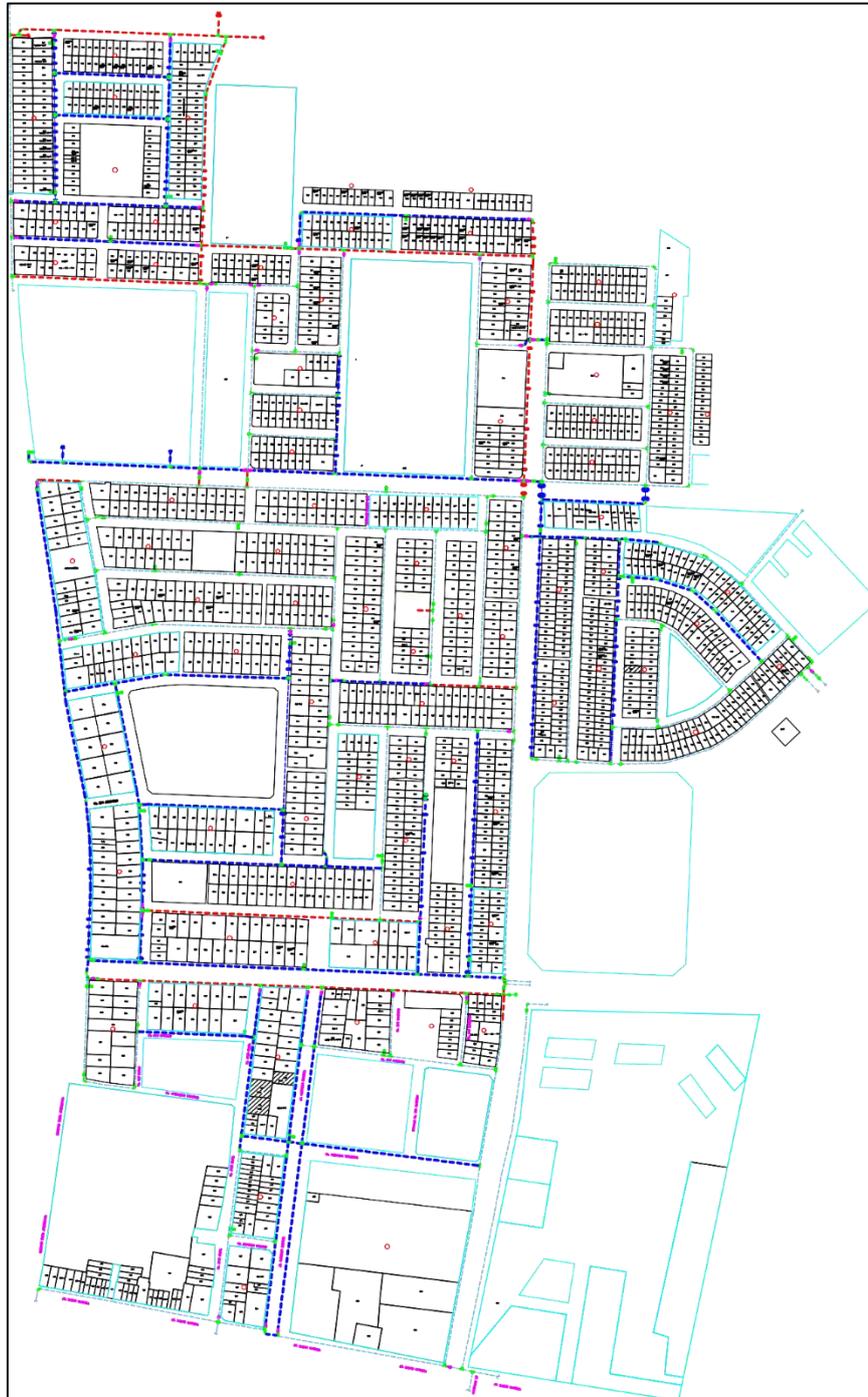


Figura 76. Planimetría del sistema de distribución de agua potable del año 2018 en formato CAD brindada por la municipalidad de Castilla

Fuente: Elaboración propia

Como ejemplo de finalización del proyecto se eliminará en el QGIS dos tramos de red de agua y un hidrante tal como está en el archivo AutoCAD brindado por la municipalidad de Castilla (ver Figura 77).

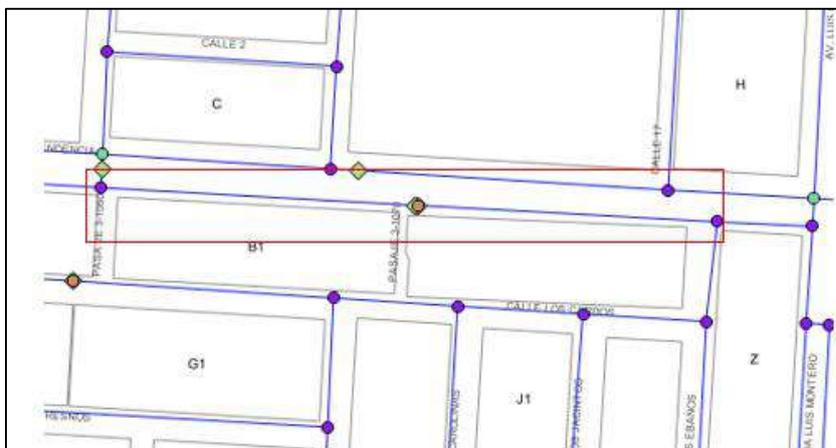


Figura 77. Los 2 tramos de red de agua junto con el hidrante encerrados con un rectángulo rojo
Fuente: Elaboración propia

La eliminación será realmente un cambio de estado en la base de datos mediante el campo eliminado de *false* a *true* (ver Figura 78, 79 y 80); las redes y el hidrante estarán filtrados por el campo eliminado=*false* (ver Figura 81).

Cuando se hayan realizado los cambios de estado de los objetos espaciales se puede ingresar la nueva información (ver Figura 82).

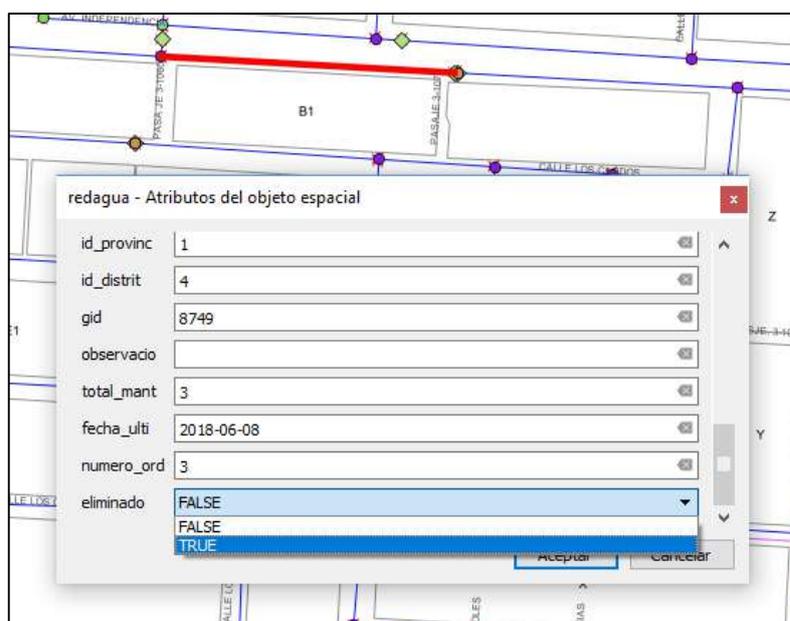


Figura 78. Cambio de estado de red de agua 1, asignándole: eliminado = *true*
Fuente: Elaboración propia

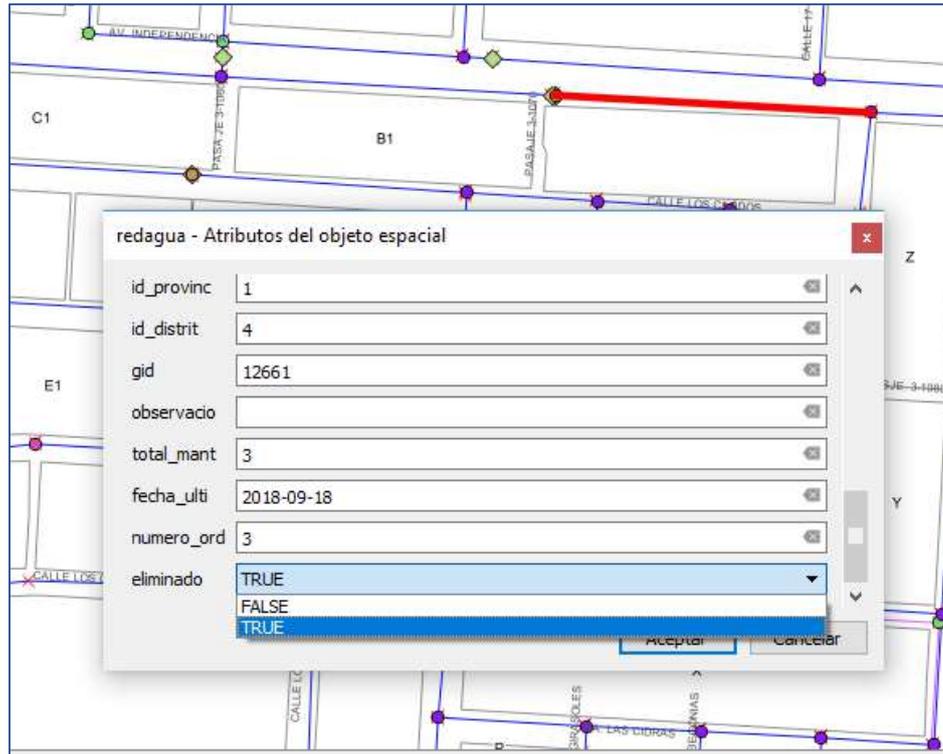


Figura 79. Cambio de estado de red de agua 2, asignándole: *eliminado=true*
Fuente: Elaboración propia

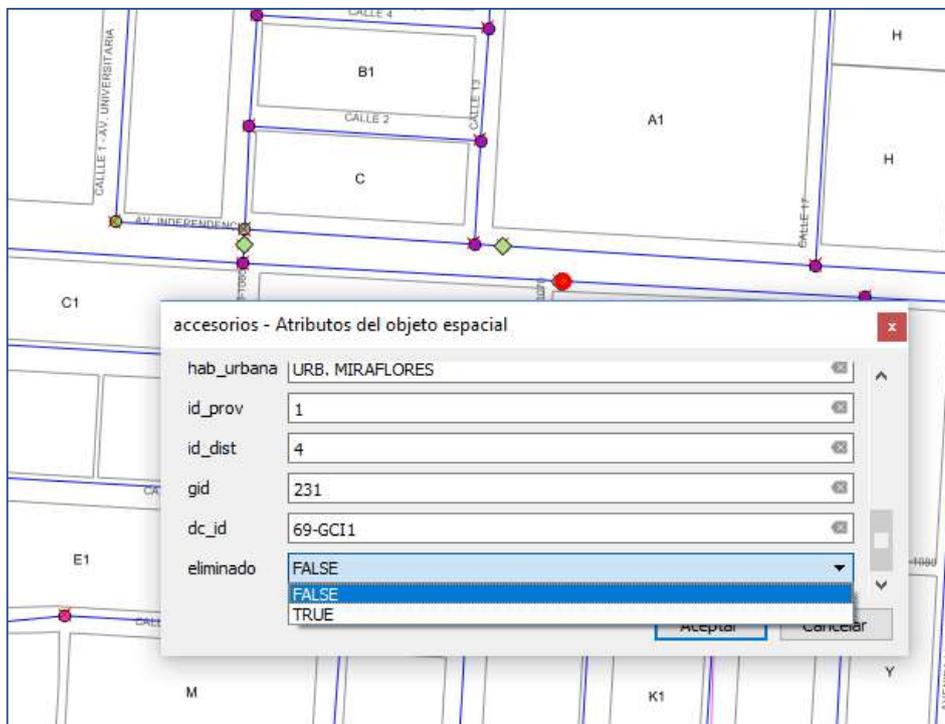


Figura 80. Cambio de estado de accesorio, asignándole: *eliminado=true*
Fuente: Elaboración propia

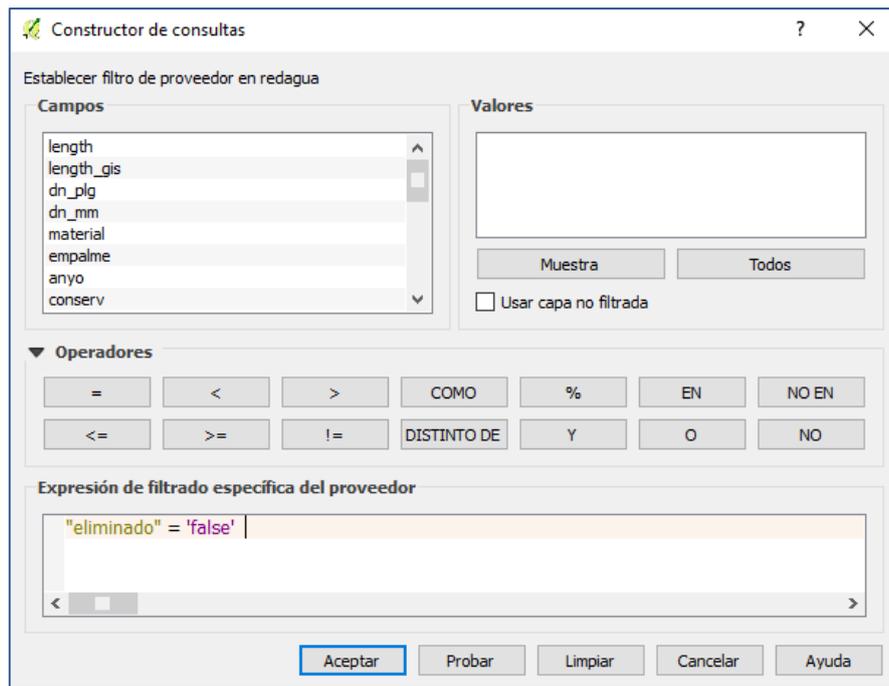


Figura 81. Filtro de la capa red de agua
Fuente: Elaboración propia

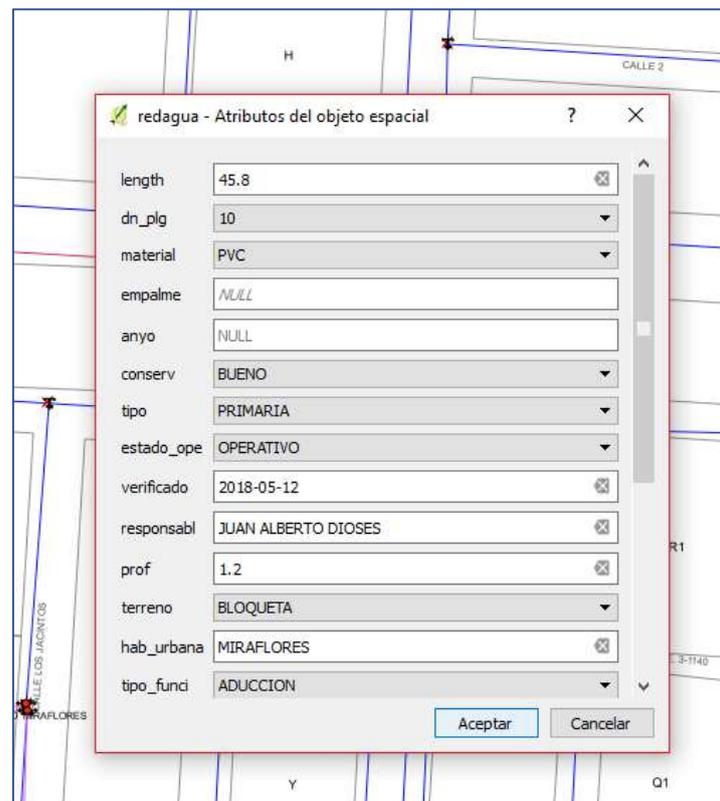


Figura 82. Ingreso de la información de la nueva red de agua
Fuente: Elaboración propia

La información brindada por la municipalidad de Castilla se actualizó conforme indicaba el archivo AutoCAD.

Para ello se realizaron actualizaciones de cambios de estado de algunas redes de agua potable creando el campo eliminado. Eliminado = “true” indica que la red o elemento catastral se ha eliminado. Sin embargo, bajo este cambio de estado se mantiene la información de la base de datos, pues ningún elemento catastral se elimina por completo, simplemente se realiza un cambio de estado que sirve de gran ayuda al encargado de la base de datos para mantener un histórico de mantenimientos que se realizan en zonas puntuales del plano georreferenciado.

Conclusiones

- En los proyectos relacionados a catastro la tecnología más apropiada a emplear es un sistema de información geográfica, debido a que este nos permite gestionar la información geográfica y alfanumérica como se demostró en este proyecto.
- La implementación de un SIG mejora el desempeño y el rendimiento de los usuarios que manipulen este tipo de datos.
- Con el empleo de la tecnología GIS en la implementación del sistema de redes de distribución de agua potable en la Urb. Miraflores también se logra motivar a las instituciones y organizaciones que trabajan con información catastral a que se orienten en el manejo y uso de este tipo de tecnología, debido a que la información es muy dinámica en el tiempo, pues cuando se decida hacer cambios, estos sistemas tienen la flexibilidad de ir almacenándolos y solo mostrar a los usuarios interesados la información actual existente en campo.
- A inicios del año 2017 con la presencia del Fenómeno El Niño costero se destruyeron la mayoría de tuberías de agua y alcantarillado de la ciudad de Piura, es por ello que EPS GRAU S.A. junto con el Gobierno Regional de Piura y las municipalidades tomaron las medidas de realizar mantenimientos correctivos y cambios de redes de distribución. Por este motivo, se tuvo la iniciativa de mantener la información actualizada, para que el sistema de redes que se replanteó cuente con una base de datos histórica y poder así realizar mantenimientos correctivos y de prevención, lo que resultó de mucha utilidad.
- El enfoque desde el título de este proyecto, ha sido dar a conocer las bondades y beneficios con los que cuentan los sistemas de información geográfica aplicados en proyectos relacionados a redes de agua, pero en el desarrollo del estudio se destacó que el sistema GIS tiene muchos campos aplicativos, entre ellos: redes de alcantarillado, sistemas eléctricos, ecología (métodos de evaluación ambiental como: riesgos de contaminación, erosión, degradación de masas forestales), geomarketing, entre muchos otros campos que requieran de una base de datos espacial que almacene información de manera constante.
- Anteriormente solo algunas empresas prestadoras de servicio implementaron sus catastros basados en tecnología GIS, dado el alto costo del software comercial. En la actualidad con la disponibilidad abierta o gratuita de estas herramientas informáticas,

cualquier empresa prestadora de servicios sea grande o pequeña puede gestionar de manera automatizada sus correspondientes catastros técnicos.

- La base de datos del GIS puede fácilmente utilizarse para alimentar modelos de simulación del funcionamiento de las redes de agua potable.

Recomendaciones

- La EPS GRAU S.A. debe exigir que los nuevos proyectos de rehabilitación y de ampliación de la red de abastecimiento de agua potable y alcantarillado se presenten en formato GIS.
- Las operaciones de mantenimiento se deben aprovechar para actualizar el catastro real de redes de agua potable y alcantarillado.
- De ser posible se deben implementar trabajos exclusivos de verificación en campo de la información catastral disponible, para actualizarla y agregar la información que hace falta para la toma de decisiones en la operación y mantenimiento de redes.

Referencias bibliográficas

- a) Aguilar, T. (2018). Reservorios apoyados y elevados. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/262954426/reservorios-elevados-y-apoyados>
- b) Alvarez, S. (2017). Crear una geodatabase en Qgis .Video publicado en <https://www.youtube.com/watch?v=17hzllcVOiA>
- c) Base de datos de la EPS GRAU S.A., actualizada al 2017 de los programas AutoCAD y Microsoft Excel.
- d) BIGSQL. (2018). Software pgAdmin3. [Figura]. Recuperado de <https://www.openscg.com/bigsql/pgadmin3/>
- e) Bret, T. (2018). Ubicación geográfica de la urbanización Miraflores. [Figura]. Recuperado de <https://www.google.com/maps/@-5.1872569,-80.6178075,15z>
- f) Caballero, J. (2017). Sistema de información geográfica para mejorar la gestión técnica de agua potable en la empresa municipal de agua potable y alcantarillado EMAPA-Huancavelica. Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3362/Caballero%20Nu%C3%20B1ez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- g) CityPlanner–GISTIPSTER. (2016). Una manera práctica y rápida de usar Postgres–PostGIS con QGis. Video publicado en <https://www.youtube.com/watch?v=rFdtgBztEoc>
- h) CONAGUA. (2007). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Recuperado de <ftp://ftp.conagua.gob.mx/Mapas/libros%20pdf%202007/Redes%20de%20distribuci%20F3n.pdf>
- i) CONAGUA. (2016). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Recuperado de <http://mapasconagua.net/libros/SGAPDS-1-15-Libro12.pdf>
- j) CONAGUA. (2018). Redes de distribución de agua potable. [Figura]. Recuperado de https://www.google.com/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fsincronia.cucsh.udg.mx%2Fserratosfall2010_html_m7a2f4d17.gif&imgrefurl=http%3A%2F%2Fsincronia.cucsh.udg.mx%2Fserratosfall2010.html&docid=x-ghGDucjBZQeM&tbnid=BxwvF0O4nH72zM%3A&vet=10ahUKEwjU5fKdubbgAhUfUtlkKHRRiAooQMwhNKA8wDw..i&w=507&h=381&bih=625&biw=1366

&q=Redes%20de%20distribuci%C3%B3n%20de%20agua%2C%20CONAGUA&ved=0ahUKEwjU5fKdubbgAhUFtlkKHRRiAooQMwhNKA8wDw&iact=mrc&uact=8

- k) CONAGUA. (2018). Redes primarias y secundarias. [Figura]. Recuperado de https://www.google.com/search?biw=1366&bih=625&tbm=isch&sa=1&ei=qN1iXKWrJMPZ5gKM07LYDA&q=Redes+de+distribuci%C3%B3n+de+agua%2C+CONAGUA&oq=Redes+de+distribuci%C3%B3n+de+agua%2C+CONAGUA&gs_l=img.3..35i39.13475.14744..14936..0.0..0.411.1251.0j1j3j0j1.....1....1..gws-wiz-img.g8JqihcobEg#imgrc=BcuK2zQyJA6eLM:
- l) Córdova, J. (2015). Adaptación a la sequía en el caserío Tucaque, distrito de Frías, Ayabaca - Piura dentro de un contexto de cambio climático. Recuperado de revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/download/14577/15437
- m) Córdova, M. (2015). Estimación de caudales medios naturalizados en la cuenca del río Mantaro mediante el método de regionalización estadística. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/71406068.pdf>
- n) Denzer, P. (2002). PostgreSQL. Recuperado de <http://profesores.elo.utfsm.cl/~agv/el0330/2s02/projects/denzer/informe.pdf>
- o) DIRESA Piura. (2019). Población departamento de Piura. Recuperado de: <https://diresapiura.gob.pe/diresa-piura/poblacion/>
- p) El presupuesto en un proyecto de investigación. (2005). Recuperado de https://recursos.ucol.mx/tesis/presupuesto_proyecto_investigacion.php
- q) EMAPAD-EP. (2014). Reservorios de agua. Recuperado de <http://www.emapad.gob.ec/home/productos/9-ultimas-noticias/121-reservorios-de-agua>
- r) GIS EPS GRAU. (2019). GISTECO. Recuperado de <http://gisteco.epsgrau.pe/map>
- s) GIS EPS GRAU. (2019). Usuarios de agua potable de la urbanización Miraflores. [Figura]. Recuperado de <http://gisteco.epsgrau.pe/map>
- t) Grupo Huaraleneal. (2011). Tuberías de impulsión. [Figura]. Recuperado de <http://www.huaraleneal.com/2011/09/23/motor-de-impulsion-que-abasteceria-de-agua-a-zona-alta-de-huando-colapsan/>
- u) Hailon, V. (2018). ¿Qué es PostgreSQL? Recuperado de https://www.academia.edu/32192142/Qu%C3%A9_es_PostgreSQL
- v) Jiménez, J. (2013). Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario. Recuperado de <https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Diseno-para-Proyectos-de-Hidraulica.pdf>
- w) Lazo, E. (2016). Aplicación de softwares libres en sistemas de alcantarillado sanitario en Nicaragua, tomando como estudio de caso el sistema de alcantarillado sanitario existente del casco urbano de la ciudad de Boaco en el período octubre 2015 a mayo 2016. Recuperado de <http://repositorio.unan.edu.ni/2353/1/74599.pdf>
- x) Lesson: Formularios. Recuperado de https://docs.qgis.org/2.18/es/docs/training_manual/create_vector_data/forms.html

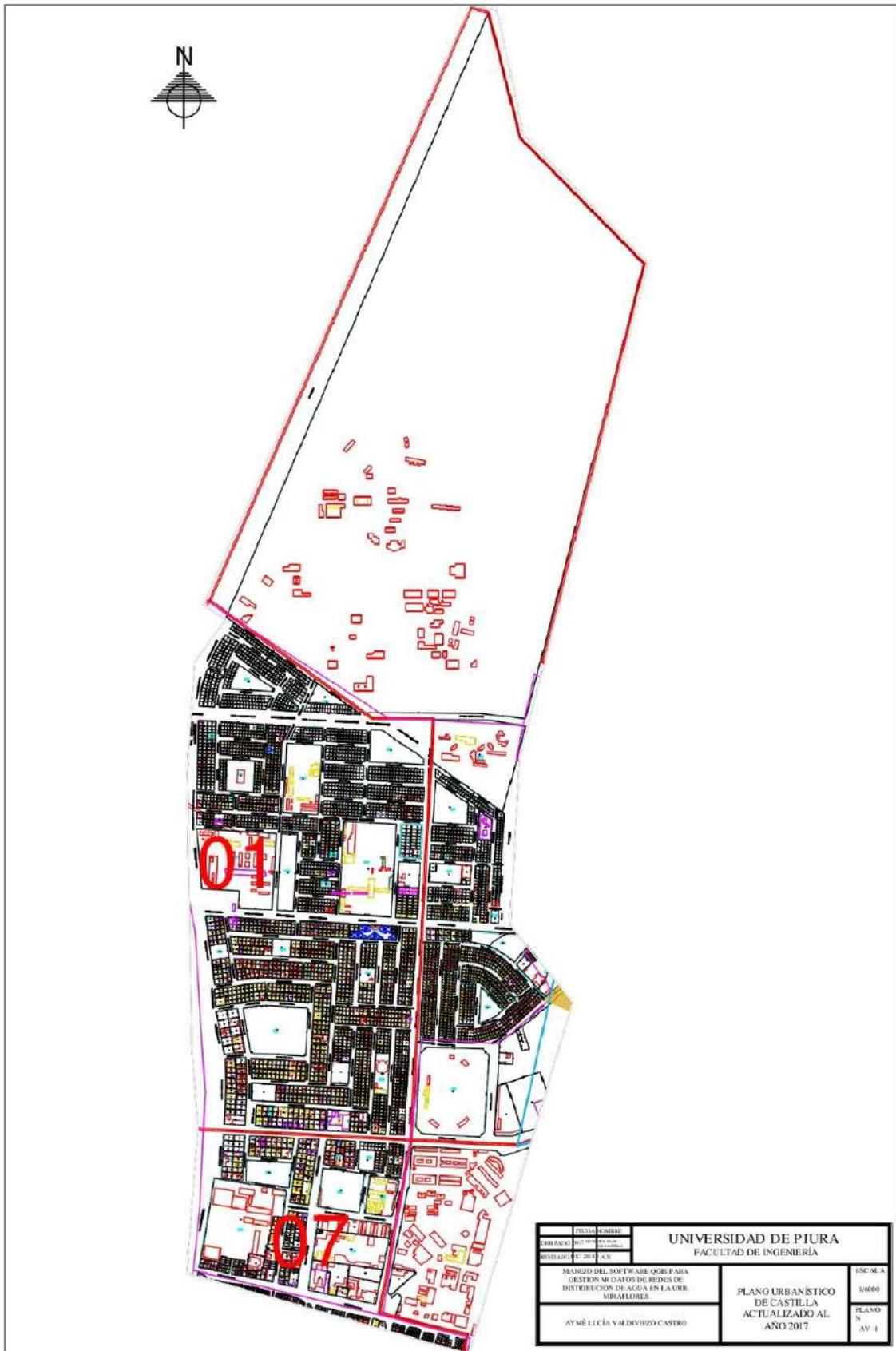
- y) Manual de elaboración anteproyecto y tesis de grado. (2016). Recuperado de https://www.sancarlos.edu.py/documentos/Manual_de_Elaboracion_%20y_%20Presentacion_de_Tesis.pdf
- z) Martínez, Y. & Munro, A. (2013). Desarrollo de un sistema de información para el registro de datos de los beneficiarios del Programa de Ayuda Nacional (P.A.N.), Regional de Changuinola, Bocas del Toro. Recuperado de <https://es.slideshare.net/ymartinez2190/anteproyecto-de-tesis-proyecto-final-metodologia-de-la-investigacion>
- aa) Metodología de la investigación. (2013). Recuperado de <https://bianneygirald077.wordpress.com/category/capitulo-iii/>
- ab) Monde Geospatial. (2018). Software QGIS 2.8.4. [Figura]. Recuperado de <http://monde-geospatial.com/qgis-2-8-ready-download/>
- ac) Municipalidad Distrital de Castilla. (2019). Recuperado de <http://www.municastilla.gob.pe/ciudad.html>
- ad) Ordás, J. (2012). Aplicación de SIG en proyecto de gestión de redes hidráulicas en la República de Sudáfrica. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v33n2/riha07212.pdf>
- ae) Ordinola, O. (2017). Implementación con software libre de una herramienta de gestión para el sistema georreferenciado del catastro técnico-comercial en la EPS GRAU S.A.
- af) OSGeo (2018). Software PostGIS 2.1. [Figura]. Recuperado de <https://www.osgeo.org/projects/postgis/>
- ag) Page, L. & Brin, S. (2018). Zona piloto vista desde el programa Google Hybrid. [Figura]. Recuperado de <https://www.google.com/maps/search/GOOGLE+HYBRID/@-5.1841652,-80.620297,2972m/data=!3m1!1e3>
- ah) Pérez, L. (2018). Crear una colección de mapas PDF en QGIS 3. Recuperado de <https://acolita.com/crear-una-coleccion-de-mapas-pdf-en-qgis-3/>
- ai) Planos de lotización y sistema de redes de agua de los años 2017 y 2018, otorgados por la municipalidad de Castilla.
- aj) Postgres. (2018). pgAdmin III. Recuperado de <http://www.v-espino.com/~chema/daw1/tutoriales/postgres/pgadmin1.htm>
- ak) QGIS (2016). QGIS User Guide – Publicación 2.8. Recuperado de <https://docs.qgis.org/2.8/pdf/es/QGIS-2.8-UserGuide-es.pdf>
- al) QGIS. (2017). Documentación de QGIS 2.14. Recuperado de https://docs.qgis.org/2.14/es/docs/training_manual/foreword/index.html
- am) QGIS. (2018). Documentación de QGIS 2.18. Recuperado de https://docs.qgis.org/2.18/es/docs/training_manual/introduction/intro.html
- an) Rodríguez, C. (2010). Diseño e implementación de una aplicación SIG para administración del sistema hídrico en la unidad del plan de ordenamiento territorial rural de la municipalidad de Cuenca, utilizando ArcGIS Desktop y ArcGIS Server Enterprise.

- ao) Ruiz, O. (2018). Proceso de potabilización de agua potable de la planta de Curumuy. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/333029919/Proceso-de-Potabilizacion-de-Agua-Potable-de-La-Planta-de-Curumuy>
- ap) Sabogal Paredes, Z. & Rincón Castro, A. (2017). Administración de datos generados por un catastro de redes por medio de herramientas SIG. Recuperado de http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/3240/1/Sabogal_Catalina_Rincon_2017.pdf
- aq) SEDAPAL. (2014). Servicio de agua potable y de alcantarillado de Lima. Recuperado de <http://www.sedapal.com.pe/Contenido/licitaciones/LP%200025-2015-SEDAPAL/LP%20ERMITANO/ANEXO%20N%2012%20-%20MANUAL%20DE%20OPERACION%20Y%20MANTENIMIENTO/MANUAL%20DE%20OPERACION%20Y%20MANTENIMIENTO%20-%20000001%20-%200000116.pdf>
- ar) SEDAPAL. (2017). Tuberías de aducción. [Figura]. Recuperado de <http://www.sedapal.com.pe:90/Infocomple/files/Memoria%20Anual%202016.pdf>
- as) SENA. (1999). Tuberías de conducción. [Figura]. Recuperado de https://www.google.com/search?q=Tuber%C3%ADas+de+conducci%C3%B3n+Fuente:+SENA,+1999&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=wXNPXXfTRkC-vM%253A%252Cr1dHGL37SVwd6M%252C_&usg=AI4_-kTTMtkV3w1Q3a6ZzQVVIScf4-yT_A&sa=X&ved=2ahUKEwjh_tnwvLbgAhUEm1kKHdmXDTEQ9QEwA3oECAMQCg#imgcr=wXNPXXfTRkC-vM
- at) SERNANP Perú. (2015). Acceder a los paneles del menú “Ver” en QGIS. [Figura]. Recuperado de <https://sernanpqqgis.wordpress.com/2015/08/>
- au) SERNANP Perú. (2015). Barra de menú de QGIS. [Figura]. Recuperado de <https://sernanpqqgis.wordpress.com/2015/08/>
- av) SERNANP Perú. (2015). Capítulo 1. Introducción a Quantum GIS. Recuperado de <https://sernanpqqgis.wordpress.com/2015/08/04/capitulo-1-introduccion-a-quantum-gis/>
- aw) SERNANP Perú. (2015). Elementos del programa QGIS: 1) Barra de herramientas menú, 2) Barra de herramientas ayuda, 3) Panel de capas, 4) Vista del mapa, 5) Barra de estado, 6) Explorador de datos. [Figura]. Recuperado de <https://sernanpqqgis.wordpress.com/2015/08/>
- ax) SERNANP Perú. (2015). Herramientas usadas con más frecuencia. [Figura]. Recuperado de <https://sernanpqqgis.wordpress.com/2015/08/>
- ay) SERNANP Perú. (2015). Imagen ráster centrada de la ciudad de Huaraz, con una escala de 1:40 000. [Figura]. Recuperado de <https://sernanpqqgis.wordpress.com/2015/08/>
- az) SERNANP Perú. (2015). Mapa hecho solo de datos vectoriales: las provincias (polígonos), las vías (líneas) y las capitales provinciales (puntos). [Figura]. Recuperado de <https://sernanpqqgis.wordpress.com/2015/08/>
- ba) SERNANP PERÚ. (2015). SERNANP QGIS Manual. Recuperado de <https://sernanpqqgis.wordpress.com/2015/08/>

- bb) Vegas Niño, O. & Martínez Alzamora, F. (2012). Herramientas de ayuda a la sectorización de redes de abastecimiento de agua basadas en la teoría de grafos aplicando distintos criterios. Recuperado de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/18008/Tesina_Master_OscarVegas.pdf?sequence=1
- bc) Venegas, C. (2017). pgAdmin 3 Instalación pgAdmin 3. Recuperado de <https://docplayer.es/19540880-Pgadmin-3-instalacion-pgadmin3-ayuda-en-linea-tutorial-pgadmin-iii-wikiprint-from-polar-technologies-indice.html>
- bd) Wikipedia. (2018). Distrito de Castilla. Recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_Castilla
- be) Wikiwater. (2018). Los diversos tipos de pozos y perforaciones. Generalidades. Recuperado de <https://wikiwater.fr/e28-los-diversos-tipos-de-pozos-y>
- bf) Wikipedia (2018). PostGIS. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/PostGIS>
- bg) ZDNet. (2018). Software PostgreSQL 9.2. [Figura]. Recuperado de <https://www.zdnet.com/article/has-the-time-finally-come-for-postgresql/>
- bh) Zuarts, J. (2018). Redes de distribución. Recuperado de https://www.academia.edu/16478061/UNIDAD_5_AGUA_POTABLE

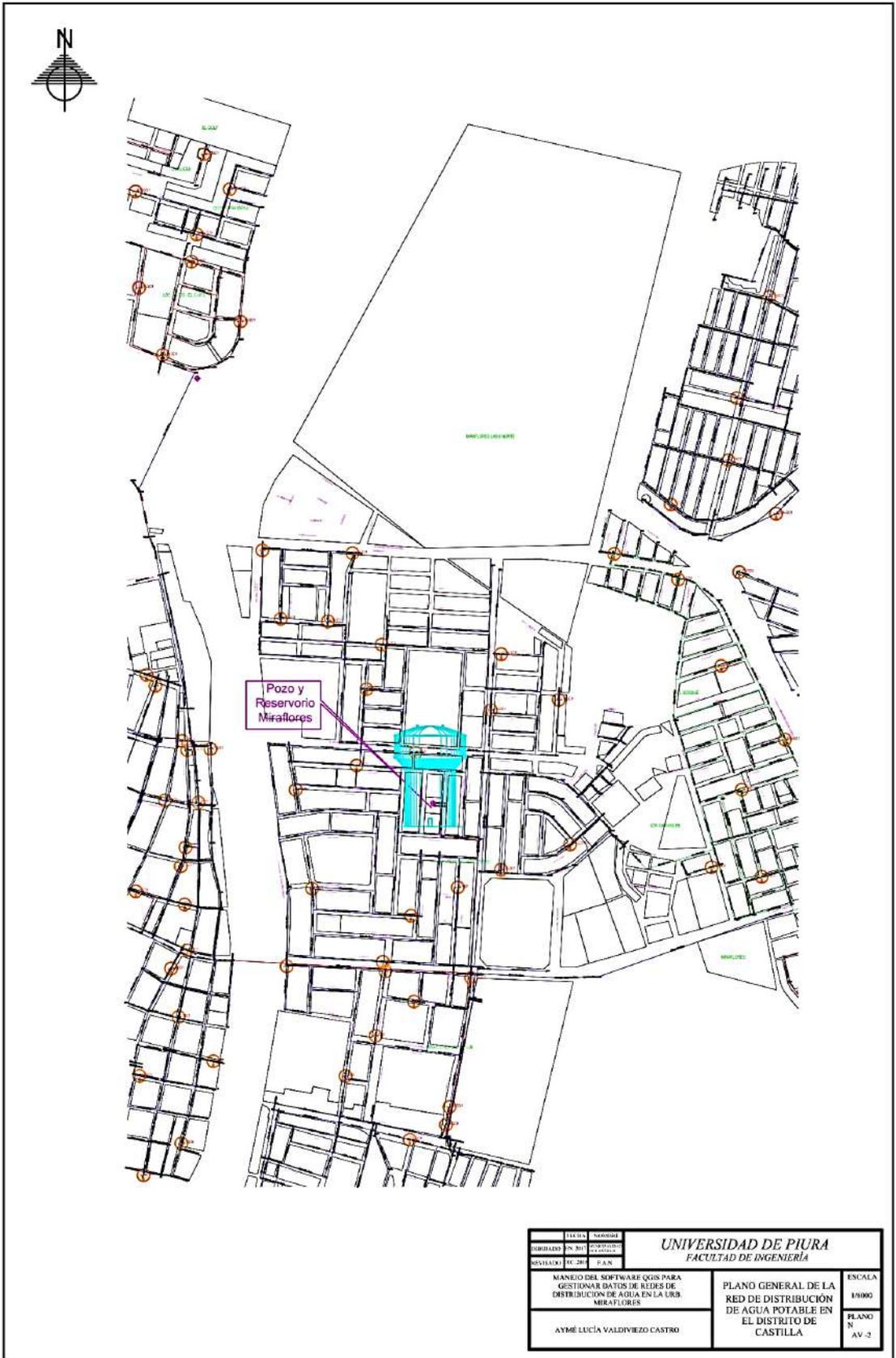
Anexos

Anexo 1. Plano AV-01 Plano urbanístico de Castilla actualizado al año 2017



UNIVERSIDAD DE PIURA		FACULTAD DE INGENIERÍA									
<table border="1"> <tr> <td>FECHA</td> <td>ESTADO</td> </tr> <tr> <td>02/07/2017</td> <td>PROYECTO</td> </tr> <tr> <td>02/07/2017</td> <td>AVANCE</td> </tr> </table>	FECHA	ESTADO	02/07/2017	PROYECTO	02/07/2017	AVANCE	<table border="1"> <tr> <td> MANEJO DEL SOFTWARE QGIS PARA GESTIÓN DE DATOS DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA EN LA URB. MIRAFLORES </td> <td> ESCALA 1:6000 </td> </tr> <tr> <td> AYME LUCÍA VALDIVIEZO CASTRO </td> <td> PLANO N. AV-1 </td> </tr> </table>	MANEJO DEL SOFTWARE QGIS PARA GESTIÓN DE DATOS DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA EN LA URB. MIRAFLORES	ESCALA 1:6000	AYME LUCÍA VALDIVIEZO CASTRO	PLANO N. AV-1
FECHA	ESTADO										
02/07/2017	PROYECTO										
02/07/2017	AVANCE										
MANEJO DEL SOFTWARE QGIS PARA GESTIÓN DE DATOS DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA EN LA URB. MIRAFLORES	ESCALA 1:6000										
AYME LUCÍA VALDIVIEZO CASTRO	PLANO N. AV-1										

Anexo 2. Plano AV-02 Plano general de la red de distribución de agua potable en el Distrito de Castilla



FECHA	REVISIÓN	UNIVERSIDAD DE PIURA FACULTAD DE INGENIERÍA		ESCALA 1/1000 PLANO N° AV-2
ELABORADO EN: 2017	REVISADO EN: 2017			
QUINTANA: P. 20	P. A. N.			
MANEJO DEL SOFTWARE QGIS PARA GESTIONAR DATOS DE REDES DE DISTRIBUCION DE AGUA EN LA URB MIRAFLORES		PLANO GENERAL DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE CASTILLA		
AYMÉ LUCÍA VALDIVIEZO CASTRO				

Anexo 3. Plano AV-03 Planimetría del sistema de distribución de agua potable del año 2018 en formato CAD brindada por la Municipalidad de Castilla

