



**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO**

**USO DE SIG PARA LA FACTIBILIDAD DE DISEÑO DE RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL  
ENLACE: ANANEA - LA RINCONADA**

**Línea de investigación:**

**Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y  
geotecnia**

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de Ingeniero Geógrafo

**Autor:**

Rivera Chávez, Michael Tony

**Asesor:**

Reyna Mandujano, Samuel Carlos  
(ORCID: 0000-0002-0750-2877)

**Jurado:**

Aguirre Cordero, Rogelio  
Nizama Espinoza, Víctor Raúl  
Miranda Jara, Angélica

**Lima - Perú**

**2023**



# USO DE SIG PARA LA FACTIBILIDAD DE DISEÑO DE RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL ENLACE: ANANEA - LA RINCONADA

## INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.unfv.edu.pe">repositorio.unfv.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://repositorio.esan.edu.pe">repositorio.esan.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://portal.mtc.gob.pe">portal.mtc.gob.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://editorial.uniamazonia.edu.co">editorial.uniamazonia.edu.co</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="http://biblioteca.osiptel.gob.pe">biblioteca.osiptel.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1%
9	<a href="http://repositorio.cientifica.edu.pe">repositorio.cientifica.edu.pe</a> Fuente de Internet	



**Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo**

**USO DE SIG PARA LA FACTIBILIDAD DE DISEÑO DE RED DE FIBRA**

**ÓPTICA EN EL ENLACE: ANANEA – LA RINCONADA**

**Línea de investigación:**

Desarrollo urbano rural, catastro, geotecnia, prevención de riesgos

Informe de suficiencia profesional para optar el título profesional de Ingeniero Geógrafo

**Autor:**

Rivera Chávez, Michael Tony

**Asesor:**

Samuel Carlos Reyna Mandujano

(ORCID: 0000-0002-0750-2877)

**Jurado:**

Aguirre Cordero, Rogelio

Nizama Espinoza, Víctor Raúl

Miranda Jara, Angélica

**Lima – Perú**

**2023**

## ÍNDICE

Resumen.....	9
Abstract .....	10
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>11</b>
1.1. Trayectoria del autor .....	11
1.2. Descripción de la empresa .....	13
1.3. Organigrama de la empresa .....	13
1.4. Áreas y funciones desempeñadas.....	14
<b>II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA .....</b>	<b>15</b>
2.1. Antecedentes .....	15
2.1.1. Antecedentes nacionales .....	16
2.1.2. Antecedentes internacionales .....	17
2.2. Objetivos .....	18
2.2.1. Objetivo general .....	18
2.2.2. Objetivos específicos .....	18
2.3. Zona de estudio .....	18
2.4. Marco teórico .....	19
2.4.1. Sistemas de información geográfica .....	19
2.4.2. Fibra óptica .....	23
2.4.3. Redes de transporte de fibra óptica .....	24
2.4.4. Elementos para tendido de red de fibra óptica .....	24

2.4.5. Ingeniería de cable .....	26
2.5. Metodología .....	26
2.5.1. Etapa de pre-campo .....	27
2.5.2. Etapa de campo .....	29
2.5.3. Etapa de Gabinete .....	31
2.6. Resultados .....	41
<b>III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA.....</b>	<b>44</b>
<b>IV. CONCLUSIONES.....</b>	<b>45</b>
<b>V. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>46</b>
<b>VI. REFERENCIAS.....</b>	<b>47</b>
<b>VII. ANEXOS.....</b>	<b>49</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Organigrama de la empresa.....	13
<b>Figura 2</b> Componentes de un sistema de información geográfica.....	20
<b>Figura 3</b> Diagrama explicativo de la tecnología ArcGIS.....	21
<b>Figura 4</b> Componentes de la fibra óptica.....	23
<b>Figura 5</b> Procesos para el desarrollo del proyecto.....	27
<b>Figura 6</b> Servidor WMS del Osinergmin.....	28
<b>Figura 7</b> Servidor WMS del Osinergmin en ArcGIS.....	28
<b>Figura 8</b> GPS Garmin Etrex10.....	29
<b>Figura 9</b> Características de estructura para levantar.....	30
<b>Figura 10</b> Archivos gpx.....	31
<b>Figura 11</b> Model Builder para conversión.....	31
<b>Figura 12</b> Puntos gpx en formato shp.....	32
<b>Figura 13</b> Puntos gpx en formato kmz.....	32
<b>Figura 14</b> Herramienta KML To Layer.....	34
<b>Figura 15</b> Puntos depurados en formato shp.....	34
<b>Figura 16</b> Herramienta Extract Values to points.....	35
<b>Figura 17</b> Sobreposición de puntos sobre imagen ráster.....	35
<b>Figura 18</b> Visualización de altitudes extraídas del DEM.....	36
<b>Figura 19</b> Uso de herramienta Table to Excel.....	36
<b>Figura 20</b> Plantilla de excel con distancias calculadas.....	37
<b>Figura 21</b> Herramienta XY Data.....	38

<b>Figura 22</b> Shape del excel digitalizado .....	38
<b>Figura 23</b> Código HTML Popup para ventanas emergentes.....	39
<b>Figura 24</b> Capas del diseño de red .....	39
<b>Figura 25</b> Visión gráfica en ArcGIS .....	40
<b>Figura 26</b> Visión gráfica en Google Earth .....	40

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Ubicación geográfica de enlace Ananea – La Rinconada.....	15
<b>Tabla 2</b> Elementos para tendido de red de fibra óptica.....	24
<b>Tabla 3</b> Tipos de postes a considerarse en levantamiento .....	25
<b>Tabla 4</b> Carretes y cantidad de cables en km .....	26
<b>Tabla 5</b> Postes nuevos a instalar para despliegue de red de fibra óptica .....	42
<b>Tabla 6</b> Postes eléctricos a usar para el despliegue de fibra óptica.....	43
<b>Tabla 7</b> Metraje de cable para el despliegue de fibra óptica.....	43
<b>Tabla 8</b> Herrajes a usar para el despliegue de fibra óptica.....	44

## Resumen

El presente informe describe la experiencia laboral adquirida luego de la obtención del grado de Bachiller en Ingeniería Geográfica, la misma que consiste en el diseño de redes de fibra óptica haciendo uso de los sistemas de información geográfica, aportando así, con el desarrollo tecnológico que aún escasea en diferentes regiones del Perú, en este caso el proyecto fue desarrollado en el distrito de Ananea, en la región Puno. Este proyecto consiste en la conexión de dos nodos ópticos mediante una red de transporte de fibra óptica permitiendo a los habitantes de pueblos aledaños acceder a un internet de alta velocidad, por ello se consignó como objetivo lograr la factibilidad del diseño de red de fibra óptica haciendo uso del SIG. La metodología se llevó a cabo inicialmente con una pre etapa de campo, para mapear toda la zona de trabajo con el manejo de herramientas SIG, posteriormente, se realizó el levantamiento en campo, en el cual se recopiló la información geoespacial y descriptiva de las estructuras que servirán de apoyo al tendido de fibra óptica; finalmente, en una etapa de gabinete se hizo uso del ArcGIS para procesar y analizar la información geoespacial. Se obtuvo como resultado un diseño factible, identificando las estructuras a usar, el estimado de fibra a instalar zonas de posible contingencia y elaborando entregables para el cliente. Concluyendo finalmente, que la aplicación de SIG para la ingeniería del diseño de red de fibra óptica tuvo repercusión positiva para la viabilidad del proyecto.

**Palabras clave:** Red de fibra óptica, Sistemas de información geográfica, Georreferenciación, Conectividad integral, Base de datos.

## Abstract

This report describes the work experience acquired after obtaining the Bachelor's degree in Geographical Engineering, which consists of the design of fiber optic networks using geographic information systems, thus contributing with the technological development that is still scarce in different regions of Peru, in this case the project was developed in the Ananea district, in the Puno region. This project consists of the connection of two optical nodes through a fiber optic transport network allowing the inhabitants of surrounding towns to access high-speed internet, therefore the objective was set to achieve the feasibility of the fiber network design using of the GIS. The methodology was initially carried out with a pre-field stage, to map the entire work area with the use of GIS tools, subsequently, the field survey was carried out, in which the geospatial and descriptive information of the structures was collected. . that will serve as support for fiber optic laying; Finally, in a cabinet stage, ArcGIS was used to process and analyze the geospatial information. The result was a feasible design, identifying the structures to be used, the estimate of fiber to install possible contingency areas and preparing deliverables for the client. Finally concluding, that the application of GIS for the engineering of the fiber optic network design had a positive impact on the viability of the project.

**Keywords:** Fiber optic network, Geographic information systems, Georeferencing, Comprehensive connectivity, Database.

## I. INTRODUCCIÓN

En cumplimiento al procedimiento para la obtención de título profesional por la modalidad de suficiencia profesional, se desarrolla el presente informe cuya estructura se basa en el Anexo IV del Reglamento general de grados y títulos de la Universidad Federico Villarreal (UNFV). Reglamento que fue aprobado mediante Resolución R.N. N.º2900-2018-CU-UNFV el 25 de junio del 2018, el cual se enmarca en La Ley Universitaria N°30220.

En los últimos años en Perú, los proveedores de servicios de telecomunicaciones han llevado a cabo despliegues significativos de infraestructuras de fibra óptica, ya sea por iniciativa propia o en colaboración con el Estado a través de proyectos gubernamentales. Específicamente, el proyecto de Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica y los Proyectos Regionales, impulsados por el gobierno, han marcado un hito en el avance de las redes de alta velocidad en el país. Estas iniciativas han resultado en un notorio aumento en la extensión de kilómetros de fibra óptica, al mismo tiempo que han motivado a otros operadores a realizar despliegues similares (Pacheco et al, 2017).

En relación a lo anterior, los SIG, son una herramienta potencial para llevar a cabo proyectos referidos a los diseños de red de fibra óptica, ya que nos permite procesar la información de tipo espacial con la finalidad de tomar decisiones en una determinada área de trabajo, además de recolectar, comprobar e integrar múltiples operaciones, conjuntadas en sistemas, como, entrada de datos, almacenamiento de datos, manipulación de datos y despliegue de datos en gráficos, tablas o mapas (Sosa y Martínez, 2009).

El presente informe está estructurado en siete capítulos, los cuales se presentan a continuación:

En el capítulo I, se encuentra la introducción, donde se detalla la trayectoria del autor desde la obtención del bachiller, la descripción de la empresa, organigrama, y labores específicas desarrolladas en dicha empresa.

En el capítulo I, se describen las actividades específicas realizadas para el desarrollo del proyecto, dando a conocer antecedentes que hacen mención de proyectos similares, objetivos, definiciones, y metodologías que se llevaron a cabo.

En el capítulo III, se detallan los aportes más importantes del autor a la empresa donde desarrolló diferentes proyectos en el transcurso de su permanencia.

En el capítulo IV, se mencionan las conclusiones a las que se llegaron, luego de haber finalizado exitosamente el proyecto de diseño de red de fibra óptica.

En el capítulo VI, se indican las referencias que sirvieron de apoyo para los conceptos, y datos históricos del presente informe.

En el capítulo VII, se dan a conocer los anexos que revelan más detalles del procedimiento que se llevó a cabo.

## 1.1 Trayectoria del Autor

Michael Tony Rivera Chávez, en adelante el autor, Bachiller de la carrera de Ingeniería Geográfica, egresado de la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo (FIGAE), con aproximadamente más de cinco años laborando en las entidades privadas del rubro de telecomunicaciones. A continuación, se describe la experiencia profesional en algunas instituciones:

- Desde octubre del año 2017 hasta marzo del año 2021 formó parte de la empresa CARDITEL PROYECTOS & INGENIERÍA S.A.C. se desempeñó como supervisor de grupos para el levantamiento catastral requerido para los diseños FTTH, HFC y planta externa. Además, realizó labores de gabinete para procesar la data con las herramientas de sistemas de información geográfica realizando diseños y entregables solicitados por el cliente.
- Continuando con el rubro de telecomunicaciones en abril del 2021 hasta fines de setiembre del 2021 formó parte de la empresa AR&DO CONTRATISTAS GENERALES S.R.L., ubicada en Piura, donde participó como Analista de Obra y supervisor en el “Proyecto de red de fibra óptica de banda ancha en la región de Ancash”, proyecto de PRONATEL. Proyecto que abarcó más de ochenta kilómetros de tendido de red de fibra óptica; con el apoyo de las herramientas SIG, se logró realizar replanteos de diseños, levantamientos, y monitoreo de avance para el tendido de fibra óptica a lo largo del proyecto.
- Desde octubre del 2021 hasta 15 de enero del 2022 se incorporó a la empresa CICSA PERU S.A.C. también del rubro de telecomunicaciones. En esta empresa realizó procesamiento de la información geoespacial en proyectos de instalación de red de fibra óptica pertenecientes a PRONATEL, en la región Ancash y Arequipa, así como la elaboración de expedientes municipales y eléctricos para los

permisos de construcción.

- Desde febrero del 2022 hasta fines de junio del 2023 se reincorporó a CARDITEL PROYECTOS & INGENIERÍA S.A.C. para supervisar levantamientos de catastro e inventario de postería en las zonas de Tarma, Pangoa, Mazamari y diferentes sectores de Lima, para el posterior diseño de redes FTTH. Además, procesando la información en gabinete junto a elaboración de expedientes para permisos municipales, y eléctricos.
- Luego en el mes de julio del 2023 hasta fin de setiembre del 2023 formó parte de COBRA PERU S.A.C. como coordinador, para desempeñar funciones haciendo uso de entornos de WMS (Web Map Server) para la actualización y registro de las conexiones de FTTH que Telefónica ha estado implementando en diferentes regiones del país.
- En octubre del 2022 empezó a laborar en la empresa THIA TEL S.A.C., como coordinador GIS, desempeñando funciones relacionadas con la implementación del SIG a telecomunicaciones, para la georreferenciación, actualización y edición de bases cartográficas, además realizar diseños, diagramas, y boom de materiales para diferentes proyectos FTTH en diferentes regiones del país. En cuanto a levantamientos de campo, elaboración de cronogramas, presupuestos, e inducciones para el personal que realiza el levantamiento predial.

## 1.2. Descripción de la empresa

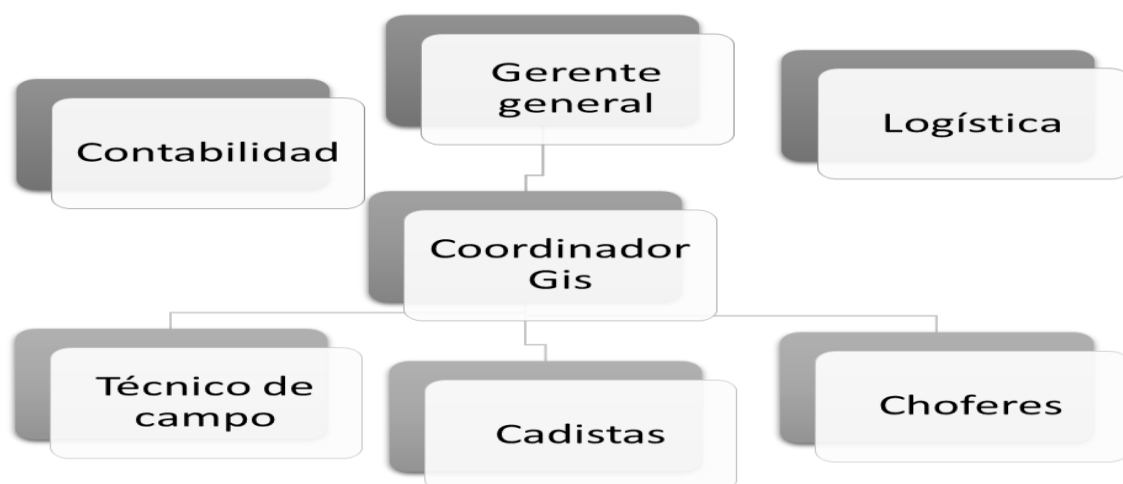
CARDITEL PROYECTOS & INGENIERIA S.A.C. es una empresa dedicada a desarrollar proyectos de ingeniería en el rubro de telecomunicaciones, viene operando desde el año 2011, realizando diseños de redes de Planta Externa, Redes híbridas para triple play (HFC), bajas satelitales, redes ópticas, y coaxiales. Algunos de los proyectos que se desarrollaron:

- “Instalación de Banda Ancha para la Conectividad Integral y Desarrollo Social de la Región Piura” (2016) (Asignado por QUANTA)
- “Instalación de Banda Ancha para la Conectividad Integral y Desarrollo Social de la Región Cusco” (2016) (Asignado por GILAT)
- “Regional Lima Cluster 03 y 04” (2018) (Asignado por TECOM)
- “Proyecto de instalación de Red de Banda Ancha en Ica Anillo I” (2018) (Asignado por GILAT)
- “Instalación de Banda Ancha para la Conectividad Integral y Desarrollo Social de la Región La Libertad” (2019) (Asignado por YOFC PERU)

## 1.3. Organigrama de la empresa

Figura 1

*Organigrama de CARDITEL PROYECTOS & INGENIERIA S.A.C.*



#### **1.4.Áreas y funciones desempeñadas**

El autor ingresó a la empresa CARDITEL PROYECTOS & INGENIERÍA S.A.C. a finales del año 2017 como coordinador GIS, formando parte del área de ingeniería de proyectos, en la cual desempeñó múltiples funciones.

Encargado de la implementación de bases cartográficas derivadas de plataformas digitales web, con el propósito de programar y coordinar levantamientos en campo, incluyendo la estimación de los tiempos de ejecución y la asignación de áreas de trabajo a los técnicos encargados del levantamiento de datos.

Supervisión de la digitalización y la consolidación de áreas digitalizadas en proyectos HFC Y FTTH, en concordancia con las especificaciones técnicas aplicables a las capas, empleando el software AUTOCAD.

Desarrollo de expedientes eléctricos, municipales y MTC, con el objetivo de obtener la autorización necesaria para llevar a cabo la instalación de postes, canalización, instalación de cámaras y tendido de fibra óptica, manteniendo una comunicación fluida con el departamento administrativo encargado de la gestión de dichos permisos.

Supervisión en campo, de los técnicos planilleros durante el levantamiento de postería, realizando capacitaciones para detallar casuísticas, criterios, bases teóricas sobre el proyecto, con el fin de lograr objetivos establecidos en los plazos previstos.

Gestión del proceso de elaboración de entregables requeridos por los clientes para la finalización de órdenes de compra por proyecto, trabajando de manera coordinada con los técnicos especializados en sistemas de información geográfica (GIS), y ofreciendo soluciones a consultas y dudas que surjan a lo largo de distintos proyectos.

## II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA

### 2.1. Antecedentes

Se estima que, en el año 2010, tres de cada diez personas tenían acceso a internet de banda ancha en el Perú, y sólo un operador abarcaba casi todo el servicio, es por ello que en julio del 2010 mediante el Decreto Supremo N° 034-2010 – MTC se estableció la implementación de una red dorsal de Fibra Óptica en el Perú.

Posteriormente, en el 2012 se publicó La Ley N° 29904, también conocida como la “Ley de Promoción de la Banda Ancha y Construcción de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica”, tuvo como objetivo principal impulsar el desarrollo, la utilización y la difusión de la banda ancha en todo el territorio nacional, incluyendo áreas urbanas y rurales. Esto abarca tanto la promoción de la infraestructura, servicios, contenidos y aplicaciones digitales como un medio para fomentar la inclusión social y económica en las zonas rurales.

Según (Pacheco et al, 2017), dentro del ámbito de las telecomunicaciones, las redes de fibra óptica desempeñan el papel fundamental de transmitir grandes volúmenes de datos a altas velocidades desde un punto a otro, incluso en áreas geográficamente distantes, estableciendo conexiones entre ubicaciones dentro de un mismo departamento o entre diferentes departamentos. En el contexto de nuestro país, debido a las iniciativas llevadas a cabo tanto por el sector privado como por el Estado para fomentar el despliegue de redes de fibra óptica de alcance nacional, la fibra óptica se ha convertido en el medio predominante para las redes de transporte

En telecomunicaciones, el SIG fusiona las diversas redes, como canalizaciones, fibras y servicios, teniendo en consideración la disposición de cada componente en el espacio. Se establece un inventario de red único, capaz de satisfacer las demandas de todos los usuarios en términos de capacidad de almacenamiento y en los procesos que respalda, facilitando la gestión y la toma de decisiones (Payá, 2008).

### ***2.1.1. Antecedentes nacionales***

En el ámbito nacional se tienen proyectos que enfocan la aplicación del SIG a las telecomunicaciones, tenemos a (Calderón, 2016), quien tiene como objetivo implementar un prototipo para una asignación automática de facilidades técnicas de fibra óptica aplicando GIS en entornos Web, para los servicios de Telefónica del Perú en el 2015, con la finalidad de disminuir tiempos de atención, y agilizar procesos. Para su desarrollo se llevó a cabo una metodología que consiste en la recolección de datos, encuestas, y en el diseño se utilizó ArcGIS, PHP, PostGres, y Apache 2.2. En cuanto a los resultados se logró disminuir tiempos de atención, aumentar cantidad de pedidos, dejando en evidencia que el prototipo web GIS, fue de mucha utilidad para un mejor desempeño de las labores mediante los procesos automatizados. Cabe resaltar que estos entornos web GIS, son de mucha utilidad para procesar grandes cantidades de datos, como es el caso de Telefónica del Perú, que constantemente viene creciendo en cuánto a desplazamiento de fibra óptica en diferentes regiones del país.

Por otro lado (Escalante, 2021), señala como objetivo la identificación y mitigación de los impactos ambientales en el proyecto de instalación de FTTH en Chacas – San Luis, para ello en una primera etapa se realizó el análisis del tipo de instrumento de gestión ambiental, apoyándose en los software Google Earth y ArcGIS, donde mediante la sobreposición de capas, se apreció que dicho proyecto se ubicaba en una zona de amortiguamiento del Parque Nacional Huascarán, en consecuencia se realizaron diferentes mapas temáticos para solicitar los permisos correspondientes a SERNANP, posteriormente, se hicieron los respectivos estudios de impacto ambiental con la finalidad de mitigarlos, tanto en la etapa de instalación de postes como en el tendido de fibra óptica. Concluyó finalmente con la descripción de los impactos generados por las actividades en dicho proyecto, y la utilidad del ArcGIS para manejar los datos actualizados de dicha zona, y en consecuencia establecer mejores medidas, recomendando, además, empaparse del manejo de estos programas de información geográfica.

### **2.1.2. Antecedentes internacionales**

Abordando el tema de la relación entre las telecomunicaciones y los Sistemas de información geográfica, en el ámbito internacional encontramos a (Rojas & Stewart, 2023), quien tenía como objetivo principal diseñar de manera eficiente una red de fibra óptica en el municipio de Barbosa en Colombia, y para su desarrollo aplicó una metodología cuasi-experimental que consiste en algoritmos de clustering para crear diferentes zonas geográficas en la zona de estudio. Para llevar a cabo esta metodología hizo uso de las herramientas de sistemas de información geográfica, en este caso el software ArcGIS Pro, que se empleó para la creación y diseño del algoritmo, además del análisis y procesamiento de una serie de bases de datos cartográficos que fueron relevantes para el proceso. Los resultados fueron óptimos logrando diseñar dieciocho geo-zonas, distribuidas de manera homogénea y ordenada, para de esta manera lograr una implementación y distribución óptima de red de fibra óptica, en dichas zonas urbanas.

Por otro lado, y continuando con los antecedentes internacionales, tenemos a (Chalco & Andrés, 2017), quien tuvo como objetivo determinar la factibilidad de una red FTTH en la ciudad de Paute, para ello, su metodología consistía en realizar un estudio de benchmarking, recopilando información acerca de los servicios de internet que ofertaban los pobladores de la ciudad de Paute. En una siguiente etapa se usó la herramienta ArcGIS para integrar dos geodatabases, una con la información predial y la otra con la data para el diseño de la red y finalizando con un análisis financiero, para estimar costos de instalación. Se concluyó que es factible implementar una red FTTH en la ciudad de Paute, debido a la estimada recuperación de inversiones y gastos de operación. Finalmente recomienda en la etapa de levantamiento, obtener coordenadas fiables para facilitar la ubicación del punto de interés, además utilizar la herramienta *reshape* en el ArcGIS, en caso se desee modificar un trazo cerrado, para evitar eliminarlo y volver a definirlo.

## 2.2. Objetivos

### 2.2.1. Objetivo general

- Validar la factibilidad del diseño de red de fibra óptica en el enlace Ananea – La Rinconada, haciendo uso de sistemas de información geográfica.

### 2.2.2. Objetivos específicos

- Identificar las estructuras existentes o nuevas que se utilizarán como apoyo para el tendido de red de fibra óptica
- Procesar la data georreferenciada, incorporando la información levantada en campo, para un mejor reconocimiento de estructuras.
- Calcular la cantidad de cable, postes, y herrajes para la implementación del diseño de red de fibra óptica.
- Generar entregables, entre ellos shape, cartera excel, y KMZ que incluya fotografías para permitir una visualización detallada de cada estructura, así como de la ubicación geográfica en la que se encuentran.

## 2.3. Zona de estudio

El área de estudio se encuentra comprendida en el distrito de Ananea, en la provincia de San Antonio de Putina, en la región Puno. Se delimitará y caracterizará la zona de estudio para tener una mejor visualización.

**Tabla 1**

*Ubicación geográfica del enlace Ananea – La Rinconada.*

Punto	Zona UTM	Este	Norte	Altitud
Inicio	19S	442399.60	8376783.76	4780 m
Final	19S	451016.08	8381624.33	5055 m

## **2.4. Marco teórico**

### ***2.4.1. Sistemas de información geográfica.***

Según (Preciado, 2014) se podría definir los Sistemas de Información Geográfica como herramientas informáticas que manejan y examinan datos georreferenciados para resolver problemas territoriales y medioambientales. En primer lugar, se centran en el procesamiento computarizado de la información, realizando operaciones automáticas a través de ordenadores. En segundo término, se enfocan en la gestión, análisis y modelización de datos geográficos, los cuales tienen una doble componente temática y espacial. Estos sistemas están orientados hacia la comprensión y estudio de las estructuras espaciales, donde la posición relativa de los elementos geográficos respecto a un fenómeno específico es crucial. Por último, los SIG se presentan como herramientas versátiles que abordan problemas diversos como la planificación territorial, gestión catastral, prevención de riesgos naturales y análisis de mercados.

Según (Santos, 2020), los Sistemas de Información Geográfica (SIG), también conocidos como GIS (Geographical Information System) en inglés, son conjuntos de herramientas que posibilitan la organización, almacenamiento, manipulación, análisis y modelado de extensas cantidades de datos históricos, actuales o en tiempo real, relativos a aspectos ambientales, meteorológicos, sociales, culturales, económicos, entre otros. Estos sistemas son fundamentales para la toma de decisiones más informadas. Debido a esto, se han convertido en herramientas esenciales para instituciones, tanto públicas como privadas, que operan en áreas como gestión territorial, ordenamiento territorial, redes tecnológicas, gestión de riesgos, conservación de recursos naturales, seguridad y defensa, entre otros campos.

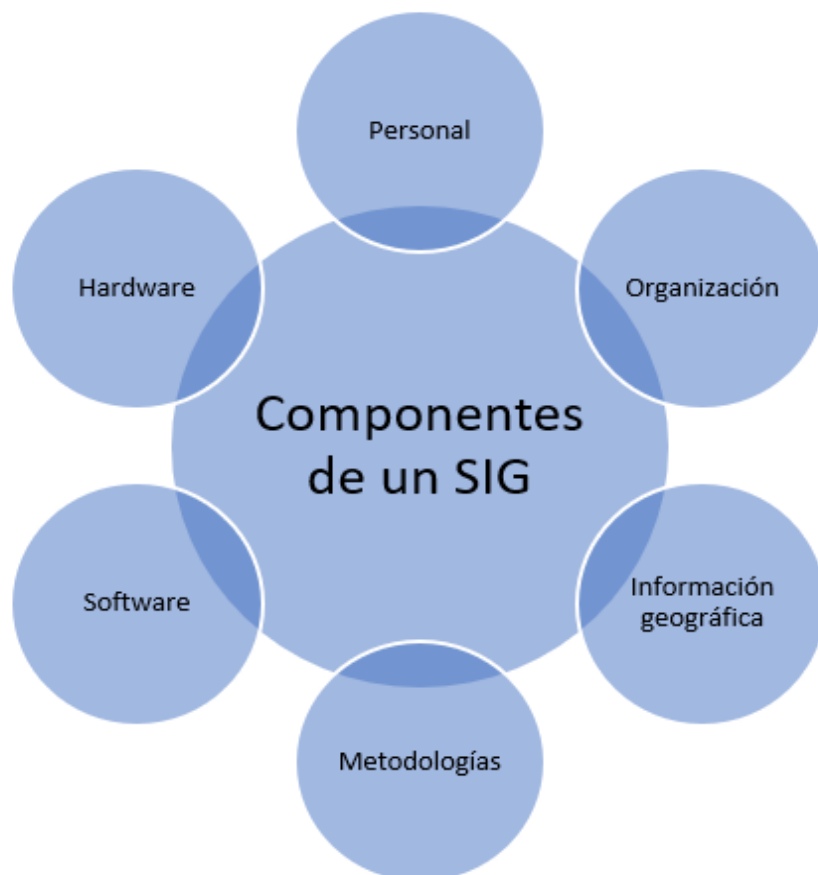
Para (Flórez & Fernández, 2017), los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una herramienta esencial para gestionar información geográfica y datos georreferenciados en la actualidad. Estos sistemas se componen de cinco elementos principales: datos, tecnología (hardware y software), análisis, procedimientos y personal, cada uno desempeñando un papel

específico en el funcionamiento del SIG, que destaca por su enfoque integrador. La capacidad principal de los SIG reside en su habilidad para procesar grandes volúmenes de información proveniente de múltiples fuentes, lo que facilita su acceso y análisis de manera rápida, directa y precisa. Esta capacidad ha convertido a los SIG en una herramienta crucial para la toma de decisiones y la planificación de acciones en diversas situaciones.

En el ámbito de las telecomunicaciones, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se emplean en la planificación de enlaces. Utilizando estos sistemas frente a una computadora, es posible definir la línea de vista del enlace y evaluar la presencia de obstáculos en el terreno, permitiendo la búsqueda de alternativas para garantizar su viabilidad.

Figura 2

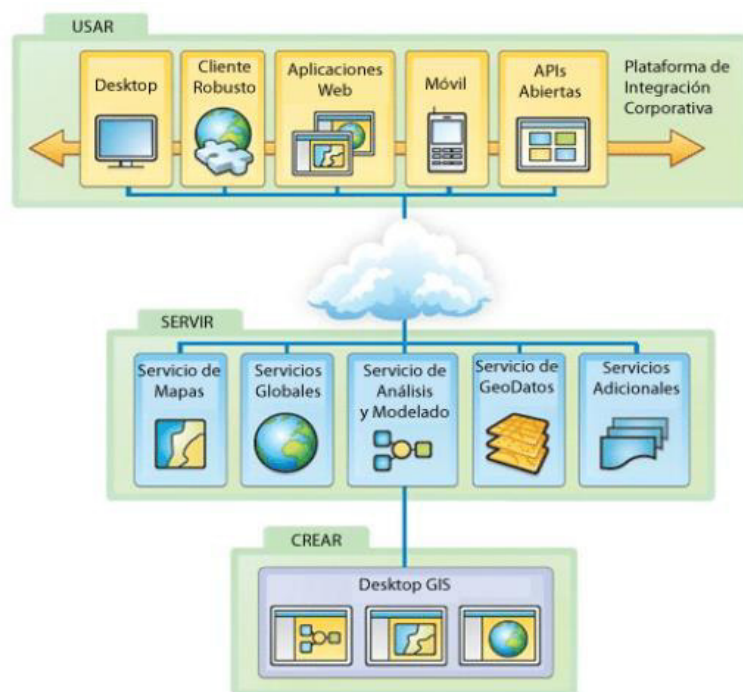
*Componentes de un sistema de información geográfica.*



**2.4.1.1 ArcGIS.** La tecnología ARCGIS se configura mediante una diversidad de productos de software escalables que comparten una arquitectura común de componentes (ArcObjects). Estos productos posibilitan la creación, gestión, manipulación, edición, análisis y distribución de información geográfica. Cada uno de estos productos ha sido concebido y diseñado para desempeñar específicamente cada fase de un proyecto de Sistema de Información Geográfica (SIG) (Bermejo, 2014).

Figura 3

*Diagrama explicativo de la tecnología ArcGIS*



*Nota.* Adaptado de (Bermejo,2014)

#### **2.4.1.2. Sistema de coordenadas.**

Un sistema de referencia cartesiano se establece sobre una superficie plana bidimensional. Contrario a un sistema de coordenadas geográficas, este sistema proyectado mantiene medidas consistentes de longitudes, ángulos y áreas en ambas dimensiones. Además, se deriva siempre de un sistema geográfico que se fundamenta en una esfera o un esferoide (ArcGIS Desktop, s/f).

**2.4.1.3. Georreferenciación.** El proceso de adquirir y asignar coordenadas geográficas a datos que originalmente no las poseen, generalmente a una capa, se conoce como georreferenciación. Esta técnica se emplea comúnmente para ubicar imágenes de la Tierra o eventos relacionados con direcciones postales (Moreno et al, 2008).

**2.4.1.4. Shapefile.** Un shapefile es un formato básico y sin topología diseñado para guardar la ubicación geométrica junto con los datos de atributos de entidades geográficas. Las entidades dentro de un shapefile pueden representarse mediante puntos, líneas o polígonos (áreas). Además de los datos geométricos, el espacio de trabajo que contiene shapefiles puede incluir tablas dBASE que contienen información adicional, la cual puede ser enlazada con las entidades presentes en un shapefile (ArcGIS Desktop, s/f).

**2.4.1.5. Kmz.** También conocido como Keyhole Markup Language Zipped, representa una variante comprimida en formato Zip de un archivo KML (Keyhole Markup Language). Este último se encarga de guardar las ubicaciones de mapas visualizables en diversas aplicaciones de Sistemas de Información Geográfica (GIS), especialmente en Google Earth. La empresa Keyhole fue la creadora del software Earth Viewer, que fue la base para el desarrollo de Google Earth.

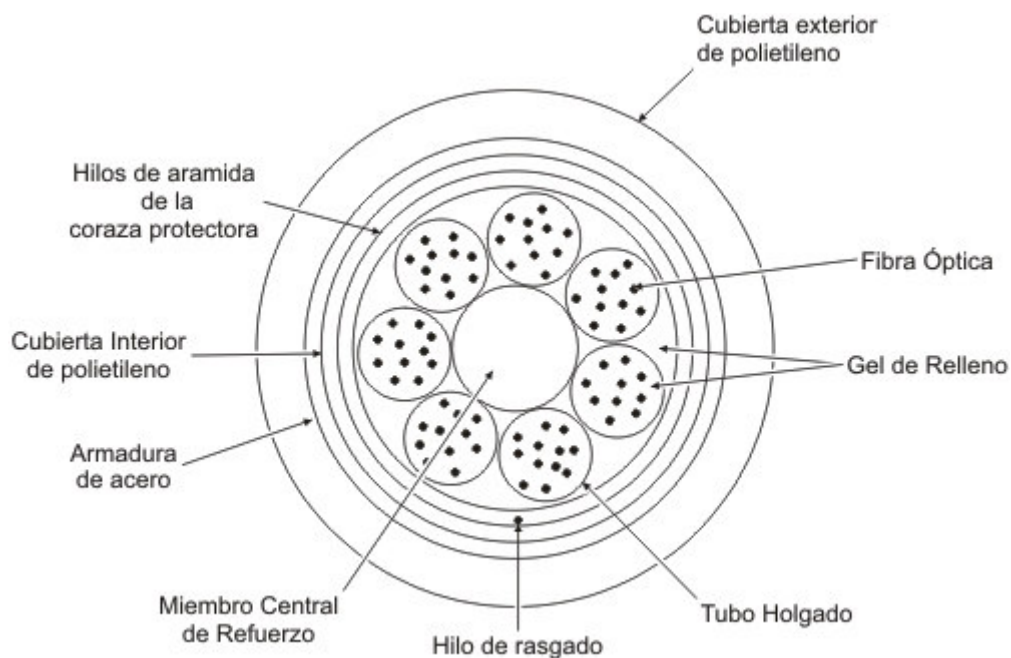
**2.4.1.6. Model Builder.** Model Builder es la utilidad disponible en ArcGIS para automatizar tareas de Geoprocesamiento. Se trata de una aplicación destinada a la creación, edición y gestión de modelos. Estos modelos representan secuencias de trabajo que conectan herramientas de geoprocesamiento, facilitando el paso de la salida de una herramienta como entrada a otra. Además, se puede concebir Model Builder como un lenguaje visual de programación que permite generar flujos de trabajo de manera gráfica.

### 2.4.2. Fibra óptica

La fibra óptica está constituida por filamentos, mayormente de vidrio, aunque ocasionalmente de plástico. La transferencia de información a través de este medio se realiza mediante haces de luz que se desplazan a lo largo de la fibra. En el ámbito de las telecomunicaciones, se destaca como el principal medio de transmisión, principalmente debido a su gran capacidad para transportar información. Esto se debe a que a través de un solo filamento de fibra óptica es posible transmitir millones de bits por segundo (bps), permitiendo acceso simultáneo a múltiples servicios con alta velocidad y calidad (Gil & Delgado, 2015).

#### Figura 4

*Componentes de cable de fibra óptica.*



*Nota.* Adaptado de (Gil & Delgado, 2015)

**2.4.2.1. Fibra Óptica Monomodo:** Esta variante de cableado permite que solo un modo de luz se transmita a través de la fibra, lo que posibilita una capacidad de ancho de banda mayor y la transmisión a distancias significativamente mayores, hasta 50 veces más que el multimodo (hasta 300 km en condiciones óptimas). En este caso, se emplea un láser como fuente de luz.

**2.4.2.2. Fibra Óptica Multimodo:** En contraste con el monomodo, este tipo de fibra admite la propagación de varios haces de luz a través de su núcleo. Se utiliza diodos de baja densidad como fuente de luz, lo que restringe las distancias a las que puede extenderse el cable.

### **2.4.3. Redes de transporte de fibra óptica.**

Las redes de transporte posibilitan la transferencia de señales de telecomunicaciones desde un punto hasta otro, ya sea a nivel local, provincial, regional o nacional. Funcionan como extensas vías de comunicación que facilitan el traslado del tráfico generado por las redes de acceso fijas y móviles hacia su destino final. Con el constante aumento en el consumo de datos por usuario en términos de gigabytes por mes, es imperativo evaluar el estado actual de las redes de transporte y detallar el papel que desempeñan en la expansión de la cobertura de los servicios públicos de telecomunicaciones (More & Argandoña, 2020).

### **2.4.4. Elementos para tendido de red de fibra óptica**

Para el tendido de una red de fibra óptica se consideran los siguientes elementos:

**Tabla 2**

*Elementos para tendido de red de fibra óptica*

<b>Ítem</b>	<b>Elemento</b>
1	Nodo
2	Poste eléctrico
3	Poste nuevo
4	Poste auxiliar
5	Torre
6	Torrecilla
7	Cruce americano

**2.4.4.1. Nodos ópticos.** Casetas de concreto donde se ubica la antena satelital que provee señal y equipos para su funcionamiento, sirven de llegada y salida la red de fibra, con el fin de conectar dorsales. Se tienen 3 tipos, nodos Core, nodos de Agregación y nodos de distribución.

**2.4.4.2. Poste eléctrico.** Las estructuras de red eléctrica pueden ser de baja, media y alta tensión.

**Tabla 3**

*Tipos de postes a considerarse en levantamiento.*

<b>Tipo</b>	<b>Material</b>	<b>Altura</b>	<b>Carga de trabajo</b>
Alumbrado publico	Concreto armado	9	70-100
Alumbrado publico	Concreto armado	10	70-100
Alumbrado publico	Concreto armado	11	100/200
Distribución aérea	Concreto armado	11	100/200
Distribución aérea	Concreto armado	12	200/300/400
Distribución aérea	Concreto armado	13	200/300/400
Distribución aérea	Concreto armado	14	200/300/400
Distribución aérea	Concreto armado	15	200/300/400
Distribución aérea	Madera	10	550-680
Distribución aérea	Madera	11	550-680
Distribución aérea	Madera	12	550-680
Distribución aérea	Madera	13	550-680
Distribución aérea	Madera	14	550-680
Distribución aérea	Madera	15	550-680

**2.4.4.3. Postes nuevos.** Los postes nuevos son propuestos por el área de ingeniería, por lo general son postes de concreto en caso haya acceso a grúa, si la zona a instalar del poste no tiene acceso a grúa, el poste nuevo será de material de fibra de vidrio.

**2.4.4.4. Poste auxiliar.** Son postes que se usan mayormente en zonas urbanas, en caso se requiera hacer un cambio de dirección, este poste servirá de apoyo contando además con un cable mensajero para que la fibra óptica, pueda realizar la desviación.

**2.4.4.5. Torres de red eléctrica.** También es factible emplear sistemas de alta tensión sobre estructuras metálicas elevadas, no existen limitaciones técnicas para su aplicación. Sin embargo, es evidente que se deben tener en cuenta consideraciones distintas en cuanto a la instalación en comparación con postes y redes de baja y media tensión.

**2.4.4.6. Torrecilla de red eléctrica.** Estructuras que son usadas para las líneas de alta tensión, pero con menores dimensiones respecto a las torres eléctricas.

**2.4.4.7. Cruce americano.** Como se mencionó con el poste auxiliar, el cruce americano, se define como el punto donde se realiza el cambio de dirección del poste al doblar por una vía.

#### **2.4.5. Ingeniería de cable**

Se buscará maximizar la eficiencia en el uso del cable considerando los distintos tipos de carretes disponibles en el almacén. Por esta razón, es crucial evaluar las distancias para determinar cuándo se debe realizar un cambio de carrete, considerando la incorporación de reservas de cable de 50m, cada 250 metros o en cambios de pendiente.

**Tabla 4**

*Carretes y cantidad de cables en kilómetros.*

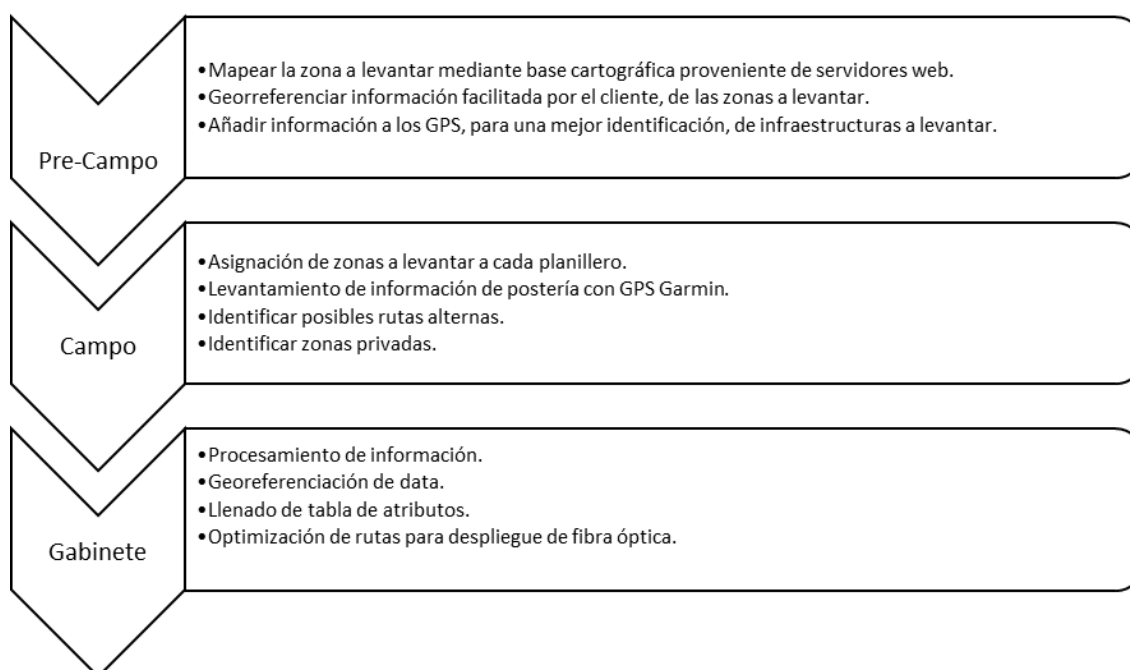
<b>Tipo de carrete</b>	<b>Secciones permitidas (m)</b>
Carrete de 4 Km	2000
Carrete de 6 Km	2000 / 3000

## 2.5. Metodología

El proyecto perteneciente a América Móvil Perú, el cual se desarrolló en calidad de subcontrata, consta de 3 etapas: Pre-campo, Campo, y Gabinete.

**Figura 5**

*Procesos para desarrollo del proyecto*



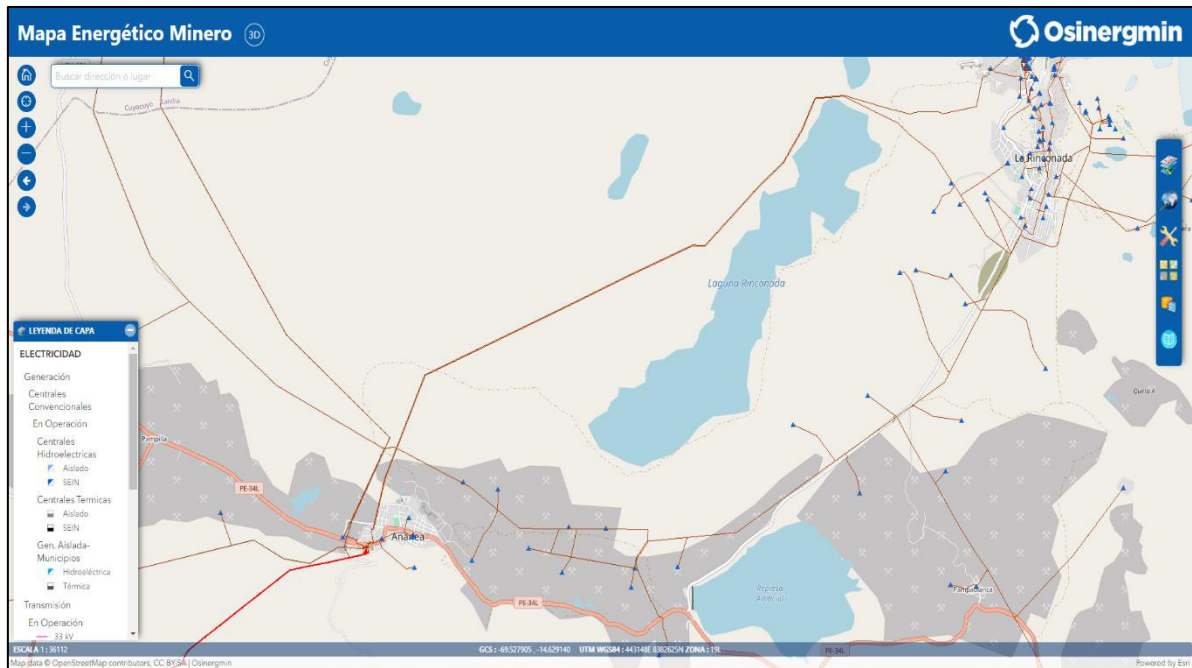
### 2.5.1. Etapa de Pre-campo

En esta etapa se realizó un mapeo general de las zonas a levantar, haciendo uso del ArcGIS. Se realiza un mapeo previo de la zona, cargando al software, datos recopilados de servidores web como GEOGPS, tales como, manzanas, límites, ríos, curvas de nivel, vías departamentales, nacionales, y vecinales, catastro minero, entre otros.

Para el trazado estimado de una ruta, se tuvo que extraer la data de las redes eléctricas que se encontraban operando en la zona, en este caso se hizo uso del mapa web del OSINERGMIN, donde se pudo visualizar la red eléctrica de ELECTROPUNO S.A.A. que rodeaba la laguna La Rinconada, se optó por este recorrido ya que el cliente informó que la ruta cerca a la vía no era óptima por temas sociales.

**Figura 6**

Map Web Server del Osinergmin

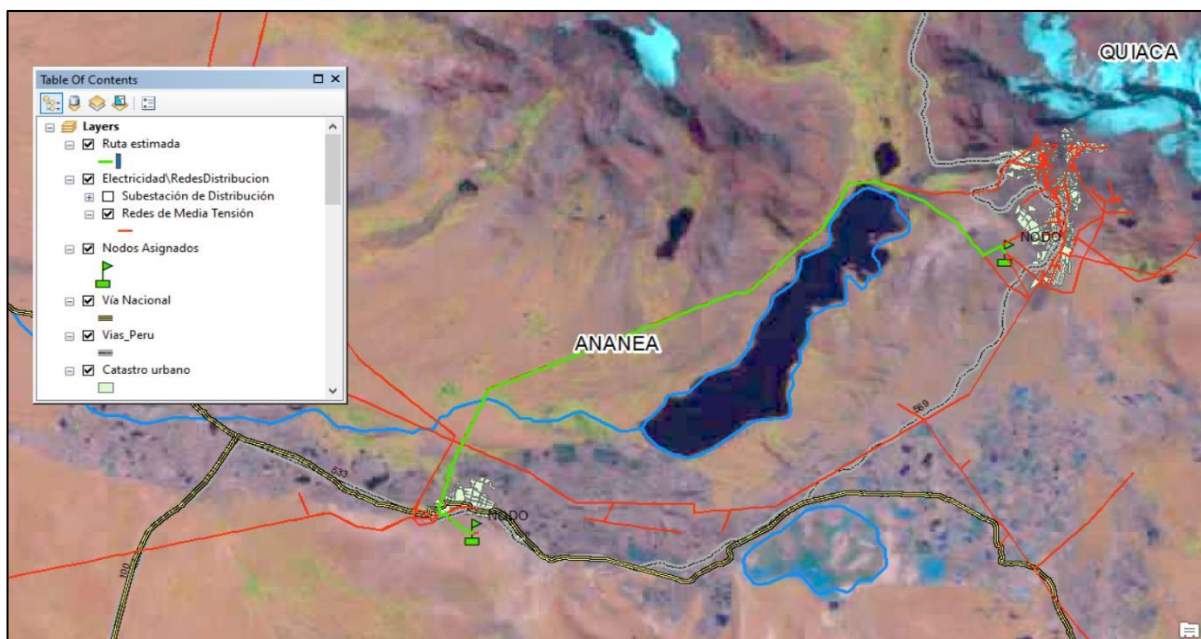


Nota. Mapa web del OSINERGMIN.

Posteriormente se conectó el servidor WMS en el entorno del ArcGIS, para luego ser exportada en formato GPX y cargar al GPS, para servir como guía en el levantamiento de estructuras.

**Figura 7**

Servidor WMS del Osinergmin en ArcGIS



### 2.5.2. Etapa de Campo

Se inició la etapa de campo contando con los elementos de protección personal (EPPS), tales como botas, guantes, chaleco, casco, que constituyen la protección al trabajador contra daños a la salud por exposición a diferentes factores de riesgo.

Para un óptimo levantamiento de estructuras en campo, se recorrió a pie la zona de estudio, tomando como guía la ruta cargada al GPS. Este proceso permitió identificar las posibles ubicaciones más favorables para la instalación del cable, así como detectar obstáculos que puedan surgir y determinar las entidades locales cuyas directrices y regulaciones podrían afectar el enrutamiento del cable.

En la mayoría de los casos, los gobiernos locales cuentan con información detallada sobre los conductos disponibles y las normativas que rigen el uso de postes telefónicos o de energía, lo cual puede resultar en un ahorro considerable de tiempo y esfuerzo durante la etapa de diseño.

**2.5.2.1. Levantamiento de puntos.** Se hizo uso de un GPS de mano, en este caso el Garmin Etrex 10, que tiene un margen de error mínimo de 3 metros, aunque por condiciones climáticas de la zona, el desfase era mayor por regulares lapsos de tiempo.

#### Figura 8

*GPS Garmin Etrex 10*



**2.5.2.2. Anotación de datos de infraestructuras.** Se realizó anotaciones, en fichas hojas bond, de las características de cada estructura con el fin de crear una base de datos para cada punto levantado.

### Figura 9

*Características de la estructura para levantar*

TITULO	DESCRIPCIÓN
ALTURA DE ESTRUCTURA	Altura en metros del apoyo a utilizar: postes eléctricos, postes nuevos, torres, torrecillas
RESISTENCIA DE POSTE	Capacidad de carga de estructura (200, 300, 400) indicando la unidad, según lo observado en campo
TIPO DE ESTRUCTURA	Se considera los tipos de postes existentes en zona (Simple, Doble y Triple).
MATERIAL DE ESTRUCTURA	Tipo de material de la estructura: Madera, Concreto, Metal, Fibra de vidrio
ESTADO DE LA ESTRUCTURA	Estado en el que se encuentra la estructura durante el diseño
NIVEL DE TENSIÓN	Nivel de tensión nominal de la red eléctrica, acorde a lo identificado en campo (según CNE)
TIPO DE INFRAESTRUCTURA	Descripción de la configuración de la estructura referente a la red eléctrica: Alumbrado público (AP), Distribución primaria (DP), Distribución secundaria (DS), Transmisión (TR)
ELEMENTOS UBICADOS EN ESTRUCTURA	Son considerados los transformadores, condensadores u otros equipos o elementos
RETENIDA	Cantidad de riendas existentes
TIPO DE SUELO	Evaluación de terreno por tipo de suelo: Tierra, concreto, arena, roca, etc.
ZONA DE ACCESO	Observación de la existencia de caminos accesibles para el proceso de instalación.
CABLES TELECOM	Cantidad de cables de telecomunicaciones instalados en el apoyo
CABLES ELÉCTRICOS	Cantidad de cables eléctricos de la infraestructura
CABLES A INSTALAR	Cantidad de cables a instalar.
TOTAL CABLES	La suma de todos los cables en el poste contando el cable a instalar.
DISTANCIA EJE DE VIA	Distancia en metros de la estructura al eje de vía correspondiente al tipo de carretera. (postes nuevos)
TIPO DE CRUCE	Tipo de cruces presentes en la red
ALTURA DEL CABLE	Altura en metros del punto del punto de fijación del cable en el apoyo respecto al suelo
DMS RESPECTO AL SUELO	Distancia de seguridad respecto al piso (desde el punto más bajo de la catenaria hacia el piso)
DMS RESPECTO AL CONDUCTOR	Distancia mínima de seguridad al cable eléctrico, es la distancia entre el cable de fibra óptica y el conductor eléctrico, esto debe cumplirse a través de toda la catenaria

**2.5.2.3. Registros fotográficos.** Se realizó los registros fotográficos de cada estructura, con el fin de adjuntar a nuestra información geoespacial, y poder identificar de manera gráfica la figura de cada poste. Las fotografías son vista atrás y vista adelante del poste para tener un mejor panorama de los postes cercanos.

### 2.5.3. Etapa de Gabinete

**2.5.3.1. Procesamiento de Gpx.** Los archivos Gpx descargados, fueron procesados en el ArcGIS, haciendo uso del Model Builder. Generalmente, en proyecto donde se realizan levantamientos durante varios días, se genera gran cantidad de archivos gpx por día, por ello para evitar repetir los procesos de conversión y georreferenciación, se crea un “Model Builder” con el fin de automatizar estos procesos.

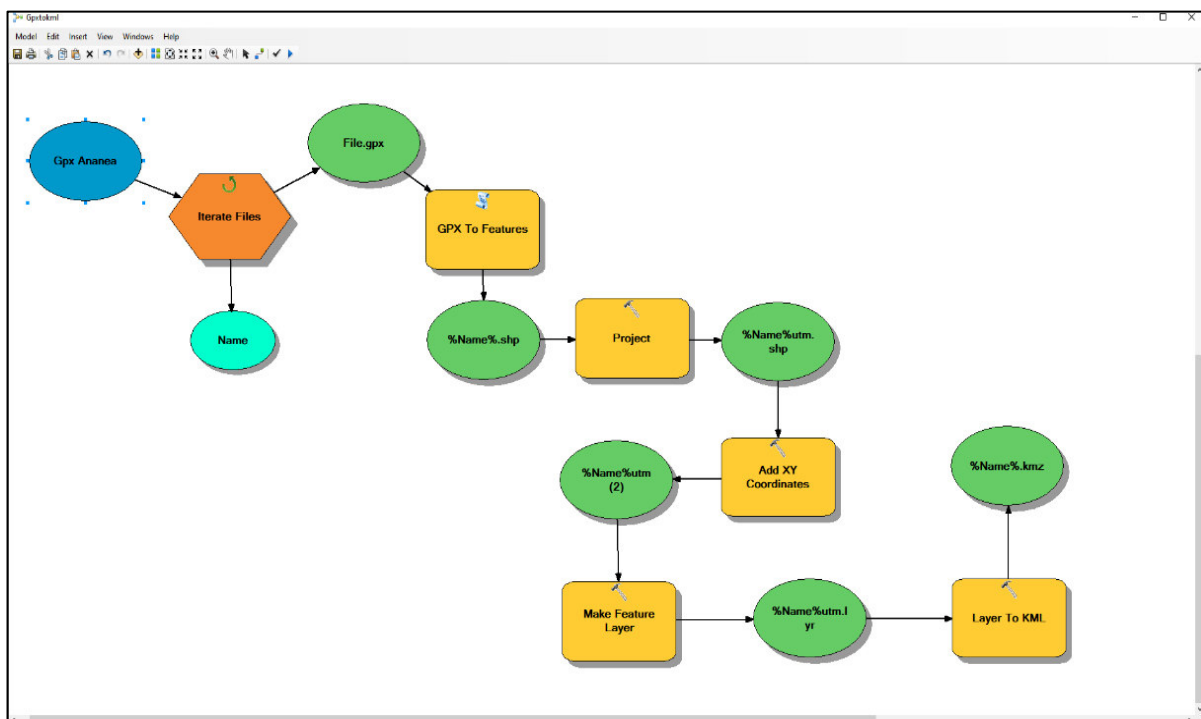
**Figura 10**

*Archivos gpx descargados del enlace Ananea – Rinconada*

Nombre	Tipo
Waypoints28.1.gpx	Archivo GPX
Waypoints28.2.gpx	Archivo GPX
Waypoints29.1.gpx	Archivo GPX
Waypoints29.2.gpx	Archivo GPX

**Figura 11**

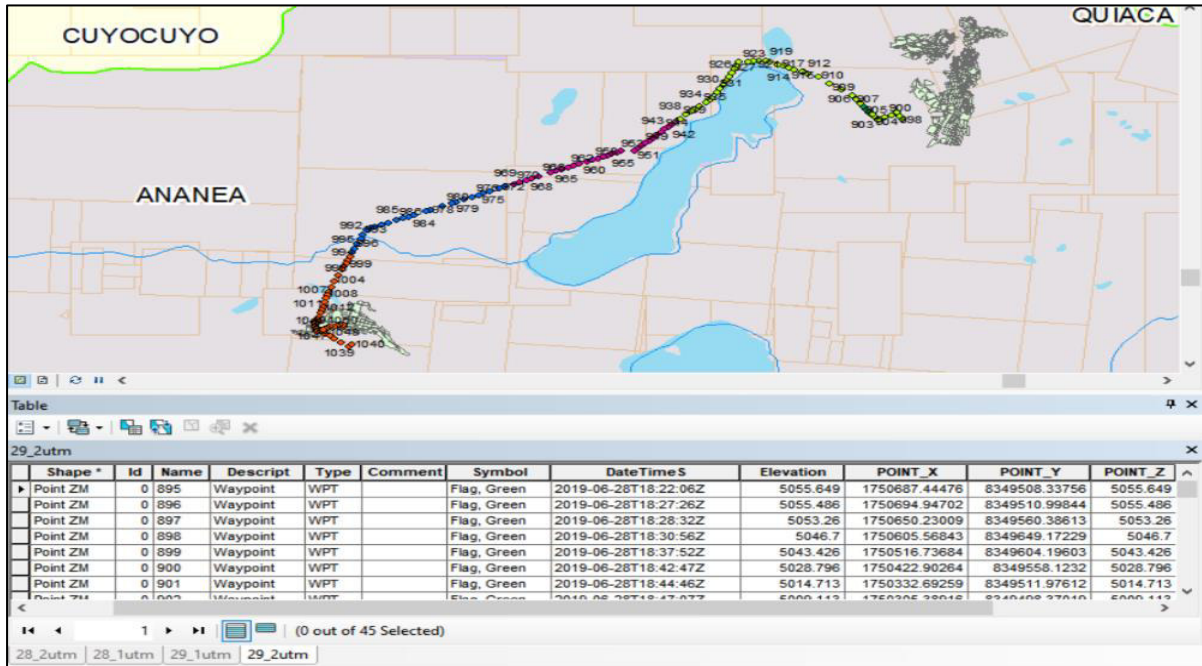
*Conversión y georreferenciación de varios archivos gpx a formato kmz aplicando Model Builder*



El modelo genera shapes georreferenciados en la zona UTM 19S, incorporando coordenadas.

**Figura 12**

*Puntos exportados a shp*



Además generé los archivos kmz de cada gpx, con el fin de contrastar la información levantada con la información de campo.

**Figura 13**

*Puntos levantados en formato Kmz*



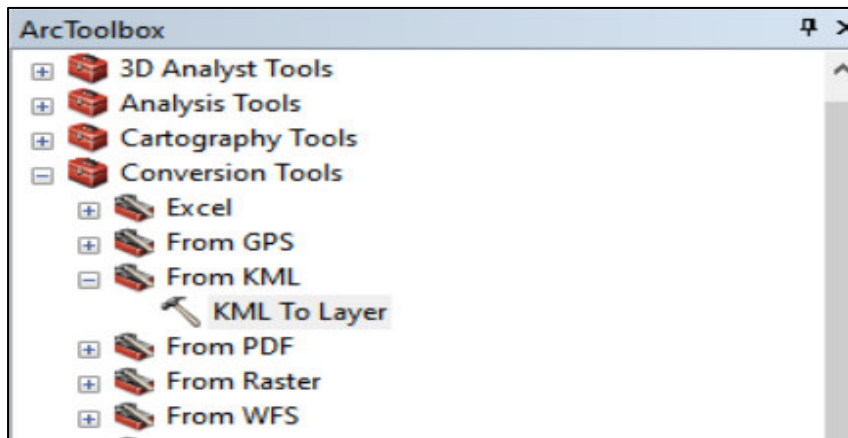
**2.5.3.2. Depuración de puntos.** La depuración de se realiza con la finalidad de filtrar los puntos que formarán parte del diseño de red de fibra óptica, esta acción se realiza generalmente cuando hay puntos desfasados, puntos que se tomaron accidentalmente. Una vez obtenido el kmz, se empezará a analizar la información tanto en Google Earth, como en la revisión de fotografías por cada estructura con la finalidad de poder establecer un orden y organizar de una mejor manera el recorrido, de esta manera optimizaremos el enlace, tomando en cuenta los siguientes criterios:

- El poste no debe tener bajada de cables eléctricos.
- El poste no debe tener derivaciones.
- El poste no debe tener transformadores existentes o proyectados.
- La estructura no debe estar ocupada por equipos eléctricos (condensadores, seccionadores, otros)
- Verificar y comprobar que las estructuras cumplan con DMS (Distancia mínima de seguridad).
- Verificar, comprobar y determinar el diámetro promedio de la estructura para la abrazadera, o herraje para adosar la fibra al poste.
- Identificar zonas privadas para proceder con el tema de los permisos
- Proyectar postes en caso la estructura no cumpla con DMS (Distancia mínima de seguridad).
- Asegurar que la red vial puede ser construida considerando el área geográfica para el transporte y la instalación de los postes de concreto, en caso contrario confirmar uso de postes de fibra de vidrio.

Luego de evidenciar la factibilidad de la ruta, apoyándose en los registros fotográficos, se procede a convertir nuevamente nuestro archivo kmz editado a formato shape, para actualizar coordenadas y consolidar los puntos del enlace.

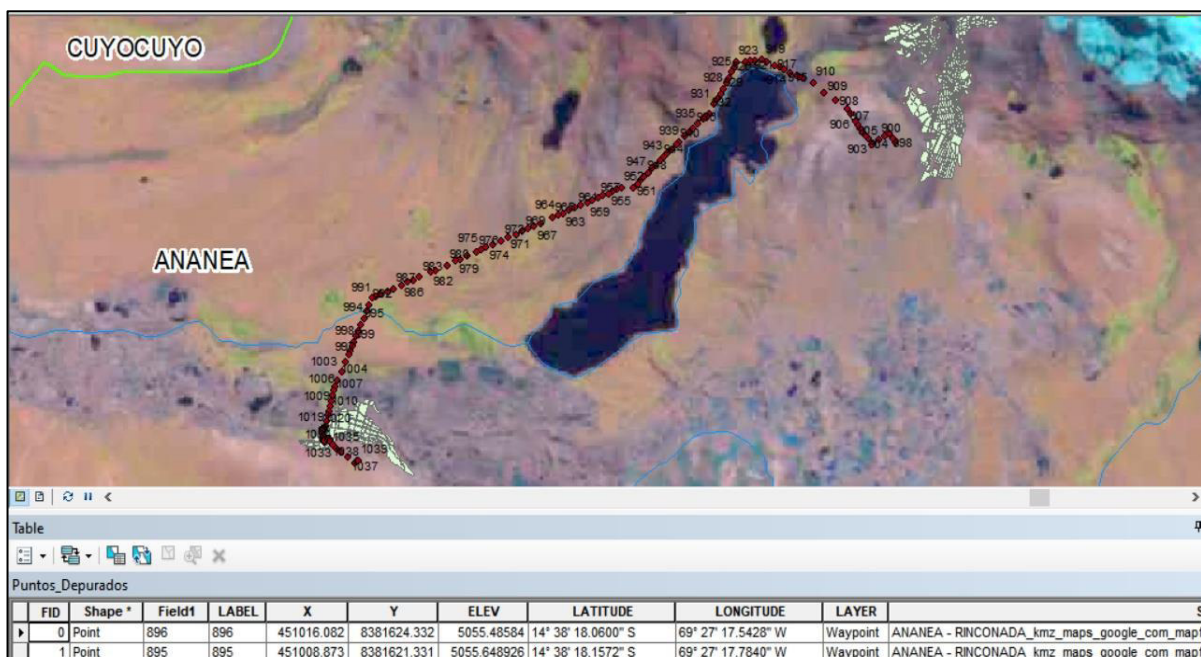
**Figura 14**

*KML To Layer, para conversión de puntos consolidados en formato kmz a shp*



**Figura 15**

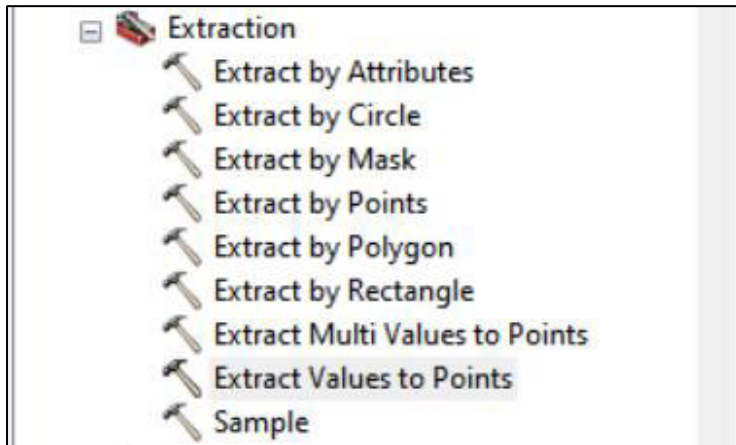
*Puntos depurados en formato shape*



Debido a factores climatológicos en la zona de Ananea ubicada a más de 4500 m.s.n.m. el GPS tuvo un desfase en la generación de altitudes por falta de señal. Por este motivo se realizó la extracción de información de altitudes de una imagen ráster hacia los puntos depurados, para que los cálculos de metrajés sean más precisos usando el ArcGIS.

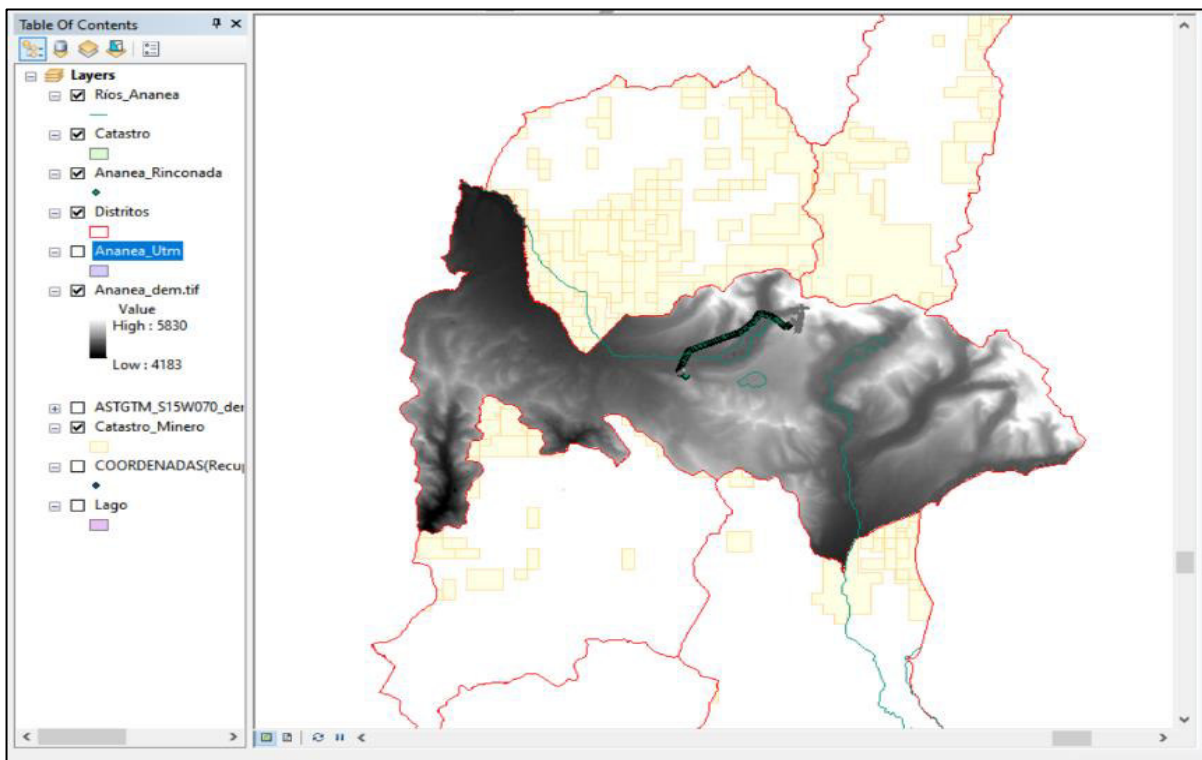
## Figura 16

Para la extracción de valores de altitud de una imagen raster se hará uso de la herramienta “Extract Values To Points” del ArcToolbox



## Figura 17

Sobreposición de puntos sobre imagen raster



*Nota.* Imagen raster obtenida de La NASA y el Ministerio de Economía, Comercio e Industria de Japón (METI)

**Figura 18**

*Comparación de altitudes originales “ELEV” con las extraídas al shape de la imagen raster “RASTER VALUE”. Se corrobora el desfase en varios puntos*

FID	Shape *	Field1	LABEL	X	Y	ELEV	RASTERVA	LATITUDE	LONGITUDE
14	Point	906	906	450297.262	8382044.282	4976.75	4974	14° 38' 04.3440" S	69° 27' 41.5440" W
15	Point	907	907	450238.623	8382123.688	4949.45507	4933	14° 38' 01.7556" S	69° 27' 43.4988" W
16	Point	908	908	450053.885	8382251.722	4843.75683	4828	14° 37' 57.5760" S	69° 27' 49.6656" W
17	Point	909	909	449867.54	8382375.218	4761.58398	4746	14° 37' 53.5440" S	69° 27' 55.8864" W
18	Point	910	910	449694.377	8382528.602	4665.08007	4654	14° 37' 48.5400" S	69° 28' 01.6644" W
19	Point	911	911	449528.813	8382599.158	4660.79589	4650	14° 37' 46.2324" S	69° 28' 07.1940" W
20	Point	912	912	449473.521	8382621.054	4667.38281	4648	14° 37' 45.5160" S	69° 28' 09.0408" W
21	Point	913	913	449441.946	8382630.943	4667.25781	4648	14° 37' 45.1920" S	69° 28' 10.0956" W
22	Point	914	914	449329.311	8382676.832	4653.25	4637	14° 37' 43.6908" S	69° 28' 13.8576" W
23	Point	915	915	449229.162	8382725.069	4634.91113	4627	14° 37' 42.1140" S	69° 28' 17.2020" W
24	Point	916	916	449151.56	8382755.103	4640.81298	4629	14° 37' 41.1312" S	69° 28' 19.7940" W
25	Point	917	917	449075.353	8382787.019	4640.82812	4630	14° 37' 40.0872" S	69° 28' 22.3392" W
26	Point	918	918	448951.496	8382842.616	4639.91796	4624	14° 37' 38.2692" S	69° 28' 26.4756" W
27	Point	919	919	448879.065	8382871.001	4639.51220	4622	14° 37' 37.3404" S	69° 28' 28.8948" W
28	Point	920	920	448767.94	8382863.026	4643.46923	4625	14° 37' 37.5924" S	69° 28' 32.6100" W
29	Point	921	921	448690.198	8382856.558	4637.79199	4625	14° 37' 37.7976" S	69° 28' 35.2092" W
30	Point	922	922	448610.52	8382848.538	4639.11084	4627	14° 37' 38.0532" S	69° 28' 37.8732" W

La tabla de atributos actualizada se convertirá a excel para iniciar con la digitalización de la información obtenida en campo.

**Figura 19**

*Conversión de la tabla de atributos del consolidado de puntos mediante la herramienta “Table to Excel” del ArcToolbox*

FID	Shape *	Field1	LABEL	X	Y	ELEV	RASTERVALU	LATITUDE	LONGITUDE
0	Point	896	896	451016.082	8381624.332	5055.48584	5037	14° 38' 18.0600" S	69° 28' 00.0000" W
1	Point	895	895	451008.873	8381621.331	5055.648926	5040	14° 38' 18.1572" S	69° 28' 00.0000" W
2	Point	897	897	450969.683	8381670.361	5053.259766	5041	14° 38' 16.5588" S	69° 28' 00.0000" W
3	Point	898	898	450921.268	8381754.987	5046.700195	5032	14° 38' 13.8012" S	69° 28' 00.0000" W
4	Point	899	899	450836.614	8381706.261	5043.425781	5030	14° 38' 15.3816" S	69° 28' 00.0000" W
5	Point	900	900	450747.117	8381656.198	5028.795898	5022	14° 38' 17.0052" S	69° 28' 00.0000" W
6	Point	901	901	450661.174	8381606.252	5014.712891	5011	14° 38' 18.6252" S	69° 28' 00.0000" W
7	Point	902	902	450635.143	8381591.489	5009.112793	5006	14° 38' 19.1040" S	69° 28' 00.0000" W
8	Point	903	903	450572.52	8381672.436	5009.104004	5008	14° 38' 16.4652" S	69° 28' 00.0000" W
9	Point	904	904	450536.508	8381712.62	5014.637207	5008	14° 38' 15.1549" S	69° 28' 00.0000" W
10	Point	904A	904A	450492.049	8381767.735	5014.637207	5009	14° 38' 13.3581" S	69° 28' 00.0000" W
11	Point	904B	904B	450449.08	8381826.79	5014.637207	5009	14° 38' 11.4331" S	69° 28' 00.0000" W
12	Point	904C	904C	450407.547	8381885.438	5014.637207	5003	14° 38' 09.5214" S	69° 28' 00.0000" W

**2.5.3.3. Digitalización de características de postes.** Una vez obtenido los puntos con coordenadas y altitudes geográficas correctas, se inició con la digitalización de características de cada infraestructura en una plantilla de formato excel. Esta tabla contiene toda la información recopilada en campo, y a partir de este archivo se generaron las distancias de poste a poste, considerando las coordenadas y altitud generadas en el ArcGIS.

Estas distancias fueron útiles para calcular los metrajes de cable que se requieren para implementar la red de fibra óptica, los puntos de empalme de cable donde se proyectaron mufas, la cantidad de reservas cada quinientos metros, los herrajes a usar teniendo en cuenta los vanos, o distancias de poste a poste.

**Figura 20**

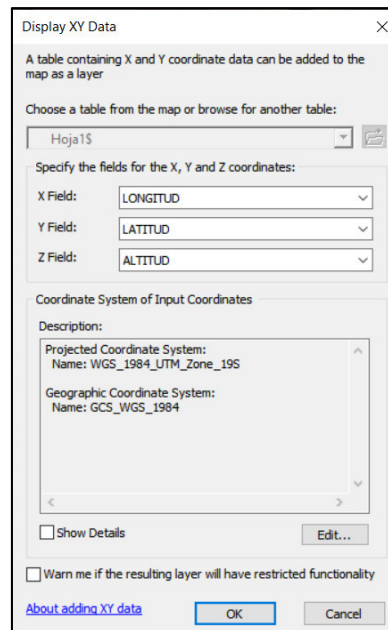
*Plantilla de excel con distancias calculadas*

ITEM	DISTANCIA ENTRE ELEMENTOS (m)	FLECHA (m)	CABLE (m)	UTM X	UTM Y	ALTURA (msnm)
<b>NODO ANANEA</b>	10	0.10	10.56	442400	8376784	4780
<b>1</b>	56	0.56	81.78	442391.00	8376789.00	4777
<b>2</b>	138	1.38	138.95	442347.00	8376754.00	4777
<b>3</b>	140	1.40	141.23	442238.00	8376835.00	4755
<b>4</b>	181	1.81	182.38	442129.00	8376918.00	4727
<b>5</b>	50	0.50	100.27	441988.00	8377021.00	4681
<b>6</b>	39	0.39	39.13	441966	8377064	4669
<b>7</b>	9	0.09	8.75	441952	8377100	4666
<b>8</b>	48	0.48	48.63	441959	8377105	4665
<b>9</b>	49	0.49	49.57	441914	8377088	4663
<b>10</b>	25	0.25	25.51	441868	8377071	4661
<b>11</b>	29	0.29	29.46	441854	8377092	4660
<b>12</b>	28	0.28	28.51	441851	8377121	4659
<b>13</b>	19	0.19	19.43	441843	8377148	4657
<b>14</b>	24	0.24	23.77	441840	8377167	4657
<b>15</b>	36	0.36	36.76	441835	8377190	4657
<b>16</b>	24	0.24	24.62	441827	8377225	4663
<b>17</b>	20	0.20	20.25	441819	8377248	4664
<b>18</b>	31	0.31	31.76	441818	8377268	4665
<b>19</b>	13	0.13	13.21	441846	8377254	4662
<b>20</b>	8	0.08	8.33	441859	8377253	4661
<b>21</b>	27	0.27	27.21	441857	8377261	4661
<b>22</b>	29	0.29	28.92	441867	8377286	4660
<b>23</b>	79	0.79	130.15	441873	8377314	4660
<b>24</b>	82	0.82	83.10	441893	8377390	4649
<b>25</b>	58	0.58	59.06	441916	8377469	4649
<b>26</b>	80	0.80	80.51	441929	8377526	4648
<b>27</b>	90	0.90	90.89	441952	8377602	4641
<b>28</b>	92	0.92	93.37	441975	8377689	4641
<b>29</b>	86	0.86	136.67	442000	8377778	4640
<b>30</b>	55	0.55	55.67	442019	8377859	4619
<b>31</b>	107	1.07	108.09	442034	8377912	4617
<b>32</b>	157	1.57	158.50	442077	8378010	4616
<b>33</b>	178	1.78	230.08	442136	8378142	4555
<b>34</b>	132	1.32	133.17	442197	8378280	4650
<b>35</b>	66	0.66	66.52	442248	8378401	4662
<b>36</b>	83	0.83	83.71	442277	8378460	4666
<b>37</b>	61	0.61	61.61	442310	8378536	4668

**2.5.3.4. Creación de archivo kmz.** La tabla elaborada se convertirá a formato csv para que pueda ser reconocida por el programa ArcGIS.

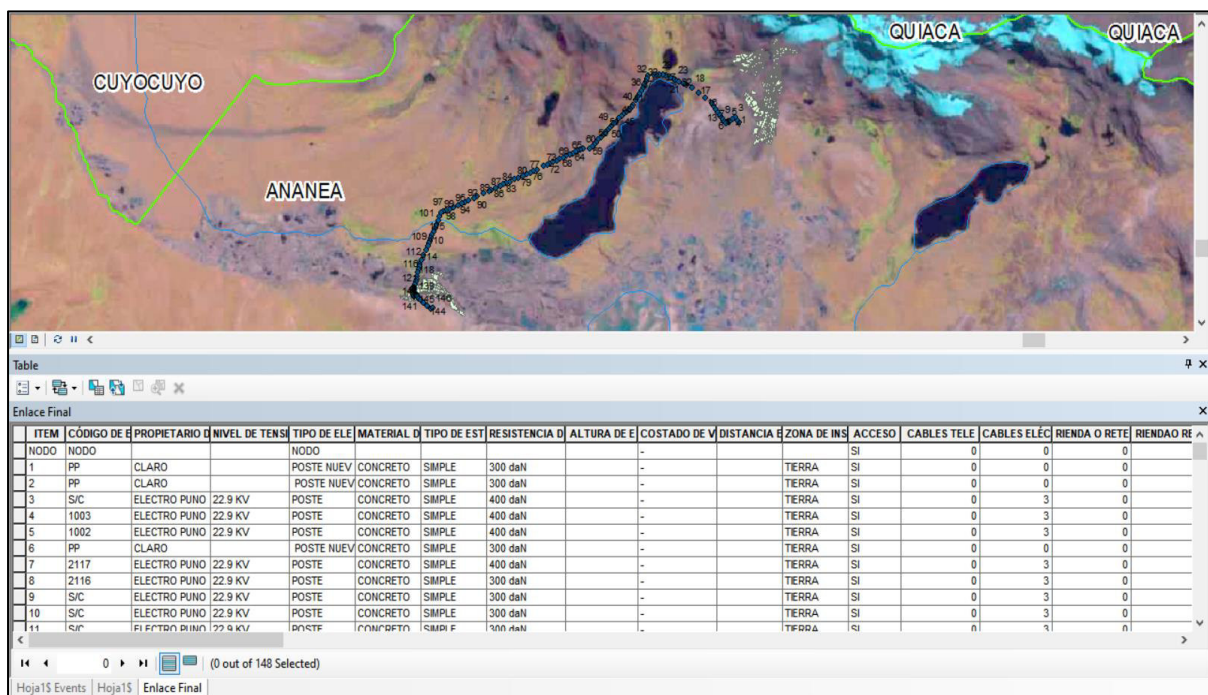
**Figura 21**

*Uso de herramienta Display "XYData" para exportar la tabla al ArcGIS*



**Figura 22**

*Archivo shape proveniente de la tabla digitalizada*



Posteriormente, para la generación del kmz, se enlazan las fotografías tomadas en campo; en este caso dos por cada estructura, para tener una mejor visión gráfica al momento de abrir el archivo en el Google Earth. Previamente se ordenaron las fotos de acuerdo al número de orden y al punto que corresponda, para luego bajar su resolución con la finalidad de adjuntarlas al archivo kmz.

Además, en la tabla se agregó un campo que incluye lenguaje HTML para enlazar estas fotografías previamente encarpetadas punto por punto para su reconocimiento.

**Figura 23**

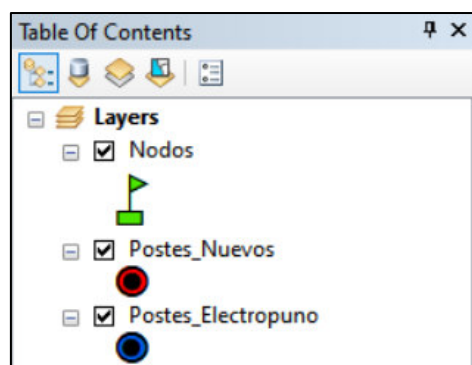
*Html PopUp para ventanas emergentes en el ArcGIS*

Table					
Enlace Final					
LONGITUD	LATITUD	ALTITUD	FOTO 1	FOTO 2	
451016.082	8381624.332	5037			
451008.873	8381621.331	5040			
450969.683	8381670.361	5041			
450921.268	8381754.987	5032			
450836.614	8381706.261	5030			
450747.117	8381656.198	5022			
450661.174	8381606.252	5011			
450635.143	8381591.489	5006			
450572.52	8381672.436	5008			
450536.508	8381712.62	5008			
450492.049	8381767.735	5009			
450449.08	8381826.79	5009			

Se generan los puntos de cada tipo de estructura, para luego ser exportados a kmz en el software Arc Map, en este caso, “Nodos”, “Postes\_nuevos”, y “Postes\_Electropuno”.

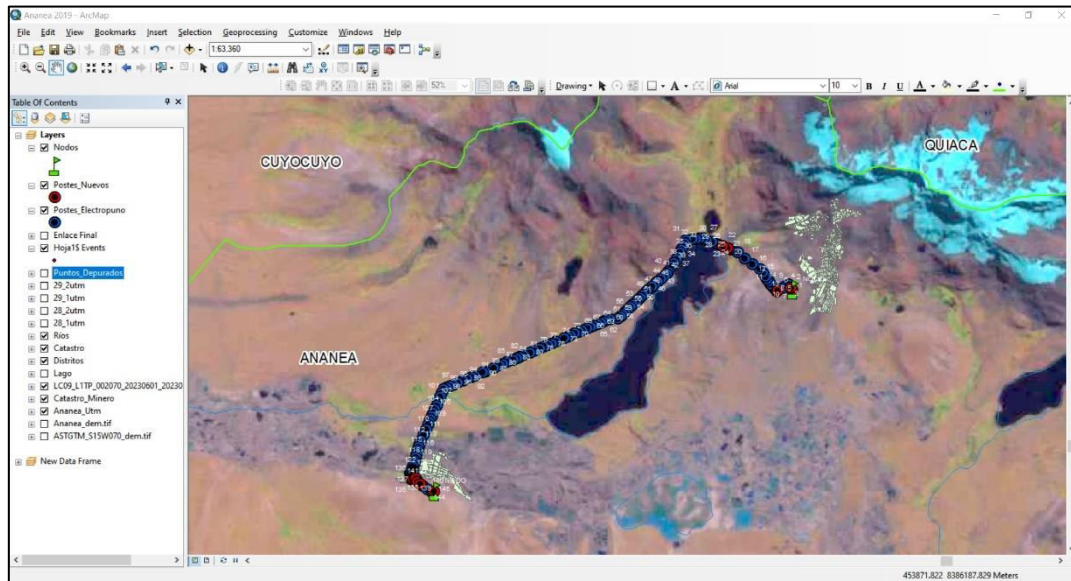
**Figura 24**

*Nuevas capas del diseño de red*



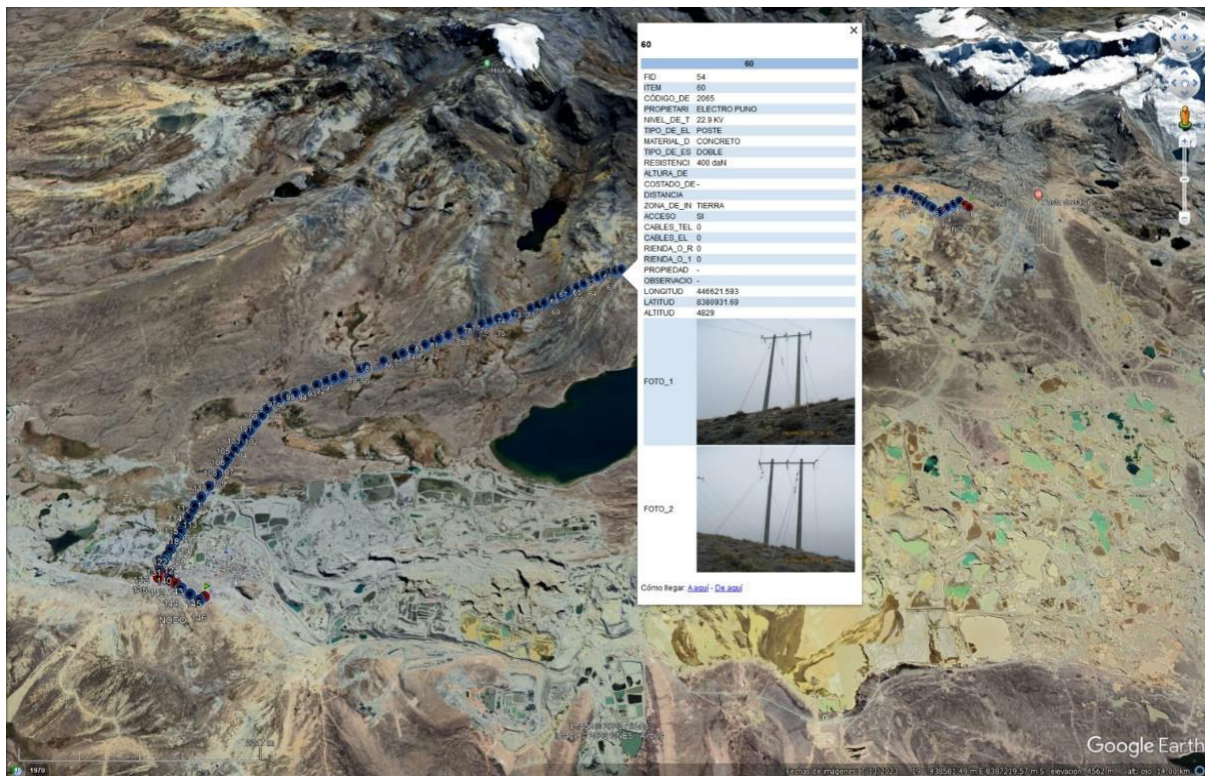
**Figura 25**

*Visión gráfica de los shapes creados*



**Figura 26**

*Visión gráfica de ventana emergente, que muestra la información de la estructura enlazada con imágenes*



## 2.6. Resultados

Finalizado el procedimiento de gabinete, se analizan los productos obtenidos, tales como la cartera excel, los shape, los kmz, los registros fotográficos dando a conocer los siguientes resultados en el desarrollo del proyecto.

Respecto a las estructuras validadas, se obtuvo la cantidad de postes nuevos y postes eléctricos, que consolidan la ruta para el diseño de red de fibra óptica. Además, se logró obtener el metrado de toda la red considerando las reservas y empalmes a lo largo del enlace.

**Tabla 5**

*Postes nuevos a instalar para el despliegue de fibra óptica*

Ítem	Elemento	Material	UTM X	UTM Y
1	Poste nuevo	Fibra de vidrio	442391	8376789
2	Poste nuevo	Fibra de vidrio	442347	8376754
3	Poste nuevo	Fibra de vidrio	442238	8376835
4	Poste nuevo	Fibra de vidrio	442129	8376918
5	Poste nuevo	Fibra de vidrio	441988	8377021
122	Poste nuevo	Fibra de vidrio	449329	8382676
123	Poste nuevo	Fibra de vidrio	449441	8382630
138	Poste nuevo	Fibra de vidrio	450661	8381606
139	Poste nuevo	Fibra de vidrio	450747	8381656
142	Poste nuevo	Fibra de vidrio	450969	8381670
143	Poste nuevo	Fibra de vidrio	451008	8381621

*Nota.* Información extraída de cartera excel

Se consideró sólo proyectar postes de fibra, teniendo en consideración su ubicación geográfica, ya que los postes de concreto no pueden ser instalados en zonas donde no haya acceso a grúa.

**Tabla 6**

*Postes eléctricos a usar para el despliegue de fibra óptica*

Nivel de tensión	Cantidad de postes	Cantidad de fibra (m)
Alta tensión	-	-
Media tensión	132	12.931
Baja tensión	-	-

*Nota.* Información extraída de cartera excel

También se obtuvo la cantidad de cable a utilizar en el diseño para ello se realizaron secciones de cable cada 6 kilómetros aproximadamente para generar un empalme de fibra, y utilizar otro carrete de cable. Se utilizaron Span 200 y 300, tomando en cuenta el metraje de los vanos de postes a poste.

**Tabla 7**

*Metraje de cable para el despliegue de fibra óptica*

Carrete	Tipo de cable	Cantidad (Km)	Observación
1	ADSS-200	5855.85	FIBRA ANTIHIELO
2	ADSS-300	5952.62	FIBRA ANTIHIELO
3	ADSS-300	2186.32	FIBRA ANTIHIELO

*Nota.* Información extraída de cartera excel

Se obtuvo un total de 13994.79 metros de fibra óptica de tipo antihielo, debido a la altitud de la zona que está por encima de los 4500 m.s.n.m.

Para finalizar se detalló un compilado de herrajes que servirán para el despliegue de la fibra en la etapa de construcción. Las reservas de cable que van de la mano con las crucetas, se consideraron cada 500 metros aproximadamente, y para las retenciones se consideraron según el vano de poste a poste. Se consideró R2 para vanos de 100 a 200 metros y R3 para vanos de 200 a 300 metros. En cuanto a las mufas que son usadas para empalmes de cable, se consideran al terminar un carrete de cable de 6 km, debido a la longitud del total del tramo sólo se cuenta con dos empalmes, y respecto a los amortiguadores se considero dicha cantidad para vanos mayores a 100 metros.

**Tabla 8**

*Herrajes a usar para el despliegue de fibra óptica*

Herrajes	Cantidad
Retención para poste (R2)	266
Retención para poste (R3)	20
Reservas	8
Mufas	2
Crucetas	8
Amortiguadores	114

Estos resultados abren la posibilidad de estimar costos para la etapa de construcción, o tal vez futuros replanteos basándose en la ruta proyectada.

### III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA

Durante mi desempeño como coordinador GIS en la empresa CARDITEL INGENIERÍA & PROYECTOS S.A.C. se desarrolló actividades para la contribución y factibilidad de diferentes proyectos en diferentes regiones del país. A continuación, se describen los aportes más destacables:

- Implementación de una base cartográfica de datos con el software ArcGIS; haciendo uso de data proveniente de geo servidores web. Esta data fue de mucho apoyo, en las etapas previas a campo, para mapear las zonas a trabajar.
- Supervisión grupos de trabajo en la etapa de campo, haciendo seguimiento de los avances realizados a lo largo de esta etapa, usando herramientas SIG, para optimizar tiempos, y cumplir con los cronogramas establecidos.
- Control de calidad de entregables solicitados en diferentes proyectos, levantando observaciones y trabajando en coordinación con el área de ingeniería para evitar retrasos.
- Elaboración y gestión de manera organizada, los documentos necesarios para permisos municipales, eléctricos, y MTC, que fueron requeridos para llevar a cabo la etapa de construcción.
- Inducción hacia los planilleros, acerca de los procesos que se llevaban a cabo para el desarrollo de proyectos, con la finalidad de unificar criterios, y minimizar errores en posteriores trabajos.

#### IV. CONCLUSIONES

Se validó la factibilidad del diseño de fibra óptica, usando las herramientas software de sistemas de información geográfica en el enlace, Ananea – La Rinconada, en el distrito de Puno ya que fueron de gran relevancia tanto en la etapa de pre campo, como en campo, para poder tomar decisiones al procesar la data geoespacial.

Se identificaron los postes nuevos y eléctricos, que serán usados en el trayecto del diseño de red de fibra óptica, tomando en cuenta los criterios establecidos en la depuración de puntos.

Se llevó a cabo un procesamiento y análisis eficiente de la información geoespacial con la asistencia de las herramientas proporcionadas por ArcGIS; tales como el Model Builder y herramientas de geoprocésamiento, para obtener datos fiables que involucren la información de cada estructura que conforma el diseño de red de fibra óptica.

Se obtuvo el consolidado de cable a usar para el diseño de red de fibra óptica, también la cantidad de postes nuevos, y eléctricos para generar expedientes, además de los herrajes que se usarán para el tendido, todo ello facilita al cliente estimar costos para poder realizar el despliegue de fibra en el enlace: Ananea – La Rinconada.

Se generó los entregables solicitados por el cliente, como encarpetao de fotografías, archivos shape y kmz, con el apoyo del software ArcGIS, Google Earth y Excel, además de el expediente municipal y eléctrico para solicitar permisos en la etapa de construcción.

## V. RECOMENDACIONES

Se recomienda, previamente al levantamiento en campo, llevar a cabo talleres de sensibilización sobre el proyecto a la población, para que se permita trabajar libremente a los técnicos de campo, al momento de recorrer posibles zonas privadas, o en este caso concesiones mineras, y así evitar problemas de contingencia social con los pobladores.

Respecto a la etapa de levantamiento, los equipos como radio walkie talkies son esenciales, en caso se gaste la batería de los celulares, o la señal sea escasa por factores meteorológicos, estos equipos nos ayudarán a comunicar avances en tiempo real, y coordinar puntos de encuentro al finalizar la jornada.

En zonas con climas extremos se debe considerar el levantamiento entre dos personas, cumpliendo siempre con los EPPS (equipos de protección personal), y llevando una mochila con lo necesario en casos de emergencia.

Al procesar toda la información levantada es importante que en gabinete se unifiquen criterios al momento de digitalizar las plantillas llenadas en campo, para así minimizar errores y obtener una base de datos fiable.

La aplicación Model Builder simplifica procesos, es por ello que se recomienda crear diferentes modelos para diferentes escenarios, respecto a proyectos similares de fibra óptica.

## VI. REFERENCIAS

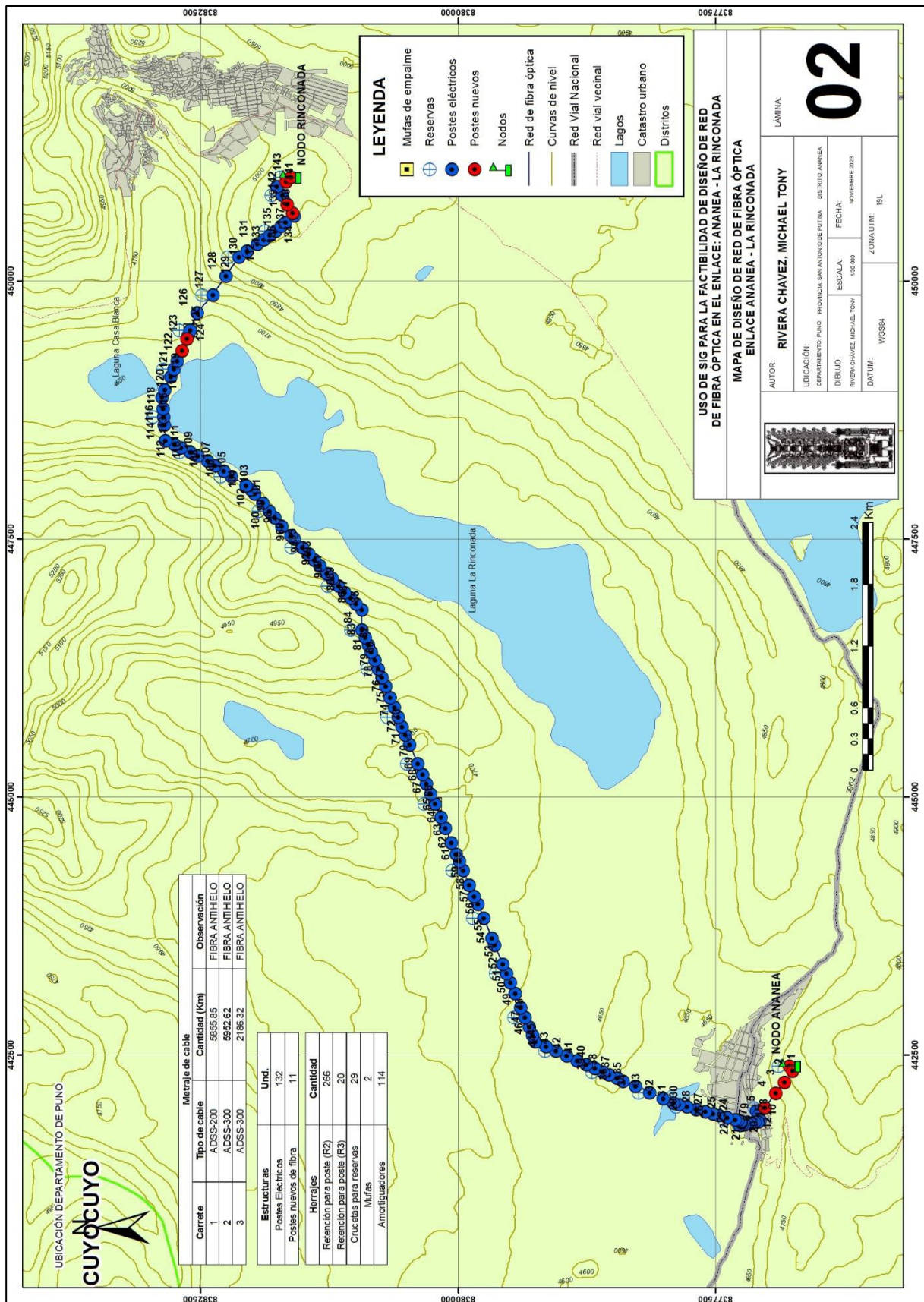
- ArcGIS Desktop. (s/f). *¿Qué es un shapefile?* Recuperado el 10 de noviembre de 2023, de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/manage-data/shapefiles/what-is-a-shapefile.htm>
- ArcGIS Desktop. (s/f). *Qué son los sistemas de coordenadas proyectadas.* Recuperado el 10 de noviembre de 2023, de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/map/projections/about-projected-coordinate-systems.htm>
- Bermejo, E. (2014). *¿QUÉ ES LA TECNOLOGÍA ARCGIS?* *Geoinnova; Asociación Geoinnova*. <https://geoinnova.org/blog-territorio/que-es-la-tecnologia-arcgis/>
- Calderón Franco, F. (2016). *Implementación de un prototipo para la asignación automática de facilidades técnicas (FFTT) de fibra óptica aplicando GIS para entorno Web.* Universidad Científica del Sur. <https://hdl.handle.net/20.500.12805/359>
- Chalco, I., & Andrés, C. (2017). *Análisis de factibilidad para la implementación de una red FTTH de la empresa ETAPA EP para brindar Internet de alta velocidad en la ciudad de Paute.* <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13583>
- Escalante Florian, V. (2021). *Mitigación de impactos ambientales del proyecto de telecomunicaciones: FTTH Chacas San Luis.* Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/28820>
- Flórez Delgado, D. F. & Fernández García, D. K. (2017). *LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. UNA REVISIÓN.* Revista Facultad De Ciencias Agropecuarias - FAGROPEC, 9(1), 11–16. Recuperado a partir de <https://editorial.uniamazonia.edu.co/index.php/fagropec/article/view/347>

- Gil Valencia, J. R. & Delgado Hernández, J. C. (2015). *Evolución y servicios para las TIC en Colombia implementados sobre fibra óptica*.  
<https://bibliotecadigital.iue.edu.co/xmlui/handle/20.500.12717/1644>
- More Sánchez, J., & Argandoña Martínez, D. (2020). *Las redes de transporte de fibra óptica, microondas y satelital y su rol para promover la expansión de la cobertura de los servicios públicos de telecomunicaciones: reporte y mapas de cobertura. Documento de Trabajo N° 49*. <https://hdl.handle.net/20.500.12630/745>
- Moreno, A., Prieto, E., & Martínez, P. (2008). *Sistemas y Análisis de la Información Geográfica: Manual de autoaprendizaje con ArcGIS*. 2a. Edición. Editorial Ra-Ma
- Pacheco, L., More, J., & Argandoña, D. (2017). *Infraestructura de Fibra Óptica en el Perú. Documento de Trabajo N° 35*. <https://hdl.handle.net/20.500.12630/382>
- Payá, S. (2008). *Proyecto GISINET de gestión e inventario de red de telecomunicaciones con SIG*. <http://hdl.handle.net/10256/1187>
- Rojas, C., & Steward, A. (2023). *Algoritmo De Zonificación Geográfica Urbana Para Implementación Eficiente De Red De Fibra Óptica En El Municipio De Barbosa, Santander Basado En Unidades Habitacionales*.  
<http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/8367>
- Santos Preciado, J. M. (2020). *SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA*. Editorial UNED.
- Sosa-Pedroza, J., & Martínez-Zúñiga, F. (2009). *Los sistemas de información geográfica y su aplicación en enlaces de comunicaciones*. *Científica*, 13(1), 27-34.



Anexo 2

Mapa de la ruta del diseño de red de fibra óptica



### Anexo 3

Fotografías poste vista adelante, vista atrás.



### Anexo 4

Carrete de cable

