



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



**DISEÑO DE UNA RED FTTH BASADO EN ARQUITECTURA
GPON PARA BRINDAR MAYOR CAPACIDAD DE ANCHO DE
BANDA DEL DISTRITO DE TARACO**

TESIS

PRESENTADA POR:

YONY MAMANI QUISPE

ALEXANDER CHERINO HERPANOCCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

La investigación está dedicado a todos los profesionales y estudiantes que dedican su labor a llevar comunicación a la población de los lugares más lejanos del Perú, personas que sacrifican parte de su tiempo y salud trabajando en diferentes proyectos de telecomunicaciones, y que al finalizar cada proyecto se van con la alegría de saber que gracias a su esfuerzo un estudiante tendrá mejor acceso a la información, una hija podrá comunicarse con su madre a kilómetros de distancia. Termino la dedicatoria con estas palabras del código de ética del C.I.P. los ingenieros se esforzarán por ampliar el conocimiento del publico acerca de la ingeniería y de los servicios que presta a la sociedad.

YONY MAMANI QUISPE.



DEDICATORIA

La investigación está dedicado a la institución que me formo Universidad Nacional del Altiplano, a los profesionales con los que compartí en los diferentes proyectos de mi vida profesional, de los que aprendí con dedicación y responsabilidad para luego inculcar mis conocimientos a los futuros profesionales.

CHERINO HERPANOCCA ALEXANDER.



AGRADECIMIENTOS

Mi más profundo agradecimiento a mis padres Juan José y Flora, que gracias a ellos tuve la posibilidad de acceder a una educación universitaria, y me criaron con valores éticos y morales, para poder desenvolverme en esta sociedad, a mis docentes y compañeros con los cuales recorrí el camino universitario con un solo objetivo en mente el cual era ser un día un gran profesional, finalmente agradezco a mi compañera de vida por darme el apoyo la motivación e inspiración de alcanzar mis objetivos.

MAMANI QUISPE YONY.

A mis padres quienes forjaron mi camino con su esfuerzo y con su amor guiaron cada uno de mis pasos, con los que he logrado cada una de mis metas. A mis maestros, quienes con sus conocimientos compartidos permitieron culminar mi etapa universitaria y afrontar la vida profesional. A cada uno de mis amigos y compañeros de la universidad con quienes compartí momentos y conocimientos.

CHERINO HERPANOCCA ALEXANDER.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 14

ABSTRACT 15

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. 17

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA. 17

1.2.1. Problema general. 17

1.2.2. Problemas específicos..... 17

1.3. OBJETIVOS..... 18

1.3.1. Objetivo general. 18

1.3.2. Objetivos específicos..... 18

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA..... 18

1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN. 19

1.6. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN..... 19

1.6.1. Antecedentes internacionales. 19

1.6.2. Antecedentes nacionales..... 20



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. FIBRA ÓPTICA.....	23
2.1.1. Tipos de fibra óptica.	24
2.1.2. Tipos de fibra de acuerdo a su estructura.	24
2.2. REDES GPON.....	27
2.3. REDES FTTH.	27
2.4. ARQUITECTURA DE REDES GPON.	28
2.4.1. Arquitectura punto a punto (P2P).....	28
2.4.2. Arquitectura punto multipunto (P2MP).....	29
2.4.3. Topología bus.	30
2.4.4. Topología estrella o árbol.	30
2.4.5. Red de alimentación.	30
2.4.6. Red de distribución.....	30
2.4.7. Red de dispersión.	31
2.4.8. Red de distribución óptica (OND).....	31
2.4.9. Terminal de línea óptica (OLT).....	31
2.4.10. Terminal de red óptica (ONT).....	31
2.4.11. Funcionamiento de una red GPON.....	32
2.5. NORMATIVA ITU-T G.984.X.....	33
2.5.1. Medios físicos dependientes.	35
2.6. DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD (DMS).	36
2.7. PRESUPUESTO ÓPTICO.....	38



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MÉTODOS.....	39
3.1.1. Tipo de investigación.	39
3.1.2. Nivel de investigación.	39
3.1.3. Línea de investigación.....	39
3.1.4. Población.	39
3.1.5. Muestra	39
3.1.6. Variables.....	40
3.1.7. Delimitación de la investigación.	40
3.1.8. Métodos y procedimientos.	41
3.1.9. Técnicas e instrumentos.	41
3.1.10. Validez de la hipótesis.....	42
3.2. MATERIALES.....	43
3.2.1. Equipos activos.....	43
3.2.2. Materiales de red de distribución óptica.....	48
3.2.3. Herrajes utilizados en el diseño.	51

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. NÚMERO DE ABONADOS POTENCIALES.	59
4.2. RELACIÓN DE DIVISIÓN DEL ANCHO DE BANDA.....	62
4.3. ANCHO DE BANDA DE LOS SERVICIOS A BRINDAR.....	63
4.4. COMPONENTES DE LA RED ÓPTICA.....	63
4.4.1. Número de splitter de segundo nivel.....	64
4.4.2. Número de splitter de primer nivel.....	64



4.4.3. Número de puertos GPON.	64
4.4.4. Número de tarjetas GPON.....	64
4.5. PARÁMETROS DE EQUIPOS ACTIVOS.....	65
4.5.1. Terminal de línea óptica (OLT).....	65
4.5.2. Unidad de red óptica (ONU).	65
4.6. PRESUPUESTO ÓPTICO.	66
4.7. DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA (OND).....	68
4.7.1. Diseño de la red de alimentación.	72
4.7.2. Diseño de la red de distribución.	73
4.7.3. Diseño de la red de dispersión.....	81
4.8. CÁLCULO DEL PRESUPUESTO ÓPTICO.	82
4.9. CÁLCULO DEL PRESUPUESTO ECONÓMICO.....	88
V. CONCLUSIONES	89
VI. RECOMENDACIONES	90
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
ANEXOS	95

ÁREA: Telecomunicaciones.

TEMA: Tecnología GPON para el distrito de taraco.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Telecomunicaciones y redes de datos.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 19 de octubre del 2022



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Composición del cable de fibra óptica.	23
Figura 2 : Cable de fibra de estructura ajustada.	25
Figura 3 : Cable de estructura holgada.	26
Figura 4 : Cable aéreo auto soportado dieléctrico ADSS.	26
Figura 5 : Red de fibra hasta el hogar FTTH.	28
Figura 6 : Arquitectura punto a punto P2P.	29
Figura 7 : Arquitectura punto multipunto P2MP.	29
Figura 8 : Estructura de red fibra hasta el hogar.	32
Figura 9 : Canal descendente.	33
Figura 10 : Ubicación geográfica del proyecto.	40
Figura 11 : OLT Huawei MA 5683T.	45
Figura 12 : ONT Huawei EchoLife EG8143A5.	46
Figura 13 : Gabinete N66E-18.	47
Figura 14 : ODF 36 puertos.	48
Figura 15 : Splitter óptico.	48
Figura 16 : Mufa óptica FK-CEO-3T.	49
Figura 17 : Caja terminal óptica.	50
Figura 18 : Cruceta.	53
Figura 19 : Ejemplo uso de suspensión.	54
Figura 20 : Suspensión.	55
Figura 21 : Preforme.	56
Figura 22 : Uso de brazo para alejar el cable de fibra de la línea de baja tensión.	57
Figura 23 : Diseño de la red de distribución óptica.	70
Figura 24 : Descripción de ítems en Google Earth.	71



Figura 25 : Inicio de la red de alimentación ítem 1	72
Figura 26 : Red de alimentación.....	73
Figura 27 : Cable de fibra de distribución 1.....	74
Figura 28 : Cable de fibra de distribución 2	75
Figura 29 : Cable de fibra de distribución 3.....	76
Figura 30 : Cable de fibra de distribución 4.....	77
Figura 31 : Cable de fibra de distribución 5.....	78
Figura 32 : Cable de fibra de distribución 6.....	79
Figura 33 : Cable de fibra de distribución 7.....	80
Figura 34 : Diseño de red de alimentación y distribución en Google Earth.....	81
Figura 35 : Diseño de la red de distribución óptica en AutoCAD.....	82
Figura 36 : Diagrama para el cálculo del presupuesto óptico.....	83



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros para certificar una red FTTH GPON (ITU-T G.984.X).	34
Tabla 2: Valores de referencia de medios físicos dependientes (ITU-T G.984.x).	35
Tabla 3: Distancias mínimas de seguridad de cable de F.O. respecto del suelo.....	36
Tabla 4: DMS del cable respecto a las líneas energizadas.	38
Tabla 5: Empotramiento de postes proyectados.	52
Tabla 6: Número de viviendas en el área del diseño de red.	59
Tabla 7: Número de viviendas cubiertas por NAPs.....	61
Tabla 8: Relación de división de ancho de banda según splitter de bajada.	62
Tabla 9: Relación de división de ancho de banda según splitter de subida.	62
Tabla 10: Certificación según normativa ITU-T G.984.2 OLT.....	65
Tabla 11: Certificación según normativa ITU-T G.984.2 ONT.	65
Tabla 12: Tasa de división óptica y pérdida de inserción ITU-T G.984.X.....	67
Tabla 13: Parámetros de fibra óptica.	67
Tabla 14: Longitud del cable de alimentación desde la OLT a MUFAS.	83
Tabla 15: Longitud del cable de fibra de la red de distribución.	84
Tabla 16: Longitud total del cable.	84
Tabla 17: Presupuesto de potencia óptica $\lambda = 1550$ nm.	85
Tabla 18: Presupuesto de potencia óptica $\lambda = 1490$ nm.	86
Tabla 19: Presupuesto de potencia óptica $\lambda = 1310$ nm.	87
Tabla 20: Presupuesto económico.	88



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

FTTH : (Fiber To The Home). Fibra hasta el hogar.

OND : (Local Convergence Point). Red de distribución óptica.

ONT : (Optical Node Terminal). Terminal de red óptica o terminal de nodo óptico.

OLT : (Optical Line Terminal). Línea de terminal óptica.

ODF : (Optical Distribution Frame). Distribuidor de fibra óptica.

TDM : (Time Division Multiplexing). Multiplexación por división de tiempo.

TDMA: (time division multiplexing Access). Acceso por multiplexación de división de tiempo.

GEM : (GPON Encapsulation Method). Método de encapsulación de la red óptica pasiva capacidad de gigabit.

WDM : (Wavelength Division Multiplexing). Multiplexación por división de longitud de onda.

P2P : Punto a punto.

P2MP : Punto multipunto.

NAP : (Network Access Point). Punto de acceso a la red.

LCP : (Local Convergence Point). Punto de convergencia local.

ADSS : (All Dielectric Self Supported). Cable aéreo dieléctrico autosoportante.

F.O. : Fibra óptica.

ITU : (International Telecommunications Union). Unión internacional de telecomunicaciones.



GPON: (Gigabit Passive Optical Network). Red óptica pasiva con capacidad de gigabits.

APC : (Angled Physical Contact). Contacto de pulido angular.

LC : (Lucent connector). Conector transparente.

SC : (Subscriber connector). Conector de suscriptor.

UPC : (Ultra *physical contact*). Ultra contacto físico.

ONU : (Optical Network Unit). Unidad de red óptica.

PON : (Passive Optical Network). Red óptica pasiva.

CO : (Central office). Oficina central.

DMS : Distancia Mínima de Seguridad.

CNE : Código Nacional de Electricidad.



RESUMEN

En la actualidad el incremento de la demanda de servicios de telecomunicaciones ha llevado a varias empresas a la necesidad de mejorar sus redes de telecomunicaciones, en el distrito de Taraco la redes de telecomunicaciones no son capaces cubrir dicha demanda con un ancho de banda acorde a las necesidades actuales, la pandemia de COVID-19 que afecto al Perú demostró que los servicios triple play son una necesidad, que ayuda en la comunicación con familiares, amigos y la teleeducación brindada por el estado y colegios particulares, por eso es necesario diseñar una red FTTH con arquitectura GPON para brindar mayor capacidad de ancho de banda en el distrito de Taraco, se utilizó los siguientes instrumentos de recolección de datos las instituciones gubernamentales (Municipalidad de Taraco), Geo Llacta (plataforma única de catastro multipropósito) y salidas de campo, para ubicar nuevos ítems en el proyecto (apuntadas en coordenadas geográficas en el programa Maps Me), el estudio se realizó en el 2022. Una vez obtenidos los datos se procedió al cálculo de la demanda potencial, para poder desarrollar nuestro diseño se estudiaron los herrajes y componentes que intervienen en la red acorde a los estándares ITU-T, se calculó el presupuesto óptico tanto de subida como de bajada y se comparó con la sensibilidad y saturación de nuestro equipo receptor. El cálculo de nuestro presupuesto óptico garantiza que la red diseñada pueda brindar el servicio triple play, las normativas ITU-T garantizan interoperabilidad y escalabilidad, el estudio de herrajes da la certeza de que las rutas de fibra elegidas en el diseño puedan llegar hasta el abonado, se diseñó la red con splitter de dos niveles de relación 1:32 lo cual dio 78 Mbps, que cubrirá los servicios de IPTV 40 Mbps, Telefonía 100 Kbps e internet 38 Mbps, en el distrito de Taraco.

PALABRAS CLAVE: GPON, FTTH, Taraco, ancho de banda, triple play.



ABSTRACT

At present, the increase in the demand for telecommunications services has led several companies to the need to improve their telecommunications networks. In the district of Taraco, the telecommunications networks are not capable of covering said demand with a bandwidth according to the current needs, the COVID-19 pandemic that affected Peru showed that triple play services are a necessity, which helps in communication with family, friends and tele-education provided by the state and private schools, for this reason it is necessary to design a FTTH network with GPON architecture to provide greater bandwidth capacity in the district of Taraco, it was used, the following data collection instruments: government institutions (Municipality of Taraco), Geo Llacta (single multipurpose cadastre platform) and field trips, to locate new elements in the project (pointed out in geographic coordinates in the Maps Me program), the study was conducted in 2022. Once the data was obtained, the potential demand was calculated to be able to develop our design, the hardware and components involved in the network were studied according to ITU-T standards, the optical budget for both upload and download was calculated and it was compared with the sensitivity and saturation of our receiving equipment. The calculation of our optical budget guarantees that the designed network can provide the triple play service, the ITU-T regulations guarantee interoperability and scalability, the hardware study gives the certainty that the fiber routes chosen in the design can reach the subscriber, The network was designed with a two-level splitter with a 1:32 ratio, which gave 78 Mbps. that will cover the services of IPTV 40 Mbps, Telephony 100 Kbps and Internet 38 Mbps, in the district of Taraco.

Keywords: GPON, FTTH, Taraco, bandwidth, triple play.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la necesidad de consumo de servicios implica un aumento en la demanda de ancho de banda para el consumo de televisión, telefonía e internet.

Las redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits con arquitectura FTTH, se han convertido en la última tecnología usada por las empresas para brindar mayor ancho de banda, puesto que a través de un mismo hilo de fibra se puede cubrir diferentes servicios, a múltiples usuarios.

Dado el contexto actual del país a raíz de la pandemia causada por el COVID-19 la necesidad de demanda de servicios que implican un gran ancho banda para el consumo de internet, telefonía, televisión, ha aumentado y las redes de tecnologías como el par de cobre no son capaces de cubrir la nueva demanda de los usuarios, muchas empresas vieron por conveniente desplegar redes ópticas en todo el país para cubrir esa demanda, la redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits, son una gran solución a este problema puesto que son capaces de transmitir a grandes velocidades y cuentan con un gran ancho de banda que satisfacen los servicios requeridos.

Las redes FTTH con arquitectura GPON es la tecnología más usada en lo que concierne a medios guiados actualmente en el territorio nacional, puesto que dota a la empresa de cubrir la demanda actual, a través del despliegue de tendido de fibra óptica y en última milla estas redes pueden cubrir distancias de 20 kilómetros que es suficiente para cubrir un pueblo del tamaño del distrito de Taraco.



1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la actualidad el contexto de pandemia que se vive en el Perú, ha llevado a la población en general a la necesidad de contar con servicios de internet, necesarios para tener una vida más digna y cómoda, que implica un aumento en la demanda de la cantidad de ancho de banda requerido, para servicios de voz, datos y videos; el distrito de Taraco no es ajena al contexto nacional puesto que la necesidad de contar con servicios para el uso cotidiano de comunicación y para acceder a los servicios de aprendizaje en casa, implementada por el gobierno nacional para colegios, universidades y escuelas, tanto particulares como estatales ha generado una alta demanda de internet en la población de Taraco que requiere mayor ancho de banda, las redes actuales en dicha ciudad no pueden cubrir tal cantidad de demanda, muchas empresas se vieron en la necesidad de extender sus redes y optan por redes de fibra óptica que son la solución actual más usada para cubrir la cantidad de demanda en las distintas ciudades, por eso se propone el diseño de una red FTTH con arquitectura GPON para brindar mayor capacidad de ancho de banda en el distrito de Taraco.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

1.2.1. Problema general.

¿El diseño de una red FTTH basado en arquitectura GPON podrá brindar mayor capacidad de ancho de banda en el distrito de Taraco?

1.2.2. Problemas específicos.

- ¿Cómo se calcula el presupuesto óptico en el diseño de la red propuesta?
- ¿Qué herrajes y componentes se debe utilizar en el diseño de la red FTTH con arquitectura GPON?
- ¿Qué normativas ITU-T tienen que cumplirse en el diseño de una red FTTH?



- ¿Cómo se mejora la calidad de información educativa a través de una red FTTH con arquitectura GPON en el distrito de Taraco?

1.3. OBJETIVOS.

1.3.1. Objetivo general.

- Diseñar una red FTTH con arquitectura GPON para brindar mayor capacidad de ancho de banda en el distrito de Taraco.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Calcular el presupuesto óptico en el diseño de la red propuesta.
- Estudiar los herrajes y componentes de la red FTTH con arquitectura GPON.
- Estudiar las normativas ITU-T, para el diseño de la red FTTH con arquitectura GPON.
- Mejorar la calidad de información educativa en el distrito de Taraco a través de la red FTTH con arquitectura GPON.

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

En la actualidad el incremento de la demanda de servicios de telecomunicaciones ha llevado a varias empresas a la necesidad de mejorar sus redes de telecomunicaciones y una de las soluciones a esta demanda es el despliegue de redes de fibra óptica, este despliegue es una solución más optada puesto que es capaz de cubrir la demanda de la población y entregarles servicios con gran ancho de banda, en el distrito de Taraco la redes actuales de telecomunicaciones no son capaces de cubrir la demanda de ancho de banda acorde a las necesidades actuales, la pandemia de COVID-19 que vivió el Perú nos demostró que los servicios de internet, voz y video son una necesidad, que nos ayuda en la comunicación con nuestros familiares, amigos y la teleeducación brindada por el estado y colegios particulares, para lo cual se requiere de un gran ancho de banda. El estado a



través de su red dorsal nacional de fibra óptica, incentivo el despliegue de fibra en territorio peruano, pero cabe señalar que este despliegue conecta el territorio nacional y el diseño está pensado para llevarles internet a instituciones estatales como hospitales, comisarias, colegios, municipios, sin embargo no hay diseños actuales, previstos para llevar los servicios directo a la población, por eso es necesario un diseño de red FTTH basado en arquitectura GPON, capaz de brindar un servicio de calidad y entregar un gran ancho de banda acorde a las necesidades actuales en el distrito de Taraco.

1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.

Se brindará mayor capacidad de ancho de banda con el diseño de una red FTTH con arquitectura GPON para el distrito de Taraco.

1.6. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

1.6.1. Antecedentes internacionales.

- ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED GPON PARA LA PARROQUIA SINAI DE LA PROVINCIA DE MOROMA SANTIAGO. Se analiza la situación actual de la red, la factibilidad y la necesidad de la población que permita el diseño de la red propuesta, los costos de la red o presupuesto económico, y si el área de cobertura cumple los parámetros de una red FTTH. (Montenegro, 2021).
- CERTIFICACIÓN DE REDES GPON, NORMATIVA ITU G.984.X. El artículo de investigación aborda la metodología para la certificación de redes GPON, con el fin de minimizar errores al momento de la implementación, está basado en estándares internacionales como nacionales. (Quisnancela & Espinosa, 2016).
- DISEÑO DE UNA RED FTTH DEL BARRIO LA LEÓN SECTOR CHILIBULO PARA LA EMPRESA ARTEKSOLUCIÓN CIA.LTDA. La necesidad de contar con servicios de comunicación que requiere ampliar sus



servicios de ancho de banda, para transmitir streaming en tiempo real, como solución propone el diseño de una red FTTH, también hace un cálculo económico de los costos del proyecto. (Morales & Quiña, 2020).

1.6.2. Antecedentes nacionales.

- DISEÑO DE UNA RED FTTH PARA EL ACCESO DE BANDA ANCHA EN EL CONDOMINIO GALILEA-CASTILLA, UTILIZANDO TECNOLOGÍA GPON. Se realizó un cálculo de la demanda potencial, luego se procedió a diseñar la red FTTH, que cubra todos los hogares del condominio, también despliegues de futuros usuarios, también se realizó el cálculo de pérdidas ópticas en la red, así como los anchos de banda en cada interfaz PON. (Ramirez, 2019).
- RED FTTH PARA IMPLEMENTAR BANDA ANCHA EN EL DISTRITO DE POMALCA. Se planteó una red FTTH para garantizar la capacidad de descarga y carga de los usuarios, se realizó encuestas en sector la Unión y centro de Pomalca, lo que permitió conocer la capacidad adquisitiva y los planes que mejor se adaptan a los pobladores por ubicación, centro de Pomalca 48% de usuarios pagarían s/60-80 por 120 a 140 Mbps, se utilizó los postes de tendido eléctrico ENSA. Finalmente se simuló el desempeño de la red con hojas de cálculo (software), para comprobar que se está cumpliendo con la demanda de esta manera se logró diseñar una red FTTH con nodos de 256 hogares en centro de Pomalca, con nodos de 512 hogares la Unión. (Perez & Frias, 2020).
- DISEÑO DE UNA RED FTTH BASADO EN ARQUITECTURA GPON PARA LA CIUDAD DE HUACHO. Objetivo principal acercar un gran volumen de información de los hogares y por lo tanto una tecnología considerada que satisfaga las necesidades de los usuarios, con menor costo de diseño e implementación cumpliendo las normas técnicas. Método diseñar una red pasiva implica conocer



los estándares, parámetros normativos y operación de equipos de este tipo de tecnologías, de telecomunicaciones ya que es una solución a los problemas presentados por los servicios de contratación. (Rosas, 2021).

- **MEJORA DEL SERVICIO DE ACCESO DE BANDA ANCHA Y TELEVISIÓN CON TECNOLOGÍA FTTH PARA EL SECTOR DEL CERCADO DE SECHURA.** El proyecto radica en mejorar el servicio de banda en IPTV en el cercado de Sechura, se realizará un diseño de planta interna y externa cubriendo totalmente las necesidades del usuario, la red externa se basa en una topología anillo hasta los splitter de primer nivel, de ahí procede una topología tipo árbol hasta llegar a la ONT HUAWEI GPON HDV-EUZ01G ubicado en el usuario final. El diseño de la planta interna será integrando tecnología GPON y IPTV con lo cual se brinda un servicio de alta calidad, se utilizó una OLT HUAWEI MA5683T con un total de 32 hilos activos por cada sector incluyendo el de Backus, se realiza cálculos de potencia y tasa de transmisión de datos, llegando a obtener un diseño óptimo (Zapata, 2020).
- **DISEÑO DE UNA RED PILOTO FTTH UTILIZANDO ESTANDAR GPON, EN MODALIDAD DE CONMUTACIÓN DE DATOS POR PAQUETES PARA EL DISTRITO DE MIRAFLORES-LIMA.** Una característica distintiva se implementará punto multi-punto lo que permitirá que una sola fibra reparta múltiples puntos finales. La red se desplegará en el distrito de Miraflores en un área delimitada la cual vamos a dividir en tres zonas, se hará un estudio de campo para determinar los clientes potenciales, replanteo de planos zonificación y etapas de puntos estratégicos, equipos a utilizar en el diseño. La red se divide en tres etapas, primera etapa el nodo FTTH con equipos de agregación denominada planta interna, la segunda donde se ubican mayor cantidad de equipos para



entrelazar la comunicación entre el nodo FTTH y el cliente final, la tercera donde se ubican los equipos del abonado, roseta ONT. Entre la planta interna y externa denominada red de alimentación se utiliza arquitectura tipo anillo, entre la planta externa y el cliente. (Seminario, 2021).

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. FIBRA ÓPTICA.

La fibra óptica es medio de transmisión guiado por el cual se trasmite pulsos de luz, gracias a su gran ancho de banda se ha convertido en una de las mejores tecnologías, ya que por un solo hilo se puede brindar diferentes servicios como como IPTV, telefonía e internet. En la figura 1 se muestra la composición de un cable de fibra óptica.



Figura 1 : *Composición del cable de fibra óptica.*

Fuente: (Medios, 2016).

El cable de fibra óptica está compuesto en su interior, por el elemento central este es dieléctrico está encargado de la rigidez del cable, tubo ajustado o holgado contienen en su interior a las fibras, cinta mylar su función es la de aislar, cinta anti flama protege al cable de calor, hilos de kevlar le da protección al cable es ignífugo y soporta la elongación de cable, los hilos de desgarre y la vaina que es el recubrimiento del cable.



2.1.1. Tipos de fibra óptica.

De acuerdo al modo de propagación, la fibra se puede clasificar en dos grupos, fibra multimodo, monomodo.

2.1.1.1. Fibra multimodo.

El núcleo es más grande que el haz de luz, este último entra del extremo de la fibra con diferentes ángulos que se refracta innumerables veces llegando al otro extremo en diferentes fases, los distintos ángulos de entrada dan lugar a diferentes modos de propagación de luz, el núcleo del diámetro está comprendido entre 50 μm y 62.5 μm y un revestimiento de 125 μm , es utilizada para enlaces a corta distancia. (Perez & Frias, 2020).

2.1.1.2. Fibra monomodo.

El diámetro del núcleo de la fibra está comprendido de entre 5 y 10 μm , su revestimiento borda los 125 μm , al ser el núcleo pequeño similar a la longitud de onda de luz que se transmite, solo el haz de luz puede viajar a través de ella, este tipo de fibra es utilizada para enlaces a larga distancia y velocidades elevadas. (Perez & Frias, 2020).

Para el diseño del proyecto se escogió el tipo de fibra monomodo, por su velocidad y su capacidad de llegar a distancias más largas.

2.1.2. Tipos de fibra de acuerdo a su estructura.

La fibra se compone básicamente de un núcleo que es el medio por el cual se transporta la información, un revestimiento y un recubrimiento, hay fibra que se fabrican con estructuras de acuerdo a las diferentes aplicaciones y medios de ambiente de instalación.

2.1.2.1. Cable de estructura ajustada.

En cables de estructura ajustada se deposita sobre él, un material termoplástico (buffer) estas pueden ser directamente conectarizadas, la capa de material plástico protege

mecánicamente a la fibra de acuerdo a las aplicaciones, dentro de un mismo cable pueden venir varios buffers, este tipo de cable de estructura ajustada normalmente tienen un ángulo de curvatura menor que los de estructura holgada pero no tienen resistencia de estiramiento. La cubierta de la fibra pasa a tener un diámetro de 0.9 mm en lugar de 0.25 mm. (Optral, 2020), esta fibra de estructura ajustada también viene en multimodo o monomodo, normalmente sus aplicaciones son a corta distancia. La figura 2 muestra este tipo de cable.

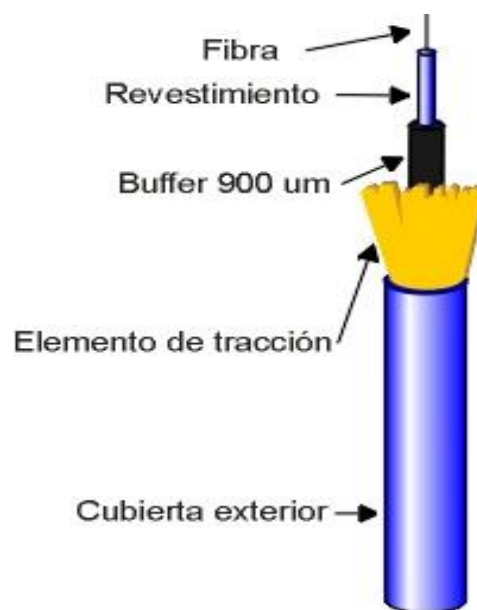


Figura 2 : *Cable de fibra de estructura ajustada.*

Fuente: (Optral, 2020).

2.1.2.2. Cable de estructura holgada.

Este tipo de cable de fibra tiene un relleno de gel en el interior del tubo, el diámetro del tubo es mayor que el de los hilos de fibra, lo que les permite moverse con holgura, en su interior las fibras dentro tienen mayor longitud con respecto al tubo que puede variar entre 0.05 % y 0.10 % lo que permite tener al cable fuerza de estiramiento normalmente son utilizados para largas distancias. (Optral, 2020), la figura 3 muestra este cable.

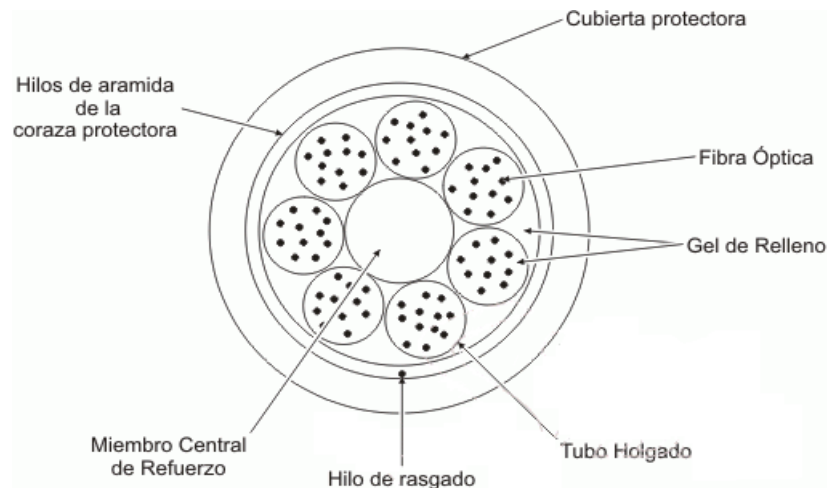


Figura 3 : *Cable de estructura holgada.*

Fuente: (Silexfiber, 2020).

2.1.2.3. Cable aéreo autoportante (ADSS).

Es un cable auto soportado totalmente dieléctrico, ideal para usos en tendido de fibra de troncal y fibra de distribución en tendido aéreo, al ser dieléctrico no tiene descargas atmosféricas y soporta vanos de larga distancia. La figura 4, muestra el cable.

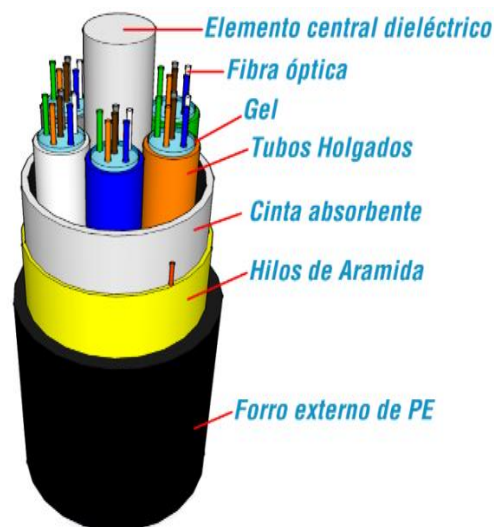


Figura 4 : *Cable aéreo auto soportado dieléctrico ADSS.*

Fuente: (SbeTech, 2020)



2.1.2.4. Cable drop.

Es el cable de fibra óptica utilizado en la red de dispersión para llegar al abonado.

Para el presente diseño se utiliza un cable ADSS de estructura holgada para todo lo que es la red de alimentación, distribución y para la red de dispersión se utiliza un cable drop de estructura ajustada.

2.2. REDES GPON.

Las redes GPON o redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits, son redes que usan componentes pasivos a través de su red como son la fibra óptica, divisores ópticos y son capaces de transmitir a velocidades de gigabits usadas actualmente en redes con arquitectura FTTH debido a su gran ancho de banda, ofrecen la capacidad de dar servicios de video, voz y datos a través de un solo hilo de fibra.

Las redes GPON se encuentran en el estándar ITU-T G.984.x, su velocidad de transmisión de bajada es de 2.488 Mbps, puede soportar 128 ONT (se recomienda usar un máximo de 64 ONT), cubre distancia desde la OLT a la ONT de 60 Km (se recomienda una distancia máxima de 20 Km), tiene pérdidas por inserción de 15/20 dB, sus modos de tráfico son, ATM, ETHERNET, TDM. Y su transmisión es simétrico o asimétrica.

Debido a estas características superiores a sus antecesoras tecnologías, es que se elige esta tecnología para el presente diseño.

2.3. REDES FTTH.

La tecnología FTTH (fibra hasta el hogar), es la que despliega fibra óptica desde la central o cabecera de red hasta el hogar del abonado, requiere de mayor inversión, pero se tiene la ventaja de llevar la fibra hasta el hogar del abonado, mediante el uso de splitter y ONT, con un máximo de 20 kilómetros, tal como muestra la figura 5.

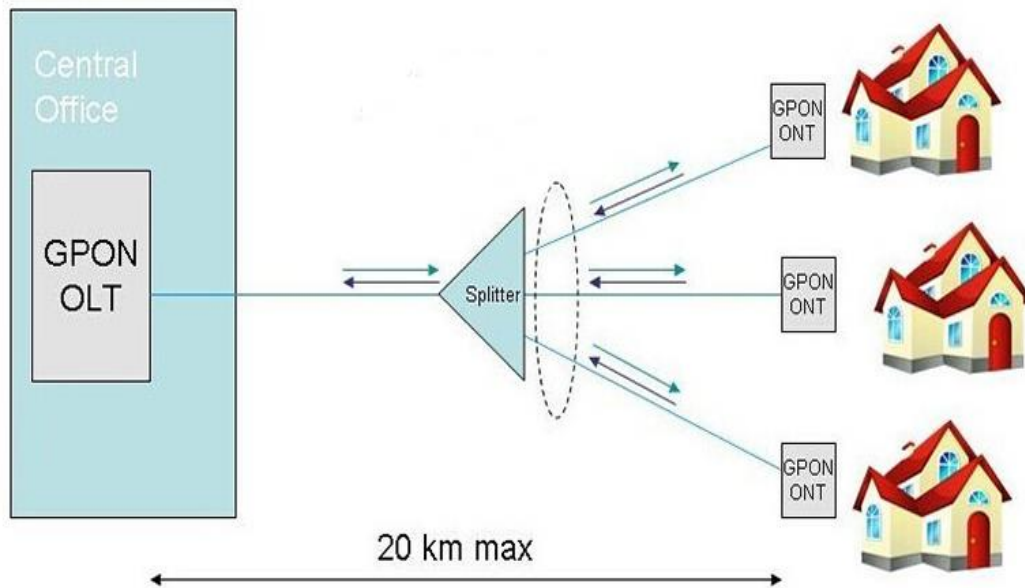


Figura 5 : Red de fibra hasta el hogar FTTH.

Fuente: (Fscommunity, 2021).

2.4. ARQUITECTURA DE REDES GPON.

2.4.1. Arquitectura punto a punto (P2P).

Esta arquitectura no es característica de una FTTH sin embargo a veces se usa como complemento del mismo, consiste en el diseño basado en conexiones dedicadas desde la central a cada uno de los abonados, de tal modo que cada uno disponga de un medio dedicado para ellos mismos, sin tener que compartir con otro abonado. (Ramirez, 2019). La figura 6 muestra este tipo de arquitectura.

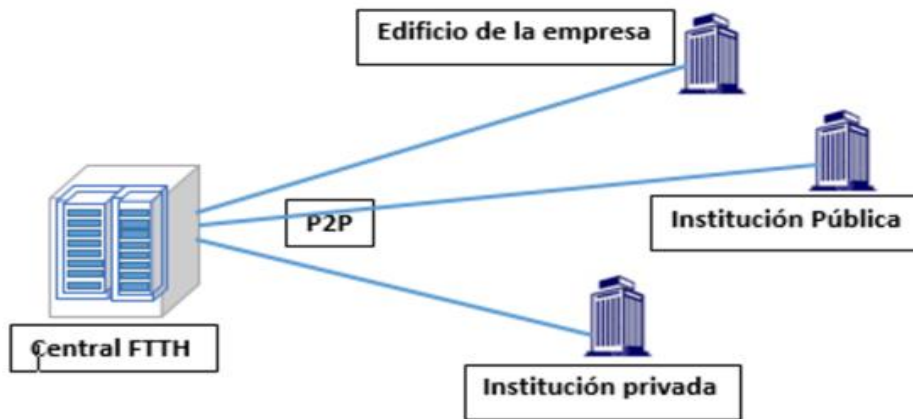


Figura 6 : *Arquitectura punto a punto P2P.*

Fuente: (Acajima, 2018).

2.4.2. Arquitectura punto multipunto (P2MP).

Estas redes punto multipunto los abonados comparten el mismo hilo de fibra por el cual llegan sus servicios, con esto se logra abaratar costos en el despliegue de fibra utilizando divisores de señal de primer y segundo nivel, en el cual los usuarios compartirán el mismo hilo de fibra en los primeros niveles. De acuerdo a cuantos niveles de splitter de fibra se pretende llegar, en la figura 7 se aprecia esta arquitectura.

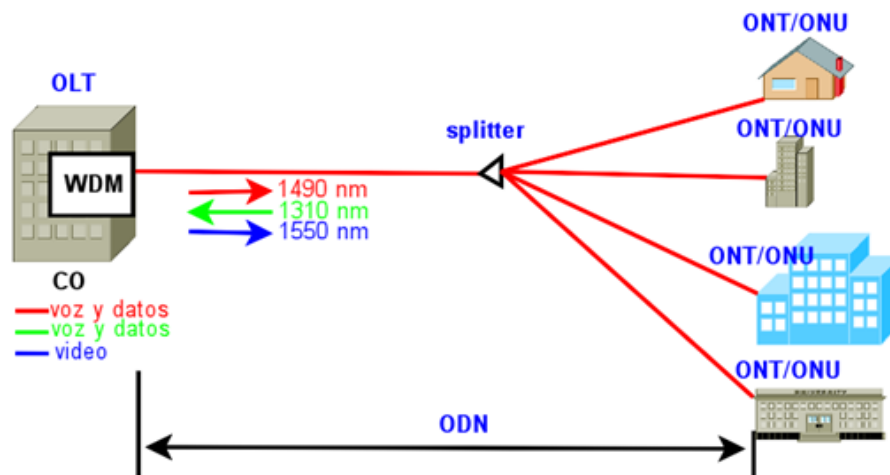


Figura 7 : *Arquitectura punto multipunto P2MP.*

Fuente: (Huawei, 2022).



2.4.3. Topología bus.

En esta topología las ONTs y splitter están concentradas a un enlace común, este tipo de arquitecturas se usa cuando las casas están distantes una de otras.

Este tipo de arquitectura tiene el inconveniente de que si se interrumpe una red imposibilita la comunicación con los otros usuarios posterior a la interrupción del cable. (Rosas, 2021).

2.4.4. Topología estrella o árbol.

En esta topología todos los usuarios se conectan a un punto central de concentración, es el más usado en FTTH por su bajo costo y gran eficiencia, consiste en tramos únicos de fibra desde la oficina central hasta las mufas secundarias donde están los divisores ópticos. (Zapata, 2020).

Ideal para medios urbanos donde las casas se encuentran a distancias casi simétricas, el inconveniente es que, si cae la red troncal, las demás redes de distribución y de dispersión no tendrán comunicación.

2.4.5. Red de alimentación.

Es la parte de la red de acceso que va desde la OLT hasta el splitter de primer nivel, normalmente se usan fibras de mayor cantidad de hilos en esta sección de la red, lo que permite aminorar costos en la red.

2.4.6. Red de distribución.

Es la parte de la red que va desde los splitter de primer nivel en adelante hasta llegar a los splitter de segundo o tercer nivel según sea el caso, compuesta comúnmente por cajas de distribución, splitter, en algunos casos cajas de abonado.

Para el diseño de proyecto la red de distribución terminará en una caja de distribución donde se ubica el splitter de último nivel según sea el caso.



2.4.7. Red de dispersión.

La red de dispersión es la que inicia en el splitter de último nivel o caja del abonado según sea el caso y finaliza en la ONT del abonado. Normalmente se usa cable drop en acometidas para llegar a las ONTs del abonado.

En el diseño de red del proyecto, inicia desde el splitter de último nivel y se utiliza cable de fibra drop para llegar a las ONTs del abonado.

2.4.8. Red de distribución óptica (OND).

Es la red física que conecta la ONT con la OLT dentro de esta se incluye a las redes de alimentación, distribución y dispersión, solo se incluye componentes pasivos como los splitter, fibra y cajas de terminal óptica.

2.4.9. Terminal de línea óptica (OLT).

Es el equipo del proveedor de servicios que se comunica con las ONT de los abonados e introduce las señales a través de la OND y su señal llega a la ONT a través de diferentes multiplexaciones, cada puerto OLT tiene la capacidad de transmitir hasta 2.5 Gbps, y cada puerto tiene la capacidad de dar servicio hasta 128 abonados (pero lo recomendable es 64).

La OLT tiene por lo general interfaces ópticos de operación y mantenimiento, interfases de protección y energización, puertos modulares para comunicarse con la troncal externa, interfaces de administración y gestión (Montenegro, 2021).

2.4.10. Terminal de red óptica (ONT).

Son equipos activos conectados a la red, utilizados por el abonado entre ellos tenemos ONUs, laptops, computadoras etc. la figura 8 muestra una estructura FTTH con dos niveles de splitter.

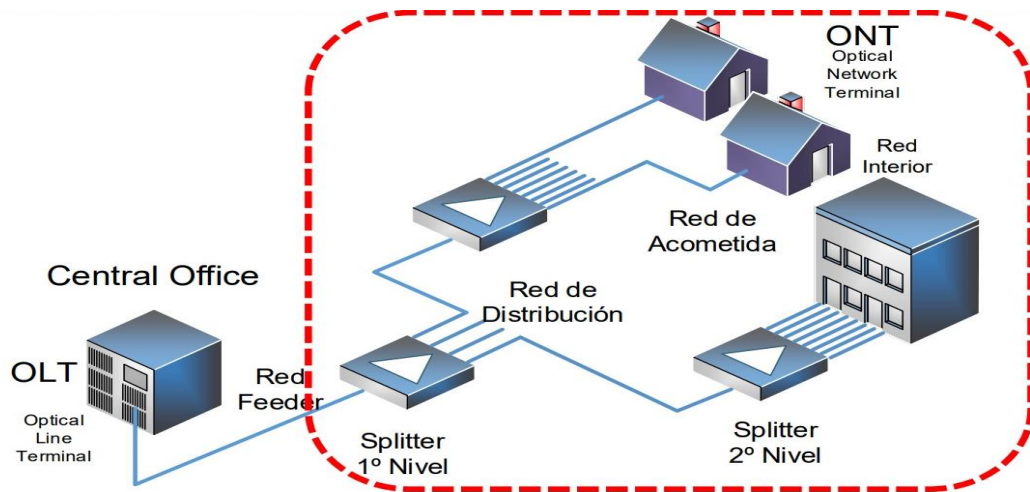


Figura 8 : Estructura de red fibra hasta el hogar.

Fuente: (Lopez, 2015)

2.4.11. Funcionamiento de una red GPON.

Desde la OLT se trabaja en forma descendente hacia la ONT enviando datos, voz y video, las señales de datos y voz los hace en la longitud de onda de 1490 nm, la de video los envía en 1550 nm, en ascendente cuando se envía señales de la ONT hacia la OLT se trabaja en la longitud de onda de 1310 nm.

2.4.11.1. Canal descendente.

Las señales ópticas se envían desde la OLT a la ONT, la OLT reúne las tramas de las señales de datos y voz, a través de WDM (multiplexación por división de longitud de onda), estas se reúnen con las señales de video, ambas señales trabajan en longitudes de onda diferentes las señales de voz y datos trabajan con 1490 nm, y la de video esta con 1550 nm, cada una de las tramas lleva información de destino a los usuarios finales, y los divisores ópticos son los encargados de direccionar los pulsos ópticos, la OLT utiliza el TDMA (acceso por multiplexación por división de tiempo) e informa a las ONT los tiempos para que estas puedan realizar él envió en sentido ascendente. (Seminario, 2021), tal como se muestra en la figura 9.

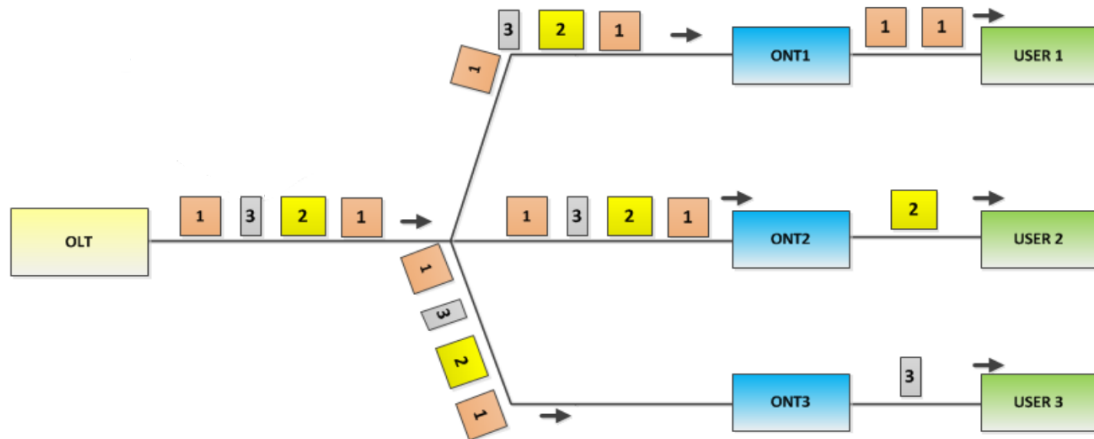


Figura 9 : *Canal descendente.*

Fuente: (Roman, 2014).

2.4.11.2. Canal ascendente.

En forma ascendente se envía pulsos ópticos de la ONT hacia la OLT, en este canal se trabaja en la longitud de onda de 1310 nm, la ONT reúne la información de voz y datos de los usuarios finales y las dirige a la OLT, ahí es donde interviene la tecnología TDMA, con esta técnica de multiplexación, las ONT envía información en diferentes intervalos de tiempo manejado por la OLT, las tramas contienen información de una o varias ONTs, por lo que es necesario diferenciar el origen de la información de las tramas, como utilizamos TDMA esta designa un tiempo de envío a cada una de las ONTs, para evitar colisiones, por lo que se trabaja con un sincronismo muy preciso. (Seminario, 2021).

2.5. NORMATIVA ITU-T G.984.X.

La normativa ITU-T G.984.x donde $x = (1,2,3,4,5,6)$ son recomendaciones hechas por la unión internacional de telecomunicaciones dichas recomendaciones se encargan precisamente de las redes GPON, para su certificación, diseño de redes y optimización de los componentes involucrados en redes GPON, tal como se muestran en la tabla 1.

Tabla 1: *Parámetros para certificar una red FTTH GPON (ITU-T G.984.X).*

NORMATIVA ITU-T G.984.X																		
ITU-T G.984.1	Características generales	Arquitectura de un sistema OAM. Tipo de interfaz: servicio usuario alcance lógico	Tipos de servicio. Tasa física de transmisión y recepción. Rendimiento del sistema															
ITU-T G.984.2	Medios físicos dependientes	<table border="1"> <tr> <td>Parámetros clase B+</td> </tr> <tr> <td>Potencia óptica máxima</td> </tr> <tr> <td>Potencia óptica mínima</td> </tr> <tr> <td>Sensibilidad mínima</td> </tr> <tr> <td>Potencia óptica mínima de sobrecarga</td> </tr> </table>	Parámetros clase B+	Potencia óptica máxima	Potencia óptica mínima	Sensibilidad mínima	Potencia óptica mínima de sobrecarga	<table border="1"> <tr> <th>ONT</th> <th>OLT</th> </tr> <tr> <td>+5 dBm</td> <td>+5 dBm</td> </tr> <tr> <td>+0.5 dBm</td> <td>+1.5 dBm</td> </tr> <tr> <td>-27 dBm</td> <td>-28 dBm</td> </tr> <tr> <td>-8 dBm</td> <td>-8 dBm</td> </tr> </table>	ONT	OLT	+5 dBm	+5 dBm	+0.5 dBm	+1.5 dBm	-27 dBm	-28 dBm	-8 dBm	-8 dBm
Parámetros clase B+																		
Potencia óptica máxima																		
Potencia óptica mínima																		
Sensibilidad mínima																		
Potencia óptica mínima de sobrecarga																		
ONT	OLT																	
+5 dBm	+5 dBm																	
+0.5 dBm	+1.5 dBm																	
-27 dBm	-28 dBm																	
-8 dBm	-8 dBm																	
ITU-T G.984.3	Convergencia de transmisión	Subcapas GPON TC rango	Formato de trama. Seguridad. Ancho de banda dinámico. Operaciones. Administración y mantenimiento.															
ITU-T G.984.4	Gestión ONT, especialización de la interfaz de control	Interoperabilidad entre OLTs y ONTs de diferentes proveedores.																

(Continuación...)

ITU-T G.984.5	Mejoramiento de banda	Define longitudes de onda reservados, para las señales de servicio adicionales utilizando WDM en la futura red GPON. Especifica los requisitos técnicos para la aplicación de filtros de la longitud de onda en la ONT.
ITU-T G.984.6	Mayor alcance	Describe los parámetros de la arquitectura y la interfaz para los sistemas GPON con mayor alcance.

Fuente: (Quisnancela & Espinosa, 2016).

2.5.1. Medios físicos dependientes.

La certificación OND implica verificar la continuidad y los niveles de atenuación en los diferentes elementos de la red. (Quisnancela & Espinosa, 2016).

Tabla 2: *Valores de referencia de medios físicos dependientes (ITU-T G.984.x).*

Máxima velocidad Downstream	2.488 Gbit/s.
Máxima velocidad Upstream	1,244 Gbit/s
Máximo alcance físico	20 Km
Máximo alcance lógico	60 Km
Atenuación en puntos de fusión	≤ 0.30 dB
Atenuación en conectores mecánicos	≤ 0.50 dB
Atenuación en conectores	≤ 0.75 dB
Atenuación en mangas	≤ 0.15 dB
Margen de seguridad	+3 dB
Atenuación landa $\lambda = 1310$	0.35 dB/Km
Atenuación $\lambda = 1550/1490$	0.22 dB/Km

(Continuación...)

splitter	
1:64	≤ 22.5 dB
1:32	≤ 17.5 dB
1:16	≤ 13.8 dB
1:8	≤ 10.6 dB
1:4	≤ 7.5 dB
1:2	≤ 3.8 dB

Fuente: (Quisnancela & Espinosa, 2016).

2.6. DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD (DMS).

Para el diseño de red FTTH en lo que concierne a DMS será de acuerdo a la normativa del código nacional de electricidad-suministro 2011. RM-214-2011, el código nacional de electrificación (CNE) es de uso obligatorio en el Perú.

Tabla 3: *Distancias mínimas de seguridad de cable de F.O. respecto del suelo.*

CUANDO LA F.O. CRUZA O SOBRESALE	DMS EN METROS
Vías férreas de ferrocarril (excepto ferrovías electrificadas que utilizan conductores de trole aéreos.	7.3
Carreteras y avenidas sujetas al tráfico de camiones.	6.5
Caminos, calles y otras áreas sujetas al tráfico de camiones.	5.5
Calzadas, zonas de parqueo y callejones.	5.5

(Continuación...)

Otros terrenos recorridos por vehículos tales como: Cultivos, pastos, bosques, huertos, etc.	5.5
Espacios y vías peatonales no transitables por vehículos.	4.0
Calles y caminos en zonas rurales.	5.5
Áreas de agua no adecuadas para barcos de vela o donde su navegación está prohibida	5.5
La F.O. recorre a lo largo y no sobresale	DMS en metros
Carreteras y avenidas.	5.5
Caminos, calles o callejones.	5.0
Espacios y vías peatonales no transitables por vehículos.	4.0
Calles y caminos en zonas rurales	5.0
Caminos no carrozables en zonas rurales	4.5

Fuente: (Ministerio de Energía y Minas, 2011).

Las distancias DMS del cable con respecto del suelo, se refiere a la altura que deberá tener el cable en la flecha o el punto más bajo de la fibra con respecto al suelo, producidos por la catenaria curva generada por el peso del cable entre los postes. En la tabla 4 se muestra los DMS respecto al cable, que es la distancia del cable de fibra óptica respecto a las líneas energizadas.

Tabla 4: *DMS del cable respecto a las líneas energizadas.*

TENSIÓN DE LA LÍNEA ENERGIZADA	DMS DE LA F.O RESPECTO A LA LÍNEA ENERGIZADA EN METROS
Línea de baja tensión ≤ 750 V	1
Línea de media tensión entre 11-23 KV	$1.8 + 0.01$ por 1 KV encima de los 11 KV
Línea de alta tensión 50 KV	2.5

Fuente: (Ministerio de Energía y Minas, 2011).

2.7. PRESUPUESTO ÓPTICO.

Es la potencia de salida funcional dentro de los parámetros de sensibilidad y saturación del receptor, la potencia óptica que sale del transmisor que va perdiendo potencia a causa de los componentes pasivos de la red GPON que llega con una potencia de salida en dBm.

Las atenuaciones que va disminuyendo la potencia que sale del transmisor que son causadas por las pérdidas de la fibra, los splitter, fusiones, empalmes y más se les conoce como pérdidas ópticas y estas se mide en dB.

Para la tesis de grado el equipo receptor será la ONT de la clase B+, aunque hay otro tipo de clase C+, también estandarizados por la ITU. Se optó la B+ por las distancias que hay entre la OLT y la vivienda del nuestro abondo que no supera los 10 Km, estos equipos clase B+ tiene una saturación y sensibilidad de -8 dBm y -27 dBm, respectivamente de tal manera que el presupuesto óptico debe estar dentro de ese rango, para que el diseño funcione correctamente.



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MÉTODOS.

3.1.1. Tipo de investigación.

El campo de investigación es no experimental, tiene un enfoque cualitativo ya que describe la bondades y características de la red FTTH con arquitectura GPON y tiene la intención de brindar mayor capacidad de ancho de banda en el distrito de Taraco.

3.1.2. Nivel de investigación.

- El nivel de investigación es descriptivo.

3.1.3. Línea de investigación.

- Telecomunicaciones y redes de datos.

3.1.4. Población.

Se toma como población al distrito de Taraco puesto que se pretende diseñar una red FTTH con arquitectura GPON para brindar mayor capacidad de ancho de banda a la población.

3.1.5. Muestra.

El tipo de muestra para la presente investigación es de carácter no probabilístico, el área de investigación se seleccionará por proximidad y acceso a la información. Serían muestras por conveniencia datos a los cuales podemos tener acceso o disponibilidad de acceso de información de los datos.

La relación población muestra, al ser un tipo de investigación cualitativa en la presente tesis no se pretende generalizar los resultados a una población.

3.1.6. Variables.

- Red FTTH basado en arquitectura GPON.
- Ancho de banda.

La matriz de consistencia y operacionalización de variables está en el anexo 3 y 4, al final de la presente tesis.

3.1.7. Delimitación de la investigación.

- Delimitación del estudio del proyecto, es el diseño de una red FTTH basado en arquitectura GPON para brindar mayor capacidad de ancho de banda en el distrito de Taraco.
- Delimitación geográfica del diseño es en el distrito de Taraco, provincia Huancané, departamento de Puno, Perú. (-15.297831° , -69.978284°), tal como se muestra en la figura 10.



Figura 10 : *Ubicación geográfica del proyecto.*

Elaboración propia con Google Earth.



- Delimitación temporal del proyecto es en el año 2022 del mes enero-junio.

3.1.8. Métodos y procedimientos.

El procedimiento a seguir en la presente investigación, en cumplimiento de los objetivos planteados son los siguientes.

- Recolección de datos para el presente proyecto se realiza de forma bibliográfica y en campo.
- Recolección del número de viviendas y empresas que brindan servicios de telecomunicaciones.
- Recolección de datos del catastro.
- Cálculo de los clientes potenciales.
- Recolección de información de los postes.
- En base a la recolección de datos, información y cálculos se procede al diseño de la red FTTH con arquitectura GPON para el distrito de Taraco.

3.1.9. Técnicas e instrumentos.

- Técnica de recolección de datos, la recolección de datos para el presente proyecto se realiza de forma bibliográfica y en campo.
- Instrumentos de recolección de datos. Los instrumentos de recolección de datos son instituciones gubernamentales (municipalidad de Taraco), Geo Llacta (plataforma única de catastro multipropósito) y salida campo para ubicar nuevos ítems en el proyecto (apuntadas en coordenadas geográficas en el programa Maps Me).
- Técnicas e instrumentos de procesamiento, los datos son procesados en:
- Tablas Microsoft Excel.
- ARC MAP 10.8.



- Google Earth.
- AutoCAD.

3.1.10. Validez de la hipótesis.

- Hipótesis 1. El cálculo del presupuesto óptico certifica nuestro diseño.

Validez. Se hizo el cálculo el presupuesto óptico, con equipos de clasificación B+ estandarizados por la ITU-T, en las tres longitudes de onda de trabajo, tomando en cuenta la mayor pérdida de nuestro calculo que es de -17,72 dBm que están dentro del rango de sensibilidad y saturación de equipos activos B+, (-27 dBm, -8 dBm).

- Hipótesis 2. Se elegirán componentes que permitan ofrecer un gran ancho de banda y herrajes que nos permitan llegar al abonado.

Validez. Se eligieron componentes de splitter de primer y segundo nivel de relación 1:4 y 1:8 que da la relación de 1:32 lo cual permite brindar un gran ancho de banda de 78 Mbps, también se eligieron herrajes que garantiza que las rutas de fibra elegidas por nuestro diseño de red de fibra cumplan con los DMS Y puedan llegar al abonado final.

- Hipótesis 3. Se cumplirá con las normativas ITU-T en el diseño de la red FTTH con arquitectura GPON

Validez. Se cumplen las normativas ITU-T G.984.X en el diseño de la red FTTH mismas que se usaran para el cálculo del presupuesto, elección de componentes que garanticen la interoperabilidad y escalabilidad de nuestro diseño.

- Hipótesis 4. Se mejora la calidad de información educativa a través de una red FTTH con arquitectura GPON en el distrito de Taraco.



Validez: al tener un ancho de banda de 78 Mbps, se podría acceder a la información de las clases virtuales brindadas por el estado e instituciones privadas con lo cual se mejora la calidad de información educativa a través de una red FTTH con arquitectura GPON.

- Hipótesis general. Se brindará mayor capacidad de ancho de banda con el diseño de una red FTTH con arquitectura GPON para el distrito de Taraco.

Validez: dada la validez de nuestras 4 hipótesis específicas entonces la hipótesis general es verdadera.

3.2. MATERIALES.

Se estudian y describen los componentes y herrajes utilizados en el diseño de red FTTH con arquitectura GPON de la presente investigación.

3.2.1. Equipos activos.

3.2.1.1. OLT MA5683T Huawei.

El diseño debe de ser escalable a largo plazo en vista de eso se elige la OLT Huawei MA5683T, como se muestra en la figura 11, es una OLT de capacidad media que cubrirá unos 620 abonados, es escalable debido a que es una OLT a la cual se puede agregar hasta seis tarjetas de servicio en caso de crecimiento de abonados. Soporta GPON, 10GPON, EPON, 10G-EPON y modos de acceso P2P, te brinda un servicio triple. Se puede usar tarjetas de servicios de 16 puertos y 8 puertos, acorde a la demanda.



Características.

- Distancia de transmisión de soporte 20 Km.
- Gabinete. Interior N66E-18, gabinete exterior F01S300.
- Tarjeta de servicio 6 ranuras.
- Placa de control principal 2 ranuras.
- Placa de interfaz universal 1 ranura.
- Placa de interfaz up link: 2 ranuras. 10 gigabits.
- Placa de interfaz de alimentación 2 ranuras.
- Placa de control principal compatible y capacidad de conmutación: SCUN/scok: 480 Gbit/s (modo activo/en espera) 960 Gbit/s (modo de carga compartida). Tal/scurv: 960 Gbit/s (modo activo/en espera) 1920 Gbit/s (modo de carga compartida).
- Tarjetas de 16 puertos y tarjetas de 8 puertos GPON. GPBD/BPBH 8 puertos, GPFD 16 puertos GPON.
- Alimentación DC/AC 48 V Y 110 V, 220 V.
- Máxima potencia óptica de Salida: B+ Módulo: 5.00 dBm, potencia mínima 1.5 dBm. Máxima sensibilidad de recepción: B+ Módulo: -28.00 dBm. Saturación (potencia óptica de sobrecarga: -8 dBm).
- Longitud de onda de: TX 1490 nm, RX 1300 nm.
- Puerto de GPON de TX: 2.5 Gbps, RX: 1.25 Gbps.



Figura 11 : *OLT Huawei MA 5683T.*

Fuente: (Thunder-link, 2022).

3.2.1.2. Terminal de red óptica (ONT).

Se pueden elegir todas las ONTs compatibles con la OLT Huawei MA5683T, al ser una tecnología GPON el diseño de la red propuesta garantiza interoperabilidad en el funcionamiento con ONTs de diferentes marcas siempre y cuando la ONT sea GPON. Sin embargo, para sacarle el mejor provecho a los equipos activos se recomienda elegir la misma marca, la ONT elegida para el diseño es Huawei EchoLife EG8143A5, tal como se muestra en la figura 12, en vista de distancia de la OLT a nuestra ONU, se eligió una ONU clase B+.

Características:

- Temperatura de operación: 0-40 grados C.
- Adaptador de corriente: 100-240 V 50/60 Hz. Fuente de alimentación: 11-14 DC, 1 A.
- Puertos: 1 GE, 3 FE, 1 X POST telefonía, 1 x WI-FI (2.4G), adn 1 CATV.

- Puerto de entrada: 1 GPON.
- Consumo máximo de energía: 8.2 W.
- GPON puertos: conector SC/AP, clase B+, sensibilidad de receptor -27 dBm, saturación de potencia óptica -8 dBm, distancia máxima 20 Km.
- WLAN: IEEE 802.11, 2.4 GHz, antena ganancia 2 dBi, indicadores POWER/PON/LOS/LAN/TEL/ WLAN /WPS/CATV.
- Consumo de energía estática 5.2 W, poder máximo de consumo 8.2 W.
- Potencia óptica de transmisión: 5 dBi.
- Longitud de onda de: RX 1490 nm, TX 1300 nm.



Figura 12 : *ONT Huawei EchoLife EG8143A5.*

Fuente: (Huawei, 2020).

3.2.1.3. Gabinete.

Se elige el gabinete N66E-18, tal como muestra la figura 13, porque es compatible con nuestra OLT en cuanto a sus medidas, cuenta con modo de fuente de alimentación AC/DC, dimensiones 600 mm x 600 mm x 1800 mm, dentro del gabinete se albergan todos los equipos de la OLT, así como también sus baterías de 48 v.



Figura 13 : *Gabinete N66E-18.*

Fuente: (Huawei, 2022).

3.2.1.4. Tarjetas a usar.

Se utiliza tarjetas GPON de 16 puertos y 8 puertos que son las que acepta la OLT.

3.2.1.5. Distribuidor de fibra óptica (ODF).

Se utiliza un ODF de 36 puertos, tal como se ve en la figura 14, de los cuales solo se utiliza 20 puertos el resto de hilos estarán almacenados en su bandeja para futuras ampliaciones. Acepta conectores FC, SC, ST y LC., sus empalmes son por fusión y puede ser instalado en el mismo gabinete.



Figura 14 : *ODF 36 puertos.*

Fuente: (Made, 2022).

3.2.2. Materiales de red de distribución óptica.

3.2.2.1. Splitter.

En el diseño se utiliza splitter de 1:4 y 1:8 de primer nivel y segundo nivel respectivamente, en el primer nivel los splitter van a estar dentro de la MUFA, los splitter de segundo nivel van a estar en una caja terminal óptica NAP, los conectores usados son conector SC APC Y UPC, la figura 15 muestra un splitter óptico.

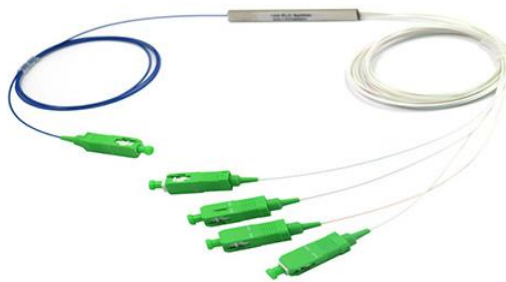


Figura 15 : *Splitter óptico.*

Fuente: (Xyfibers, 2022)

3.2.2.2. Mufa.

Caja de empalme óptico se utiliza una mufa de 3 bandejas, 3 salidas de derivación y una entrada, con una capacidad de 12 empalmes por bandeja haciendo un total de 36 empalmes, la entrada de la mufa es de 36 hilos de fibra con sistema de sellado termo contráctil, conducto entrada/salida oval para el sangrado del cable de fibra. Se utiliza splitter 1:4 de primer nivel en esta mufa. Cada bandeja con una capacidad de albergar 3 splitter de 1:4. Estas mufas son para exterior y van a estar ajustadas en las crucetas o postes, la figura 16 muestra una mufa.



Figura 16 : *Mufa óptica FK-CEO-3T.*

Fuente: (Furukawa, 2020).

3.2.2.3. Caja de terminal óptica.

Se utiliza una caja terminal óptica con 8 salidas con una entrada de fibra y una salida para la fibra de distribución con conectores SC en UPC, APC, para exterior en postes, tal como muestra la figura 17.



Figura 17 : *Caja terminal óptica.*

Fuente: (Made, 2022).

3.2.2.4. Cable de fibra óptica.

El cable de fibra usada para este diseño será monomodo OS2 ya que esta te permite mayores distancias mientras que la OS1 te pone un tope de 10 Km, la atenuación por kilómetro de la OS2 es de 0.4 dB/Km que es menor que la OS1 que es de 1.0 dB/Km.

- Para red de alimentación se utiliza un cable de fibra monomodo de 36 hilos span 100, ADSS, tubo holgado. Marca SBS TECH diámetro del cable 12.4 mm, G652D.
- Para la red de distribución se utiliza un cable de fibra monomodo de 24 hilos span 100, tubo halagado ADSS. Marca FIBERHOME con un diámetro de 10.1 +- (0.5) mm, G652D.
- Para la red de dispersión se utiliza un cable de fibra monomodo de 2 hilos de 300 metros tubo ajustado.



3.2.2.5. Pigtail.

Es un cable de fibra que en un lado tiene un conector y el otro lado se empalma mediante una técnica de fusión.

3.2.2.6. Cordón óptico.

Es un cable de fibra pre conectada de ambos lados de distancias corta utilizada para conectar la OLT con la ODF, y también para conectar la roseta óptica con la ONU.

3.2.3. Herrajes utilizados en el diseño.

Los herrajes descritos en esta sección son los utilizados para el presente diseño de red de acuerdo a el diámetro del cable de la fibra y el span, existen variedades de herrajes que no serán mencionadas puesto que no están consideradas en el presente diseño.

3.2.3.1. Postes.

Se disponen de postes de concreto de 13 metros, 12 metros y 9 metros que son los postes pertenecientes a Electro Puno, de media tensión, baja tensión y postes de alumbrado público, se utiliza también postes de PRONATEL (antes conocida como FITEL), se proyectaron postes nuevos de las medidas de 12 y 9 metros, el de 12 metros con un diámetro base de 43 cm y cima de 25 cm, y el de 9 metros con un diámetro base de 29.5 cm y cima de 16 cm, las recomendaciones son de acuerdo a la norma técnica peruana (NTP) 339.027-2002. Postes de Concreto Armado, norma técnica peruana vigente.

Recomendaciones para instalación de postes:

- Los postes se instalan en la intersección de la frontera de dos terrenos o viviendas continuos.
- Se evita instalar postes en puertas, ventanas, cocheras de viviendas y esquinas de cuadra.



- En zonas urbanas: los postes se instalan a un metro de la vivienda, para no perjudicar el libre tránsito peatonal, en veredas menores a un metro el poste se ubicará a 0.15 m de la frontera de la berma (0.15 m del poste estará dentro de la vereda y el resto en la pista), en veredas mayores a 1 metro el poste se ubicará en el interior de la vereda.
- En zonas interurbanas, red vial los postes se ubican lo más alejado posible de la carretera, pero sin entrar en propiedad privada.
- Empotramiento de poste es del 10% de la altura del poste más 60 cm en el caso de los postes proyectados en la tesis, se muestra en la tabla 5.

Tabla 5: *Empotramiento de postes proyectados.*

ALTURA DE POSTE (m)	EMPOTRAMIENTO (m)
12	1.80
9	1.50

Elaboración propia.

En el presente trabajo de investigación se proyectan postes para los casos en que la fibra no cumpla con los DMS tanto de cable como de suelo y en los lugares donde falten postes para poder llevar el tendido de fibra a los abonados, en cruces americanos o en lugares donde la fibra pueda invadir aéreamente propiedad privada.

3.2.3.2. Crucetas.

Las crucetas que se utilizan son para reservas de 50 metros y para poder poner cajas de empalme colgadas en la misma, tiene un diámetro de 60 cm, estará instalada en los postes. La figura 18 muestra el modelo de la cruceta.



Figura 18 : *Cruceta.*

Fuente: (Crt, 2020).

- Se utilizan cintillos para ajustar la fibra en las reservas Cintillo 300 x 4.8 mm x 100 unidades de PVC color negro.

3.2.3.3. Herrajes de suspensión.

Los herrajes de suspensión están hechos para sujetar los cables de fibra óptica, se utiliza en postes alineados por donde el cable de fibra óptica pasa.

Se usa el herraje de suspensión entre dos puntos con herraje de retención siempre y cuando en estos dos puntos el vano no supere el span del cable, la figura 19 muestra un ejemplo del uso de suspensión

Ejemplo.

El cable de fibra óptica sea span, m.

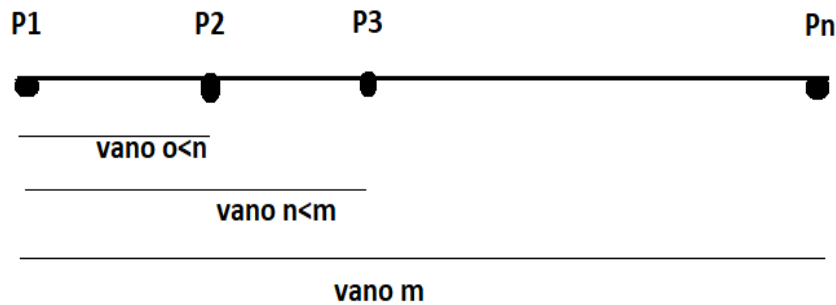


Figura 19 : *Ejemplo uso de suspensión.*

Elaboración propia.

- P1 herraje con retención; Pn herraje con retención, P2 herraje con suspensión y P3 herraje con suspensión.
- Las distancias de los vanos son o, n y m.
- Entre P1 y Pn, el vano no podrá sobrepasar el span del cable.
- El herraje de suspensión se elige de acuerdo a diámetro del cable de fibra que utilizaremos y el span.
- Para la red de alimentación se utiliza un cable de fibra de 36H ADDS DE 12,4 mm.
- Por lo que se utiliza un herraje de suspensión 12.1 a 13.0 mm, span 100.

En la figura 20 se muestra el modelo de una suspensión.

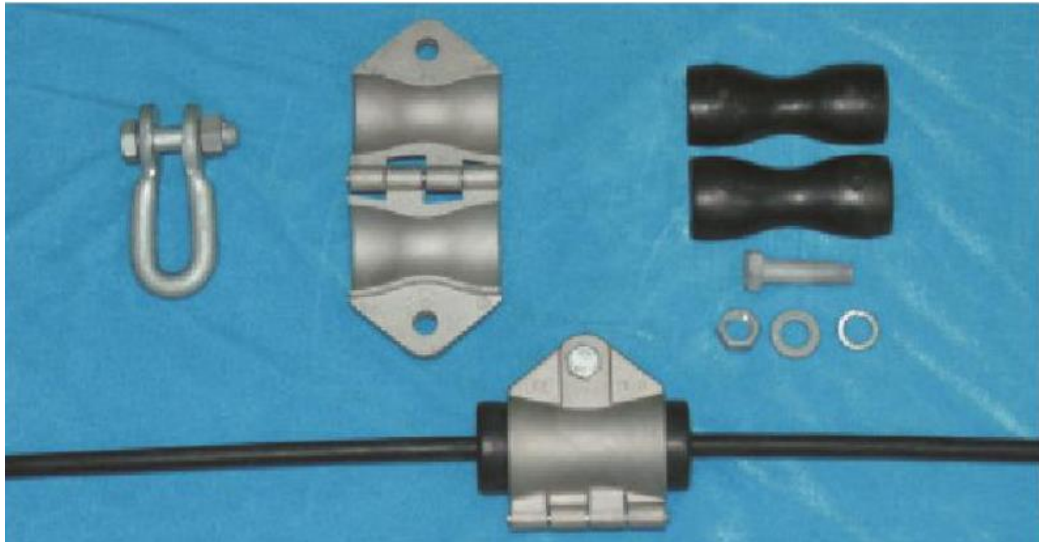


Figura 20 : *Suspensión.*

Fuente: (Zpcable, 2019)

- Para la red de distribución se utiliza un cable de fibra 24H ADSS 10.1 + 0.5 mm.
- Por lo que se utiliza un herraje de suspensión 10.1 a 11.0 mm, span 100.

3.2.3.4. Herrajes de retención.

Los herrajes de retención se usan para soportar la tensión del peso de cable de fibra óptica en los distintos puntos del cable se utilizan en postes con cambios de dirección, y cambios de nivel. Se recomienda usar siempre que el cambio de dirección sea mayor a 28 grados.

Los herrajes de retención se eligen de acuerdo al vano y el diámetro de la fibra a utilizar. En el diseño se va a utilizar en retención herrajes preforme de marca PLP, tal como muestra la figura 21.

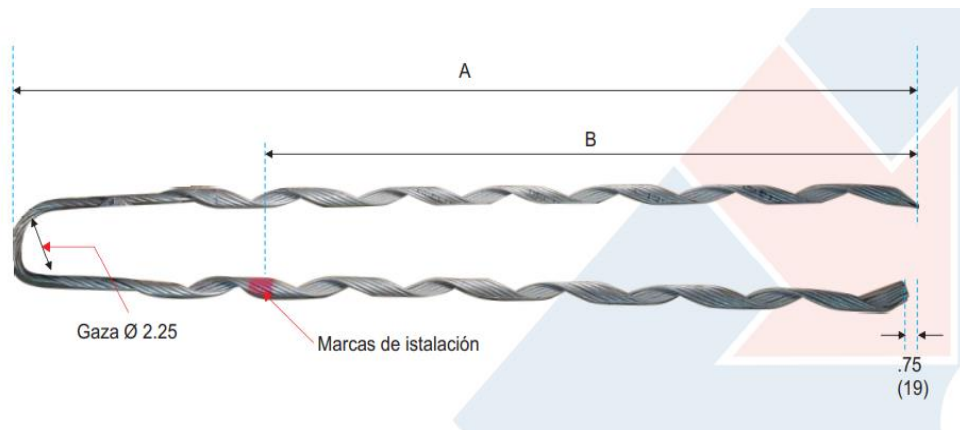


Figura 21 : Preforme.

Fuente: (Plp, 2020)

El preforme tiene una marca de instalación que se identifica con un color a partir de este el preforme envuelve el cable de fibra óptica este color también varía indicándonos intervalo de operación y el vano, A y B son la longitud de sus distancias en mm, también un preforme llevan unas etiquetas en la que se indica el diámetro de los cables de fibra con los que trabaja.

- Para la red de alimentación cable ADSS 36H diámetro del cable 12.4 mm, se trabaja con un preforme de marca PLP, DELT-GEN ADSS, diámetro del cable de 12.4 mm a 13.7 mm, su color de identificación es rosado.
- Para la red de distribución cable ADSS 24H diámetro del cable es de 10.1 +- (0.5) mm, se trabaja con un preforme de marca PLP, DELT-0001 ADSS, diámetro del cable es de 9.2 a 10.1 mm, su color de identificación es rojo.
- Para la fibra de dispersión el cable drop de 2 hilos se sujeta a un tensor dieléctrico para cable drop y también se utiliza retención tipo cuña RTC para cable plano.

El preforme viene acompañado de otros accesorios como varilla preformada guardacabo con ojo, prolongador ojal, que son utilizados para vanos mayores a 200 por lo que no serán estudiadas en el presente diseño.

3.2.3.5. Brazo con ojo tuerca.

Los brazos que se utilizan son brazos de 60 cm y de 1 metro en el presente diseño, se usan en los siguientes casos:

- Para alejar la fibra de la línea de baja tensión y que cumpla el DMS de 1 metro alejado de la línea de baja, y que a la vez el cable no se instale a una altura muy baja que no pueda cumplir con el DMS del suelo, tal como se muestra en la figura 22.

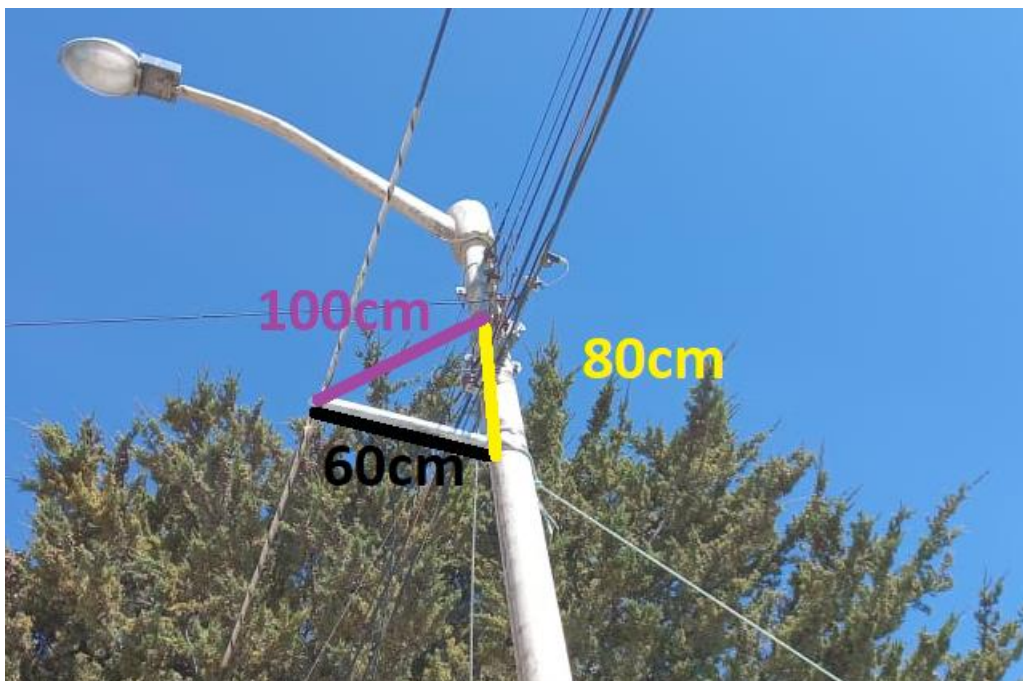


Figura 22 : *Uso de brazo para alejar el cable de fibra de la línea de baja tensión.*

Elaboración propia.



- Se utiliza brazos para evitar obstáculos como los postes que contienen transformadores o casas con segundo piso con alar que pueda chocar con nuestro cable de fibra, o ramas de árboles.
- Se utiliza brazos en aquellos postes o zonas donde hay muchos cables tanto eléctricos como de telecomunicaciones donde la instalación de nuestra fibra seria dificultosa por lo que el brazo dará mayor orden y espacio a la flecha de nuestra fibra.

3.2.3.6. Trompo platina con tuerca ojo.

Se utiliza trompo platina con tuerca ojo encargada de ser sujeción entre el poste y nuestro herraje de retención o suspensión, estarán sujetas con flejes de 3/4 y hebillas de 3/4.

3.2.3.9. Cable acerado para cruce americano.

Se utiliza un cable acerado de 4.76 mm para cruce americano o medio cruce, en los postes se usa una retención preformada para soportar el peso de cable acerado de 4.76 mm, posterior a eso se usan chapas que están sujetas al cable acerado, estas también unen el preforme con el cable de fibra, finalmente todo será devanado con el alambre de devanado. El cruce americano puede tener una distancia máxima de 50 metros.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. NÚMERO DE ABONADOS POTENCIALES.

La cantidad de viviendas en el área de cobertura del diseño del proyecto es de 1239 viviendas tomando en cuenta que hay una empresa en la ciudad que ofrece servicio de internet, para el diseño se toma un porcentaje de difusión del 50 % por lo que nuestro número total de abonados potenciales es de $1239/2$ que nos da $= 619.5 = 620$ abonados.

Tabla 6: *Número de viviendas en el área del diseño de red.*

TIPO DE VÍA.	NOMBRE DE LA VÍA	NÚMERO DE VIVIENDAS
Jirón	San Francisco Jirón 8	7
Jirón	San Francisco Jirón 1	2
Jirón	Jirón Cuentas.	4
Avenida	Av. San Francisco	38
Jirón	San Francisco Jr.2	11
Calle	Calle sin nombre 0	5
Calle	Calle sin nombre 10	10
Jirón	Jr. Pino	8
Avenida	Av. Qhapaq Ñan	42
Jirón	San Francisco Jr.7	40
Jirón	San Francisco Jr. 3	17
Jirón	San Francisco Jr. 4	7
Jirón	Jr. San Román	33



(Continuación...)

Avenida	Carretera Juliaca Huancané	60
Jirón	Jr. Samán	33
Avenida	Avenida Unión	49
Jirón	Jr. 28 de Julio	125
Jirón	Jr. Unión	68
Jirón	Barrio Independencia Jr.1	5
Jirón	Barrio Independencia Jr.2	12
Jirón	Barrio Independencia Jr.3	1
Jirón	Barrio Independencia Jr.4	1
Jirón	Barrio Independencia Jr.5	14
Jirón	Jr. 2 de Mayo	79
Jirón	Jr. Alfonso Ugarte	75
Jirón	Calle sin nombre 1	6
Jirón	Calle sin nombre 2	22
Jirón	Jr. Puno	38
Jirón	Los Pinos Jr. 1	5
Jirón	Los Pinos Jr. 2	1
Jirón	Jr. Ramis	16
Jirón	Jr. Cuzco	27
Jirón	Calle sin nombre 3	7
Jirón	Jr. Imarrucos	36
Jirón	Jr. Ayacucho	80



(Continuación...)

Jirón	Jr. Pirin	99
Jirón	Pentecostés Jr. 2	13
Jirón	Pentecostés Jr.1	4
Jirón	Jr. Los ángeles	24
Jirón	Jr. Titicaca	58
Jirón	Jr. Taña	10
Jirón	Calle sin nombre 4	18
Jirón	Calle sin nombre 5	23
Calle	Calle sin nombre 11	6
Número total de viviendas		1239

Elaboración propia.

Número de viviendas cubierta por NAP. Ya que el porcentaje de difusión es del 50 %, un splitter cubre el número de viviendas, que muestra la tabla 7.

Tabla 7: *Número de viviendas cubiertas por NAPs.*

SPLITTER	NÚMERO DE VIVIENDAS
1:2	4
1:4	8
1:8	16
1:16	32
1:32	64
1:64	128

Elaboración propia.

4.2. RELACIÓN DE DIVISIÓN DEL ANCHO DE BANDA.

Sabiendo que un puerto PON de la OLT, te puede entregar hasta 2.5 Gbps de bajada y teniendo en cuenta el nivel de splitter que se utilice. Se tiene que el ancho de banda de cada splitter es:

Tabla 8: *Relación de división de ancho de banda según splitter de bajada.*

SPLITTER ANCHO DE BANDA DE BAJADA 2.5 Gbps	ANCHO DE BANDA DE BAJADA
1:2	1.25 Gbps
1:4	625 Mbps
1:8	312.Mbps
1:16	156 Mbps
1:32	78 Mbps

Elaboración propia.

Si la velocidad de bajada es de 1.25 Gbps entonces se tiene.

Tabla 9: *Relación de división de ancho de banda según splitter de subida.*

SPLITTER ANCHO DE BANDA DE SUBIDA 1.25 Gbps	ANCHO DE BANDA DE BAJADA
1:2	625 Mbps
1:4	312 Mbps
1:8	156 Mbps
1:16	78 Mbps
1:32	39 Mbps

Elaboración propia



4.3. ANCHO DE BANDA DE LOS SERVICIOS A BRINDAR.

- INTERNET DE ALTA VELOCIDAD. En internet de alta velocidad se ofrece servicios de anchos de banda que van desde los 38 Mbps a los 78 Mbps en bajada.
- TELEFONÍA IP. El ancho de banda de subida y bajada es de 100 Kbps cada uno.
- IPTV DE ALTA DEFINICIÓN. Para la subida se tiene un ancho de banda de 100 Kbps, y un ancho de banda de bajada de 8 Mbps. Se ofrece hasta 5 canales en simultaneo por lo que $5 \times (8 \text{ Mbps}) = 40 \text{ Mbps}$. Este ancho de banda se reserva de forma permanente al abonado para garantizar un servicio de alta definición.

Ancho de banda requerido por abonado, puesto que se tiene 2.5 Gbps por puerto PON en la OLT en bajada nuestra red no debe superar los 2.5 Gbps. Se tiene un servicio de 40 Mbps de IPTV + 100 Kbps para telefonía IP, el restante de ancho de banda se utiliza para el servicio de internet que puede variar de acuerdo a los planes del abonado, por lo que la relación de 1:32 que es de 78 Mbps cubre la demanda por usuario, por lo que $78 \text{ Mbps} - (40 \text{ Mbps} + 100 \text{ Kbps}) = 37.9 \text{ Mbps}$, en caso que el abonado contrate la triple play, se podrá dar un ancho de banda de internet máximo de 38 Mbps.

4.4. COMPONENTES DE LA RED ÓPTICA.

Se va a emplear splitter de primer y segundo nivel, en vista que la relación es de 1:32 que es un total de 78 Mbps. los splitter de primer y segundo nivel no debe superar tal relación, por lo que para el primer nivel se utiliza un splitter de 1:4 y segundo nivel splitter de 1:8 obteniendo la relación de 1:32.



4.4.1. Número de splitter de segundo nivel.

Para hallar el número de splitter de segundo nivel, dividimos el número de abonados por el número de salidas del splitter de segundo nivel. El número de abonados potenciales es de 620, el splitter de segundo nivel es de relación 1:8 por lo que: el número de splitter de segundo nivel es: $620/8 = 77.5 = 78$ splitter.

4.4.2. Número de splitter de primer nivel.

Para hallar el número de splitter de primer nivel dividimos, el número de splitter de segundo nivel por el número de salidas del splitter de primer nivel. Número de splitter de segundo nivel 78, splitter de primer nivel relación 1:4 por lo que: $78/4 = 19.5 = 20$ splitter.

4.4.3. Número de puertos GPON.

El número de puertos GPON que se emplea es igual al número de splitter de primer nivel ya que una fibra de alimentación está conectada tanto al puerto GPON y al splitter de primer nivel por lo que el número de puertos GPON es igual a 20.

4.4.4. Número de tarjetas GPON.

Las tarjetas comerciales vienen en relaciones de 4, 8 y 16 número de puertos. El número de tarjetas GPON que se emplean es de acuerdo al número de puertos como se tiene 20 puertos GPON, la OLT elegida acepta tarjetas de 16 y 8 puertos, se tiene: $16 + 8 = 24$ puertos que cubre los 20 puertos GPON que se emplean, por lo que se utiliza dos tarjetas una de 16 puertos y otra de 8 puertos.

4.5. PARÁMETROS DE EQUIPOS ACTIVOS.

4.5.1. Terminal de línea óptica (OLT).

Nuestra OLT cumple con las normativas ITU-T G.984.2 nuestra OLT es clase B+

Tabla 10: *Certificación según normativa ITU-T G.984.2 OLT.*

DESCRIPCIÓN	VALOR
Potencia mínima media	1.5 dBm
Potencia máxima media	5.0 dBm
Sensibilidad	-28 dBm
Saturación	-8 dBm

Elaboración propia.

4.5.2. Unidad de red óptica (ONU).

Nuestra ONU cumple con las normativas ITU-T G.984.2 nuestra ONT es clase B+

Tabla 11: *Certificación según normativa ITU-T G.984.2 ONT.*

DESCRIPCIÓN	VALOR
Potencia mínima media	0.5 dBm
Potencia máxima media	5.0 dBm
Sensibilidad	-27 dBm
Saturación	-8 dBm

Elaboración propia.



4.6. PRESUPUESTO ÓPTICO.

En el presupuesto óptico se tiene en cuenta.

Primero la atenuación que según el estándar ITU-T 984.X en la OND se toma en cuenta las pérdidas por empalme, pérdidas por grado de división de los splitter, pérdidas por conectores y pérdidas por margen de seguridad.

Atenuación total = $X = (\text{atenuación de splitter de primer nivel} + \text{atenuación de splitter de segundo nivel}) + (\text{atenuación fibra/Km} * \text{longitud de fibra}) + (\text{atenuación de empalmes} * \text{número de empalmes}) + (\text{atenuación de conectores} * \text{número de conectores}) + \text{margen de seguridad}.$

Si: $X = \text{Atenuación total}$, $a = \text{atenuación de splitter de primer nivel}$, $b = \text{atenuación de splitter de segundo nivel}$; $c = \text{longitud de fibra}$, $d = \text{atenuación fibra/Km}$, $e = \text{número de empalmes}$; $f = \text{atenuación de empalmes}$; $g = \text{número de conectores}$, $h = \text{atenuación de conectores}$, $i = \text{margen de seguridad}.$

Longitud de la fibra = distancia del trayecto de la fibra + catenaria + reservas = distancia del trayecto de la fibra + distancia del trayecto * 1 % + reservas.

El presupuesto de la potencia óptica = potencia media del equipo activo transmisor - X , estas deben estar dentro del rango de saturación y sensibilidad del del equipo activo receptor.

Si: $j = \text{potencia media del equipo activo entonces}.$

Presupuesto de potencia óptica = $j - ((a + b) + (c * d) + (e * f) + (g * h) + i) \text{ dBm}.$

Tener en cuenta los siguientes parámetros según la normativa ITU-T. Medios físicos dependientes splitter.

Tabla 12: Tasa de división óptica y pérdida de inserción ITU-T G.984.X.

DIVISOR ÓPTICO	ATENUACIÓN
1:2	-3.01 dB
1:4	-6.02 dB
1:8	-9.03 dB
1:16	-12.04 dB
1:32	-15.04 dB
1:64	-18.07 dB

Fuente: (Chayña, 2017).

Tomar en cuenta los parámetros de pérdidas de fibra.

Tabla 13: Parámetros de fibra óptica.

DESCRIPCIÓN	ATENUACIÓN
Fibra óptica 1310nm	-0.4 dB
Fibra óptica 1490nm	-0.35 dB
Fibra óptica 1550nm	-0.3 dB
Empalme de Fusión	-0.1~ -0.2 dB
Empalme mecánico	-0.5 dB
Pérdidas por inserción conector	-0.3~ -0.5 dB
Margen de error	-3 dB

Fuente: (Chayña, 2017).

El presupuesto debe estar dentro de los márgenes de sensibilidad y saturación del equipo que va a recibir nuestra señal. Para validar los cálculos del diseño.



4.7. DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA (OND)

El número total de viviendas es 1239 en la zona del diseño, el número de abonados potenciales es de 620, con un porcentaje de difusión de 50 % en base a eso se realiza el diseño de la siguiente manera.

- Para el diseño de red FTTH, la red de distribución óptica es de forma aérea utilizando postes y herrajes correspondiente a las características de cada ítem.
- El diseño de red de distribución óptica deberá cumplir con las normativas de código de electricidad 2012 en cuanto a lo que es distancias mínimas de seguridad (DMS), calles, avenidas, jirones y también los DMS de red de distribución eléctrica de baja, media y alta tensión.
- La topología del diseño es en árbol puesto que es la topología más usada y económica en el diseño de arquitecturas FTTH.
- Se utiliza postes de red de distribución eléctrica de (electro puno) y PRONATEL, se contempla en el diseño el izado de postes, para poder llegar con fibra a los abonados en los ítems que no haya postes de electro puno y en los ítems que se nos haga imposible cumplir con los DMS del código nacional de electricidad 2012.
- Red de alimentación, se eligió un cable de fibra óptica de 36 hilos ADSS span 100 puesto que se utiliza 20 puertos GPON y se deja una reserva de 16 hilos, por estándar la fibra viene en múltiplos de 6 hilos por tubo hasta fibras de 36 hilos y de ahí en adelante en múltiplos de 12.
- La red de distribución tiene un 50 % de hilos de reserva. Y se utiliza un cable de fibra 24 hilos ADSS span 100, de los cuales 12 hilos estarán como fibra oscura.
- Para la red de alimentación y distribución se dejará reserva en crucetas de 50 metros cada 1 Km de longitud de fibra.



- La red de dispersión se utiliza un cable de fibra de 2 hilos con una longitud de 300 metros, la cantidad de cables es de 620 para total de abonados.
- Se utiliza 20 splitter de primer nivel de razón 1:4, y 78 splitter de segundo nivel de razón 1:8.
- Los empalmes y fusiones se desarrollan en orden de acuerdo al código de colores de fibra óptica.
- Para determinar la longitud del cable de fibra óptica se obtiene la distancia cubierta por el cable + la flecha que es el 1 % de la distancia + las reservas del cable, la distancia cubierta por el cable se obtiene del diseño de Google Earth.
- Para los LCPs la MUFA 1 contiene 6 splitter de primer nivel, la MUFA 2 contiene 6 splitter de primer nivel y la MUFA 3 contiene 8 splitter de primer nivel.
- Para las NAPs se tiene 78 splitter de segundo nivel lo más cercano posible a los abonados, ya que el porcentaje de difusión es de 50 % una NAP con splitter de 1:8 tiene una cobertura de 16 viviendas. Se ubican las NAPs a distancias que puedan cubrir 16 viviendas, la figura 23 muestra diseño de la red.

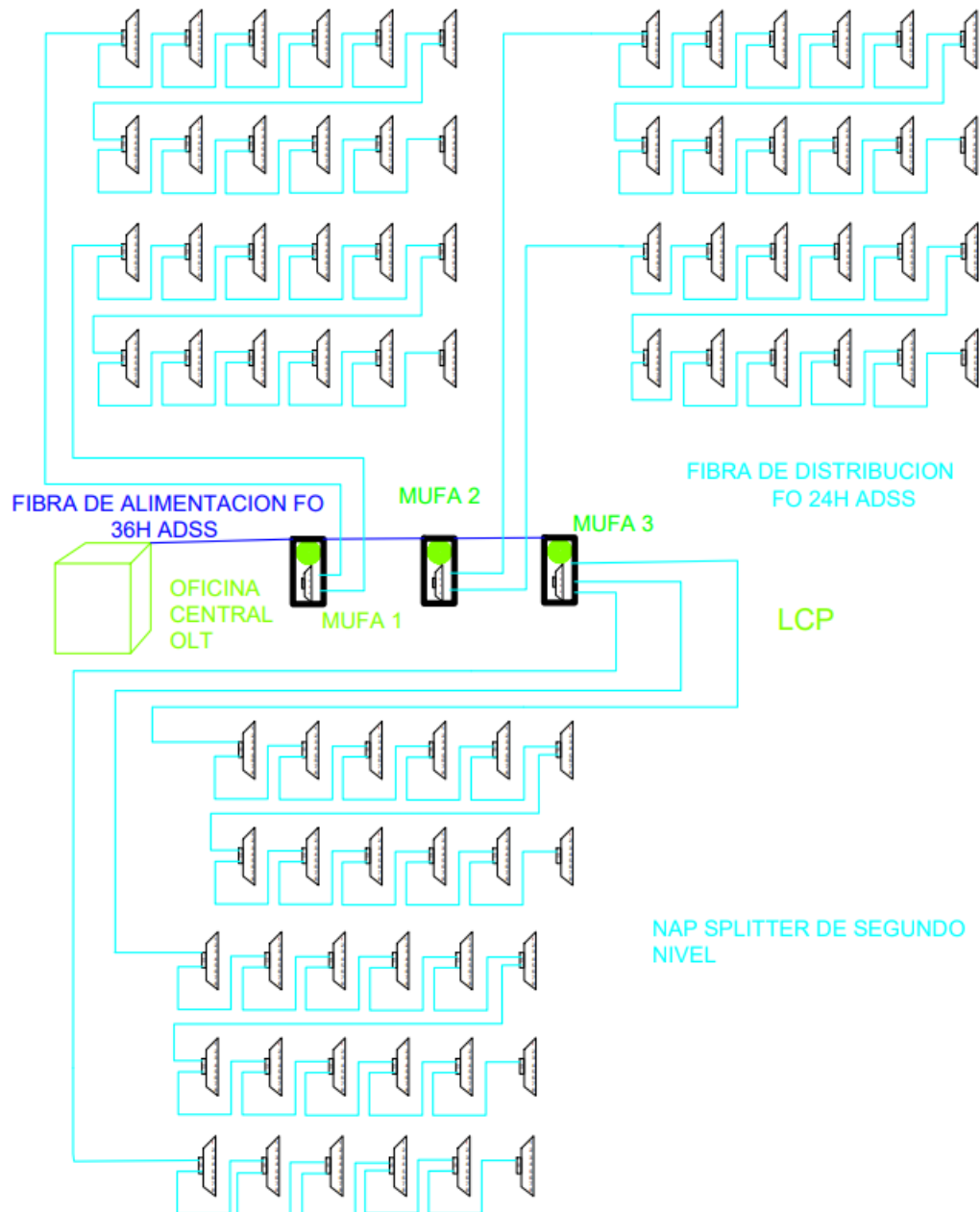


Figura 23 : *Diseño de la red de distribución óptica.*

Elaboración propia.

- Para el diseño de red de distribución óptica, desde la OLT sale un cable de fibra de alimentación de 36 hilos ADSS hasta llegar a los tres LCP con una mufa en cuyo interior se encuentran splitter de 1:4 de primer nivel, de la mufa hacia adelante salen los cables de fibra de distribución 24 Hilos ADSS hasta llegar a las NAPs cada una con una caja de terminación óptica en cuyo interior se encuentra

un splitter de 1:8 de segundo nivel, desde nuestras NAPs salen los cables de fibra de dispersión a la casa de los abonados.

- Con las 3 mufas se cubre a: $192 + 190 + 238 = 620$ abonados.
- En el diseño de Google Earth los ítems se detallan con la descripción de los herrajes, componentes, coordenadas geográficas, altura del poste, DMS respecto al suelo y cable, tal como se muestra en la figura 24.

2. X

2.	
FID	1
ITEM	2.
REFERENCIA	AV. QHAPAQ ÑAN
POSTE	p 12 m
LATITUD	-15,296984
LONGITUD	-69,984756
HERRAJE	retencion
HERRAJE_SU	2 trompos platina y fleje
CRUCETA	si, reserva 50m
COMPONENTE	
DMS_SUELO	>5.5
DMS_CABLE	>1
CRUCE_AMER	
DETALLES	cambio de nivel

Indicaciones: [Hasta aquí](#) - [Desde aquí](#)

Figura 24 : Descripción de ítems en Google Earth.

Elaboración propia con Google Earth.

4.7.1. Diseño de la red de alimentación.

La red de alimentación inicia en el ítem 1 donde se encuentra el gabinete con los equipos de cabecera como la OLT y ODF, como muestra la figura 25.



Figura 25 : *Inicio de la red de alimentación ítem 1.*

Elaboración propia.

En su trayecto aéreo a través de postes se conecta con los LCP: MUFA 1, MUFA 2, MUFA 3, en esta última finaliza la red de alimentación, tal como se muestra en la figura 26.



Figura 26 : Red de alimentación.

Elaboración propia con Google Earth.

La OLT se ubica en la Av. Qhapaq Ñan manzana B4, la fibra de alimentación recorre en su trayecto la distancia de 944 m, sacándole la flecha $944 \text{ m} * 1 \% = 9.44 \text{ m}$ y sumándole las reservas de 25 m que se encuentra en el ítem 1, la de 50 m que se encuentra en el ítem 2 y la reserva de 50 m en el ítem 29, lo que nos da la longitud de la fibra = $944 \text{ m} + 9.44 \text{ m} + 2(50 \text{ m}) + 25 \text{ m} = 1078.44 \text{ m}$.

4.7.2. Diseño de la red de distribución.

La red de distribución inicia de los LCP de MUFA 1, MUFA 2 y MUFA 3 hacia las NAPs.

MUFA 1. Contiene tres bandejas de las cuales se usan dos, en cada bandeja tendrá 3 splitter de 1:4, lo que da tres hilos de alimentación y 12 hilos de salida por bandeja, teniendo un total de 6 hilos alimentados y 24 hilos de salida, de la mufa salen dos cables de F.O. 24 hilos ADSS, cada cable alimenta 12 NAPs con splitter 1:8, haciendo un total

de 24 NAPs de este último salen 8 cables drop de dos hilos hacia la ONT del abonado excepto en la NAP 37 que sale 6 cables de hilos drop, esta mufa brinda servicio a: $24 * 8 = 192 - 2 = 190$ abonados.

MUFA 1, CABLE DE FIBRA DE DISTRIBUCIÓN 1, que muestra la figura 27, la mufa uno está ubicado en el ítem 8 Av. Qhapaq Ñan de ahí sale nuestra fibra de distribución.



Figura 27 : Cable de fibra de distribución 1.

Elaboración propia con Google Earth.

- Este cable de fibra de 24H ADSS cubre 12 NAPs, de la NAP 37 sale 6 cables drop de red de dispersión.
- Recorre en su trayecto la distancia de 2185 m, sacándole la flecha $2185 \text{ m} * 1 \% = 21.85 \text{ m}$ y sumándole las 3 reservas de 50 m que se encuentran en el ítem 49, ítem 76 e ítem 79, nos da la longitud del cable de fibra 1 = $2185 \text{ m} + 21.85 \text{ m} + 3(50 \text{ m}) = 2356.85 \text{ m}$.

MUFA 1, CABLE DE FIBRA DE DISTRIBUCIÓN 2, tal como se ve en la figura 28, este cable de distribución cubre 12 NAPs.



Figura 28 : *Cable de fibra de distribución 2*

Elaboración propia con Google Earth.

- Recorre en su trayecto la distancia de 1255 m, sacándole la flecha $1255 \text{ m} * 1 \% = 12.55 \text{ m}$ y sumándole las 2 reservas de 50 m que se encuentran en el ítem 95 e ítem 102, nos da la longitud del cable de fibra 2 = $1255 \text{ m} + 12.55 \text{ m} + 2(50 \text{ m}) = 1367.55 \text{ m}$.

MUFA 2 contiene tres bandejas de las cuales se usan dos, cada bandeja tendrá 3 splitter de 1:4, lo que da tres hilos de alimentación y 12 hilos de salida por bandeja, teniendo un total de 6 hilos alimentados y 24 hilos de salida, de la mufa salen dos cables de F.O. 24 hilos ADSS, cada cable alimenta 12 NAPs con splitter 1:8, haciendo un total de 24 NAPs de este último salen 8 cables drop de dos hilos hacia la ONT por lo que esta mufa brinda servicio a: $24 * 8 = 192$ abonados.

MUFA 2 CABLE DE FIBRA DE DISTRIBUCIÓN 3, tal como se ve en la figura 29. La MUFA 2 está ubicado en JR. 28 de julio.



Figura 29 : Cable de fibra de distribución 3.

Elaboración propia con Google Earth.

- Este cable cubre 12 NAPs, recorre en su trayecto la distancia de 1273 m, sacándole la flecha $1273 \text{ m} * 1 \% = 12.73 \text{ m}$ y sumándole las 2 reservas de 50 m que se encuentra en el ítem 134 e ítem 143, nos da la longitud del cable de fibra 3 = $1273 \text{ m} + 12.73 \text{ m} + 2(50 \text{ m}) = 1385.73 \text{ m}$.

MUFA 2, CABLE DE FIBRA DE DISTRIBUCIÓN 4, tal como se ve en la figura

30.



Figura 30 : Cable de fibra de distribución 4.

Elaboración propia con Google Earth.

- Este cable cubre 12 NAPs, recorre en su trayecto la distancia de 1112 m, sacándole la flecha $1112 \text{ m} * 1 \% = 11.12 \text{ m}$ y sumándole las 2 reservas de 50 m que se encuentra en el ítem 168 e ítem 174, nos da la longitud del cable de fibra 4 = $1112 \text{ m} + 11.12 \text{ m} + 2(50 \text{ m}) = 1223.12 \text{ m}$.

MUFA 3. Se utiliza tres bandejas la primera bandeja contiene tres splitter de 1:4 con 3 hilos de alimentación 12 hilos de salida, la segunda bandeja contiene 3 splitter de 1:4 con 3 hilos de alimentación y 12 hilos de salida, la tercera bandeja contiene dos splitter con dos hilos de alimentación 6 hilos de salida. De la mufa salen tres cables de 24 hilos cada una, el primer cable es para 12 NAPs, el segundo para 12 NAPs, y el tercero para 6 NAPs, cada NAP tiene un splitter de 1:8 de cada una salen 8 cables drop de 2 hilos hasta el abonado excepto en la NAP 66 que sale 6 cables drop por lo que esta mufa brinda servicio a: $30 * 8 = 240 - 2 = 238$.

MUFA 3 CABLE DE FIBRA DE DISTRIBUCIÓN 5, se ve en la figura 31. La MUFA 3 está ubicado en Jr. 2 de mayo.



Figura 31 : Cable de fibra de distribución 5.

Elaboración propia con Google Earth.

- Este cable de fibra cubre 12 NAPs, recorre en su trayecto la distancia de 1055 m, sacándole la flecha $1055 \text{ m} * 1 \% = 10.55 \text{ m}$ y sumándole las 2 reservas de 50 m que se encuentra en el ítem 195 e ítem 202, nos da la longitud del cable de fibra 5 $= 1055 \text{ m} + 10.55 \text{ m} + 2(50 \text{ m}) = 1165.55 \text{ m}$.

MUFA 3 CABLE DE FIBRA DE DISTRIBUCIÓN 6, se ve en la figura 32.

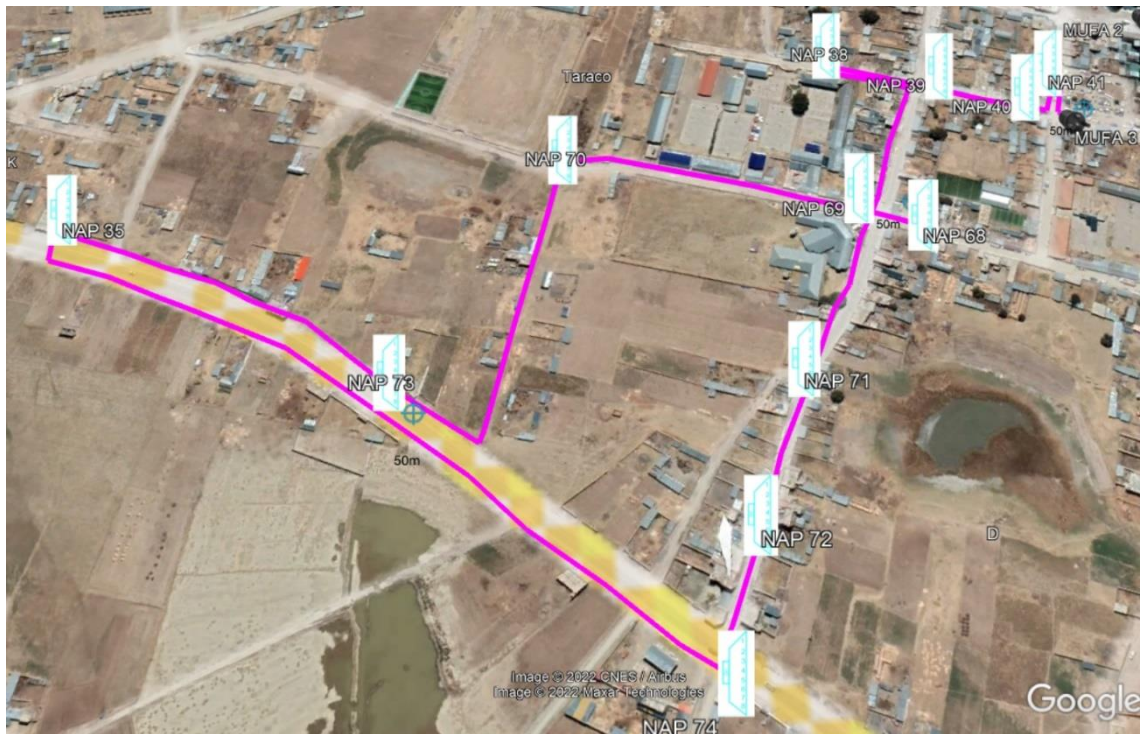


Figura 32 : Cable de fibra de distribución 6.

Elaboración propia con Google Earth.

- Este cable cubre 12 NAPs, recorre en su trayecto la distancia de 1930 m, sacándole la flecha $1930 \text{ m} * 1 \% = 19.30 \text{ m}$ y sumándole las 2 reservas de 50 m que se encuentra en el ítem 228 e ítem 254, nos da la longitud del cable de fibra 6 $= 1930 \text{ m} + 19.30 \text{ m} + 2(50 \text{ m}) = 2049.3 \text{ m}$.

MUFA 3 CABLE DE FIBRA DE DISTRIBUCIÓN 7 se ve en la figura 33.

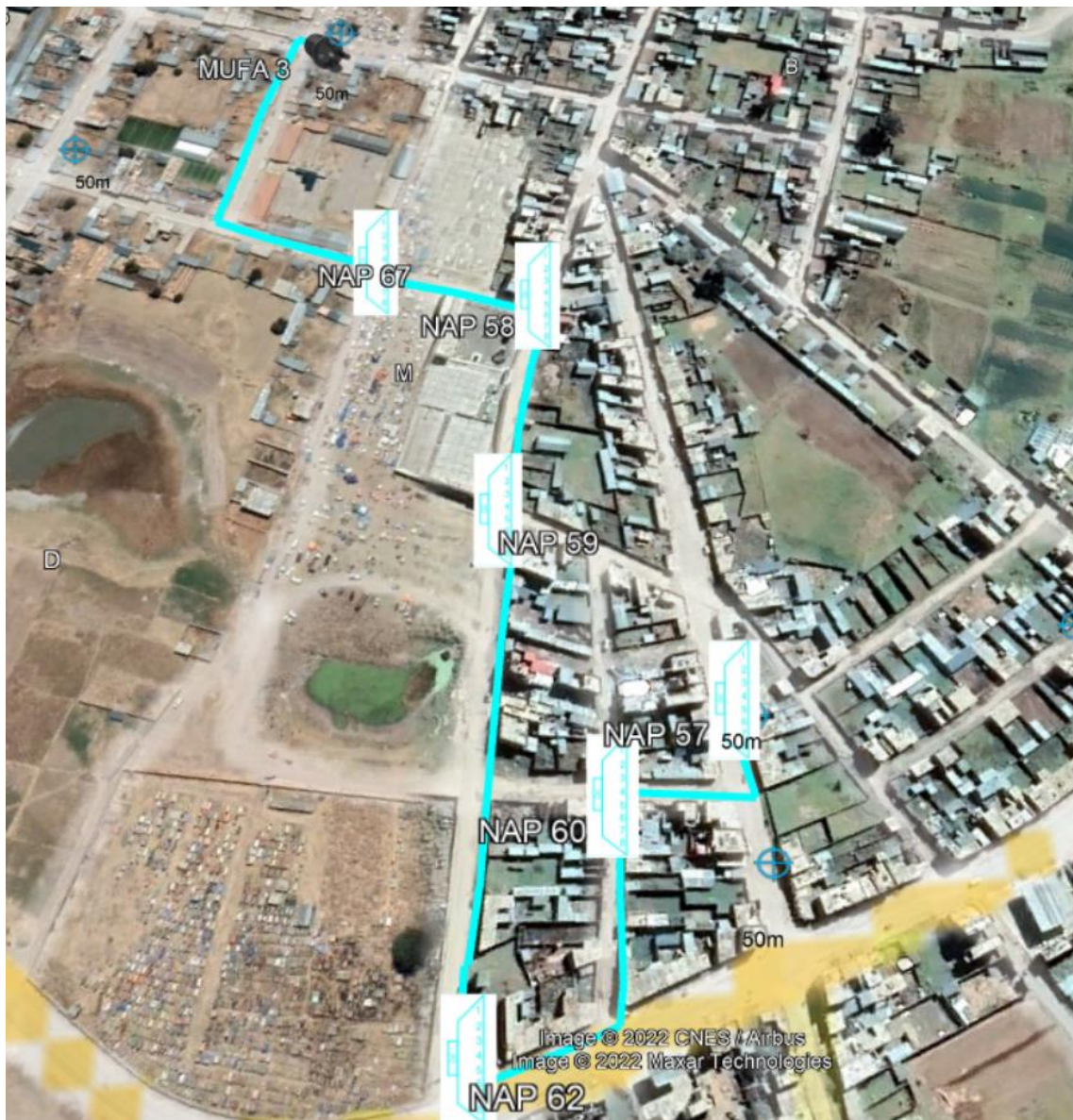


Figura 33 : Cable de fibra de distribución 7.

Elaboración propia con Google Earth.

- Este cable cubre 6 NAPs, recorre en su trayecto la distancia de 878 m, sacándole la flecha $878 \text{ m} * 1 \% = 8.78 \text{ m}$ y sumando la reserva de 50 m que se encuentra en el ítem 280, nos da la longitud del cable de fibra 7 = $878 \text{ m} + 8.78 \text{ m} + 50 \text{ m} = 936.78 \text{ m}$.

En toda la red de distribución se tiene un total de 78 NAPs para 620 abonados, se ve el diseño en la figura 34.

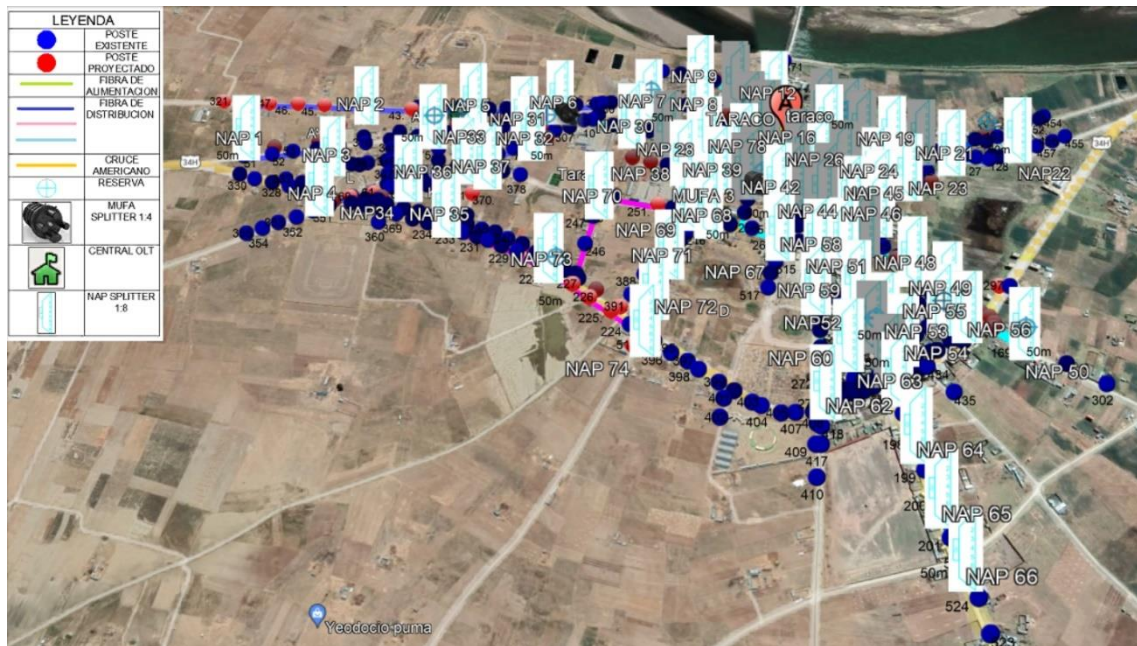


Figura 34 : *Diseño de red de alimentación y distribución en Google Earth.*

Elaboración propia con Google Earth.

4.7.3. Diseño de la red de dispersión.

Para esta red se usa cables drop de 2 hilos, la distancia máxima del cable para nuestro diseño es de 300 metros, se realizó el diseño en AutoCAD cubriendo un hilo cada dos viviendas, como se ve en la figura 35.

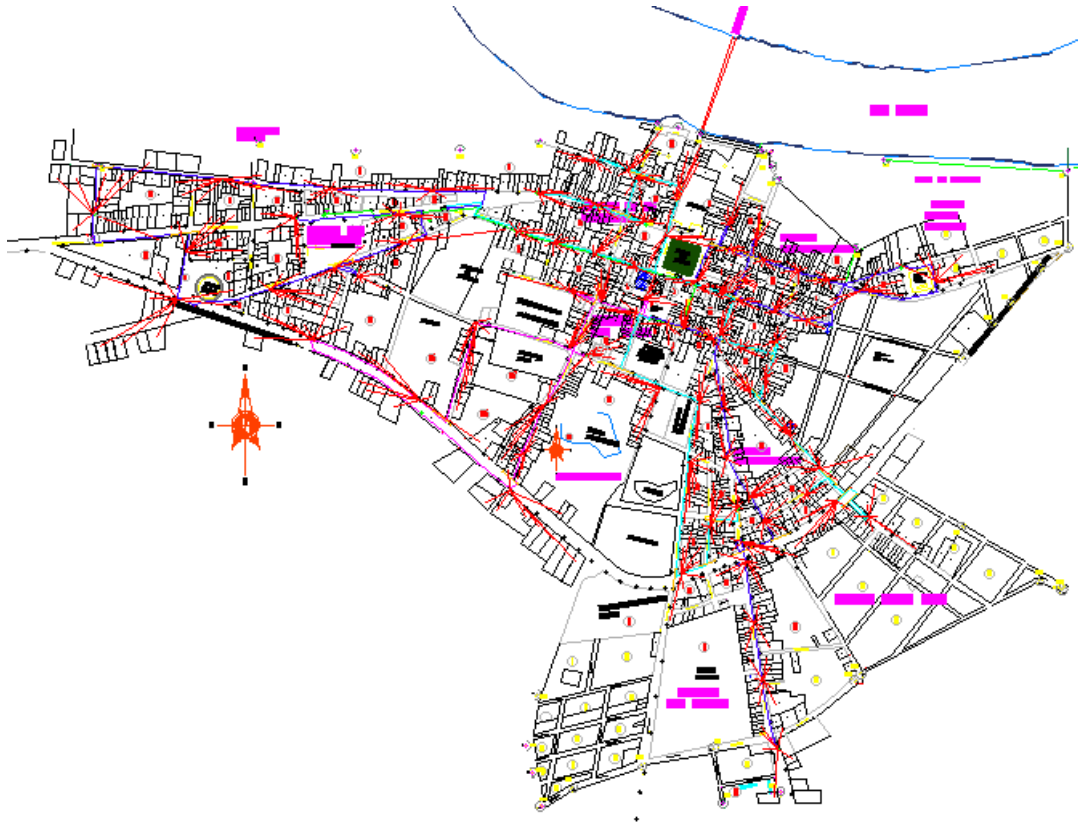


Figura 35 : *Diseño de la red de distribución óptica en AutoCAD.*

Elaboración propia catastro adaptado de la Municipalidad Distrital de Taraco- 2022.

En vista del gran tamaño del diseño, este se divide en partes para poder visualizarlos a más detalle, estos planos en AutoCAD se adjuntan en el anexo 2.

4.8. CÁLCULO DEL PRESUPUESTO ÓPTICO.

Para calcular nuestro presupuesto óptico tendremos en cuenta el diagrama de la figura 36 que representa nuestro diseño, cambiando solo en las distancias de cable de fibra tanto de alimentación como de distribución.

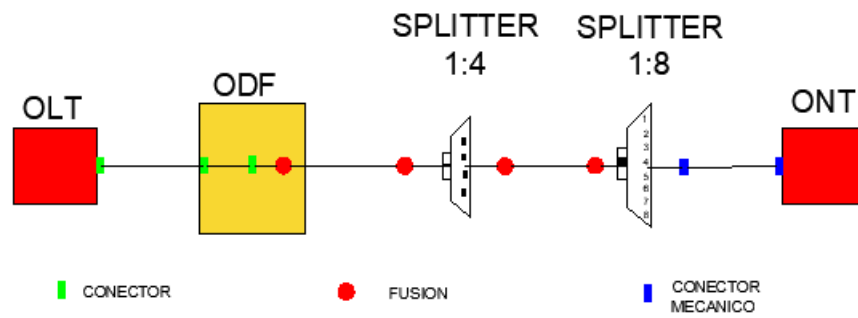


Figura 36 : Diagrama para el cálculo del presupuesto óptico.

Elaboración propia.

- Primero se calcula la longitud del cable de fibra de alimentación de la OLT a las 3 MUFAS en la red de alimentación.

Tabla 14: Longitud del cable de alimentación desde la OLT a MUFAS.

MUFAS	DISTANCIA DEL TRAYECTO (m)	FLECHA (m)	RESERVA (m)	LONGITUD DE CABLE (Km)
1	261,64	2,6164	75	0,340
2	769,43	7,6943	75	0,852
3	944	9,44	125	1,078

Elaboración propia.

- Segundo, se calcula la longitud de los cables de fibra de la red de distribución.

Tabla 15: Longitud del cable de fibra de la red de distribución.

CABLE	DISTANCIA DEL TRAYECTO (m)	FLECHA (m)	RESERVA (m)	LONGITUD DE CABLE (Km)
1	2185	21,85	150	2,357
2	1255	12,55	100	1,368
3	1273	12,73	100	1,386
4	1112	11,12	100	1,223
5	1055	10,55	100	1,166
6	1930	19,3	100	2,049
7	878	8,78	50	0,937

Elaboración propia.

- Tercero, se calcula la longitud total de cables por ruta, sabiendo que, en la red de dispersión, la distancia más larga de cable drop es de 0.3 Km.

Tabla 16: Longitud total del cable.

RUTA	ALIMENTACIÓN (Km)	DISTRIBUCIÓN (Km)	DISPERSIÓN (Km)	LONGITUD DE CABLE (Km)
1	0,3392564	2,35685	0,3	2,996
2	0,3392564	1,36755	0,3	2,007
3	0,8521243	1,38573	0,3	2,538
4	0,8521243	1,22312	0,3	2,375
5	1,07844	1,16555	0,3	2,544
6	1,07844	2,0493	0,3	3,428
7	1,07844	0,93678	0,3	2,315

Elaboración propia.

- Cuarto, se calcula el presupuesto óptico.

Se calcula el presupuesto óptico para $\lambda = 1550\text{nm}$ de la OLT hacia el ONT en bajada.

Tabla 17: Presupuesto de potencia óptica $\lambda = 1550\text{ nm}$.

RUTA	j dBm	a dB	b dB	c Km	d dB/Km	e dB	f dB	g dB	h dB	i dB	PRESUPUESTO ÓPTICO (dBm)
1	5	6,02	9,03	2,996	0,3	4	0,2	5	0,5	3	-17,25
2	5	6,02	9,03	2,007	0,3	4	0,2	5	0,5	3	-16,95
3	5	6,02	9,03	2,538	0,3	4	0,2	5	0,5	3	-17,11
4	5	6,02	9,03	2,376	0,3	4	0,2	5	0,5	3	-17,06
5	5	6,02	9,03	2,544	0,3	4	0,2	5	0,5	3	-17,11
6	5	6,02	9,03	3,428	0,3	4	0,2	5	0,5	3	-17,38
7	5	6,02	9,03	2,315	0,3	4	0,2	5	0,5	3	-17,04

Elaboración propia.

Para video (IPTV), que trabaja con la longitud de onda de 1550 nm: Como el equipo activo de recepción es la ONT con sensibilidad de -27 dBm , y saturación de -8 dBm , se ve en la tabla 17 que los valores del presupuesto de potencia óptica está dentro del rango permitido lo cual garantiza la funcionalidad del diseño.

Se calcula el presupuesto óptico para $\lambda = 1490$ nm de la OLT al ONT en bajada.

Tabla 18: *Presupuesto de potencia óptica $\lambda = 1490$ nm.*

RUTA	j dBm	a dB	b dB	c Km	d dB/Km	e dB	f dB	g dB	h dB	i dB	PRESUPUESTO ÓPTICO (dBm)
1	5	6,02	9,03	2,996	0,35	4	0,2	5	0,5	3	-17,40
2	5	6,02	9,03	2,007	0,35	4	0,2	5	0,5	3	-17,05
3	5	6,02	9,03	2,538	0,35	4	0,2	5	0,5	3	-17,24
4	5	6,02	9,03	2,375	0,35	4	0,2	5	0,5	3	-17,18
5	5	6,02	9,03	2,544	0,35	4	0,2	5	0,5	3	-17,24
6	5	6,02	9,03	3,428	0,35	4	0,2	5	0,5	3	-17,55
7	5	6,02	9,03	2,315	0,35	4	0,2	5	0,5	3	-17,16

Elaboración propia.

Para datos y voz que trabaja en la longitud de onda de 1490 nm: Como el equipo activo de recepción es la ONT con sensibilidad de -27 dBm, y saturación de -8 dBm, se ve en la tabla 18 que los valores del presupuesto de potencia óptica está dentro del rango permitido lo cual garantiza la funcionalidad del diseño.



Se calcula el presupuesto óptico para $\lambda = 1310$ nm, de la ONT hacia la OLT en subida.

Tabla 19: Presupuesto de potencia óptica $\lambda = 1310$ nm.

RUTA	j dBm	a dB	b dB	c Km	d dB/Km	e dB	f dB	g dB	h dB	i dB	PRESUPUESTO ÓPTICO (dBm)
1	5	6,02	9,03	2,996	0,4	4	0,2	5	0,5	3	-17,55
2	5	6,02	9,03	2,007	0,4	4	0,2	5	0,5	3	-17,15
3	5	6,02	9,03	2,538	0,4	4	0,2	5	0,5	3	-17,37
4	5	6,02	9,03	2,375	0,4	4	0,2	5	0,5	3	-17,30
5	5	6,02	9,03	2,544	0,4	4	0,2	5	0,5	3	-17,37
6	5	6,02	9,03	3,428	0,4	4	0,2	5	0,5	3	-17,72
7	5	6,02	9,03	2,315	0,4	4	0,2	5	0,5	3	-17,28

Elaboración propia.

Para enviar señales de la ONT a la OLT en subida que trabaja en la longitud de onda de 1310 nm: Como el equipo activo de recepción es la OLT con sensibilidad de -28 dBm, y saturación de -8 dBm, se ve en la tabla 19 que los valores del presupuesto de potencia óptica está dentro del rango permitido lo cual garantiza la funcionalidad del diseño.



4.9. CÁLCULO DEL PRESUPUESTO ECONÓMICO.

Se cálculo el presupuesto económico, se puede apreciar más a detalle en los anexos 1 de la presente investigación.

Tabla 20: *Presupuesto económico.*

DESCRIPCIÓN	TOTAL
FIBRA ÓPTICA	351,796
CRUCES AMERICANOS	10,436
HERRAJES Y COMPONENTES	258,616
MANO DE OBRA	67,284
POSTES	23,650
TOTAL, S/.	711,782

Elaboración propia.



V. CONCLUSIONES

- El diseño de una red FTTH con arquitectura GPON brinda mayor capacidad de ancho de banda con la cual se ofrece los servicios triple play IPTV 40 Mbps, telefonía 100 Kbps, en internet de 38 Mbps, en el distrito de Taraco.
- Se hizo el cálculo del presupuesto óptico en todas las ventanas de trabajo tanto de subida como de bajada tomando el lugar más alejado de las rutas para comparar los resultados, la mayor pérdida fue de -17,72 dBm y comprobamos que está dentro del rango de la sensibilidad y saturación de los equipos B+ (-27 dBm, -8 dBm), del equipo receptor, con lo que se garantizó que se puede brindar los servicios de voz, datos y video, lo que se certifica nuestro diseño.
- El estudio de los componentes de las redes FTTH, ayuda a elegir componentes activos y componentes pasivos como los splitter de relación 1:32 que permite brindar 78 Mbps, adecuados para cubrir el ancho de banda de nuestros clientes potenciales, se estudió los herrajes para cada uno de los componentes de la red y se eligió herrajes que cumplan con las características necesarias para que las rutas de fibra de nuestro diseño, puedan cumplir con los DMS tanto de suelo como de cable del código nacional del electricidad-suministro 2011, con lo que se garantiza que las rutas elegidas de fibra de nuestro diseño llegue a nuestros clientes finales.
- El cumplimiento de los estándares ITU-T en el diseño de la red de fibra óptica con arquitectura GPON donde se recomienda dejar hilos de reserva para un futuro crecimiento, elegir equipos y componentes estandarizados garantiza la escalabilidad y la interoperabilidad del diseño.
- Se mejoro la calidad de información educativa, al llegar a ofrecer un ancho de banda de 78 Mbps, el cual es suficiente para acceder a la información de las clases virtuales brindadas por el estado e instituciones privadas.



VI. RECOMENDACIONES

- Al hacer nuestro diseño escalable esta garantiza que la red pueda crecer ya que los tendidos de cables de fibra óptica tienen un tiempo de vida de 15 a 20 años tiempo en el cual se puede incrementar la demanda, lo que implica ampliar nuestro tendido de cable y poner nuevas NAPs.
- Se recomienda proponer este diseño a las empresas de telecomunicaciones y se pueda implementar la red ya que cuenta con un estudio de componentes y herrajes en cada uno de los ítems, por lo que su implementación no requiere de un nuevo estudio que ocasionaría gastos extras.
- En una futura implementación se recomienda, que en la red de dispersión se haga una nueva medida del cable drop, ya que al conocer la ubicación exacta del cliente final que contratara el servicio y el lugar del equipo activo ONT, se lograra reducir la longitud del cable drop propuesto en el diseño.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Acajima, D. (2018). Diseño de una red de fibra óptica FTTH para el acceso de banda ancha en el Distrito de Piura. *Universidad Nacional de Piura*.
- Chayña, J. P. (2017). Diseño de una red de acceso FTTH utilizando el estandar GPON para la empresa Amitel s.a.c, puno. *Universidad Nacional del Altiplano*, P.110.
- Crt. (2020). Cruceta para reservar Cable ADSS de F.O y mufa de empalme aéreo. *SpliceGroup*. Obtenido de <http://www.crtele.com/cruceta-para-cable-adss-y-mufa-de-empalme-aereo.html>
- Fscommunity. (2021). Componentes de la red de acceso FTTH GPON. Obtenido de <https://community.fs.com/es/blog/components-and-architecture-of-gpon-ftth-access-network.html>
- Furukawa, b. s. (2020). Caja de empalme óptico. *furukawa electric*. Obtenido de <https://www.furukawatam.com/es/catalogo-de-productos-detalles/caja-de-empalme-optico---fk-ceo-3t-36f>
- Huawei. (2020). EchoLife EG8143A5. Obtenido de <https://e.huawei.com/mx/products/enterprise-transmission-access/terminal/ont/echolife-eg8143a5>
- Huawei. (2022). características generales de la tecnología GPON. Obtenido de <https://forum.huawei.com/enterprise/es/caracter%20stica-generales-de-tecnolog%20Da-gpon/thread/663937-100275>
- Huawei. (2022). Gabinete N66E-18. *Huawie*. Obtenido de <https://support.huawei.com/enterprise/en/doc/EDOC1100089142/86ec039a/appearance-of-an-n66e-cabinet>



- Lopez, E. (2015). Arquitectura FTTH-GPON. *Researchgate*, P6. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/280069225_FTTH_Course_-_Module_2
- Made. (2022). Caja terminal óptica 8 salidas. Obtenido de https://es.made-in-china.com/co_efoncable/product_La-Caja-Terminal-De-8-Salidas-Con-Divisor-Optico-FTTH-Splitter_eesyehoeg.html
- Made. (2022). ODF tipo cajón 36 Puertos ODF/Fibra Óptica Patch Panel. Obtenido de https://es.made-in-china.com/co_datolinkltd/product_Drawer-Type-36-Ports-ODF-Fiber-Optic-Patch-Panel_eugrriyeg.html
- Medios, D. (2016). Composicion de fibra optica. Obtenido de : <http://hismediosdetransmision.blogspot.com/2016/10/fibra-optica.html>
- Ministerio de Energía y Minas. (2011). Código nacional de electricidad y suministros 2011. P131. Obtenido de <https://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2011/Mayo/05/RM-214-2011-MEM-DM.pdf>
- Montenegro, C. (2021). Estudio técnico para la implementación de una red GPON para la parroquia Sinai de la Provincia de Morona Santiago. *Universidad Católica de Santiago de Guayaquil*,
- Morales, R., & Quiña, A. (2020). Diseño de una red FTTH del barrio la León sector Chilibulo para la empresa Arteksolution cia.LTDA. *Universidad Politécnica Salesiana sede Quito*, P6.
- Optral. (2020). Apuntes de fibra óptica. P3. Obtenido de www.optral.es



- Optral. (2020). Cordón de fibra óptica de estructura ajustada. Obtenido de <http://platea.pntic.mec.es/~lmarti2/optral/cap2/fibra-6.htm>
- Perez, W. M., & Frias, F. D. (2020). Red FTTH para implementar banda ancha en el Distrito de Pomalca. *Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo: Facultad de ciencias físicas y matemática.*, P9.
- Plp. (2020). Herraje delt-gen ADSS. *catálogo-telecomunicaciones-plp-2020-2021-esp*. Obtenido de <http://plp.com.br/wp-content/uploads/2020/11/catalogo-telecomunicaciones-plp-2020-2021-esp.pdf>
- Quisnancela, E., & Espinosa, N. (2016). Certificación de redes GPON, normativa ITU G.984.x. *Enfoque ute revista.*, P19.
- Ramirez, S. (2019). Diseño de una red FttH para el acceso de banda ancha en el condominio Galilea- Castilla, utilizando tecnología GPON. *Universidad Nacional de Piura*, P10.
- Roman, M. (2014). Análisis e implementación de tecnología GPON, redes ópticas pasivas con capacidad gigabit, en redes de telecomunicaciones. *Universidad de San Carlos de Guatemala*, P88.
- Rosas, H. (2021). Diseño de una red FTTH basado en arquitectura GPON para la ciudad de Huacho. *Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion*, P43.
- SbeTech. (2020). Cable de fibra monomodo ADSS. P1. Obtenido de <https://sbetech.com/wp-content/uploads/2020/01/SBE-FOADSS36SM.pdf>
- Seminario, R. (2021). Diseño de una red piloto FTTH utilizando estandar GPON, en modalidad de conmutación de datos por paquetes para el Distrito de Miraflores-Lima. *Universidad Nacional de Piura*, P15-16.



- Silexfiber. (2020). Cable de estructura holgada. Obtenido de <https://silexfiber.com/portfolio/fibra-optica-holgada/>
- Thunder-link. (2022). OLT Huawei MA5683T. Obtenido de https://www.thunder-link.com/HUAWEI-MA5683T_p580.html
- Xyfibers. (2022). Splitter óptico. Obtenido de <https://www.xyfibers.com/Mini-Type-PLC-Splitters.html>
- Zapata, J. (2020). Mejora del servicio de acceso de banda ancha y televisión con tecnología FTTH para el sector del Cercado de Sechura. *Universidad Nacional De Piura*, P31.
- Zpcable. (2019). Suspensión por span. Obtenido de <https://zpcable.com/wp-content/uploads/2020/07/Suspension-Set-for-Short-Span.pdf>



ANEXOS

Anexo 1. Presupuesto económico del proyecto.

A. presupuesto económico de materiales.

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD S/.	TOTAL, S/.
OLT MA5683T HUAWEI, con una tarjeta de 16 y una tarjeta de 8 puertos, una tarjeta uplink.	U	1	20000	20000
ONT Huawei EchoLife EG8143A5	U	620	300	186000
Gabinete	U	1	6000	6000
ODF de fibra óptica Patch Panel, con 36 puertos (JFOPP-D36)	U	1	99	99
Splitter 1:4 xyfibers	U	20	70	1400
Splitter 1:8 xyfibers	U	78	99	7722
Conectores SC/APC	U	620	16	9920
Patchcord SC/APC	U	20	20	400
Mufa	U	3	200	600
Cruceta	U	17	70	1190
Cintillo	U	1	15	15
Cinta bandit 3/4	U	30	120	3600
Preforme rozado y rojo	U	520	15	7800
Hebillas 3/4	ciento	10	20	200
Suspensión de 12,1 mm	U	6	6,5	39



(Continuación...)

Suspensión de 10.1 mm	U	36	6	216
Brazo con tuerca ojo	U	228	38	8664
Trompo platina	U	166	5	830
Tensor dieléctrico drop	U	1006	3,5	3521
TOTAL, S/.				258,216

Elaboración propia.

B. Presupuesto económico de fibra óptica.

CABLE	UNID.	CANTIDAD	UNID. S/.	SUB TOTAL S/.
F.O. de 36H ADSS	m	1078	12	12,936
F.O. de 24H ADSS	m	10486	10	104,860
DROP	m	156000	1.5	234,000
TOTAL, S/.				351,796

Elaboración propia.



C. Presupuesto de cruce americano.

HERRAJE	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO, S/.	SUB TOTAL
Preformes	U	39	199	7761.00
Chapas	U	39	4,5	175,50
Preforma de 4,76 mm	U	58	10,00	580.00
Alambre acerado 4,76 mm	rollo de 200 m	6	320,00	1900.00
			TOTAL, S/.	10,436,5

Elaboración propia.

D. Presupuesto de mano de obra.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNID. S/.	TOTAL, S/.
Tendido de fibra	m	11564	3,5	40474
Empalmes de fibra	U	196	50	9800
Instalación de mufas	U	3	50	150
Instalación de NAPs	U	78	20	1560
Certificación con OTDR	U	196	50	9800
Instalación de postes	U	78	40	2920
Permisos, documentación	U	1	2500	2500
			TOTAL, S/.	67,284

Elaboración propia.



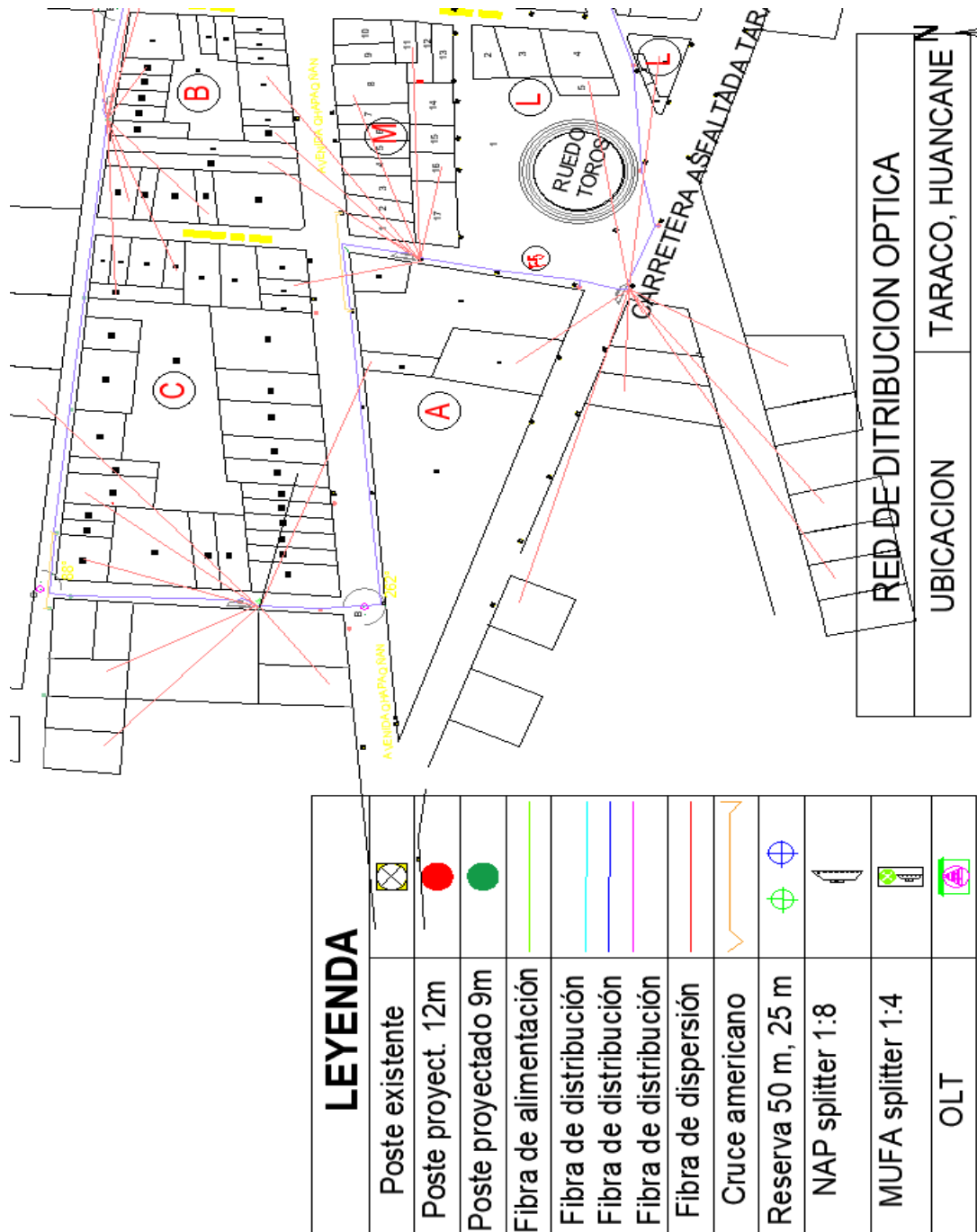
E. Presupuesto económico de postes proyectados.

POSTES	CANTIDAD	COSTO	TATAL, S/.
9 m	38	300	11400
12 m	35	350	12250
		TOTAL, S/.	23,650

Elaboración propia.

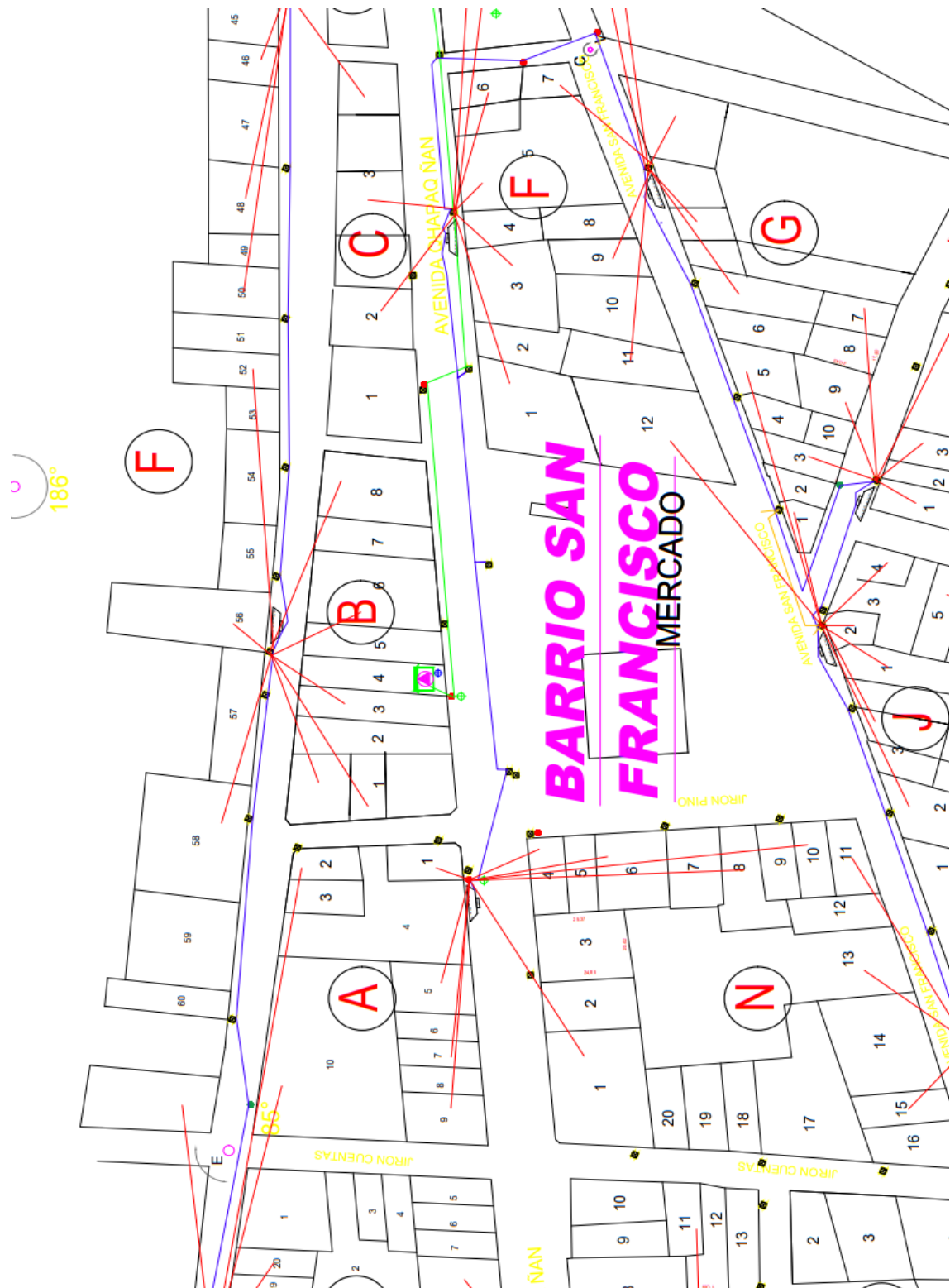
Anexo 2. Planos de AutoCAD del proyecto de investigación se tiene un total de 28 planos.

PLANO DE AUTOCAD 1.



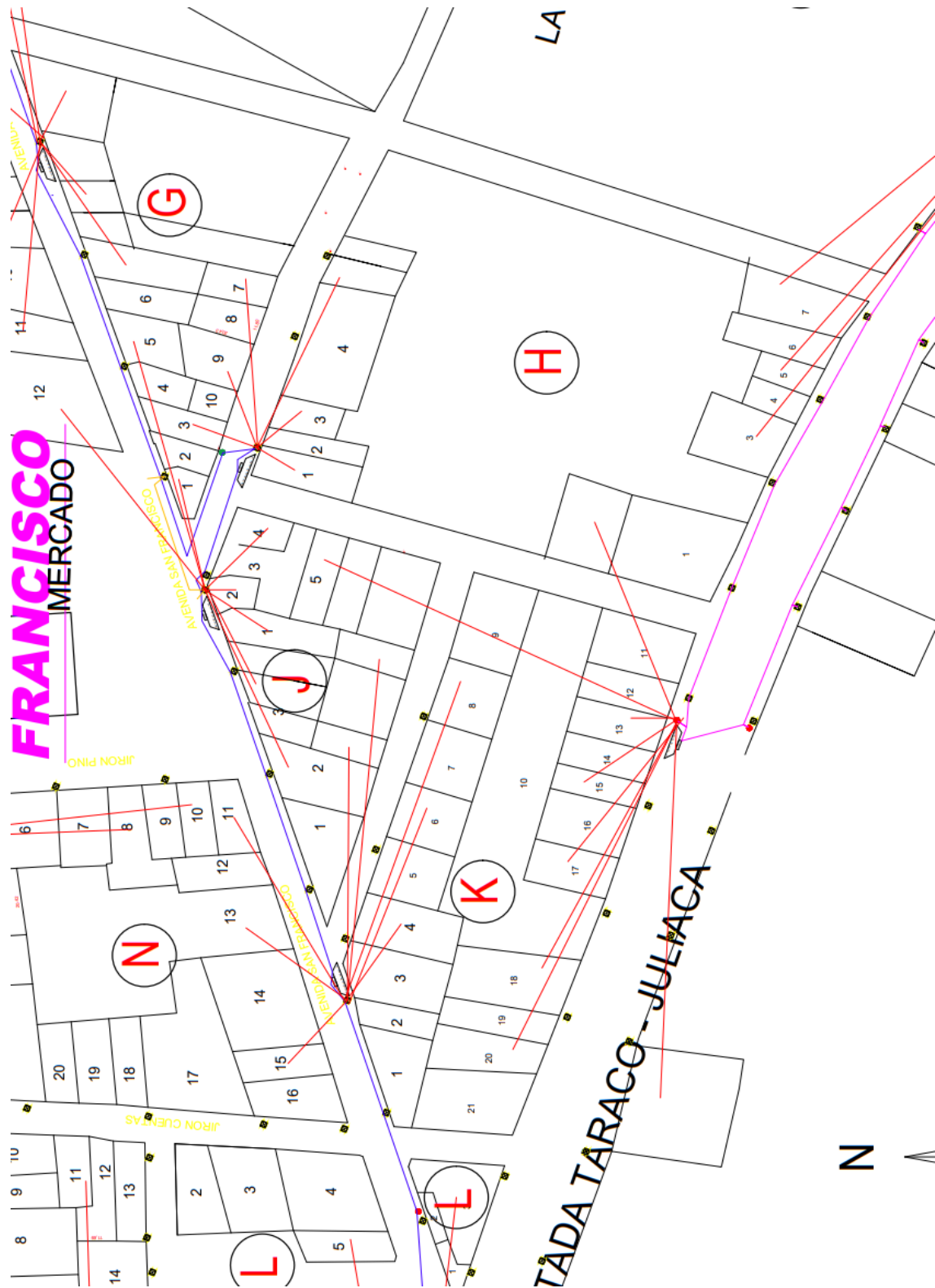
Elaboración propia catastro adaptado de la Municipalidad Distrital de Taraco- 2022.

PLANO DE AUTOCAD 2.



Elaboración propia catastro adaptado de la Municipalidad Distrital de Taraco- 2022.

PLANO EN AUTOCAD 3.



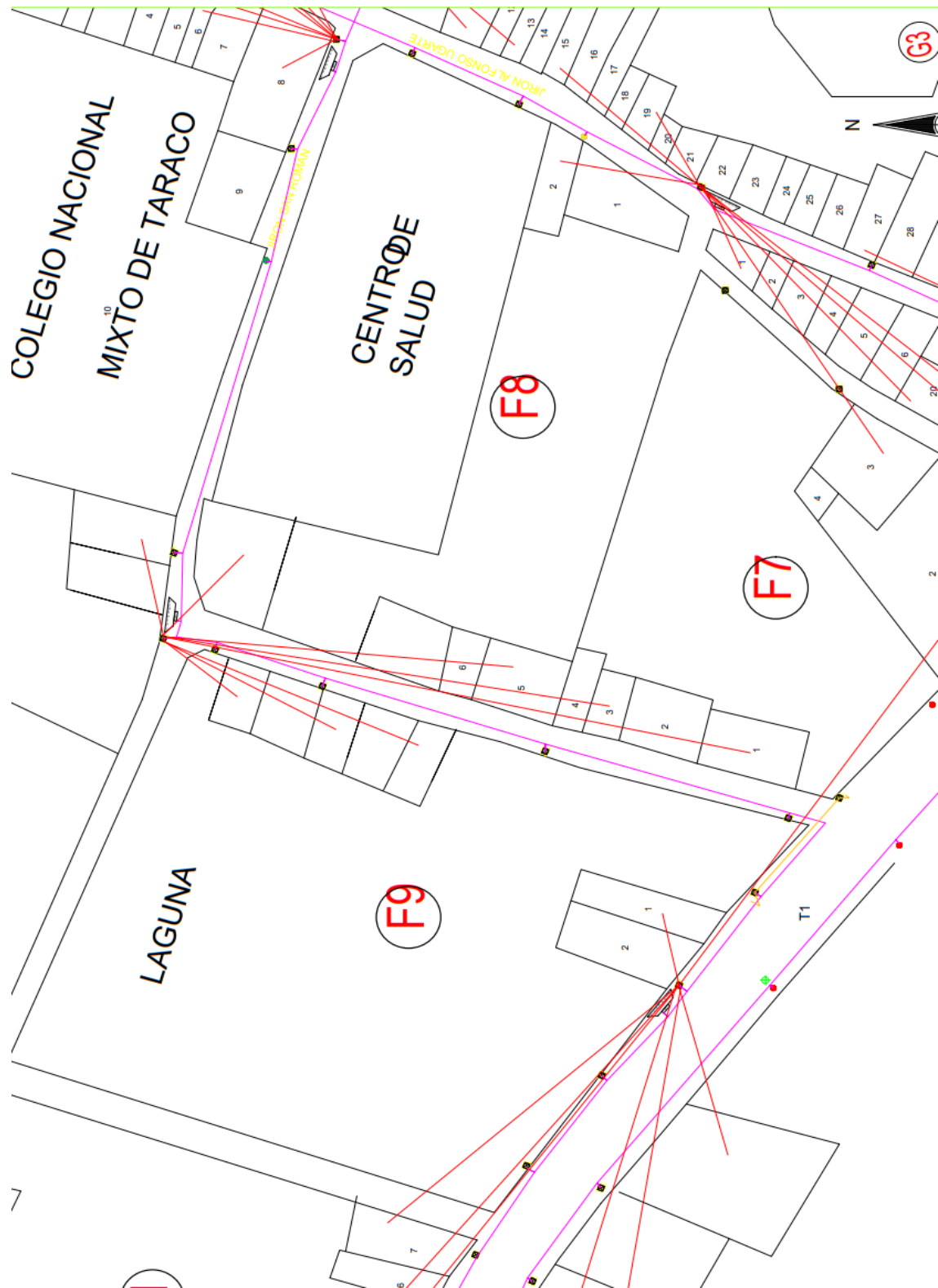
Elaboración propia catastro adaptado de la Municipalidad Distrital de Taraco- 2022.

PLANO AUTOCAD 5.



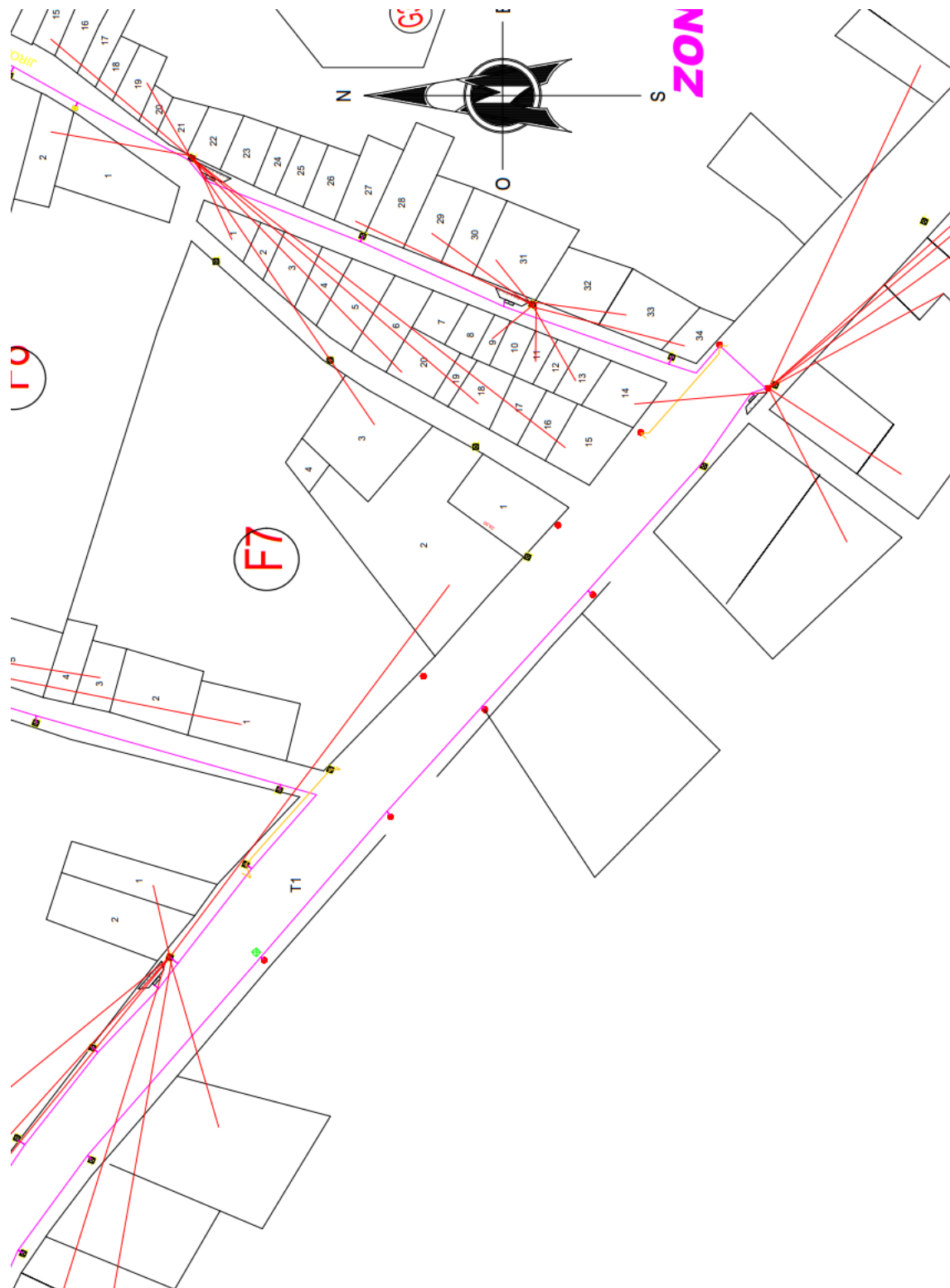
Elaboración propia catastro adaptado de la Municipalidad Distrital de Taraco- 2022.

PLANO AUTOCAD 6.



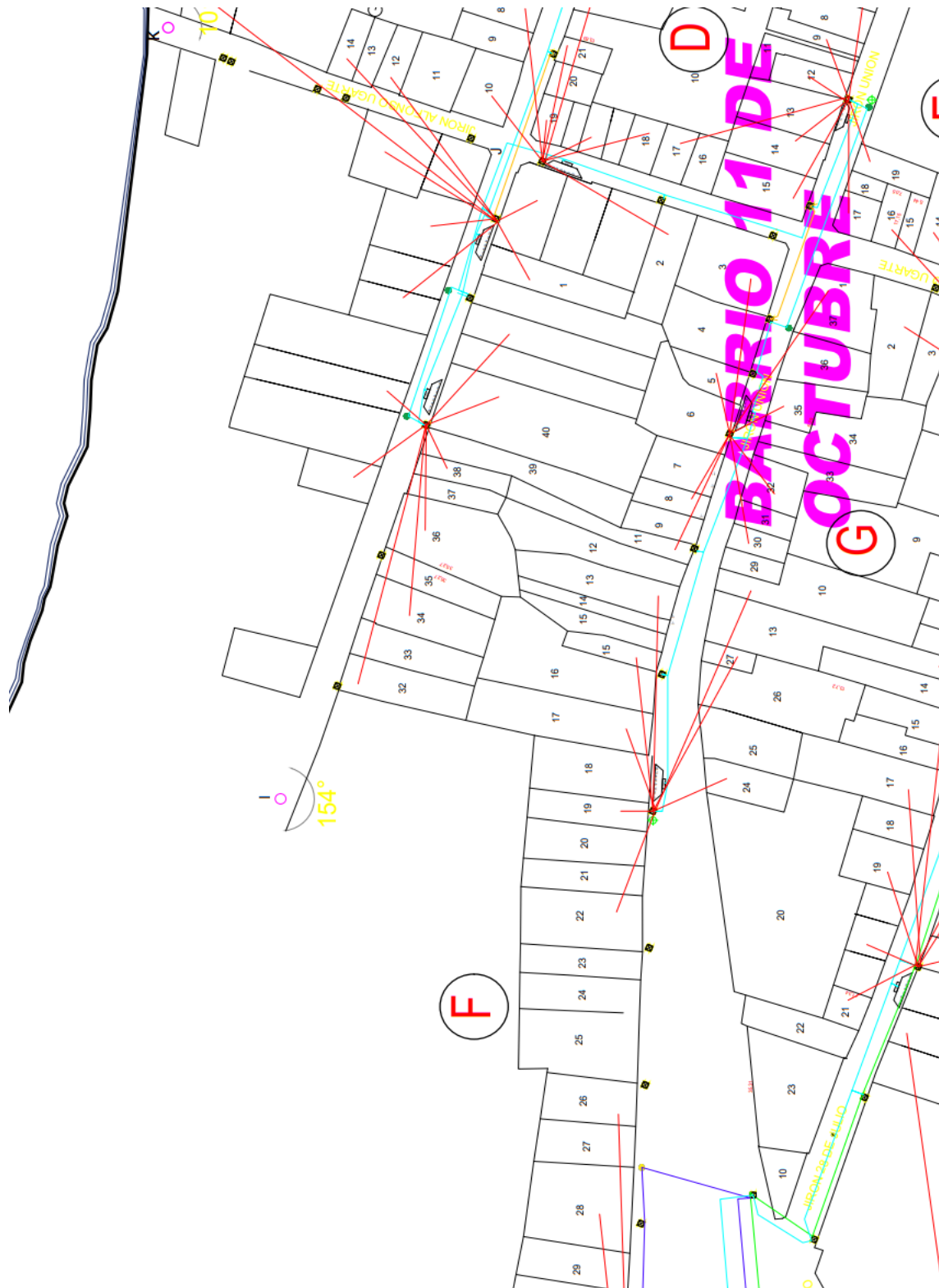
Elaboración propia catastro adaptado de la Municipalidad Distrital de Taraco- 2022.

PLANO AUTOCAD 7.



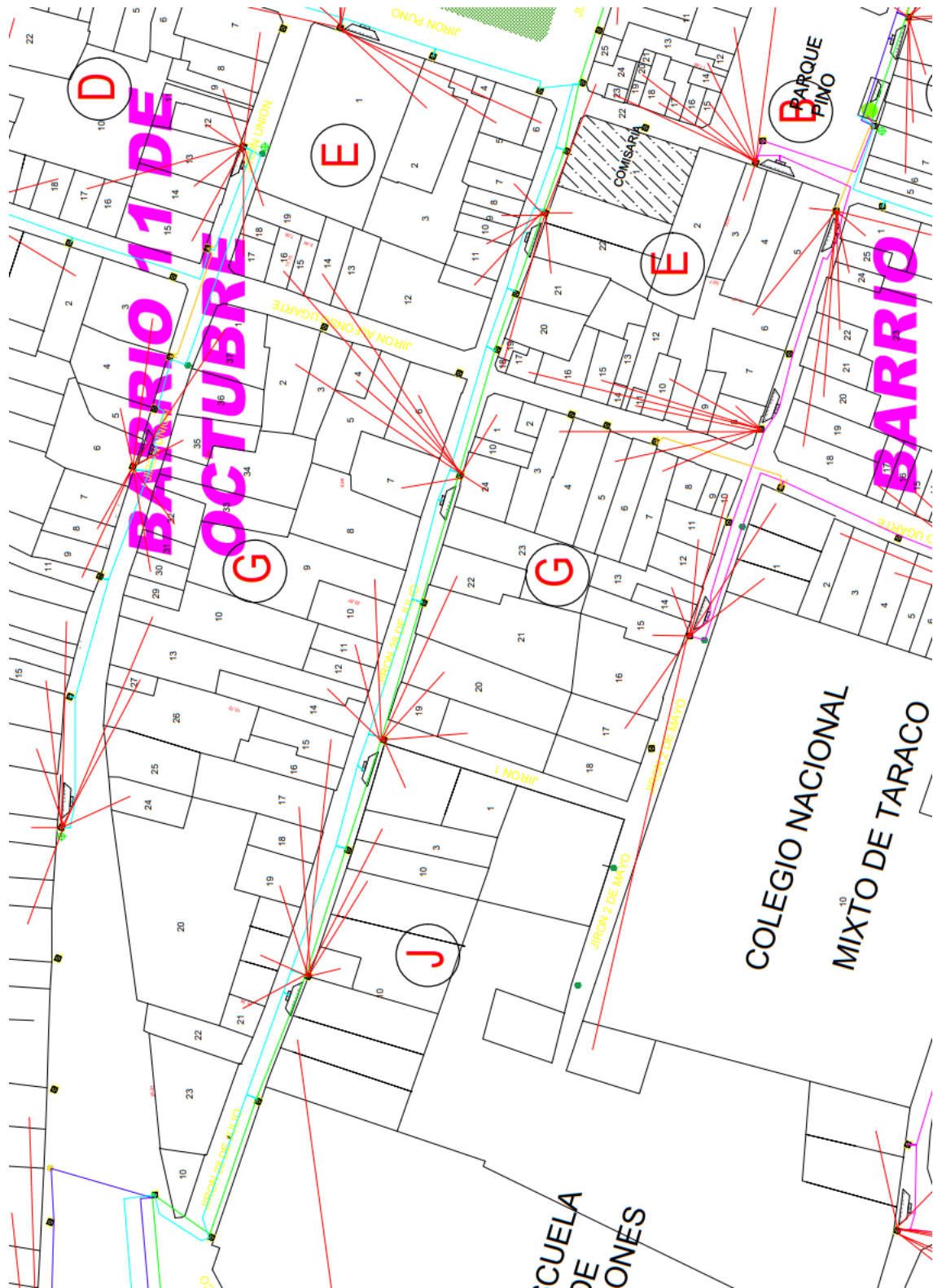
Elaboración propia catastro adaptado de la Municipalidad Distrital de Taraco- 2022.

PLANO AUTOCAD 8.



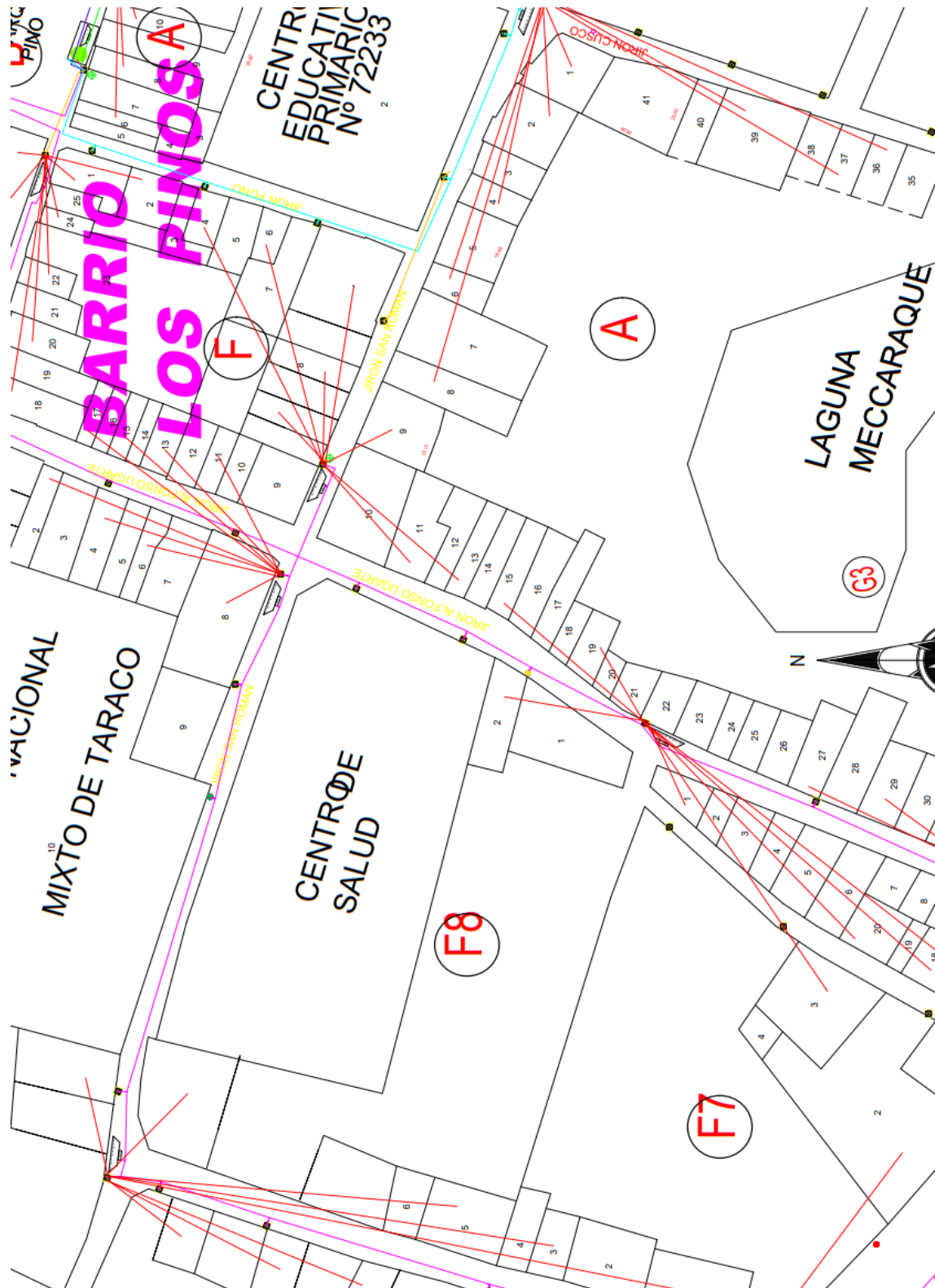
Elaboración propia catastro adaptado de la Municipalidad Distrital de Taraco- 2022.

PLANO AUTOCAD 9.



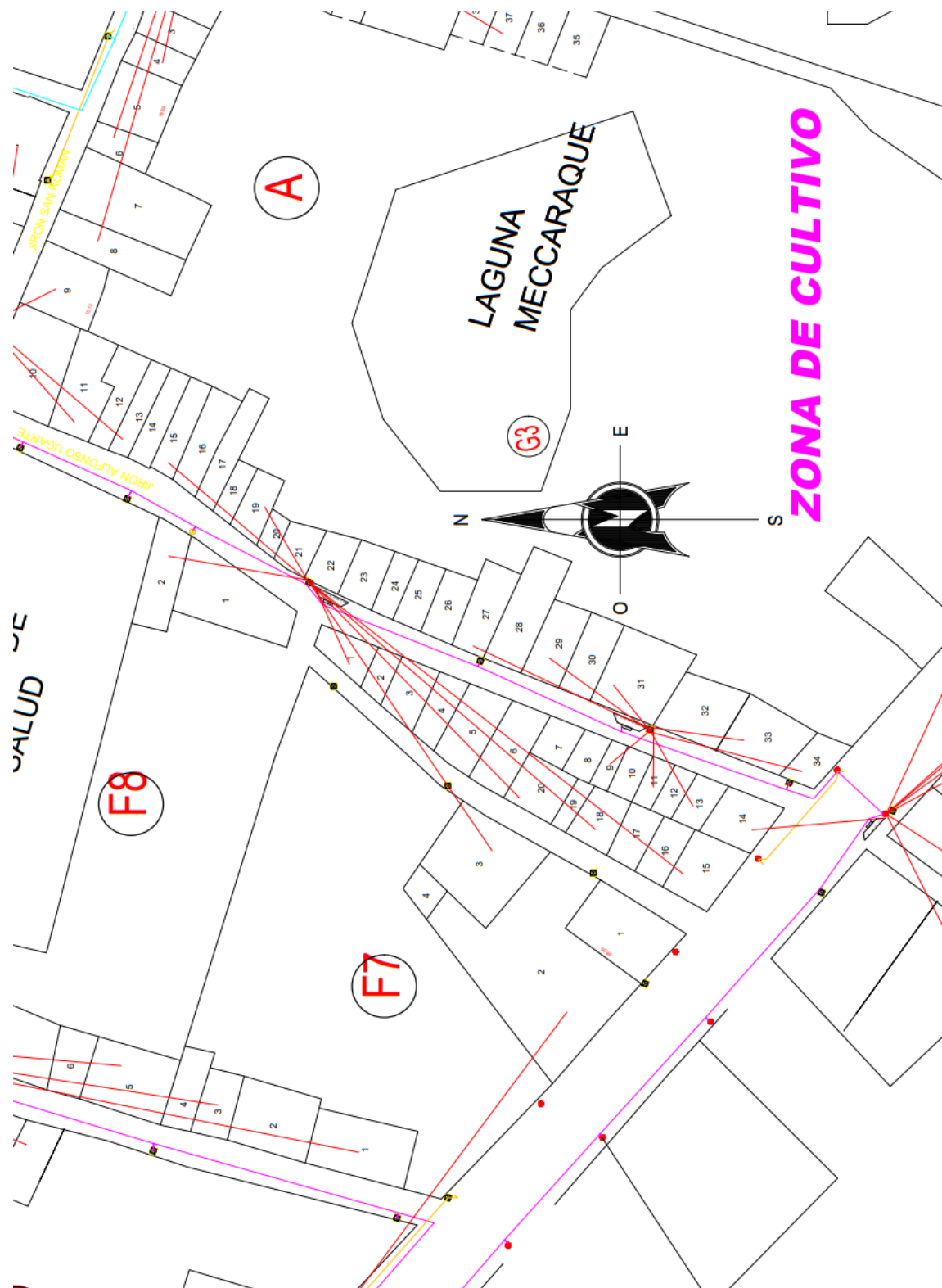
Elaboración propia catastro adaptado de la Municipalidad Distrital de Taraco- 2022.

PLANO AUTOCAD 10.



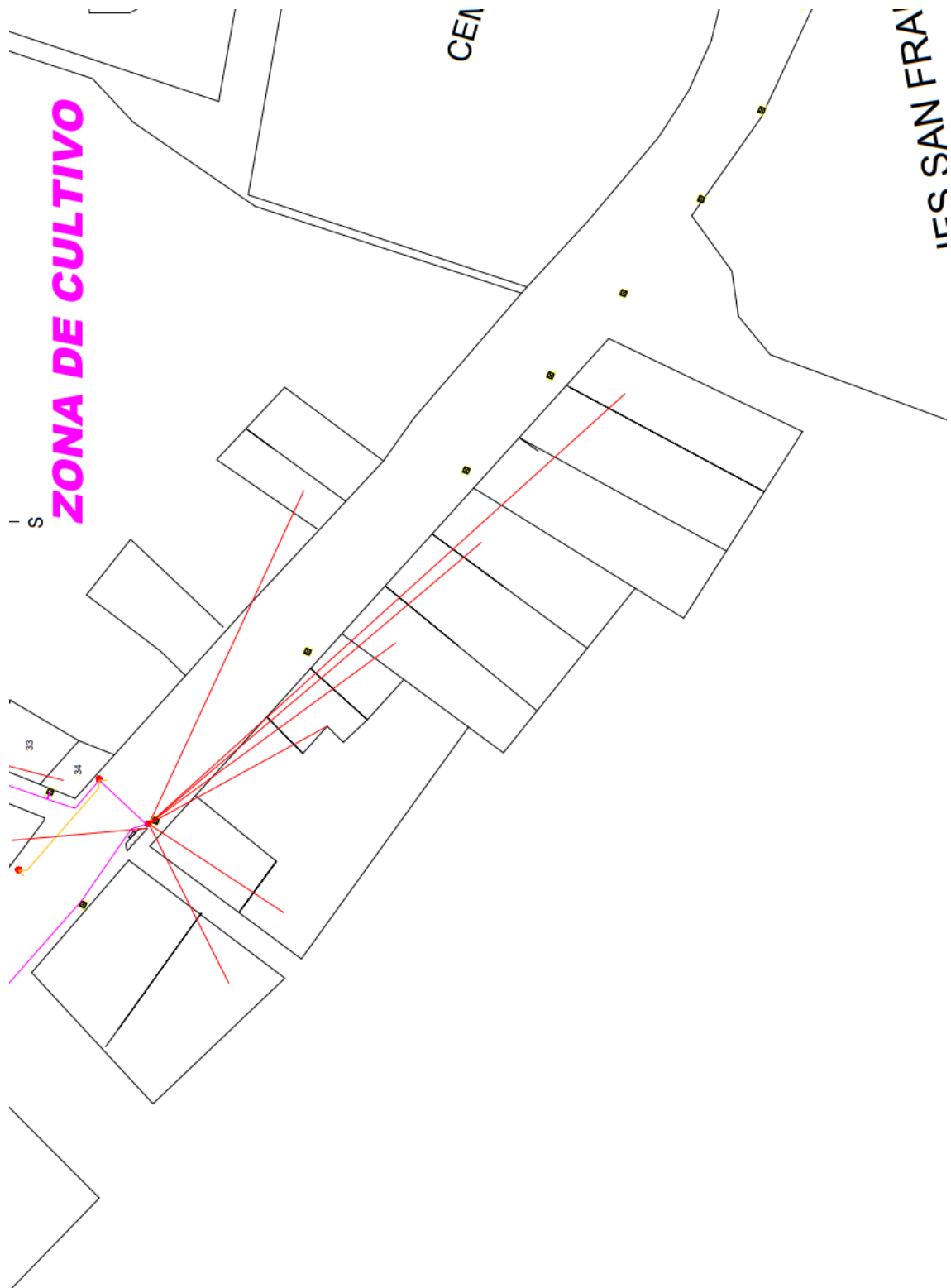
Elaboración propia catastro adaptado de la Municipalidad Distrital de Taraco- 2022.

PLANO AUTOCAD 11.



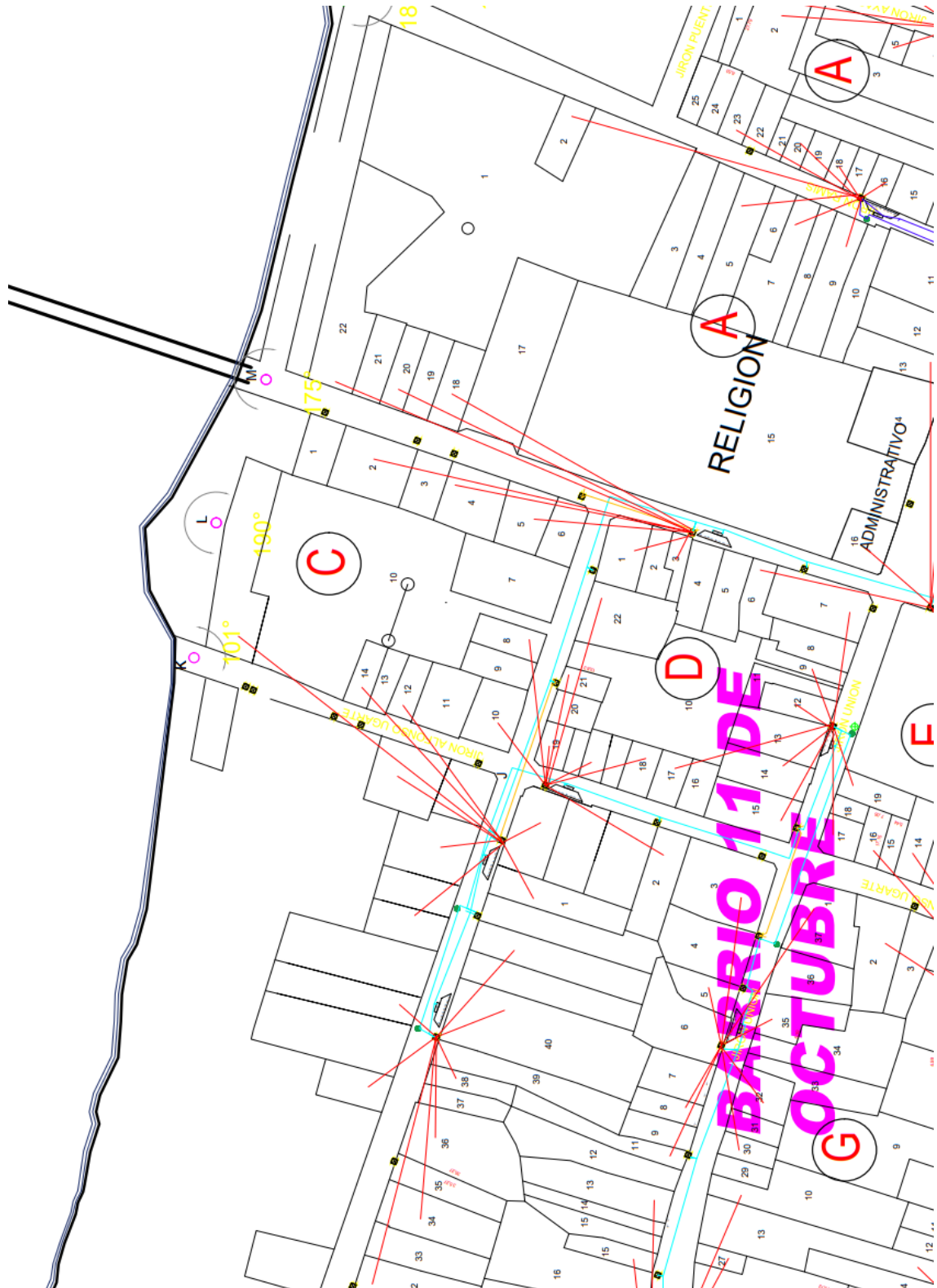
Elaboración propia catastro adaptado de la Municipalidad Distrital de Taraco- 2022.

PLANO AUTOCAD 12.



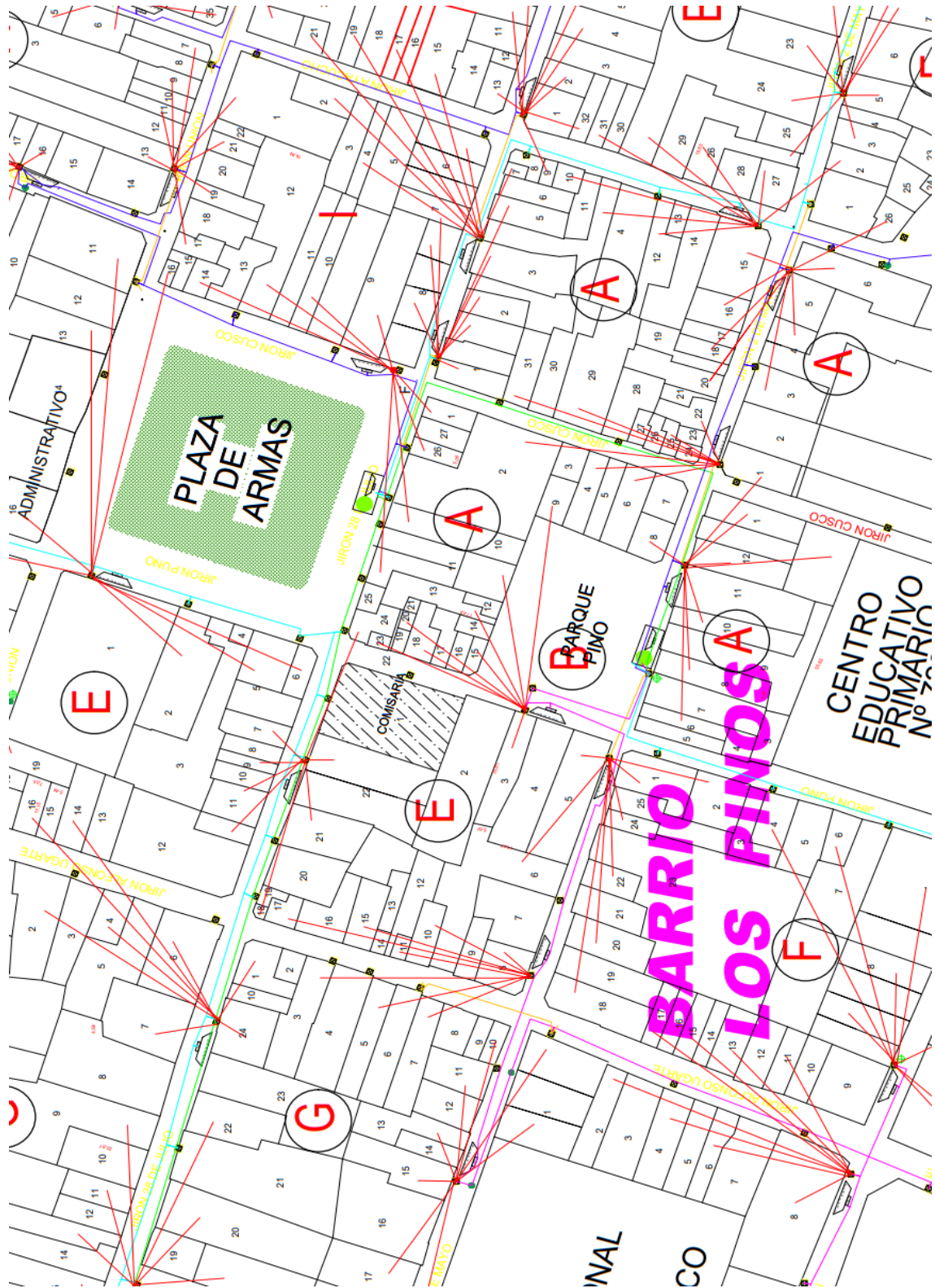
Elaboración propia catastro adaptado de la Municipalidad Distrital de Taraco- 2022.

PLANO AUTOCAD 13.



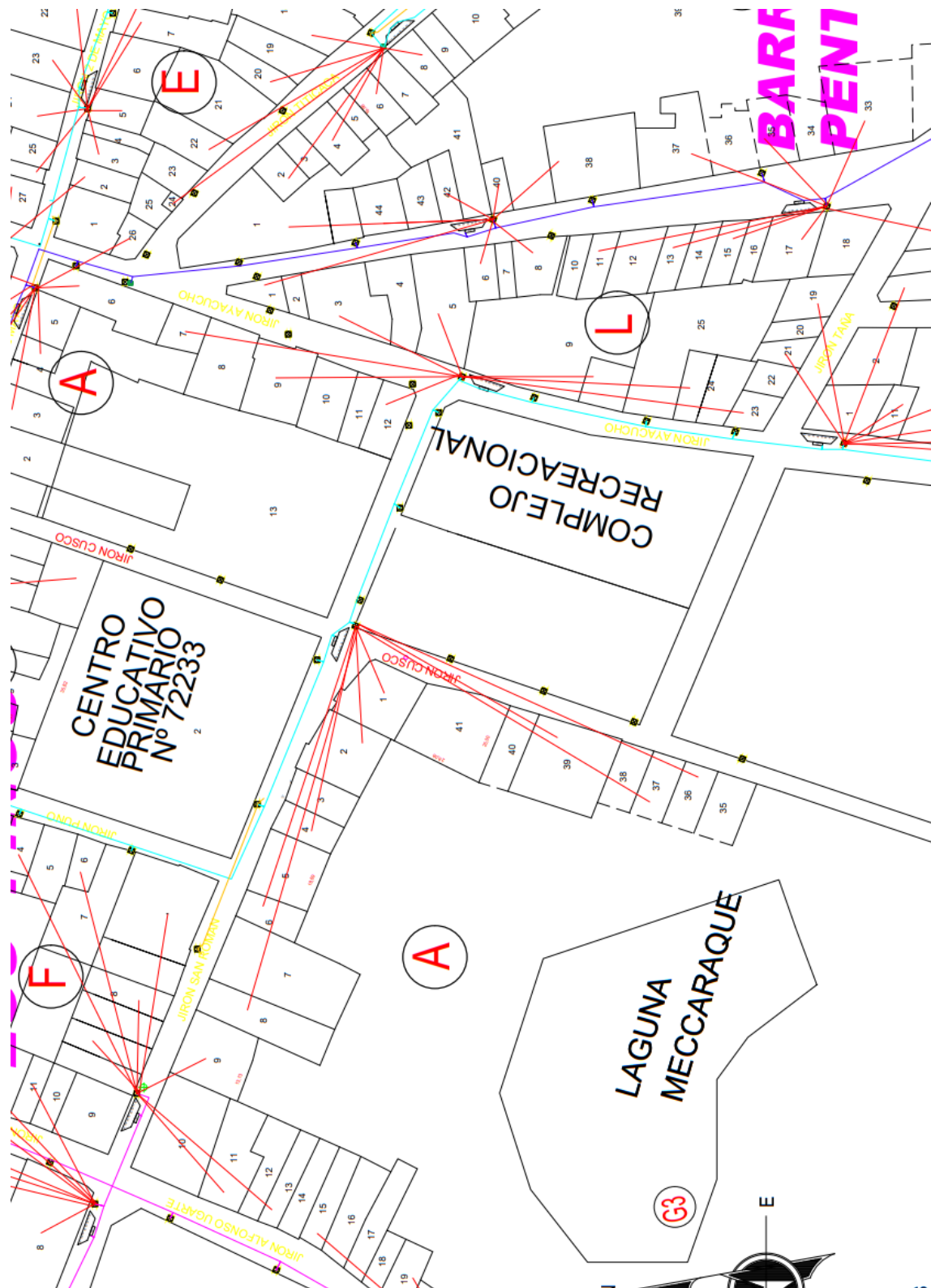
Elaboración propia catastro adaptado de la Municipalidad Distrital de Taraco- 2022.

PLANO AUTOCAD 14.



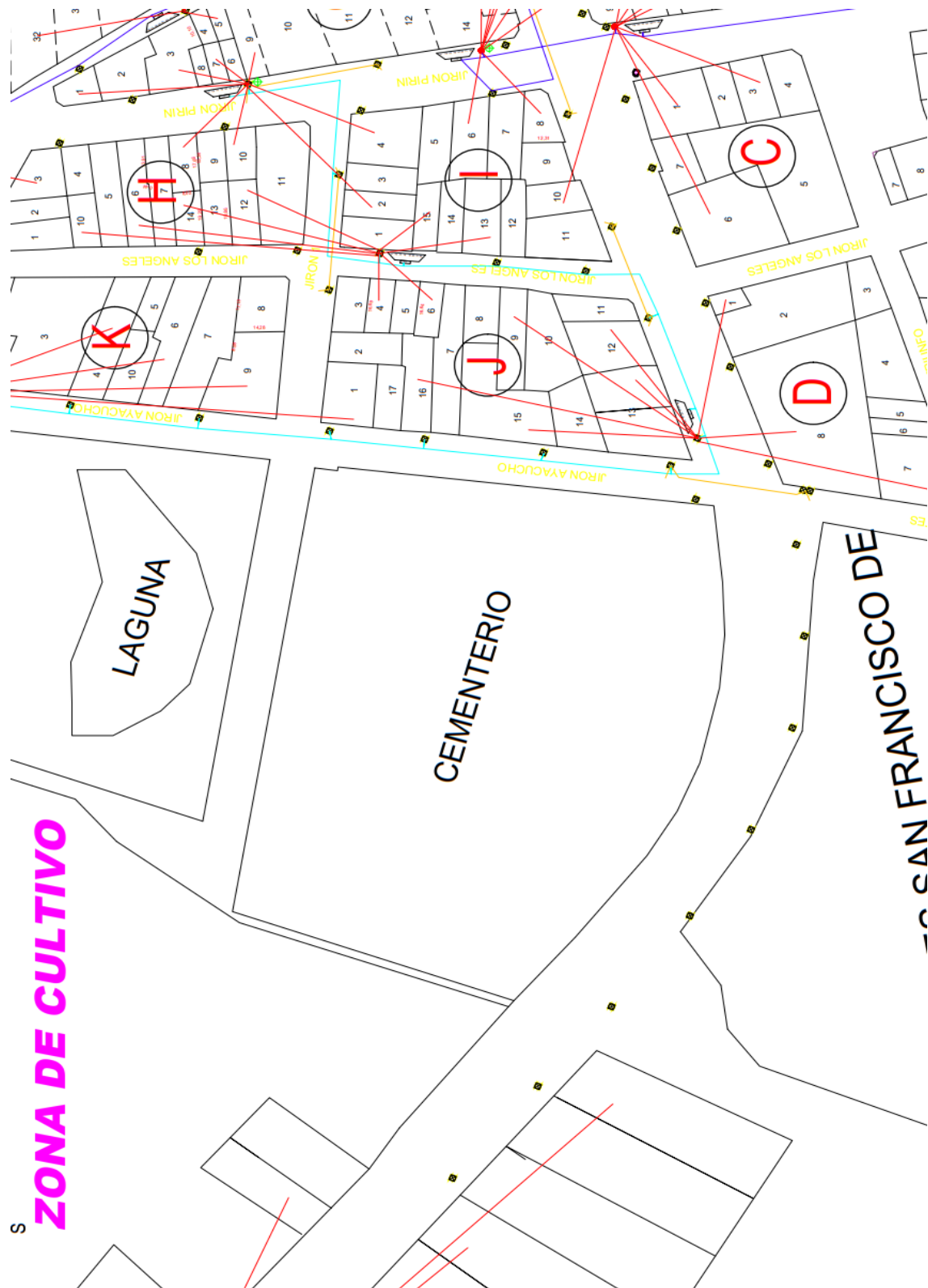
Elaboración propia catastro adaptado de la Municipalidad Distrital de Taraco- 2022.

PLANO AUTOCAD 15.



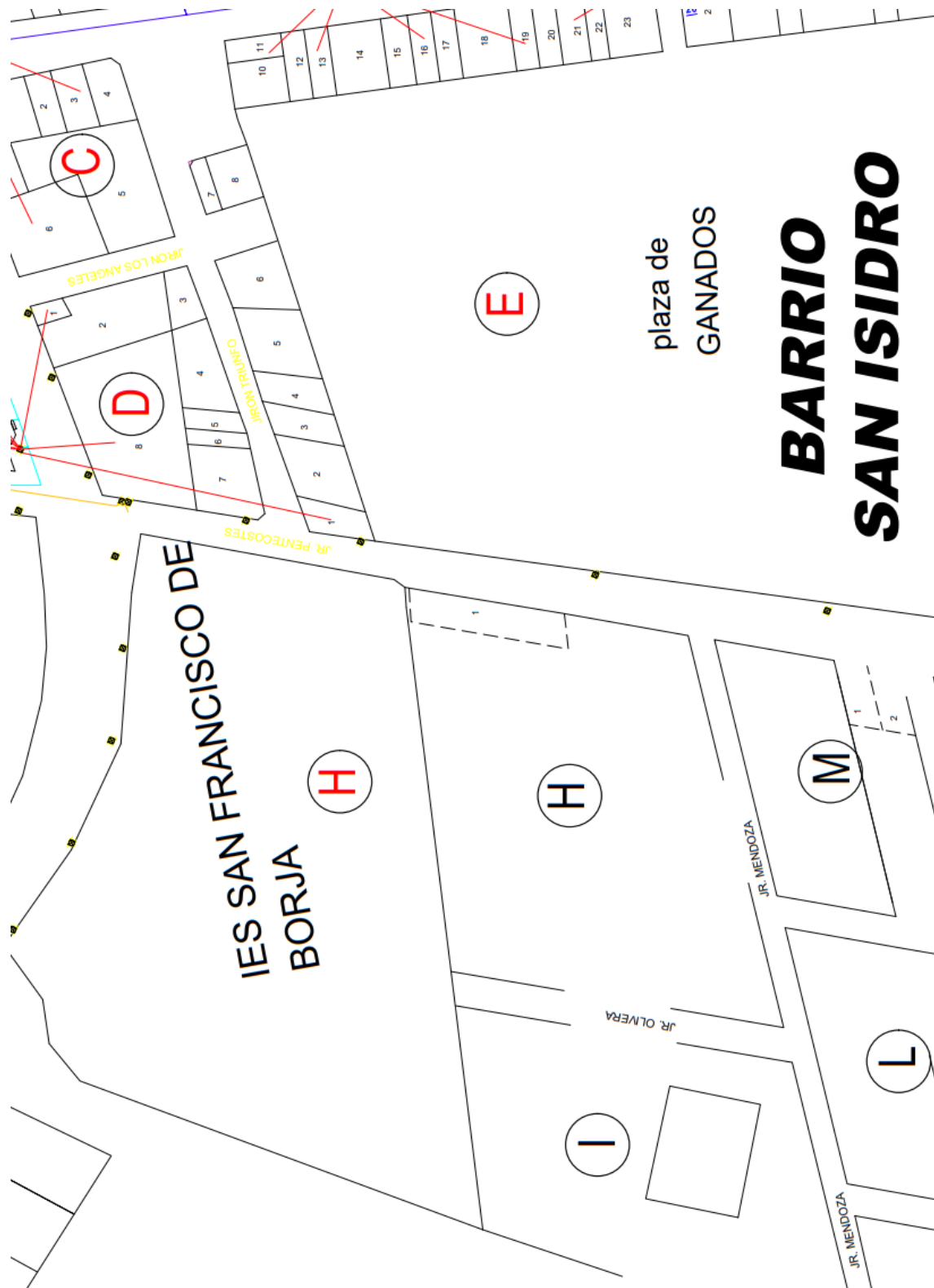
Elaboración propia catastro adaptado de la Municipalidad Distrital de Taraco- 2022.

PLANO AUTOCAD 16.



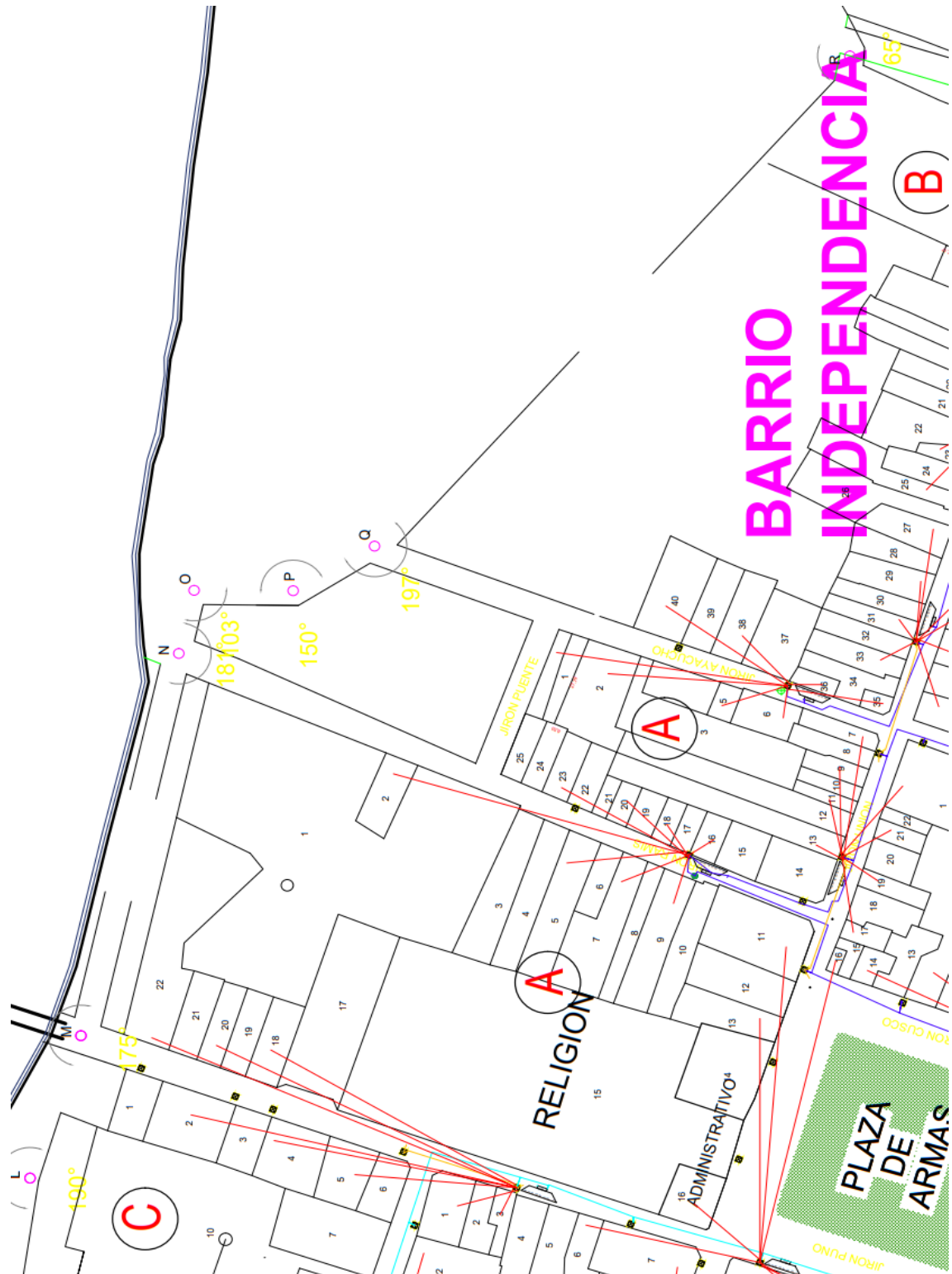
Elaboración propia catastro adaptado de la Municipalidad Distrital de Taraco- 2022.

PLANO AUTOCAD 17.



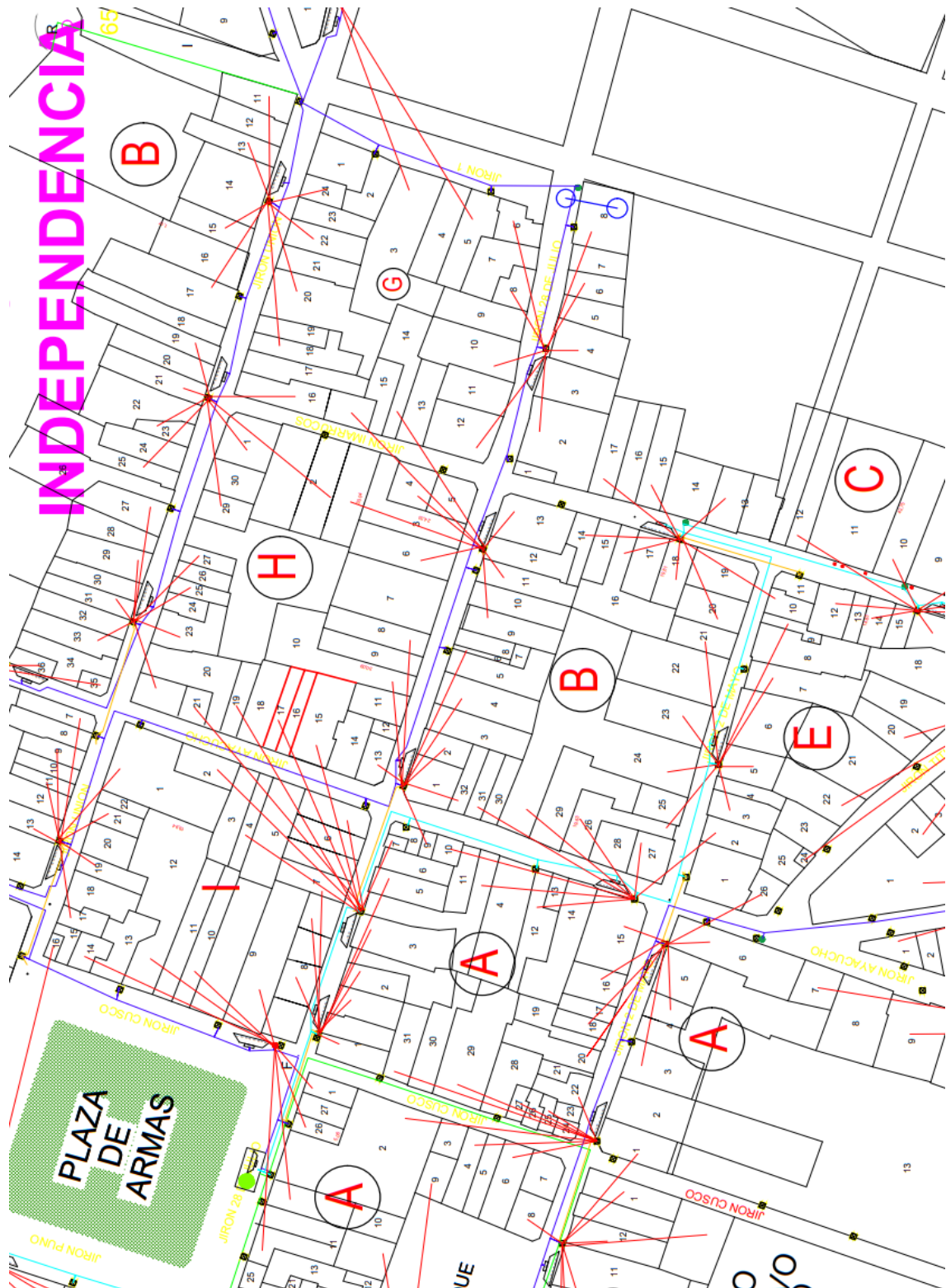
Elaboración propia catastro adaptado de la Municipalidad Distrital de Taraco- 2022.

PLANO AUTOCAD 18.



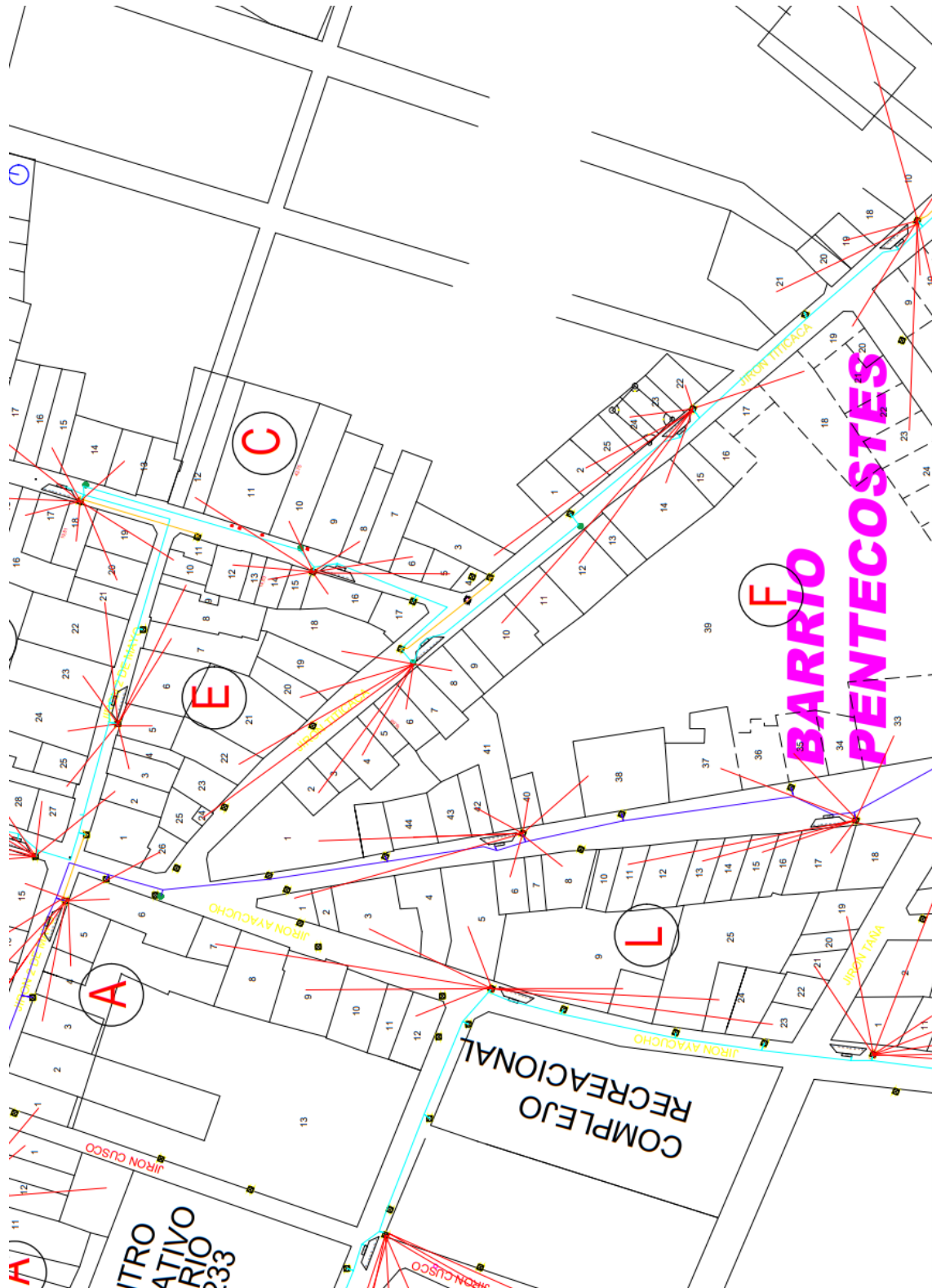
Elaboración propia catastro adaptado de la Municipalidad Distrital de Taraco- 2022.

PLANO AUTOCAD 19.



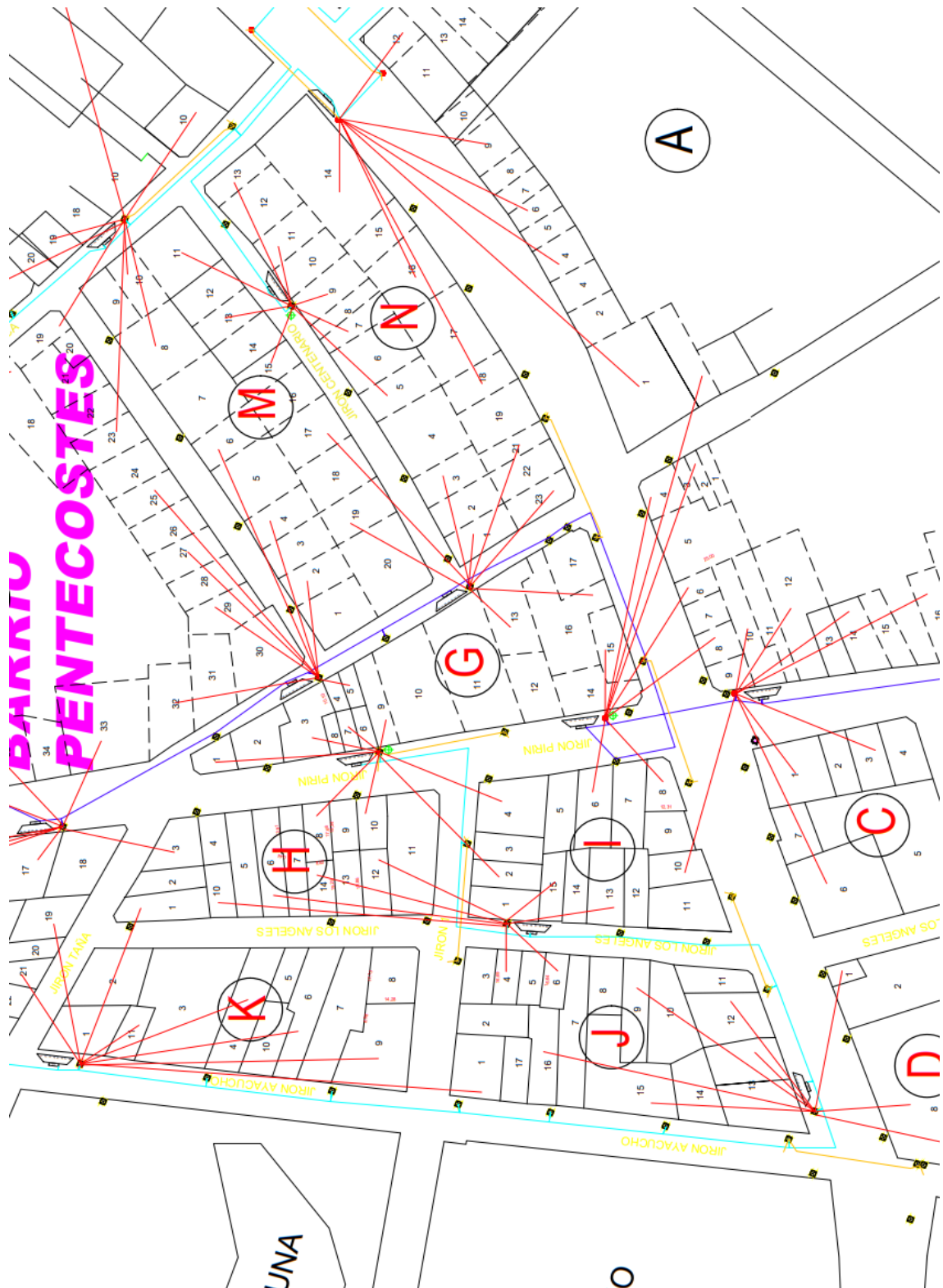
Elaboración propia catastro adaptado de la Municipalidad Distrital de Taraco- 2022.

PLANO AUTOCAD 20.



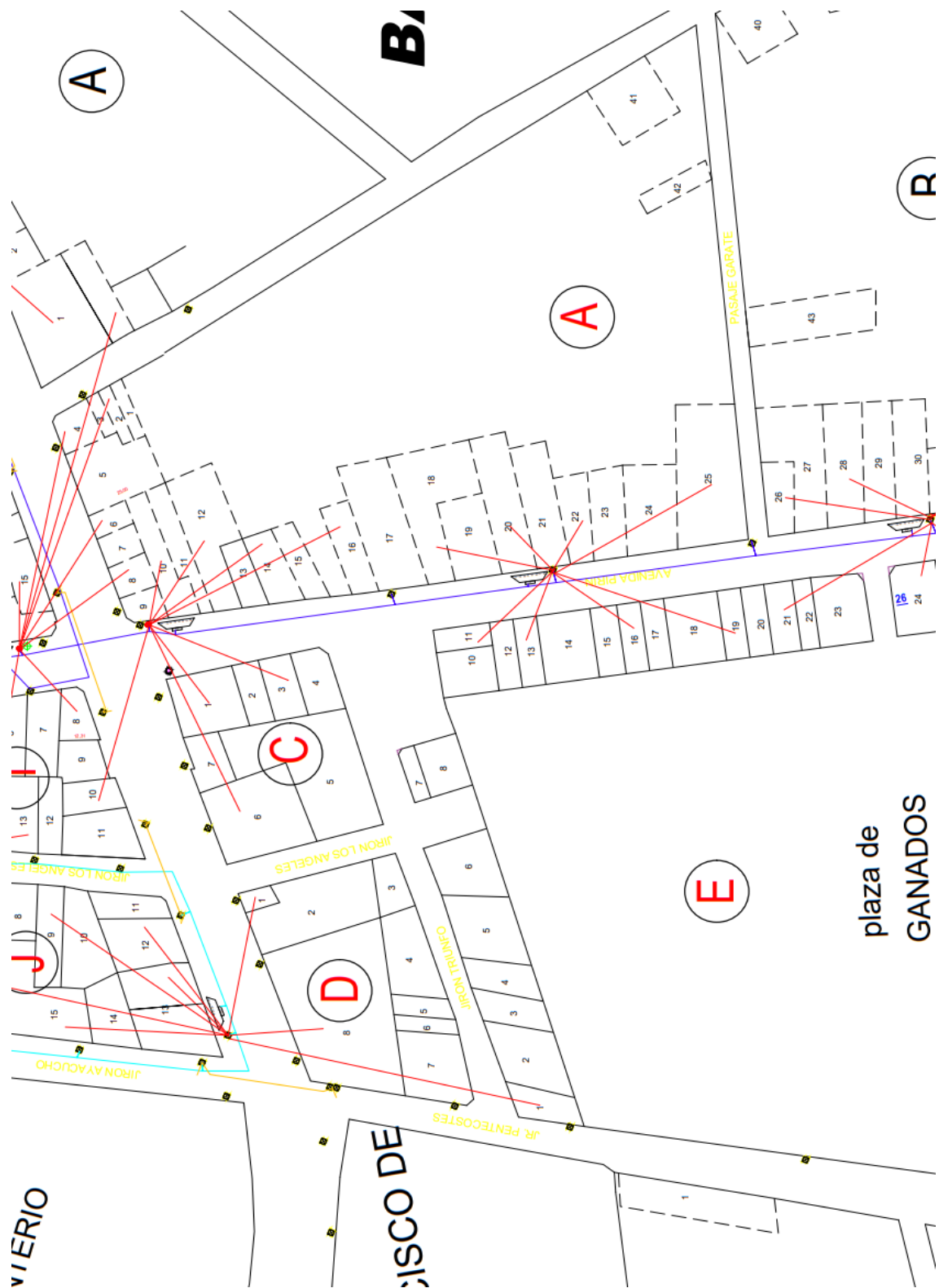
Elaboración propia catastro adaptado de la Municipalidad Distrital de Taraco- 2022.

PLANO AUTOCAD 21.



Elaboración propia catastro adaptado de la Municipalidad Distrital de Taraco- 2022.

PLANO AUTOCAD 22.

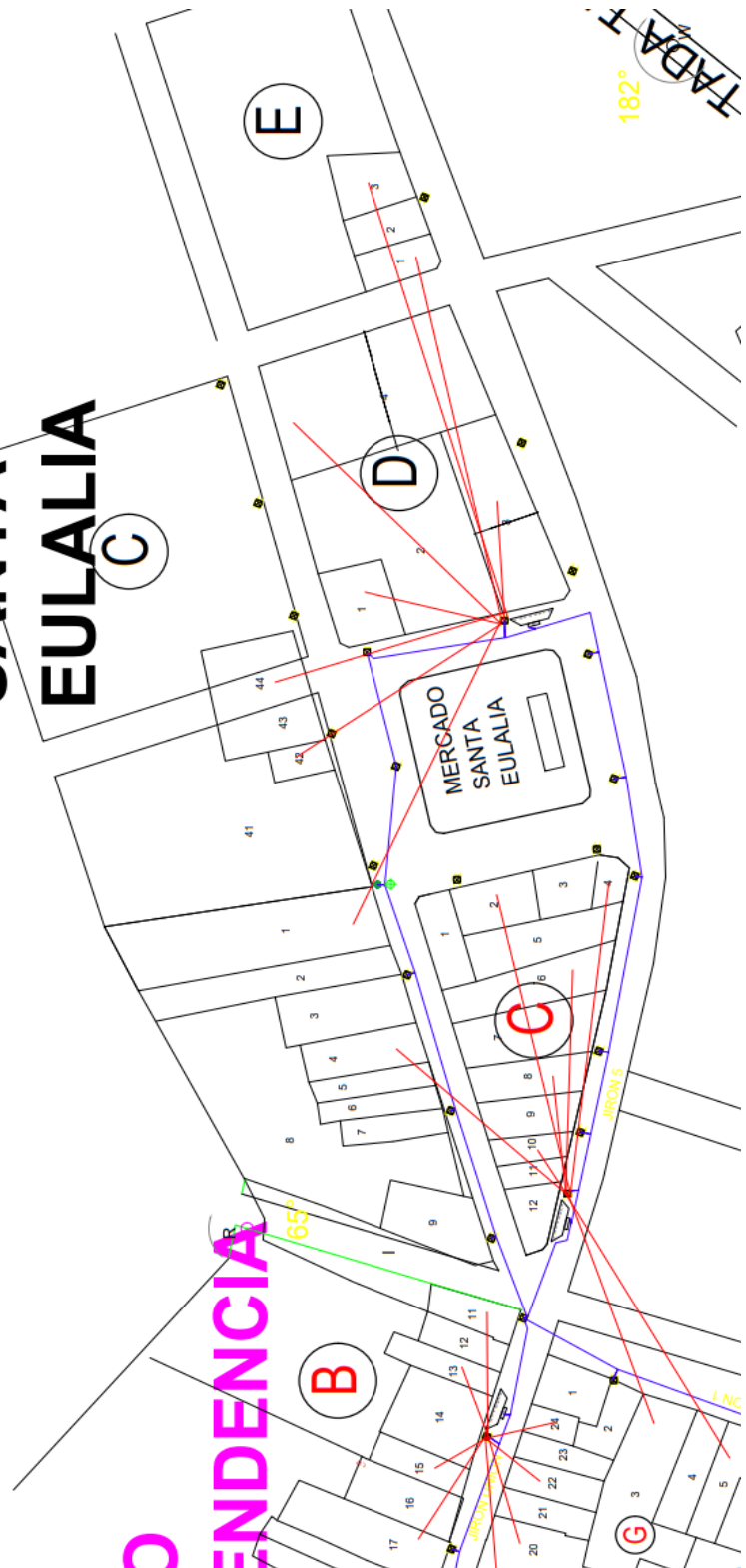


Elaboración propia catastro adaptado de la Municipalidad Distrital de Taraco- 2022.

PLANO AUTOCAD 24.

ZONA DE CULTIVO

**BARRIO
SANTA
EULALIA**



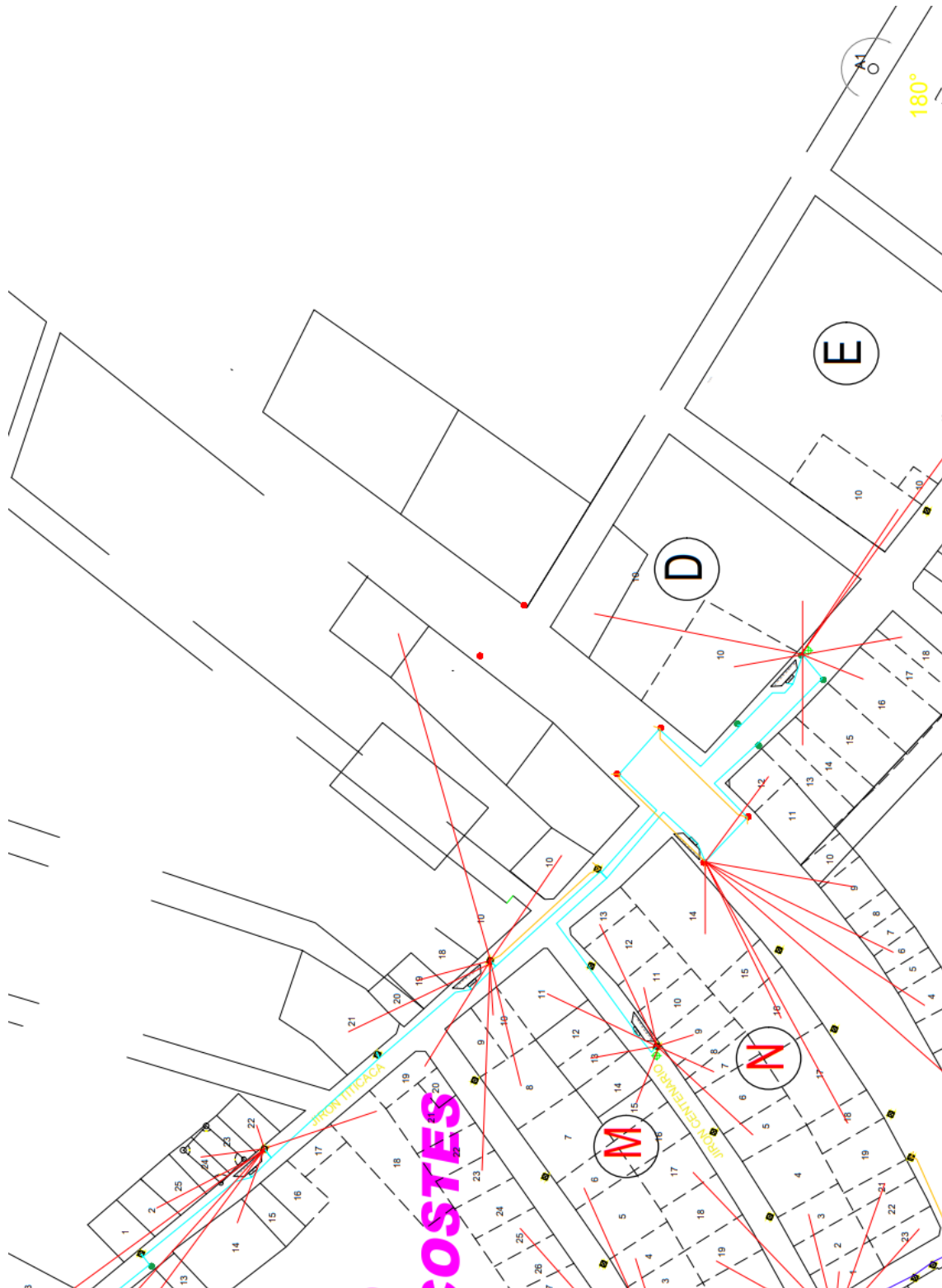
Elaboración propia catastro adaptado de la Municipalidad Distrital de Taraco- 2022.

PLANO AUTOCAD 25.



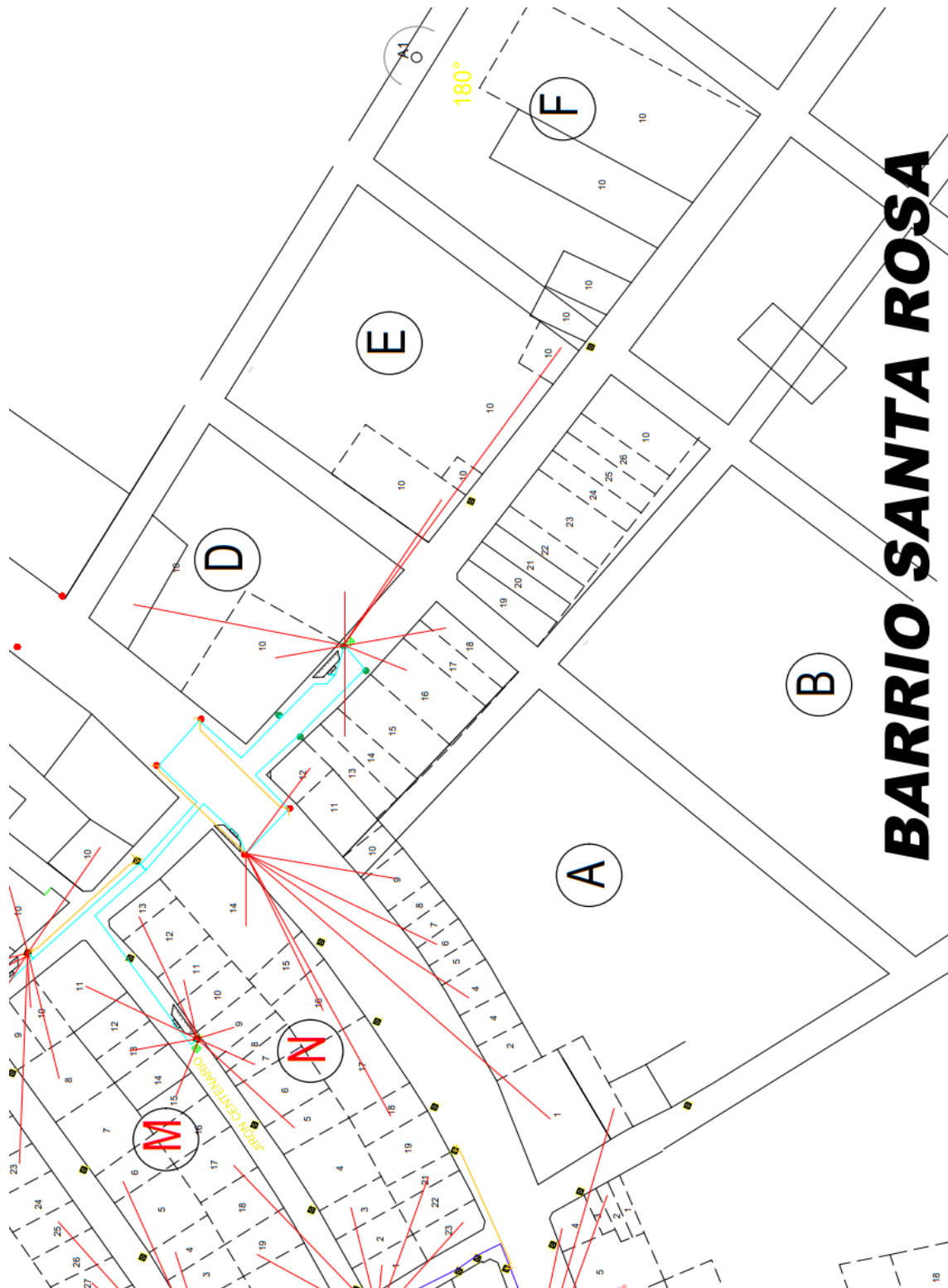
Elaboración propia catastro adaptado de la Municipalidad Distrital de Taraco- 2022.

PLANO AUTOCAD 26.



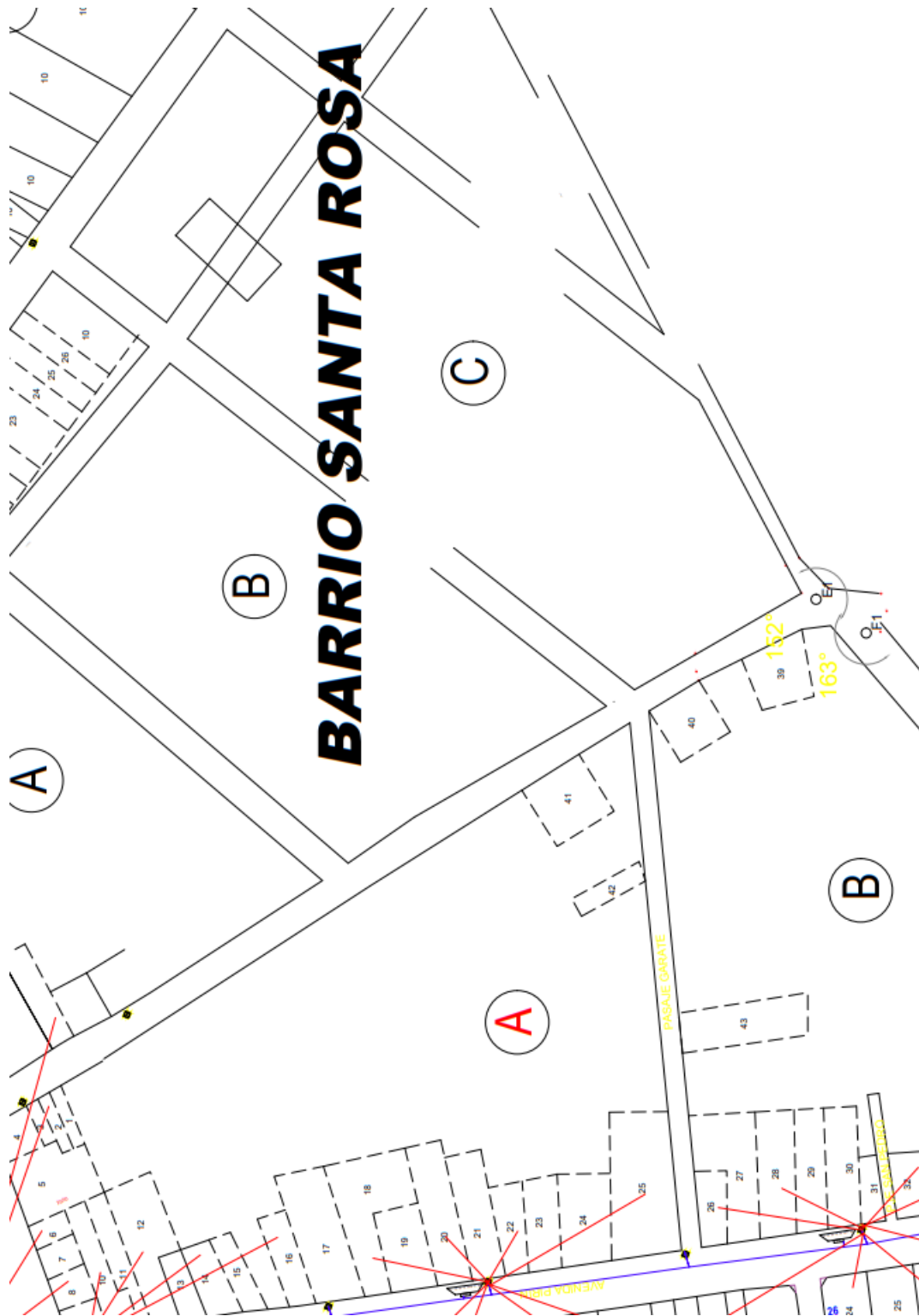
Elaboración propia catastro adaptado de la Municipalidad Distrital de Taraco- 2022.

PLANO AUTOCAD 27.



Elaboración propia catastro adaptado de la Municipalidad Distrital de Taraco- 2022.

PLANO AUTOCAD 28.



Elaboración propia catastro adaptado de la Municipalidad Distrital de Taraco- 2022.

Anexo 3. Matriz de consistencia.

OBJETIVOS	PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN Y MUESTRA
<p>OBJETIVO GENERAL:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diseñar una red FTTH con arquitectura GPON para brindar mayor capacidad de ancho de banda en el distrito de Taraco. <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calcular el presupuesto óptico en el diseño de la red propuesta. • Estudiar los herrajes y componentes de la red FTTH con arquitectura GPON. 	<p>PROBLEMA GENERAL:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿el diseño de una red FTTH basado en arquitectura GPON podrá brindar mayor capacidad de ancho de banda en el distrito de Taraco? <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo se calcula el presupuesto óptico en el diseño de la red propuesta? • ¿Qué herrajes y componentes se debe utilizar en el diseño de la red FTTH con arquitectura GPON? • ¿Qué normativas ITU-T tienen que cumplirse en el diseño de una red FTTH? 	<p>HIPÓTESIS GENERAL:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se brindará mayor capacidad de ancho de banda con el diseño de una red FTTH con arquitectura GPON para el distrito de Taraco. <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El cálculo del presupuesto óptico certifica nuestro diseño. • Se elegirán componentes que permitan ofrecer un gran ancho de banda, y herrajes que nos permitan llegar al abonado. • Se cumplirá con las normativas ITU-T en el diseño de la red FTTH con arquitectura GPON. • Se mejora la calidad de información educativa a través de una red FTTH con arquitectura GPON en el distrito de Taraco. 	<ul style="list-style-type: none"> • Red FTTH basado en arquitectura GPON • Ancho de banda 	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El campo de investigación es no experimental, tiene un enfoque cualitativo ya que describe la bondades y características de la red FTTH con arquitectura GPON y tiene la intención de brindar mayor capacidad de ancho de banda en el distrito de Taraco. <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El nivel de investigación es descriptivo. <p>LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Telecomunicaciones y redes de datos. 	<p>POBLACIÓN Y MUESTRA</p> <p>POBLACION.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se toma como población al distrito de Taraco puesto que se pretende diseñar una red FTTH con arquitectura GPON para brindar mayor capacidad de ancho de banda a la población. <p>MUESTRA.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El tipo de muestra para la presente investigación es de carácter no probabilístico, el área de investigación se seleccionará por proximidad y acceso a la información. Serían muestras por conveniencia datos a los cuales podemos tener acceso o disponibilidad de acceso de información de los datos.

Elaboración propia.

Anexo 4. Operacionalización de variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICAS Y/O INSTRUMENTOS
<ul style="list-style-type: none"> Red FTTH basado en arquitectura GPON 	<ul style="list-style-type: none"> Fibra hasta el hogar, es la que despliega fibra óptica desde la central o cabecera de red hasta el hogar del abonado, utilizando en la red componentes ópticos pasivos con capacidad de Gigabits 	<p>Se estudia los componentes y herrajes, se certifica el diseño con cálculos matemáticos, y se aplica las normativas ITU.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Cálculo del presupuesto óptico Herrajes que permitan llegar al abonado 	<ul style="list-style-type: none"> dB/dBm. Diámetro del cable de fibra y span DMS, respecto al suelo y cable de transmisión eléctrica. Componentes y equipos estandarizados 	<ul style="list-style-type: none"> Técnica de recolección Bibliográfica y en campo. Instrumentos de recolección de datos. Instituciones gubernamentales (Municipalidad de Taraco), Geo Lacta (plataforma única de catastro multipropósito), salida campo para ubicar nuevos ítems en el proyecto (apuntadas en coordenadas geográficas en el programa Maps Me). Técnicas e instrumentos de procesamiento. Tablas Microsoft Excel. ARC MAP 10.8. Googlea Earth. AutoCAD.
<ul style="list-style-type: none"> Ancho de banda 	<ul style="list-style-type: none"> Cantidad de información que se envía en un determinado tiempo. 	<p>Se eligen componentes pasivos que permitan ofrecer un ancho de banda suficiente para ofrecer un servicio triple play</p>	<ul style="list-style-type: none"> Componentes que permitan ofrecer un gran ancho de banda, IPTV, voz y datos. 	<ul style="list-style-type: none"> Relación de splitter. Mbps. 	

Fuente: Elaboración propia.