

DISEÑO DE UNA RED TRONCAL INALAMBRICA

TRABAJO DE GRADO



CHRISTIAN DAVID PUENTES CHARRY  
ELVIS FRANCISCO OYUELA RODRÍGUEZ  
CARMEN ANGELICA GOMEZ TEJADA

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA POLITÉCNICO GRANCOLOMBIANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS DE  
TELECOMUNICACIONES  
2018

# DISEÑO DE UNA RED TRONCAL INALÁMBRICA

TRABAJO DE GRADO



CHRISTIAN DAVID PUENTES CHARRY  
ELVIS FRANCISCO OYUELA RODRÍGUEZ  
CARMEN ANGELICA GOMEZ TEJADA

Asesor(es)

MSc. RICARDO CÉSAR GÓMEZ VARGAS

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA POLITÉCNICO GRANCOLOMBIANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS DE  
TELECOMUNICACIONES  
2018

## TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN EJECUTIVO .....	4
2. DESCRIPCION DEL CASO.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3. REFERENTES / ESTADO DEL ARTE .....	8
4. DESARROLLO .....	9
4.1 PLANEACION.....	9
4.2 ESTUDIO TECNICO.....	10
4.3 ESTUDIO ADMINISTRATIVO Y LEGAL.....	11
4.4 ESTUDIO ECONOMICO Y FINANCIERO .....	13
4.5 IMPLEMENTACION.....	14
5. RIESGOS.....	27
6. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	28
7. BIBLIOGRAFÍA.....	29

## 1. RESUMEN EJECUTIVO

Diseño de una red troncal inalámbrica que interconectara la subestación eléctrica de Doncello, Caquetá con la sede principal de Electrocaquetá en Florencia, Caquetá para la transmisión de video vigilancia Doncello – Florencia – Neiva en tiempo real.

Nuestro proyecto está enfocado en que las imágenes de video del sistema de CCTV instalado en la subestación Doncello – Caquetá; que están solamente de manera local, sean supervisadas por un centro de gestión especializado en la supervisión y monitoreo de sistemas de alertas tempranas y CCTV (Círculo Cerrado de Televisión) 24/7 ubicado en la sede principal de la ciudad de Neiva.

Teniendo en cuenta la infraestructura existente y que el centro de acopio para la transmisión de imágenes de los sistemas de CCTV se encuentra ubicado en el edificio sede de Electrocaquetá en la ciudad de Florencia - Caquetá, donde a través de un canal dedicado se transmite el stream de video de las cámaras de seguridad de los sitios remotos para ser visualizada, supervisadas y monitoreadas en el centro de gestión 24/7.

Por lo anterior nuestro objetivo principal es:

- ✓ Diseñar una red troncal inalámbrica que interconecte la subestación eléctrica de Doncello con el edificio sede de Electrocaquetá en la ciudad de Florencia para la transmisión de imágenes de video de seguridad del sistema CCTV.

Los objetivos específicos son:

- ✓ Implementar una red troncal inalámbrica de datos, dedicada y de exclusividad del cliente.

Por lo tanto, el presente proyecto se enfoca en realizar el diseño, estudio de viabilidad para la transmisión de imágenes vía microonda, documento de especificaciones técnicas de red y equipos, propuesta económica de la solución inalámbrica planteada, plan de ejecución de actividades, cronogramas y el plan de análisis de riesgos e imprevistos.

Para su efectiva proyección es indispensable pensar en soluciones por medio de canales de comunicación propios que permitan controlar y garantizar el óptimo funcionamiento de los sistemas de seguridad electrónica y radiocomunicación, buscando así ofrecer respuesta en tiempo real ante la detección de un evento de emergencia que pueda presentarse en alguno de los sitios monitoreados.

Mediante este proyecto se garantiza ofrecer una solución de diseño e implementación de canales de red de datos propias para la transmisión de información de los sistemas de seguridad electrónica en los sitios que el cliente requiere monitorear, garantizando los tiempos de respuesta ante eventos de emergencia, contando con un plan de control y atención de fallas, un plan de acción y reacción ante un evento real.

Por medio del proyecto se ofrece al cliente entre otros los siguientes beneficios:

- Minimizar costos operativos en soporte y eliminar reprocesos.
- Control de tiempo de vida y utilidad de equipos de comunicación.
- Control de riesgos en la seguridad, continuidad, fiabilidad y operatividad de la información y de los sistemas.
- Integración de redes IP con tecnologías análogas.
- Inserción de nuevos servicios como la telefonía IP entre los sitios interconectados.
- Migración de nuevas tecnologías IP en sistemas de seguridad electrónica, CCTV y radiocomunicaciones que garantizan estar siempre a la vanguardia y tener los mejores tiempos de respuesta en los sistemas de seguridad electrónica y de radiocomunicaciones.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL CASO

El siguiente proyecto va enfocado a diseñar una red Troncal inalámbrica que permita la transmisión de video desde la subestación Doncello hasta Florencia en la sede principal Electrocaquetá. Es necesario dividir entonces el proyecto en dos etapas, una de estudio-diseño y otra de implementación. Para la primera fase se contemplarán los aspectos relacionados al estudio y diseño, la cual será el área de interés a desarrollar durante el proyecto grupal y de Grado para la Especialización de Gerencia de Proyectos de Telecomunicaciones

Teniendo en cuenta el requerimiento hecho por el cliente electrificadora del Caquetá – Electrocaquetá S.A. E.S.P., la empresa Cecom S.A.S debe elaborar una propuesta que permita interconectar la subestación eléctrica de Doncello – Caquetá con el edificio sede de Electrocaquetá ubicado en el municipio de Florencia para que a través del canal de fibra óptica existente con servicio de internet se transmitan las imágenes de la subestación Doncello hasta el centro de gestión “RADAR” para su debida supervisión y/o monitoreo en tiempo real. Cecom SAS es la empresa responsable de diseñar y ejecutar dicha labor, como primera instancia por requerimiento contractual de obligatorio cumplimiento.

Por otra parte; Cecom S.A.S. pensando siempre en la calidad y eficiencia en la prestación de sus servicios trabaja constantemente en mejorar los tiempos de respuesta en atención de fallas y soporte de los sistemas de alertas tempranas y sistemas de CCTV, en optimizar la seguridad en la transmisión de la información, la eficiencia y operatividad de los mismos; y una de las formas para garantizar lo anterior, es la de tener canales de transmisión propios y dedicados para tal fin. La experiencia nos ha enseñado en otros proyectos que muchas fallas se deben a los medios de transmisión; y su tercerización representa un tiempo alto e impredecible de respuesta ante la atención de fallas y operatividad del servicio (debido a los protocolos de soporte y respuesta por parte de los proveedores ISP), y que en otras ocasiones han representado pérdidas financieras por multas de incumplimiento en los tiempos de respuesta ante la atención de fallas y caída del servicio. Por ende, siempre que se pueda y sea viable, la empresa apostara en la inversión de canales de transmisión propios y dedicados, bien sea de tipo cableado (cobre, fibra) o inalámbrico (microonda, RF).

Es entonces, donde nosotros como estudiantes especialistas en Gerencia de Proyectos de Telecomunicaciones tenemos como trabajo realizar el levantamiento de información, estudios de campo y realización del diseño de la red troncal inalámbrica que permita en primer lugar dar cumplimiento a una de las mejoras

ineluctable que trae la renovación del contrato No. CON16-88 E.C -2016 “Alquiler de Red de Radiocomunicación y Seguridad Electrónica” y como segunda instancia que la red troncal tenga las características y capacidades técnicas suficientes que permitan la inmersión de nuevos servicios de red que puedan favorecer la operatividad de las actividades comerciales del cliente, a saber: telefonía IP, troncalización IP de la red digital de radio, servicio de canales de datos e internet, entre otras.

Se contemplará solo el diseño de la red troncal inalámbrica, mas no resultados de la implementación que hacen parte de una fase posterior, por ende, se entregaran datos reales sobre geo posicionamiento de todos los sitios que conformaran la red troncal inalámbrica, datos y fichas técnicas de equipos de telecomunicaciones y adecuaciones de sitios, documento financiero y presupuestal de inversión para ejecución e implementación así como el documento para riesgos e imprevistos.

Los resultados entregables respecto al diseño de red serán a través de software de simulación de radioenlaces y posicionamiento como Google Earth, los datos y especificaciones técnicas de canal y velocidades de ancho de banda serán aprobados e impartidos por la Gerencia de Cecom SAS.

### 3. REFERENTES / ESTADO DEL ARTE

**Red troncal Inalámbrica:** “son proyectos de interconexión inalámbrica entre los distintos servicios públicos que puede ofrecer un municipio a sus ciudadanos. Generalmente el desarrollo de una RIM implica la conectividad de los edificios y servicios municipales”. [1]

#### Ejemplos ya realizados

“En Andalucía (España) realizaron este tipo de montaje sin ningún problema con una distancia de 87000 Km2 para lo cual vemos que por medio de este proyecto es posible la realización”. [2]

#### Topología

**Red Anillo:** “Cada dispositivo tiene una línea de conexión y punto a punto solamente con los dispositivos que están a sus lados. La señal pasa a lo largo del anillo en una dirección hasta su destino cada dispositivo incorpora un repetidor” [3]

**Red en Bus:** “una red bus es una red multipunto es decir un cable largo que actúa como una red troncal que conecta todos los dispositivos” [3]

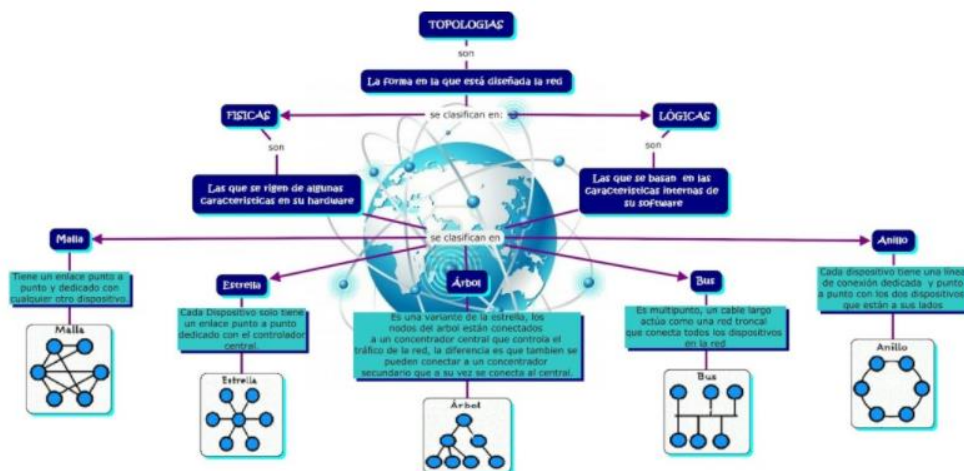


Fig. 10 Diseño de topologías disponibles tomado de <http://cafym.com/redes-computacionales/>



## 4. DESARROLLO

### 4.1 PLANEACIÓN: GERENCIA DEL PROYECTO

- Visita de campo a los cerros, cerro Travesías ubicado en la zona rural de Florencia a 20 min del casco urbano y cerro San Lorenzo ubicado a 20 minutos del casco urbano del municipio de Doncello. Se realizara un reconocimiento de los sitios y levantamiento de información sobre el estado de las instalaciones físicas, eléctricas, su ubicación geográfica por coordenadas GPS y un análisis del espectro del sitio.
- Se debe realizar un recorrido en zona desde Florencia hasta Doncello Caquetá, para buscar los sitios óptimos de instalación y viabilidad de los radioenlaces vía microonda que permita establecer el canal de la red troncal inalámbrica.
- Recolección de datos, para ser procesados y simulados, determinado las solución más conveniente, eficiente y menos costosa de implementar.
- Medición de tráfico de video del sistema de CCTV de la subestación Doncello – Caquetá, a transmitir por la red troncal inalámbrica hasta la ciudad de Florencia.
- Proyección de posibles servicios que se puedan implementar a través de la red troncal Inalámbrica y que permitan generar un valor extra en los ingresos. Con base al tráfico total necesario y proyectado, se estima un ancho de banda y unas características/especificaciones técnicas de red y calidad que deberá tener nuestro producto final para cumplir tanto con el requerimiento como con las expectativas de negocios futuros.
- Elaboración del diseño y viabilidad de la conexión inalámbrica vía microonda desde cerro Travesías – Florencia hasta la subestación eléctrica de Doncello, con resultados simulados y totalmente fiables.
- Elaboración de la propuesta económica y financiera del proyecto.
- Elaboración de documento técnico de infraestructura, equipos y consumibles necesarios para la ejecución del proyecto, como de estándares y regulaciones gubernamentales de carácter nacional como locativo.
- Plan de análisis de Riesgos e imprevistos.
- Elaboración del plan de trabajo y ejecución del proyecto, cronogramas y fechas de entregas de resultados.

## 4.2 ESTUDIO TÉCNICO

Diagrama de la Red Troncal Inalámbrica desde Florencia hasta Doncello, Caquetá.

### Posible diseño inicial

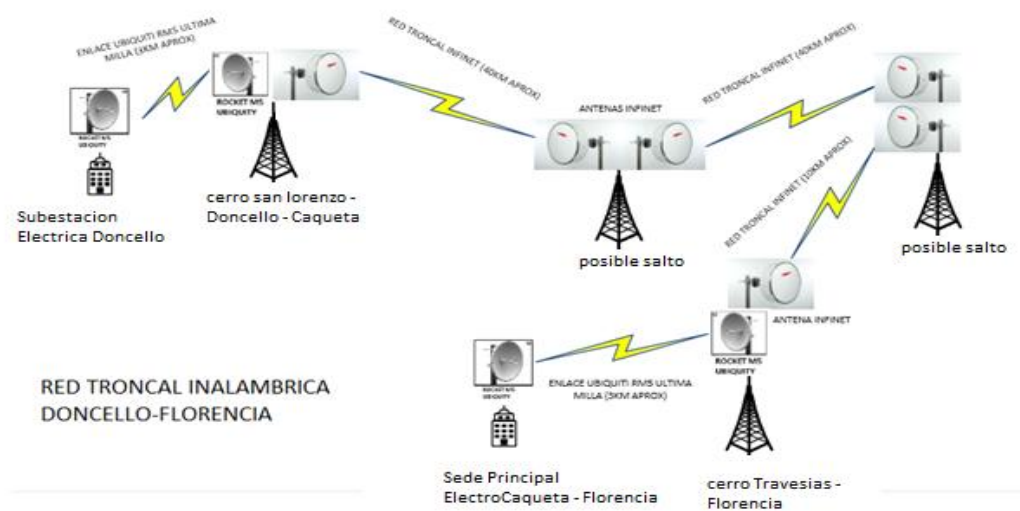


Fig. 1 Diseño de red de la posible topología de la red troncal

## ESTUDIO DE VIABILIDAD RED TRONCAL

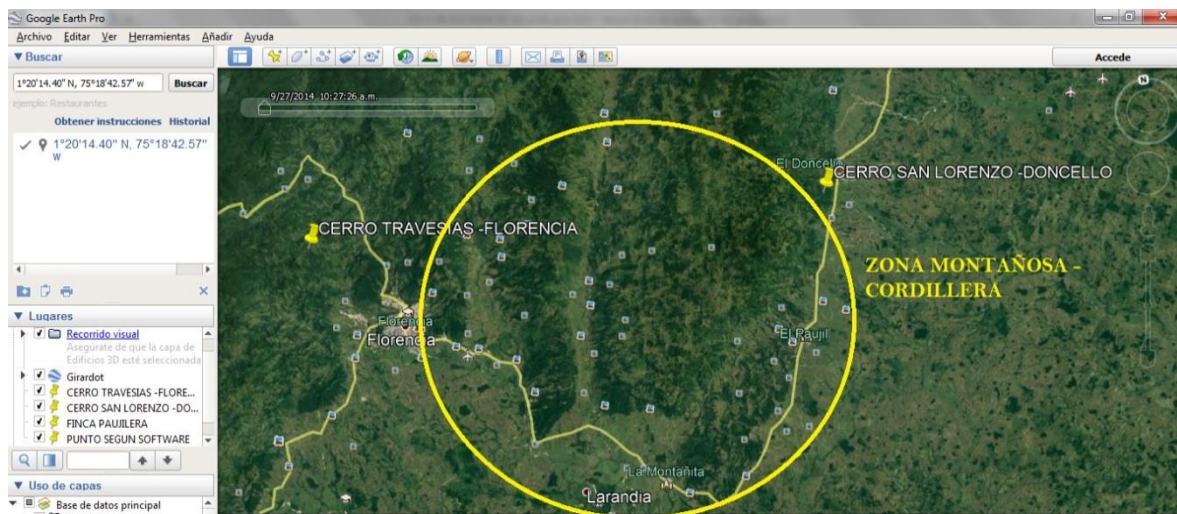


Fig. 2 vista realizada desde Google Earth de la zona

Según el recorrido terrestre realizado desde Florencia hasta Doncello – Caquetá, y después de haber visitado varios cerros se concluye que es imposible tener

viabilidad desde Florencia (cerro Travesías) hasta Doncello (cerro San Lorenzo) mediante el uso de cerros ubicados a lo largo de la cordillera, ya que las condiciones de relieve y acceso vial lo hacen imposible.

Observando el relieve de la zona mediante software de posicionamiento global como Google Earth, se puede observar que se tiene una cadena montañosa entre los puntos en cuestión, no obstante se piensa en buscar un punto en el llano ubicado en la región de Montañita que de viabilidad tanto al cerro travesías como al cerro San Lorenzo, este punto se busca previamente mediante el software y después se organiza y se hace un segundo recorrido terrestre, esta vez sobre el área rural de Montañita. Mediante la guía del eléctrico del Pueblo, se procede a la búsqueda del punto.

### **4.3 ESTUDIO ADMINISTRATIVO Y LEGAL**

Centro de Comunicaciones - CECOM S.A.S es una empresa que brinda soluciones integrales en seguridad electrónica, alertas tempranas, telecomunicaciones y radiofrecuencia, en todo el centro y sur del territorio colombiano.

Mediante la renovación del contrato No. CON13-95 E.C -2013 con el nuevo contrato CON16-88 E.C -2016 “Alquiler de Red de Radiocomunicación y Seguridad Electrónica” Electrocaquetá ha requerido que las imágenes de video del sistema de CCTV (Circuito Cerrado de Televisión: red de cámaras de seguridad para el monitoreo, control y prevención) instalado en la subestación Doncello – Caquetá que están solamente de manera local sean supervisadas por el centro de gestión especializado en la supervisión y monitoreo de sistemas de alertas tempranas y CCTV 24/7 de propiedad de Cecom S.A.S. con sede principal en la ciudad de Neiva. [4]

El Contrato No. CON16-88 E.C -2016 “Alquiler de Red de Radiocomunicación y Seguridad Electrónica” celebrado en diciembre del 2016, requirió incluir en la lista de sitios monitoreados por el centro de gestión 24/7 “Radar”. La subestación Eléctrica de Doncello - Caquetá, se contempló como parte de las acciones de mejoras (a desarrollar durante los años 2017-2018) en la prórroga pactada por los siguiente 5 años. Para esta nueva prórroga se hicieron ajustes al contrato anterior Contrato No. CON13-95 E.C -2013, incrementando nuevos servicios, nuevas instalaciones y acciones de mejoras tecnológicas, y por ende un incremento en el costo contractual que acarreará un incremento en los ingresos y/o utilidades netas para la empresa.

Actualmente, la electrificadora del Caquetá, empresa importante del sector energético del país, mantiene una relación comercial con CECOM S.A.S.; mediante la celebración del Contrato No. CON16-88 E.C -2016 "Alquiler de Red de Radiocomunicación y Seguridad Electrónica", celebrado en diciembre del 2016, requirió incluir en la lista de sitios monitoreados por el centro de gestión 24/7 "Radar", La subestación eléctrica de Doncello-Caquetá, siendo parte de unas de las acciones de mejoras (a desarrollar durante el año 2017) en la prórroga pactada por los siguiente 5 años. Para esta nueva prórroga se hicieron unos ajustes al contrato anterior - Contrato No. CON13-95 E.C -2013, incrementando nuevos servicios, nuevas instalaciones y acciones de mejoras tecnológicas, y por ende un incremento en el costo contractual que deberá acarrear un incremento en los ingresos y/o utilidades netas para la empresa.

El proyecto está enmarcado para dar cumplimiento a un requerimiento hecho a través de la renovación del Contrato No. CON13-95 E.C -2013 "Alquiler de Red de Radiocomunicación y Seguridad Electrónica", donde se realizan unos ajustes en tarifas, contratación de nuevos servicios, solicitudes de acciones de mejoras tecnológicas, nuevas instalaciones y/o productos, pactado y firmado por las partes en diciembre del 2016, mediante el Contrato No. CON16-88 E.C -2016 "Alquiler de Red de Radiocomunicación y Seguridad Electrónica" por los siguientes 5 años.

## 4.4 ESTUDIO ECONÓMICO Y FINANCIERO

Corresponde a contrato por ejecución del proyecto:

### PRESUPUESTO DE PRODUCCION

Este solo se realiza para el primer mes ya que es el montaje inicial:

*Ilustración 1*

PRESUPUESTO DE PRODUCCION			
ELEMENTO	VALOR	CANTIDAD	TOTAL
TORRES 20 METROS	\$ 8.400.000	2	\$ 16.800.000
TENSORES	\$ 2.300.000	4	\$ 9.200.000
BASES	\$ 435.000	2	\$ 870.000
P. DE ANCLAJES	\$ 350.000	4	\$ 1.400.000
PARARAYOS	\$ 2.000.000	2	\$ 4.000.000
TORRES 07 METROS	\$ 3.000.000	1	\$ 3.000.000
TENSORES	\$ 1.000.000	1	\$ 1.000.000
BASES	\$ 435.000	1	\$ 435.000
P. DE ANCLAJES	\$ 350.000	2	\$ 700.000
PARARAYOS	\$ 1.000.000	1	\$ 1.000.000
POSTE	\$ 500.000	9	\$ 4.500.000
MASTIL	\$ 250.000	2	\$ 500.000
P SOLARES	\$ 1.300.000	1	\$ 1.300.000
RACK	\$ 1.500.000	1	\$ 1.500.000
O. CIVIL	\$ 1.500.000	3	\$ 4.500.000
ALARMAS	\$ 1.000.000	2	\$ 2.000.000
AIRES ACONDICIONADOS	\$ 800.000	2	\$ 1.600.000
UPS	\$ 1.800.000	2	\$ 3.600.000
ANTENAS	\$ 1.600.000	2	\$ 3.200.000
TOTAL	\$ 29.520.000	44	\$ 61.105.000

\*Valores tomados de cotizaciones realizadas por el grupo

## PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA DIRECTA

*Ilustración 2*

MANO DE OBRA		MES 1	MES 2	MES 3
INGENIEROS	\$ 1.800.000	\$ 3.600.000	\$ 3.600.000	\$ 3.600.000
GERENTES	\$ 5.000.000	\$ 5.000.000	-	-
COORDINADOR	\$ 3.500.000	\$ 3.500.000	\$ 3.500.000	\$ 3.500.000
OPERACIONES	\$ 1.100.000	\$ 1.100.000	\$ 1.100.000	
TOTAL	\$ 11.400.000	\$ 13.200.000	\$ 8.200.000	\$ 7.100.000

\*Valores tomados de salarios empresa CECOM

*Ilustración 3*

GASTOS ADMINISTRATIVOS			
	MES 1	MES 2	MES 3
ISP	\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 100.000
TERRENO EN ARRIENDO	\$ 85.000	\$ 85.000	\$ 85.000
VIATICOS	\$ 2.000.000	\$ 1.000.000	\$ 500.000
TOTAL	\$ 2.185.000	\$ 1.185.000	\$ 685.000

\*Valores tomados de salarios empresa CECOM

## 4.5 IMPLEMENTACIÓN: GERENCIA DEL PROYECTO

Después de realizar el recorrido, se encuentra un punto ideal, con ayuda de GPS y Google Earth, se realiza verificación de viabilidad de línea de vista obteniendo los siguientes perfiles de elevación:

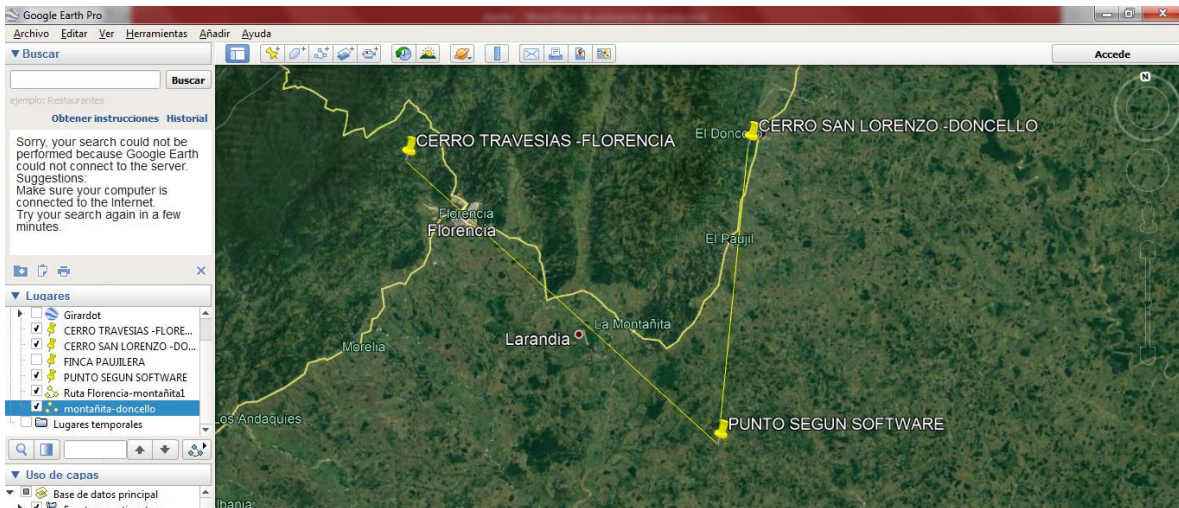


Fig. 3 vista realizada desde Google Earth de la zona; en esta imagen se analiza los posibles saltos para poder realizar la viabilidad y donde se puede ubicar la torre

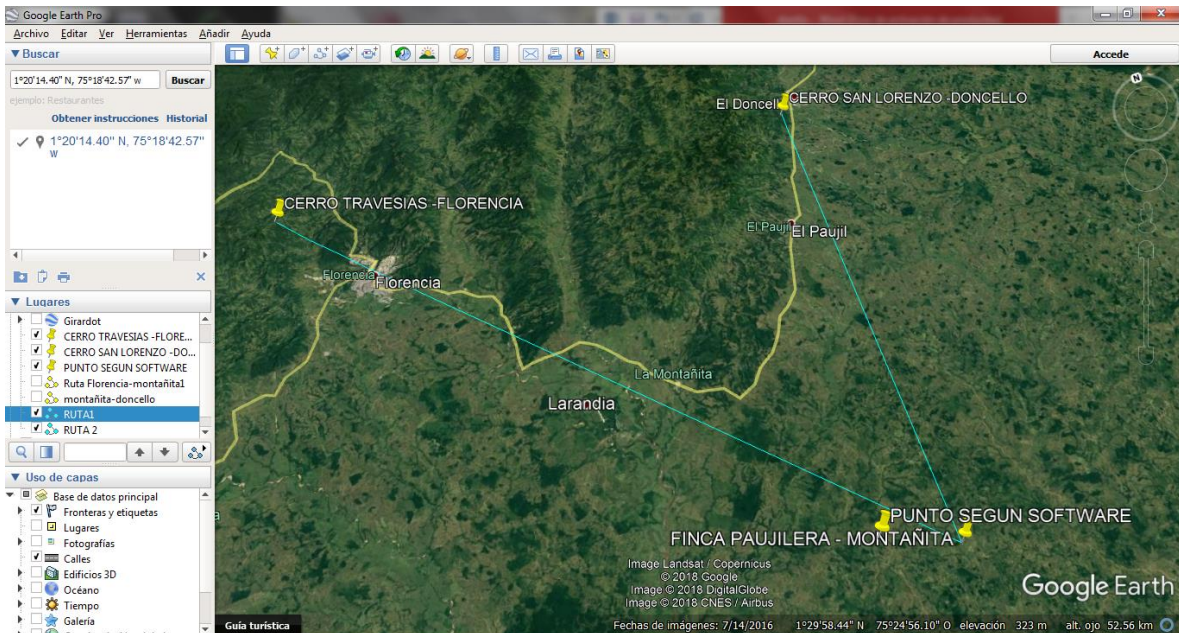


Fig. 4 vista realizada desde Google Earth de la zona; en esta imagen se analiza los posibles saltos para poder realizar la viabilidad y donde se puede ubicar la torre

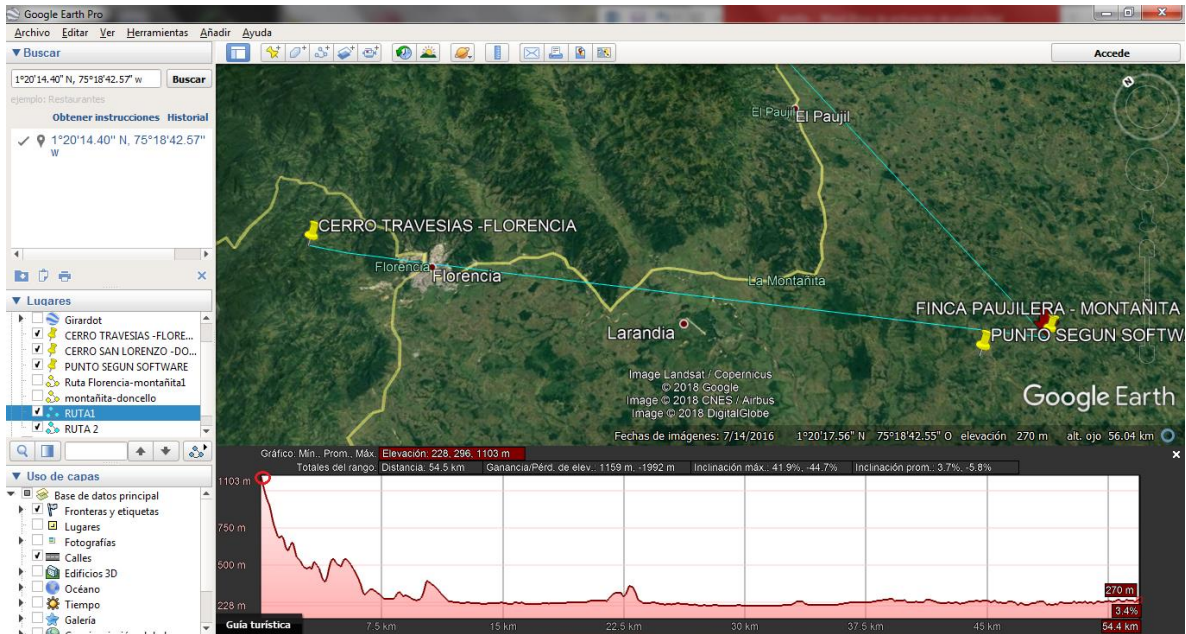


Fig. 5 vista realizada desde Google Earth de la zona; en esta imagen finalmente se encuentra el punto para poder ubicar la torre.

#### Datos:

- Cerro Travesías (Florescia) con 1103 msnm  
Coordenadas GPS: 1°40'38.51"N, 75°39'43.28"W
- Finca Paujilera (Montaña) con 270 msnm  
Coordenadas GPS: 1°20'14.40"N, 75°18'42.57"W  
Distancia línea de vista aproximada de 54,4 Km

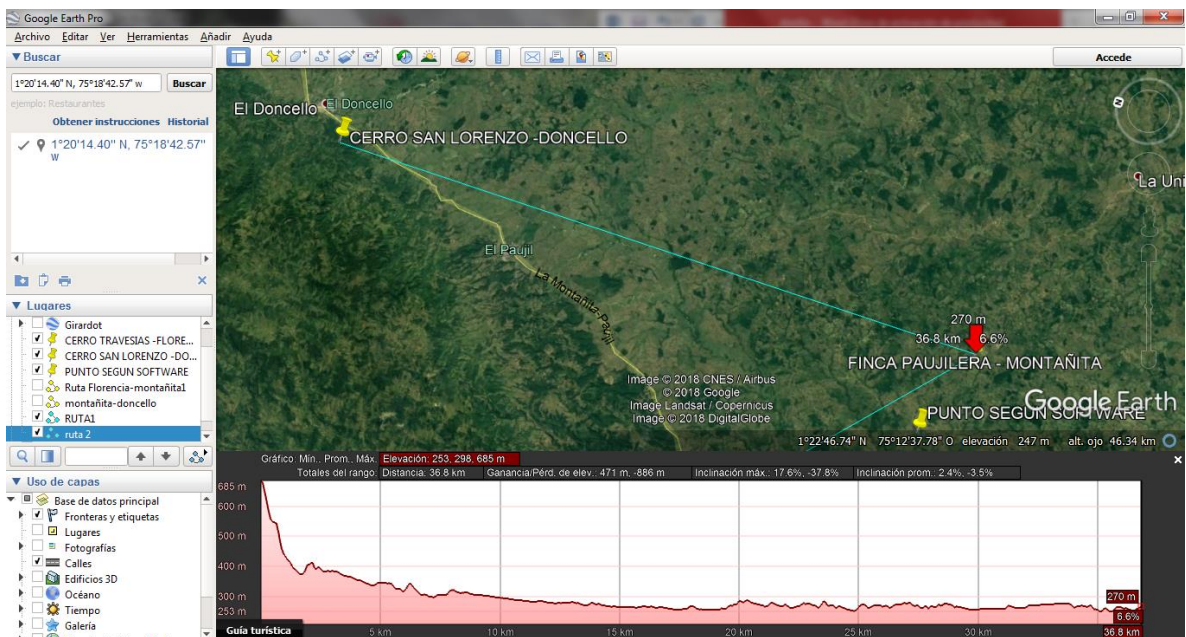


Fig. 6 vista realizada desde Google Earth de la zona; en esta imagen finalmente se encuentra el punto para poder ubicar la torre.



## Perfil de elevación Finca Paujilera – Cerro San Lorenzo

Datos:

- Cerro San Lorenzo (Doncello) con 685 msnm  
Coordenadas GPS: 1°40'0.48"N, 75°17'59.28"W
- Finca Paujilera (Montañita) con 270 msnm  
Coordenadas GPS: 1°20'14.40"N, 75°18'42.57"W  
Distancia línea de vista aproximada de 36,8 Km

## ESCOGENCIA DE EQUIPOS Y CARACTERISTICAS DE RED

Según el estudio de viabilidad se tendría entonces el siguiente esquema de conectividad o red inalámbrica que daría viabilidad para la transmisión de imágenes desde la subestación eléctrica de Doncello hasta el edificio sede principal de Electrocaquetá ubicado en la ciudad de Florencia, donde finalmente a través de fibra óptica de un proveedor local ISP, se transmiten las imágenes de CCTV hasta el centro de gestión y monitoreo ubicado en la ciudad de Neiva – Huila.

## DISEÑO FINAL DE LA RED TRONCAL

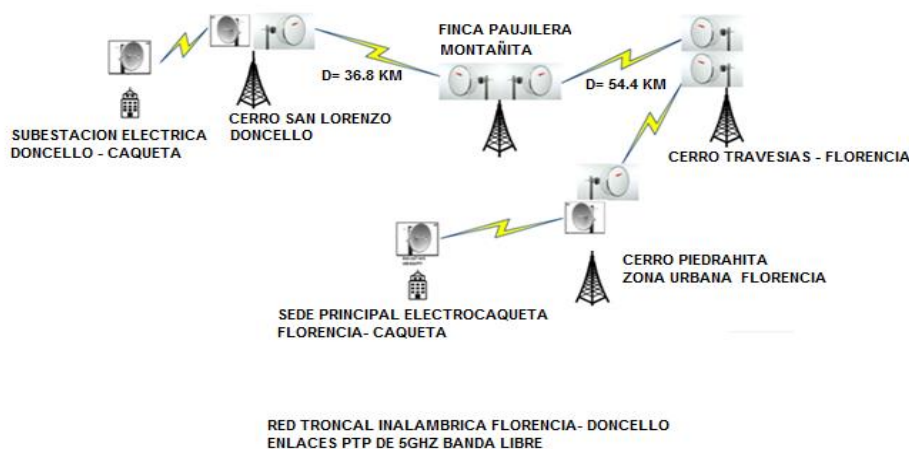


Fig. 7 Diseño de red topología de la red troncal

Actualmente se tiene:

1. Enlaces PTP desde la sede principal hasta el cerro Piedrahita (Florencia): se tiene un enlace de última milla con antenas ubiquitiRocket M5 con un ancho de banda de 100Mbps agregados. La antena ubicada en la sede principal se encuentra instalada en un poste de 12 metros con perfecta línea de vista al cerro Piedrahita.
2. Caseta de comunicaciones radiales en cerro San Lorenzo donde se tiene una torre de 40 metros de altura, caseta energizada y con banco de baterías para respaldo eléctrico. No se tiene antenas de datos, solo de radiofrecuencia para comunicación radial.

**Se requiere:**

1. Cerro Travesías: actualmente la empresa CECOM SAS adquirió en compra terreno de 150 metros cuadrados en la cima del cerro, entonces se debe construir una caseta en ladrillo de 5m x 5m, se debe instalar rack desnudo para equipos de telecomunicaciones, ups, banco de baterías, instalación eléctrica y acometida, instalación de torre de comunicaciones de una altura de 30m, con sistema de apantallamiento según norma (sistema de pararrayos tipo Franklin con bobina de choque, luz de obstrucción y sistemas de barrajes de tierra para aterrizaje de antenas para los enlaces PTP. Para este punto se requiere dos antenas, una para realizar el enlace PTP entre el cerro travesías y la finca Paujilera y el otro que me de conectividad en con el cerro Piedrahita.
2. Finca la Paujilera: en esta finca se acuerda un arriendo por un área de 7m x 7m, para la instalación de una torre de comunicaciones de min 30m de altura, y un rack intemperie para equipo de telecomunicaciones, se deben realizar instalación de acometida eléctrica, instalación de torre, encierro de torre, instalación de rack y equipos de baterías y ups de respaldo, sistema de protección de tierra y apantallamiento de torre con luz de obstrucción.

Aquí se requiere dos antenas, un PTP entre la Paujilera y Travesías y el otro con el cerro San Lorenzo.

3. En el cerro San Lorenzo, se debe realizar únicamente la instalación de 2 antenas en torre de 40 metros de altura, una que recibe la señal de la Paujilera y la otra que conectara finalmente con la subestación eléctrica de Doncello.

### Equipos a implementar:

Según el requerimiento se debe tener una red troncal inalámbrica que permita tener un ancho de banda real y dedicada de 100Mbps. Para ello se deben escoger equipos de gama alta con un alto performance en la banda libre de 5Ghz que permita garantizar como mínimo el ancho de banda requerido.

Para ello se procede a realizar la escogencia según sus características y resultados comprobables en otras implementaciones similares las antenas PTP AirFiber5 de Ubiquiti modelo AF5U.

### Especificaciones técnicas:



	<b>AF5U</b>
<b>Frequency</b>	High-Band 5 GHz
<b>Throughput</b>	1.2+ Gbps
<b>Range</b>	100+ km

[5]

Fig. 8 Diseño de antena

Según la experiencia, hemos tenido un Throughput real de 900Mbps a una distancia de 80Km, teniendo en cuenta que las distancias entre los puntos son menores y oscilan entre los 54,4km se intuye que se puede garantizar el ancho de banda real requerido por el diseño de red.

Para garantizar un ancho de banda real durante todo el trayecto, es necesario instalar todos los enlaces PTP entre edificio sede principal Florencia hasta la subestación Doncello. Por lo tanto, el enlace existente entre el edificio sede y cerro Piedrahita se debe cambiar.

### Simulación de radioenlaces mediante el AirLink de Ubiquiti

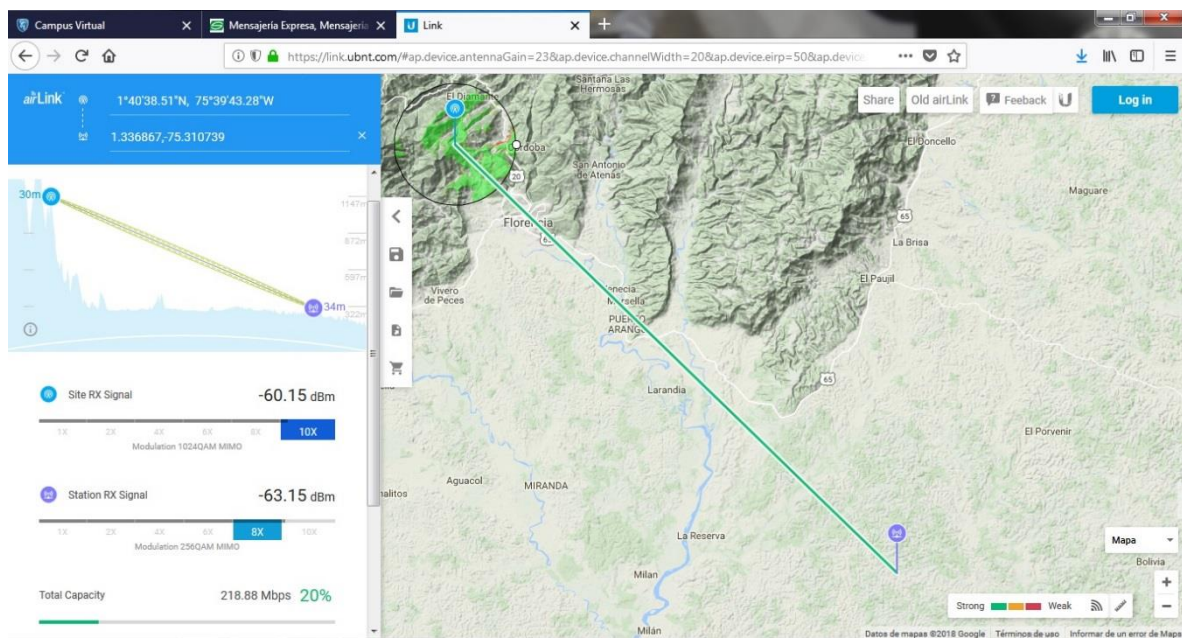


Fig. 10 Simulación radioenlace Florencia – Paujilera con un ancho de banda estimado de 218Mbps

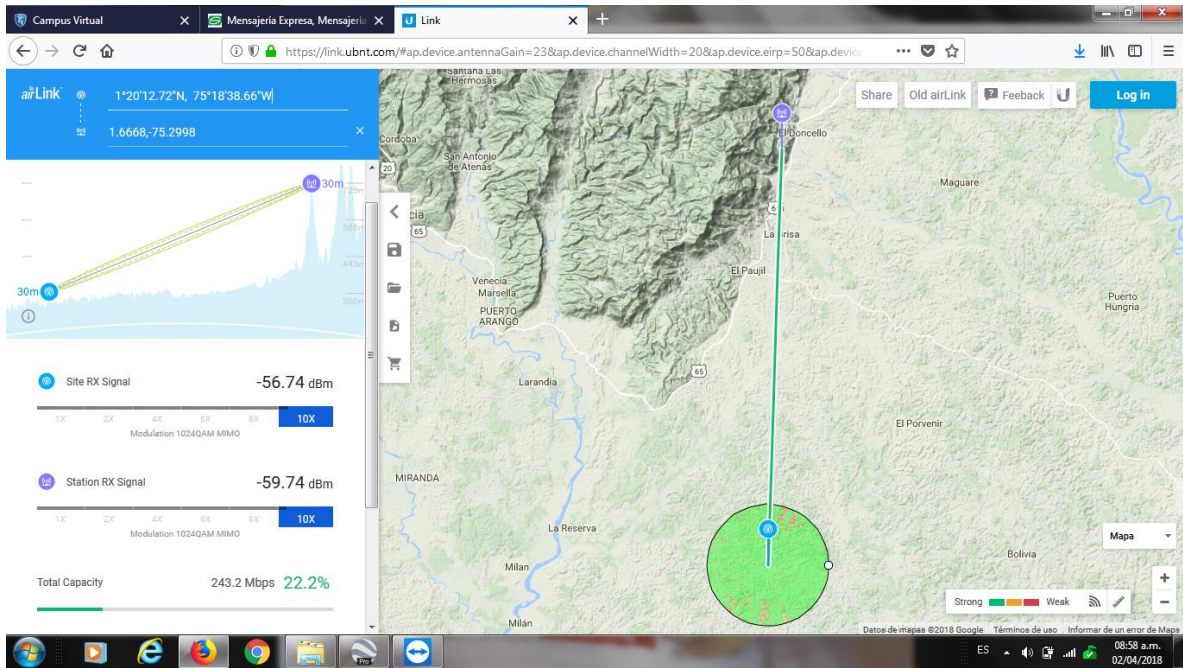


Fig. 9 Simulación radioenlace Paujilera – Cerro Doncello con un ancho de banda de 243Mbps

A continuación, relacionamos las especificaciones técnicas de cada punto.

**a. TORRE TIPO 1: DOS (02) TORRE DE 20 metros CON LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES MINIMAS (Características para torres rendadas. Omita características no utilizadas en caso de ofrecer Torre AUTOSOPORTADA)**

1. Medidas:

- Altura: 20 m
- Lado: 40 cm
- Verticales (o paralelas): Refuerzo principal de 1 ¼" x 1/8 (para garantizar estabilidad)
- Celosía en ángulo:  
Horizontal: ¾ x 1.8" y Diagonal: Varilla lisa de diámetro ½" y resistencia 2500 kgf/cm<sup>2</sup> (A-36)

2. Material:

- La torre debe ser fabricada en tubería mecánica.
- Ángulo de acero de tipo estructural
- Aristas Tubo estructural de 1 1/2" cal. 2.5m ASTM-A 573 GRADO C
- Peldaños en Varilla lisa 5/8" ASTM A-36
- Diagonales en Varilla lisa 3/8" ASTM A-36
- Empalmes de copa y tornillo pasador de ½" x 2 ½" galvanizados en caliente
- Tornillería de ½ x 1" según norma ASTM A-394 tipo 0 mínimo galvanizados en caliente según norma ASTM A-153.

3. Tensores:

- Cable de riendas en Cable de acero súper GX de ¼" (Carga de ruptura de 3.020 Kg)
- Cantidad: 4 juegos
- Agarrados a la torre por medio de abrazaderas o grilletes y usando guardacabos
- Distancias verticales: a 6, 12 y 18 m de la base
- Distancia horizontal mínima: a 10 m de la torre
- Diámetro de los cables de retenida: 3/16"
- Tensores Tipo "U" de seguridad con mordaza antideslizante de ½ x 12" galvanizados en caliente

4. Tramos:

- Longitud Mínima Tramos: 3m
- Distancia Mínima entre pasos: 42,85 cm (que es igual a 7 pasos por tramo)

5. Tipo de base Mínima:

- Base Torre: Abatible con tres puntos de apoyo
- Dimensiones del dado de concreto de la base: de 1 m largo x 1 m ancho x 1 m alto (dosificación de la mezcla de cemento, arena y grava dada por la relación en volumen de 1:2:3)
- En la parte inferior del cimientó y guardando un recubrimiento de 5 cm, debe colocarse una parrilla de hierro de 3/8" de diámetro.
- Separación de las barras de la parrilla: 15 cm en ambos sentidos
- Longitud de las barras de refuerzo: 60 cm
- Bases de anclaje Materiales y construcción de las bases de anclaje para los vientos de la torre incluyendo excavaciones en terreno normal

6. Puntos de Anclaje:

- Bloques de concreto de 30 cm largo x 30 cm ancho x 0,75 m alto
- Altura del relleno de los puntos de anclaje: 70 cm
- Fuerza vertical de levantamiento: 200 Kg

7. Recubrimiento de TODAS las partes:

- Galvanizado en caliente por inmersión no menor a 100 micras
- 2 capas de pintura base anticorrosivo epóxica atoxico 10070/13350 industrial (indicada para galvanizado en caliente, aplicada en una película seca de 4 MILS).
- Acabado final en epóxica de colores blanco y naranja, y Esmalte acrílico en color blanco y naranja aplicado según las normas de la aerocivil a 7 franjas con una película seca de 4 mils
- Todos los acabados deben regirse bajo las normas ASTM-A123, ASTM-A 143 y ASTM-A 153 como mínimo, aunque no es excluyente el no cumplimiento de estas normas

8. Sistema de tierra: Hidrosolta de 7 KW

9. Pararrayos:

- Tipo franklin de 4 elementos
- Mástil de soporte en Tubo galvanizado de 1" x 3.0 m con anclajes mecánicos a la torre.
- Cable de bajada en cobre 1/0 forrado sin uniones ni empalmes en su trayecto fijado con cintas inoxidable banduit cada 3.0 m
- Aterrizaje en una (01) varilla cobre-cobre de 5/8 x 2.4 m unido con soldadura exotérmica tipo cadweld.

10. Debe soportar 2 personas en la punta

11. Debe ponerse una luz de obstrucción en la punta (de bajo consumo):

- Faros de 100 vatios, sistema de flasher en caja a prueba de intemperie, foto celda incorporado.
- Alimentación: 120 Vac/60 Hz
- Cable de alimentación: cable encauchetado de 3 x 14 fijado con correíllas cada 3 metros.

12. Velocidad del viento de la zona andina: 50 Km/h

**b. TORRE TIPO 2: Una (01) TORRES DE SIETE METROS (07 m) CON LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES:**

1. Medidas:

- Altura: 07 m
- Lado: 26 cm
- Verticales (o paralelas): Refuerzo principal de 1 ¼" x 1/8 (para garantizar estabilidad)
- Celosía en ángulo:  
Horizontal: ¾ x 1.8" y Diagonal: Varilla lisa de diámetro ½" y resistencia 2500 kgf/cm<sup>2</sup> (A-36)

2. Material:

- La torre debe ser fabricada en tubería mecánica.
- Ángulo de acero de tipo estructural
- Aristas Tubo estructural de 1 1/2" cal. 2.5m ASTM-A 573 GRADO C
- Peldaños en Varilla lisa 5/8" ASTM A-36
- Diagonales en Varilla lisa 3/8" ASTM A-36
- a. Empalmes de copa y tornillo pasador de ½" x 2 ½" galvanizados en caliente
- b. Tornillería de ½ x 1" según norma ASTM A-394 tipo 0 mínimo galvanizados en caliente según norma ASTM A-153.

3. Tensores:

- Cable de riendas en Cable de acero súper GX de ¼" (Carga de ruptura de 3.020 Kg)
- Cantidad: 4 juegos
- Agarrados a la torre por medio de abrazaderas o grilletes y usando guardacabos
- Distancias verticales: a 4, 8 y 12 m de la base
- Distancia horizontal mínima: a 6 m de la torre



- Diámetro de los cables de retenida: 3/16"
- Tensores Tipo "U" de seguridad con mordaza antideslizante de ½ x 12" galvanizados en caliente.

#### 4. Tramos:

- Longitud Mínima Tramos: 3m
- Distancia Mínima entre pasos: 42,85 cm (que es igual a 7 pasos por tramo)

#### 5. Tipo de base Mínima:

- Base Torre: Abatible con tres puntos de apoyo
- Dimensiones del dado de concreto de la base: de 1 m largo x 1 m ancho x 1 m alto (dosificación de la mezcla de cemento, arena y grava dada por la relación en volumen de 1:2:3)
- En la parte inferior del cimientado y guardando un recubrimiento de 5 cm, debe colocarse una parrilla de hierro de 3/8" de diámetro.
- Separación de las barras de la parrilla: 15 cm en ambos sentidos
- Longitud de las barras de refuerzo: 60 cm
- Bases de anclaje Materiales y construcción de las bases de anclaje para los vientos de la torre incluyendo excavaciones en terreno normal

#### 6. Puntos de Anclaje:

- Bloques de concreto de 30 cm largo x 30 cm ancho x 0,75 m alto
- Altura del relleno de los puntos de anclaje: 70 cm
- Fuerza vertical de levantamiento: 200 Kg

#### 7. Recubrimiento de TODAS las partes:

- Galvanizado en caliente por inmersión no menor a 100 micras
- 2 capas de pintura base anticorrosivo epóxica atóxico 10070/13350 industrial (indicada para galvanizado en caliente, aplicada en una película seca de 4 MILS).
- Acabado final en epóxica de colores blanco y naranja, y Esmalte acrílico en color blanco y naranja aplicado según las normas de la aerocivil a 7 franjas con una película seca de 4 mils
- Todos los acabados deben regirse bajo las normas ASTM-A123, ASTM-A 143 y ASTM-A 153 como mínimo, aunque no es excluyente el no cumplimiento de estas normas

#### 8. Sistema de tierra: Hidrosolta de 7 KW

#### 9. Pararrayos:

- Tipo franklin de 4 elementos

- Mástil de soporte en Tubo galvanizado de 1" x 3.0 m con anclajes mecánicos a la torre.
- Cable de bajada en cobre 1/0 forrado sin uniones ni empalmes en su trayecto fijado con cintas inoxidable banduit cada 3.0 m
- Aterrizaje en una (01) varilla cobre-cobre de 5/8 x 2.4 m unido con soldadura exotérmica tipo cadweld.

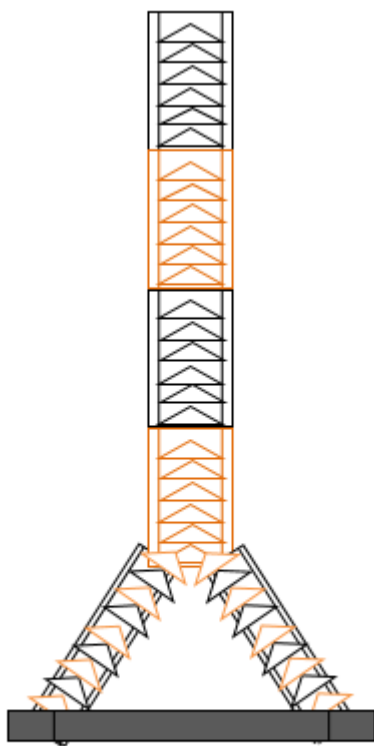
10. Debe soportar 1 persona en la punta

10. Debe ponerse una luz de obstrucción en la punta (de bajo consumo):

- Faros de 100 vatios, sistema de flasher en caja a prueba de intemperie, foto celda incorporado.
- Alimentación: 120 Vac/60 Hz
- Cable de alimentación: cable encauchetado de 3 x 14 fijado con correíllas cada 3 metros.

- **DISEÑO GLOBAL DE TORRE AUTOSOPORTADA Y RIENDADA**

- **SUGERIDO**



TORRE AUTOSOPORTADA

**c. POSTE: NUEVE (09) POSTES DE 12 metros CON LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES:**

- Poste de concreto
- Tipo centrifugado
- Hasta 510 kg de carga de rotura para 12 metros de altura.
- Con un Sistema de tierra (de requerirse por multiplicidad de dispositivos).
- Debidamente Aplomados.
- Altura de 12 metros sobre tierra.
- Con Puntos de Anclaje de altura de relleno de 75 cm, rellenos en mortero de cemento conglomerante.
- Fuerza vertical de levantamiento: 500 Kg
- Acabado final en pintura de aceite de colores negro y naranja, aplicado en partes uniformes hasta una altura de 3 metros.

**d. MASTIL: DOS (02) MASTIL DE 03 metros CON LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES:**

- a. Altura: 03 metros sobre tierra.
- b. Forma: Circular
  - Debe ser fabricado en tubería mecánica.
- c. Material: Tubo para Intemperie de 2”.
- d. Asegurado con abrazaderas chazos o grilletes
  - De requerirse bases de anclaje, deben suministrarse los Materiales y construcción de las bases de anclaje que soporten vientos incluyendo excavaciones en terreno normal, que no sacrifiquen la altura mínima de 3 metros sobre tierra, utilizando altura de relleno de 75 cm, rellenos en mortero de cemento conglomerante
  - Recubrimiento de TODAS las partes en (no exigible para tubo galvanizado)
    - :
    - Galvanizado en caliente por inmersión no menor a 100 micras
    - 2 capas de pintura base anticorrosivo epóxica atoxico 10070/13350 industrial (indicada para galvanizado en caliente, aplicada en una película seca de 4 MILS).
    - Acabado final en epóxica de colores blanco y naranja, y Esmalte acrílico en color blanco y naranja aplicado según las normas de la aerocivil a 7 franjas con una película seca de 4 mils
    - Todos los acabados deben regirse bajo las normas ASTM-A123, ASTM-A 143 y ASTM-A 153 como mínimo, aunque no es excluyente el no cumplimiento de estas normas
  - Con un Sistema de tierra (de requerirse por multiplicidad de dispositivos).
  - Pararrayos (no obligatorio. Solo si las condiciones atmosféricas lo requieren):

- Tipo franklin de 4 elementos
- Cable de bajada en cobre 1/0 forrado sin uniones ni empalmes en su trayecto fijado con cintas inoxidable banduit cada 3.0 m
- Aterrizaje en una (01) varilla cobre-cobre de 5/8 x 2.4 m unido con soldadura exotérmica tipo cadweld.
- Velocidad del viento de la zona andina: 50 Km/h

**e. PANEL: Un (1) SISTEMA DE PANELES SOLARES TIPO V CON LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES (o solución terrestre de acometida eléctrica que garantice energización de la torre):**

- Policristalino
- Potencia a plena luz: 65 Wpico C/U
- Corriente a plena luz: 3,35 Amperios a 12 Voltios
- Controlador: 12 V, 12 Amperios
- Dos (2) Baterías de 12 V, 140 Ah
  - Profundidad de descarga mayor a 79%
  - Ciclos de carga y descarga: más de 750
  - Abierta
  - Especial para pequeños sistemas fotovoltaicos
- Inversor de onda senoidal pura de 150 W continuo 300 W pico, 110 V AC.
- Accesorios de instalación (cables, conectores, etc.).

[6]Desde pág. 22 hasta la 28

## Diseño de posibles locaciones

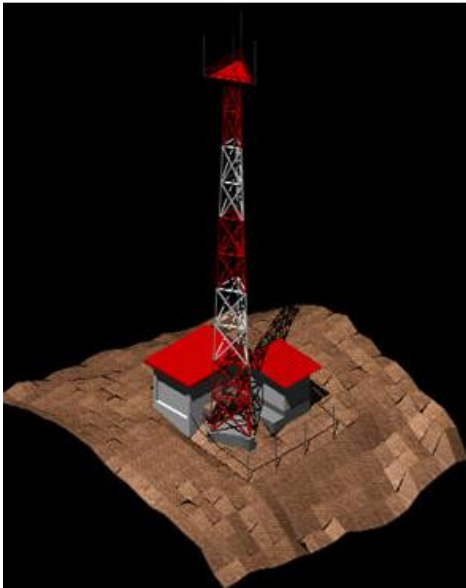


Fig. 9 Posible diseño punto de la finja pajilera [7]



Fig. 10 Posible diseño de antena de comunicaciones en punto Piedrahita [7]

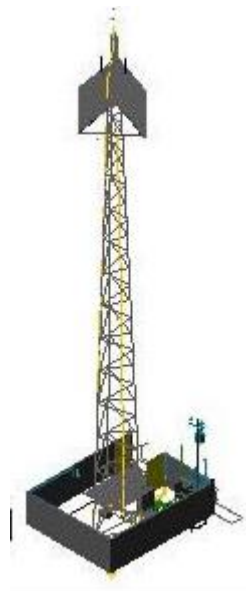


Fig. 10 Posible diseño de antena de comunicaciones en punto cerro san Lorenzo, travesías y Piedrahita [7]

## 5. RIESGOS

### PLANIFICACIÓN DE LA GESTIÓN DE LOS RIESGOS

Se realizó la construcción de dos matrices cualitativas de riesgos identificando su impacto y probabilidad, una para el análisis de riesgos en el proceso de licitación adicional a esto se hace una descripción de cada actividad como mitigarla.

el alcance, tiempo, costo a continuación se muestra como se definió los niveles de impacto y probabilidad en la siguiente tabla.

	TIPO DE RIESGO	ASIGNACIÓN DEL CONTRATO	PROBABILIDAD FRECUENCIA				IMPACTO COSTO			
			0-5%	>5%-15%	>15-30%	>30%	0-5%	>5%-15%	>15-30%	>30%
PREDIAL	Demoras en la gestión predial	Privado								
	verificar los sobrecostos por arriendo de predios necesarios	Público-Privado								
AMBIENTAL Y SOCIAL	controlar las Demoras en la obtención de las licencias y/o permisos	Privado								
	constatar Sobrecostos por compensaciones socio ambientales	Público-Privado								
	supervisar Efectos desfavorables frente a reubicación de estaciones para la construcción de la red	Público								
	Obras no previstas requeridas por autoridades ambientales	Público								
	Invasión del derecho de vía	Privado								
DISEÑO	controlar sobrecostos derivados de los estudios y diseños	Privado								
	verificar sobrecostos por ajustes de estudios y diseños, sea por razones ambientales u otras	Público								

## **6. RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

Mediante el software Google Earth se obtuvo el punto estratégico para realizar la conectividad entre la ciudad de Florencia y Doncello Caquetá usando solo un salto, después mediante una búsqueda física se logró obtener el punto real, concretar negociación del sitio con propietarios y dejar listo el sitio para inicio de la segunda fase que no será competencia de este proyecto. La gerencia de proyecto estuvo bien elaborada pues las actividades se ejecutaron según lo provisto y planeado, sin contratiempos.

Se entrega Diseño final de la red troncal inalámbrica que interconectara la ciudad de Florencia con Doncello Caquetá, totalmente viable, con la selección de equipos adecuada y las actividades a realizar durante la ejecución y puesta en marcha de la segunda fase.

Las Estrategias de Gerencias de Proyectos fueron de vital importancia ya que permitieron una adecuada planeación y ejecución en el diseño, como la realización de la propuesta económica y especificaciones técnicas requeridas por sitios para llevar a cabo su implementación y poder dar cumplimiento al requerimiento realizado por el cliente Electrocaquetá.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

[1] [https://es.wikipedia.org/wiki/Red\\_inal%C3%A1mbrica\\_municipal](https://es.wikipedia.org/wiki/Red_inal%C3%A1mbrica_municipal)

[2] [/arantxa.ii.uam.es/~ferreiro/sistel2008/practicas/Entregas\\_desarrollo/X\\_2\\_desarrollo.pdf](http://arantxa.ii.uam.es/~ferreiro/sistel2008/practicas/Entregas_desarrollo/X_2_desarrollo.pdf)

[3] [prezi.com/2pug1t-gdo-d/enlaces-inalambricos-y-topologia-de-redes/](http://prezi.com/2pug1t-gdo-d/enlaces-inalambricos-y-topologia-de-redes/)  
<https://www.mindmeister.com/es/451992679/topologias-de-red>

[4] [www.cecomsas.com/](http://www.cecomsas.com/)

[5] [www.ds3comunicaciones.com/ubiquiti/AF-5U.html](http://www.ds3comunicaciones.com/ubiquiti/AF-5U.html)

[6] cecomsas, documento técnico sobre torres de comunicaciones – dpto hsqe cecom

[7] Categoría: Telecomunicaciones-<http://www.planospara.com/infraestructura>