

# Despliegue de soluciones de Telecomunicaciones en comunidades Andinas: una visión desde la práctica

V. F. Miramá, C. M. Hernández, A. Toledo, V. Solarte

vmirama@unicauca.edu.co, claudiah@unicauca.edu.co, atoledo@unicauca.edu.co, vsolarte@unicauca.edu.co

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones  
Universidad del Cauca  
Popayán, Colombia

**Resumo:** Este artículo presenta las experiencias en el proceso de despliegue de redes de telecomunicaciones para brindar acceso a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) a los habitantes del Resguardo Indígena de Puracé en el departamento del Cauca - Colombia, impulsando el acercamiento a iniciativas de masificación de las TIC, en el marco del proyecto "Tecnologías de la información y la comunicación desde una perspectiva comparativa: hacia modelos de apropiación social en los Resguardos Indígenas de Puracé y Ambaló, departamento del Cauca", financiado por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia (Colciencias). El acercamiento con la comunidad para lograr la aceptación de la realización del proyecto y su activa participación, fue una de las etapas más críticas para garantizar el desarrollo del proyecto, después, un trabajo en equipo permitió realizar el diagnóstico de las redes existentes, análisis de las tecnologías viables de implementación, socialización de opciones de conectividad, despliegue de las redes, y acompañamiento en los procesos de capacitación en manejo y operación de las redes. Los resultados demuestran que es posible implementar soluciones de conectividad para comunidades de regiones apartadas, lo cual les permite tener acceso a las posibilidades que brindan las tecnologías de la información y la comunicación, con lo cual se espera a futuro disminuir la brecha digital entre el campo y la ciudad.

**Palabras clave:** comunidades indígenas, conectividad, tecnologías inalámbricas, tecnologías de la información y la comunicación.

**Abstract:** This paper presents the experiences in the telecommunications networks deployment process for provide access to Information and Communications Technologies (ICT) to the Puracé Indian community at the department of Cauca - Colombia, they were done under the project "Information and communications technology from a comparative perspective towards models of social ownership in Puracé and Ambaló indigenous communities, department of Cauca - Colombia," funded by the Administrative Department of Science, Technology and Innovation of Colombia (Colciencias). The approach with the community to gain the project acceptance and their active participation, was one of the most critical steps to ensure the project development, then teamwork allowed the existing networks diagnosis, viable implementation technologies analysis, connectivity options socialization, network deployment, and support in network management training. The results show that it is possible to implement connectivity solutions for communities in remote regions, this allows access to the possibilities offered by information and communications technologies, which is expected to reduce the digital divide between town and country.

**Keywords:** indigenous communities, connectivity, wireless technologies, information and communications technology.

## 1 Introducción

La instalación de soluciones de telecomunicaciones en comunidades andinas implica una serie de aspectos en los cuales la parte técnica tiene tanta importancia como el diálogo continuo con las comunidades para llevar a feliz término los objetivos planteados. Trabajar con comunidades andinas conlleva adaptarse a sus modelos de vida, visión y actividades. En el resguardo indígena de Puracé en el Departamento del Cauca, no se tiene acceso a internet y a los servicios que se derivan de este, aunque el programa Vive Digital del Gobierno llega a las cabeceras municipales con conexiones a internet de alta velocidad, en el territorio indígena no se tiene cobertura. Es importante para esta comunidad contar con formas de conectividad que le permitan hacer uso de los recursos que ofrecen las tecnologías de la información y la comunicación, en diferentes ámbitos como el educativo, cultural, turístico y comercial, entre otros.

En este artículo se presenta la experiencia de despliegue de una solución de conectividad con una comunidad

indígena del Departamento del Cauca - Colombia. En la Sección 2 se presentan los trabajos previos, en la Sección 3 se presenta la metodología empleada, en la sección 4 se presentan las pruebas de la red desplegada y en la sección 5 se presentan las conclusiones.

## 2 Trabajos previos

Previamente se han desarrollado diferentes trabajos enfocados al despliegue de redes destinadas a brindar conectividad a diferentes comunidades, algunos de ellos se presentan a continuación.

El proyecto mexicano Rhizomatica propende por la creación de sistemas móviles comunitarios para las comunidades indígenas de México, dada la falta de cobertura móvil en las zonas donde habitan dichas comunidades [1].

Iniciativas como "e-agriculture" crean un espacio para compartir ideas sobre el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en el sector agrícola, evidenciando como la telefonía móvil en áreas rurales es

de gran importancia [2]. De igual manera proyectos como TUCAN 3G buscan promover la creación de redes que proporcionen cobertura 3G a sectores rurales para el desarrollo de los países [3].

En “Redes inalámbricas para zonas rurales” [4] se desarrolla un estudio de diferentes tipos de posibilidades de conectividad en un entorno rural, estudios realizados en zonas rurales en Perú, en donde se resalta las posibilidades que ofrece WiFi, entre otras opciones.

El artículo “Diseño e implementación de radioenlaces y estaciones repetidoras Wi-Fi para conectividad de escuelas rurales en zona sur de Chile” [5], presenta un resumen general del desarrollo de una red piloto que integra tecnología Wi-Fi con plataformas tipo embedded para la inclusión y conectividad de zonas rurales aisladas.

El proyecto “Diseño, simulación e implementación de un radio enlace entre los municipios de Alcalá y Ansermanuevo” [6] busca mejorar la calidad del servicio y disminuir los costos de funcionamiento de una empresa dedicada a brindar servicios de comunicación en dos café internet ubicados en los municipios de Alcalá y Ansermanuevo (Valle del Cauca).

El artículo “A Second-Generation Digital Terrestrial Television Wireless Return Channel Standard for Providing Internet Connectivity in Rural Areas in Latin America” [7] analiza la posibilidad de brindar acceso a internet a zonas rurales empleando el canal de retorno de los estándares de televisión digital terrestre DVB – RCT, con el cual se alcanza un alto porcentaje de penetración y costos de despliegue más baratos.

### 3 Metodología

Inicialmente se determinó una metodología de trabajo con la comunidad que permitiera el desarrollo del proyecto, para ello se establecieron las actividades: diagnóstico de las redes existentes en el resguardo, análisis de las tecnologías de comunicaciones viables de implementación, socialización de los diseños de las redes de comunicaciones con la comunidad, despliegue de las redes de comunicaciones, y acompañamiento en los procesos de capacitación en manejo y operación de las redes de comunicaciones. A continuación se presenta el desarrollo de la metodología planteada para el despliegue de soluciones de conectividad en el Resguardo de Puracé, Departamento del Cauca - Colombia.

#### 3.1. Acercamiento con la comunidad

Una etapa fundamental en el inicio del proyecto fue el acercamiento con las personas del cabildo a través de docentes y líderes de la región, mediante reuniones que se llevaron a cabo en la institución educativa de la vereda acompañados por los líderes y comunidad en general; en las reuniones se socializaron los alcances del proyecto desde el campo de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, realizando una introducción básica sobre el estudio técnico a desarrollar para ofrecer conectividad y los servicios a los que se podría acceder teniendo en cuenta los recursos tecnológicos disponibles, para realizar esta reunión era necesario concertar con la comunidad, la fecha más adecuada para garantizar la

participación de la mayoría de personas. Inicialmente la comunidad expresaba su desconfianza por proyectos que buscasen brindar herramientas tecnológicas para su vida diaria, basado en experiencias previas de administraciones o proyectos que nunca llegaron a brindarles soluciones reales y que consideraban una pérdida de recursos y tiempo en su desarrollo. Una de los retos del proyecto fue vencer esta barrera inicial mediante el acompañamiento permanente a la comunidad en cada una de las etapas de desarrollo del proyecto.

En esta etapa se le explicó a la comunidad la necesidad de instalar infraestructura de telecomunicaciones para ofrecerles servicios de internet de calidad, explicando aspectos técnicos de vital importancia como la búsqueda de sitios altos donde fuese posible la instalación de infraestructura, considerando aspectos de seguridad, fácil acceso, disponibilidad de corriente eléctrica, esto permitió que la comunidad basada en su conocimiento de la zona ayudará en la determinación de posibles sitios candidatos para la instalación de infraestructura, expresando también aquellos sitios que no podrían ser utilizados por considerarlos sagrados. Esta primera etapa fue de vital importancia, dado que la comunidad entendió lo que se buscaba lograr y en forma general como se haría la implementación de redes que brindarían conectividad y al sentirse parte del proceso su expectativa y entusiasmo aumentó.

#### 3.2. Recolección de información

En esta etapa se recogió información sobre tres aspectos importantes para el proceso de diseño de la red de comunicaciones, estos fueron: el análisis del terreno, en donde se determinan las características físicas del terreno; el estado de las comunicaciones en la región; y los equipos de comunicaciones pertenecientes a la comunidad que pudieran ser utilizados. Estos aspectos se presentan a continuación.

Análisis del terreno: Dado que las condiciones geográficas de la zona son extremadamente abruptas, se realizó una detallada referenciación con respecto a la ubicación de la ciudad de Popayán, Cauca, como origen de la red y una datación precisa de su ubicación satelital, tanto de los sitios de interés como de los cerros circundantes de mayor altura, con el fin de evaluar su posible uso como sitio de retransmisión de la red a desplegar.

En la Figura 1, se muestra la ubicación geográfica de las localidades pertenecientes al Resguardo de Puracé, estas son: Escuela de Cuaré, Centro Educativo Pululo Cuaré, Centro Educativo Chichiguará, sede Campamento, Alto De Anambío - Casa Cabildo, Centro ducativo Vueltas de Patico, sede Hispala, 20 De Julio – Jevilá, Centro Educativo Chichiguará, sede Tabío, Centro Educativo Chichiguará, sede Chapío, Centro Vueltas de Patico, Colegio Manuel María Mosquera – Puracé. La mayoría de los centros educativos se encuentran en una región con un relieve altamente quebrado, algunos están ubicados en cañones y cauces de ríos, convirtiendo en un reto técnico el despliegue de una red de comunicaciones funcional en este sector.



Figura 1: Sitios de interés Puracé. Fuente Google earth

Estado de las comunicaciones: Fue realizada una comprobación con los habitantes de la zona de la percepción de la calidad de la señal de telefonía celular, la recepción de emisoras en AM y FM, y otros tipos de comunicación utilizados por la comunidad; con el fin de establecer una base para el estudio de las tecnologías factibles de utilizar.

Equipos de comunicaciones: En el proceso de recolección de información fue posible observar que en diferentes veredas pertenecientes al cabildo, hubo experiencias en el trabajo con sitios comunitarios de acceso a Internet a través del Ministerio de Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones y su programa Compartel. La mayoría de estos sitios ya no cuenta con este servicio por diversas circunstancias como la conclusión de la prestación del servicio por parte de Compartel, dado que este se canceló por subutilización de los recursos, y deficiencia en la prestación del servicio. A pesar de que solamente en un sitio existía un convenio vigente con este servicio, en la mayoría de instituciones educativas cuentan con una sala adecuada de computadores que podrían ser utilizadas en el desarrollo del proyecto.

### 3.3. Opciones de conectividad

El análisis del terreno permitió concluir que no es factible el uso de tecnologías cableadas para brindar acceso a internet y demás servicios previstos, el despliegue de fibra óptica o cable coaxial se constituía en una solución de alto costo debido a la alta dispersión de las regiones de interés de este proyecto. Dadas las características de la zona, las tecnologías inalámbricas, se convirtieron en la opción más adecuada para brindar conectividad en este tipo de entorno. En la Tabla 1 se presentan las principales características de las tecnologías inalámbricas, que se tuvieron en cuenta para su selección en el desarrollo del proyecto.

Tabla 1: Comparación de tecnologías inalámbricas.

Tecnología	Wifi	WiMAX	3G	WiMesh	Satelital
Estándares	802.11n	802.16	IMT2000	802.11s	DVB-S, propietarios
Radio de celda (Km)	70	1 – 15	NA	NA	NA
Banda de transmisión (GHz)	2.4; 5.8	2.3; 3.5	1.9; 2.1	2.4; 5	3.7- 6.4; 11.7- 4.5; 17.7- 30.5
Tasa de Transmisión (Mbps)	54 - 600	100	2	54	2

QoS	Sí	Sí	Sí	Sí	Si
Licencia	No	Sí	Sí	No	Sí
Línea de Vista	Sí	No	No	Sí	Sí

Del análisis del estado del arte y de las características de la Tabla 1, se determinó utilizar la tecnología WiFi bajo el estándar de 802.11n como opción principal para el diseño de la red, dado que ofrece una alta velocidad, emplea una banda libre y tiene parámetros que garantizan la calidad de servicio.

### 3.4. Socialización con la comunidad

En esta etapa se compartieron con la comunidad las opciones de conectividad, y los sitios seleccionados para la instalación de infraestructura, con el fin de lograr su aprobación y ayuda para los permisos de instalación en las diferentes ubicaciones. Como resultado de este proceso se realizó la priorización de los sitios en los cuales se desplegaría infraestructura, estos se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2: Priorización de los sitios.

Prioridad	Sitio	Servicios disponibles
1	Casa de Cabildo	Emisoras AM: Buena señal Emisoras FM: Buena señal Celular : Mala señal
2	Alto de Anambio	Emisoras AM: Buena señal Emisoras FM: Buena señal Celular : Mala señal
3	Cuaré	Emisoras AM: Mala señal Emisoras FM: Mala señal Celular: Mala señal
4	20Jevila	Emisoras AM: Mala señal Emisoras FM: Mala señal Celular: Muy mala Señal
5	Hispala	Emisoras AM: Buena señal Emisoras FM: Buena señal Celular : Buena Señal
6	Tabio	Emisoras AM: Mala señal Emisoras FM: Mala señal Celular: Inexistente
7	Chapio	Emisoras AM: Mala señal Emisoras FM: Mala señal Celular: Inexistente
8	Campamento	Emisoras AM: Mala señal Emisoras FM: Mala señal Celular: Mala señal
9	Pululo	Emisoras AM: Muy mala señal Emisoras FM: Muy mala señal Celular : Inexistente Conectividad con Compartel hasta final del año 2013
10	Patuco	Emisoras AM: Muy mala señal Emisoras FM: Muy mala señal Celular: Inexistente

Para presentar las opciones de conectividad, aunque las herramientas de simulación muestran gran cantidad de información técnica, se representaron mediante líneas verdes los enlaces posibles de realizarse y mediante líneas rojas aquellos que no. Esto permitió que la comunidad entendiera porque algunas zonas no serían consideradas en la etapa inicial del proyecto, y facilitó la elección conjunta de las técnicamente viables.

Dado el presupuesto del proyecto, se determinó instalar los puntos 1, 2 y 3. Posteriormente la comunidad buscaría realizar gestión de recursos para conectar las otras localidades.

### 3.5. Diseño y simulaciones

Después de analizar las diferentes tecnologías aplicables en el desarrollo de solución de interconexión para el Resguardo de Puracé, se inició la etapa de diseño de red tomando como objetivo inicial el establecimiento de un sistema de comunicaciones entre la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones (FIET), de la Universidad del Cauca, ubicada en la ciudad de Popayán; la Casa de Cabildo del resguardo de Puracé y la Institución Educativa de Cuaré. Se realizó un análisis de viabilidad de los radioenlaces y estimación de niveles de potencia, las simulaciones de enlaces se realizaron mediante la herramienta Radio Mobile (de uso libre), la simulación se realizó con WiFi en 2.4 GHz y en 5 GHz; además se empleó una frecuencia portadora de 900 MHz.

Debido a que no existe línea de vista entre la FIET y los puntos de interés fue necesario un punto de repetición en la ciudad de Popayán. En la Figura 2 se observa el perfil del enlace entre la FIET y el repetidor de Cajete, este tiene una distancia de 6.73 Km y atraviesa la ciudad de Popayán, de acuerdo al perfil existe línea de vista. Se escogió la banda de los 5 GHz debido que en Popayán existía una sobre explotación de los canales de transmisión de la banda de 2,4GHz; lo cual afecta el desempeño del enlace y la calidad de la señal de recepción.

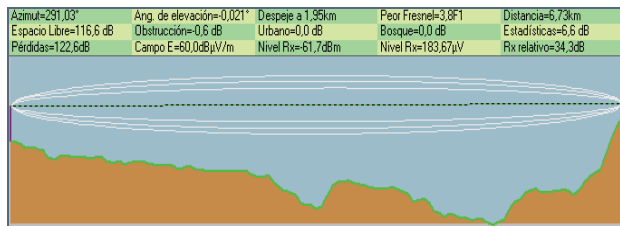


Figura 2: Perfil de enlace FIET – Cajete, 5 GHz.

En la Figura 3 se presenta el perfil del enlace establecido entre Cajete y la Casa de Cabildo del Resguardo de Puracé, este tiene una distancia de 25.23 Km, entre estos sitios existe línea de vista, y hay poco uso de la banda de 2.4GHz, por lo tanto se empleó esta banda.

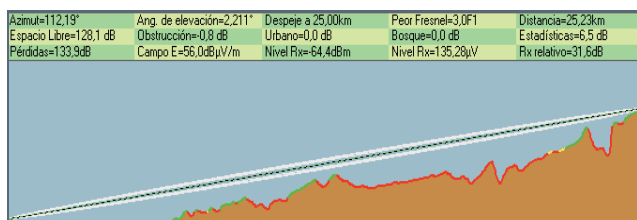


Figura 3: Perfil de enlace Cajete – Casa Cabildo, 2.4 GHz.

En la Figura 4, se muestra el perfil del enlace Casa de Cabildo e Institución Educativa Cuaré con una distancia de 2.94 Km. Debido a que las condiciones del terreno hacen imposible establecer línea de vista en este salto, es necesario hacer uso de las propiedades de la difracción en la propagación para superar los obstáculos; con este

fin se empleó la banda de 900 MHz en este enlace, con la cual es viable establecer el mismo, por tanto este enlace no utiliza el estándar 802.11n.

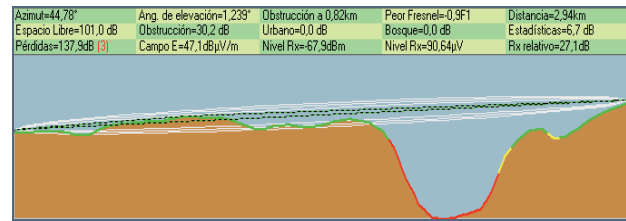


Figura 4: Perfil de enlace Casa de Cabildo– Cuaré.

Basados en los resultados de simulación se empieza el despliegue de infraestructura en los sitios elegidos.

### 3.6. Despliegue de redes

Para el despliegue de redes se elaboró un plan de despliegue donde se determina paso a paso las tareas a realizar y los responsables de cada una, esto permitió estimar el presupuesto necesario en esta actividad. En la Tabla 3 se presenta parte del plan de despliegue, donde se aprecian el orden y descripción de las actividades de instalación de redes.

Tabla 3: Plan de despliegue para el Resguardo de Puracé.

Item	Actividad	Descripción
01	Verificación de equipos a instalar	Revisar y comprobar el funcionamiento de los equipos a instalar en el enlace FIET-CAJETE.
02	Instalación equipos de Tx, FIET	Instalación de los equipos de Tx, en la torre de la FIET, cambio de cableado desde el punto de conexión hasta la antena transmisora.
03	Pruebas de Tx	Pruebas de funcionamiento del equipo de Tx en la torre FIET.
04	Adecuación e instalación de equipos en Cajete	Desplazamiento e instalación de equipos de comunicación y materiales al sitio: de mástil, para rayos, tierra de red eléctrica, batería, UPS, equipo de RX.
05	Pruebas de Tx	Pruebas de funcionamiento del equipo de Tx en la torre FIET.
06	Transporte e instalación equipos en Casa de Cabildo Puracé	Traslado de equipos de comunicación y materiales a la casa de cabildo en Puracé: de mástil, para rayos, tierra de red eléctrica, equipo de RX.
07	Pruebas de Tx	Pruebas de funcionamiento del equipo de Tx en la Casa de Cabildo Puracé. Instalación de equipo de Tx en 900MHz hacia Cuaré.
08	Transporte e instalación equipos en Centro Educativo Cuaré	Traslado de equipos de comunicación y materiales al Centro Educativo Cuaré en el municipio de Puracé: mástil, para rayos, tierra de red eléctrica, equipo de RX.

09	Pruebas de Tx	Pruebas de funcionamiento del equipo de Tx en 900MHz Centro Educativo Cuaré en el municipio de Puracé.
----	---------------	--

Para la instalación de las redes, la comunidad colaboró para el traslado de los equipos, materiales y suministros, posteriormente el resguardo designó dos personas que acompañaron durante el proceso de instalación de infraestructura y tuvieron la oportunidad de aprender la forma de conectar los equipos para garantizar su correcto funcionamiento.

Para la instalación en Cuaré fue de vital importancia el acompañamiento y colaboración de la comunidad para el traslado de equipos, dado que para llegar al sitio no existe una carretera transitable por vehículos, sino que se debe transitar por caminos muy estrechos sobre zonas muy empinadas y era necesario trasladar antenas, baterías, racks e instrumentos de calibración y ensamble de los diferentes equipos. En la Figura 5 se observa desde lo alto del camino al fondo, la institución educativa de Cuaré.



Figura 5: Vista de Cuaré desde la parte superior del camino, vista derecha e izquierda.

Uno de los aspectos más críticos sobre estas zonas es que no se tiene suministro de energía eléctrica continua, lo que conlleva a continuas fallas y cortes, por lo tanto fue necesario emplear baterías y ups que permitieran proteger los equipos a instalar.

Durante la instalación se evidenció la necesidad de instalar un repetidor entre Puracé y Cuaré, dado que el enlace directo no funcionaba correctamente, esto demuestra que aunque las herramientas de simulación gratuitas constituyen una alternativa para el diseño de redes, no necesariamente permiten determinar el diseño definitivo, debido a que no incluyen todos los fenómenos físicos que afectan la radiopropagación de una onda electromagnética, además, se empleó cartografía gratuita, lo que limitó la confiabilidad de las simulaciones. Se determinó instalar un repetidor en la casa de un cabildante, a cambio del permiso se le ofreció acceso a internet y se le explicó que los equipos no tendrían un consumo alto de energía, el resguardo colaboró para la obtención de los permisos por parte de los propietarios de la vivienda.

En la Figura 6 se observa la instalación final en Cuaré y el repetidor, en el cual se tienen dos antenas para comunicarse hacia la casa del Cabildo y hacia Cuaré.



Figura 6: Instalación en Cuaré y repetidor.

En la Figura 7 se observa la instalación en la casa del cabildo de Puracé.



Figura 7: Instalación en casa del cabildo Puracé.

De los tres sitios instalados, el que tiene mayores problemas de fallas eléctricas es la Institución Educativa de Cuaré y el repetidor, dado que hacen parte de las redes rurales de energía eléctrica. En los sitios se instalaron baterías, pero en ocasiones el suministro de energía se corta por varios días, tiempo durante el cual se descargan las baterías y los sistemas salen de operación, sin embargo, cuando esto sucede, los computadores portátiles de la escuela también se descargan, por lo tanto no hay forma de hacer uso de los servicios de conectividad.

### 3.7. Procesos de capacitación

Posterior a la instalación se desarrolló una jornada de capacitación en la escuela de Cuaré, en dicha capacitación participaron las personas que estuvieron durante la instalación, esto se observa en la Figura 8. Las personas capacitadas tienen las habilidades necesarias para realizar procesos básicos de diagnóstico del funcionamiento de la red, lo que permitirá en el futuro gestionar de forma más eficiente la red ante posibles fallas. Para estas jornadas se elaboró material enfocado a la operación de la red y manejo básico de los equipos instalados, también se consideró emplear un lenguaje sencillo que permitiera el entendimiento de los conceptos por parte de la comunidad.



Figura 8: Jornada de capacitación.

Los equipos quedaron a cargo de los dirigentes de la comunidad, en el proceso de instalación también fue necesaria la instalación de puntos de repetición en las casas de los miembros de la comunidad, quienes aceptaron dicha instalación conociendo que llevaría progreso a la comunidad en general.

También se realizó la capacitación en centros comunitarios o telecentros, esta se orientó a un grupo de personas del resguardo, donde se explicó el concepto de telecentro, sus tipos, beneficios y organizaciones de trabajo en comunidad, las personas de los resguardos mostraron su expectativa por participar en los procesos relacionados con los telecentros y aprovechar las ventajas y oportunidades que brindan. Se espera que a futuro se establezca un telecentro en la Institución Educativa de Cuaré.

#### 4 Pruebas y Resultados

Para el despliegue de la red se utilizaron Antenas Nano Bridge M5G25dBi; y equipos Rocket Dish-M2G24dBi. Los equipos fueron configurados con potencia de transmisión de 26 dBm, y utilizando su máxima sensibilidad; para verificar su funcionamiento se realizaron pruebas de desempeño determinando la potencia de recepción y la velocidad de cada enlace, esta información permitió la optimización del funcionamiento de la red. Las pruebas de velocidad se realizaron mediante test de velocidad online.

En la Tabla 4 se presenta la potencia de recepción obtenida en las pruebas del enlace desplegado entre la FIET y Cajete, en la Tabla 5 se muestran los resultados obtenidos en las pruebas de velocidad en este enlace.

Tabla 4: Potencia de recepción, enlace FIET – Cajete.

Enlace	Banda	Pot. Rx [dBm]
FIET → Cajete	5 GHz	-50.4 dBm

Tabla 5: Pruebas de desempeño de canal entre la FIET y Cajete.

Canal		Prueba 1 V(Mbps)	Prueba 2 V(Mbps)	Prueba 3 V(Mbps)
153	RX	5,03	7,26	6,43
	TX	8,09	7,68	7,01
157	RX	9,19	8,23	8,24
	TX	6,61	7,76	7,98
161	RX	7,00	7,35	6,25
	TX	6,30	4,29	5,96

En la Tabla 6, se observa el nivel de potencia de recepción obtenido en la Casa de Cabildo de Puracé; en la Tabla 7, se presentan los resultados de las pruebas de velocidad de canal.

Tabla 6. Potencia de recepción, enlace FIET – Cajete.

Enlace	Banda	Pot. Rx [dBm]
FIET → Cajete	2.4 GHz	-53.6 dBm

Tabla 7. Pruebas de desempeño enlace entre la FIET y Cajete

Canal		Prueba 1 V(Mbps)	Prueba 2 V(Mbps)	Prueba 3 V(Mbps)
1	RX	4,55	5,11	5,27
	TX	3,22	3,03	3,07
6	RX	2,98	3,71	3,15
	TX	2,37	1,54	2,01
11	RX	3,92	4,93	4,52
	TX	2,62	3,42	3,11

En la Tabla 8 se presenta la potencia de recepción obtenida en los enlaces entre Casa de Cabildo – Repetidor Cuaré.

Tabla 8. Potencia de recepción, enlace Casa de Cabildo – Cuaré.

Enlace	Banda	Pot. Rx [dBm]
Casa de Cabildo → Repetidor	900 MHz	-58.4 dBm
Repetidor → Cuaré	900 MHz	-63dBm

El canal empleado para este enlace fue el 1, dado que no hay ninguna ocupación en la zona, y la velocidad alcanzada fue de 5Mbps.

#### 5 Conclusiones

Para el enlace desplegado entre la FIET y Cajete, el canal 157 alcanzó una velocidad promedio de 8.55 Mbps en recepción y 7.45 Mbps en transmisión, por lo tanto presentó los mejores niveles y se eligió como canal de servicio. En el enlace entre Cajete y la Casa de Cabildo de Puracé, se configuró en el canal 1 con velocidad promedio en recepción de 5.01 Mbps, y 3.11 Mbps en transmisión y finalmente el enlace entre Casa de Cabildo de Puracé – Repetidor – Cuaré se trabajó con el canal 1, alcanzando velocidades de 5Mbps y 2.5Mbps en recepción y transmisión respectivamente. Con esto se lograron los valores más altos de velocidad en los enlaces instalados.

La solución presentada constituye una opción de buena calidad, y alta relación costo/ beneficio para brindar conexión a comunidades rurales, y tiene como ventaja el proceso de acompañamiento y apropiación por parte de la comunidad.

El despliegue de redes de comunicaciones para comunidades rurales exige un estudio detallado del terreno mediante visitas a campo, dado que en las simulaciones no siempre se pueden obtener resultados confiables debido a diferentes variables del terreno no consideradas tales como vegetación, tipos de suelo, resolución de la cartografía digital y accesibilidad a zonas de interés. Es necesario tener en cuenta que en las zonas rurales siempre hay variaciones en la corriente eléctrica, por lo tanto los equipos de comunicaciones deben tener sistemas de protección, para evitar daños prematuros en los enlaces.

Para las comunidades rurales la aceptación de la tecnología no es un proceso tan natural como lo es para las comunidades urbanas, dado que ellos están dedicados la mayor parte del tiempo a las labores del campo, y no ven en la tecnología una fuente de oportunidades, sino un distractor de sus actividades cotidianas, por eso los procesos de apropiación son muy importantes, porque permiten entender las ventajas que tiene el uso de la tecnología para diferentes procesos tales como la comercialización de sus productos, nuevas formas de comunicación e interacción en la comunidad y con el exterior, nuevos procesos de aprendizaje de técnicas relacionadas con la agricultura y ganadería.

En proyectos de este tipo, es muy importante la aceptación de la comunidad del uso de nuevas tecnologías para su desarrollo, dado que esto garantiza su activa participación durante el desarrollo del proyecto, y la comunidad posterior dado que ellos serán los encargados de velar por la integridad y uso adecuado de la infraestructura instalada.

### Referencias bibliográficas

- [1] "RHIZOMATICA Mobile Communications for All." [Online]. Available: <https://rhizomatica.org>
- [2] "Reducir la Brecha Digital en el Medio Rural." [Online]. Available:

<http://www.e-agriculture.org/es/reducir-la-brecha-digital-en-el-medio-rural-presentaci%C3%B3n>

- [3] "TUCAN3G Wireless technologies for isolated rural communities in developing countries based on cellular 3G femtocell deployments." [Online]. Available: <http://www.ict-tucan3g.eu/>.
- [4] G. Araujo, *Redes Inalámbricas para Zonas Rurales*, 2nd ed. Lima: GTR-PUCP, 2011.
- [5] W. Hugo Durney, G. César Castro, and S. Roger Ortiz, "Diseño e implementación de radioenlaces y estaciones repetidoras Wi-Fi par a conectividad de escuelas rurales en zona sur de Chile,".
- [6] M. F. Renteria Florez, "Diseño, Simulación e Implementación de un Radio Enlace Entre los Municipios de Alcalá y Ansermanuevo (Valle del Cauca)," Universidad Católica de Pereira, 2011.
- [7] C. Radicelli, et Al, "A Second-Generation Digital Terrestrial Television Wireless Return Channel Standard for Providing Internet Connectivity in Rural Areas in Latin America," *IEEE Latin America Transactions*, vol. 9, no.12, pp. 2837 -2844, September 2015.