

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE SERVICIOS DE INTERNET DE BANDA ANCHA PARA EL DISTRITO DE SAN MARCOS - ANCASH

PROPOSAL FOR THE IMPLEMENTATION OF
BROADBAND INTERNET SERVICES FOR
THE DISTRICT OF SAN MARCOS - ANCASH

Martín Moisés Soto Córdova
Universidad Autónoma de Ica
DNI: 10430418
martin.soto@autonomadeica.edu.pe
Código ORCID N° 0000-0002-9620-0562

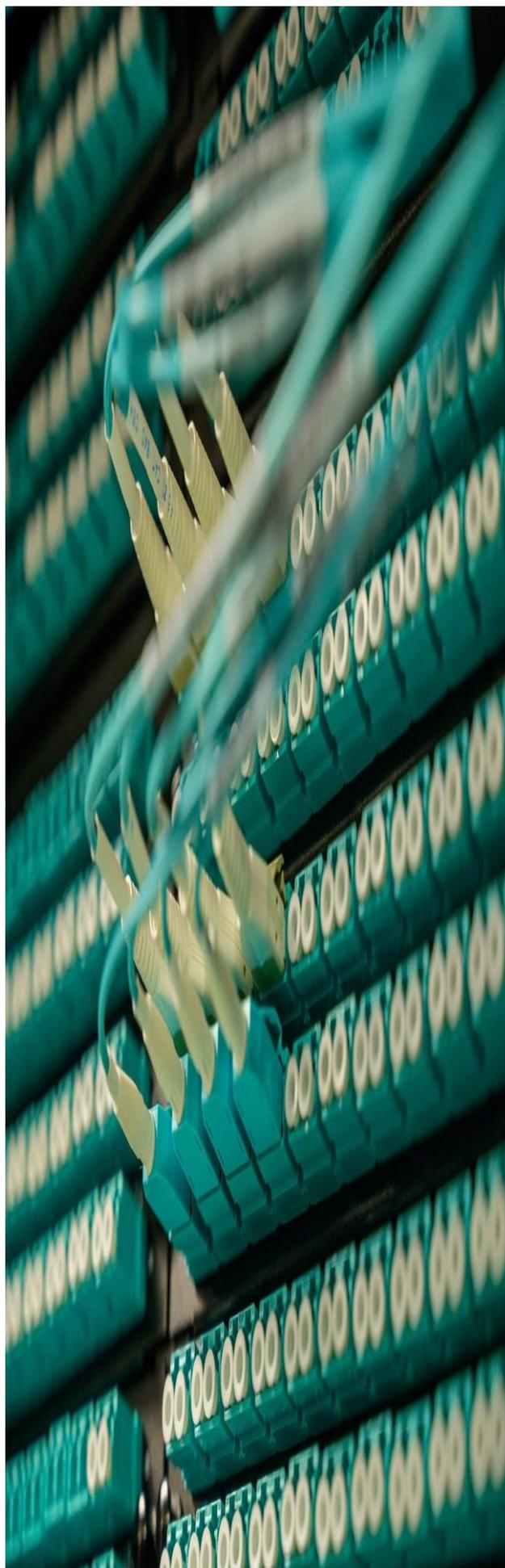
Pamela Lucía Pérez Arroyo
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
DNI: 70401353
pamela.perez2@unmsm.edu.pe
Código ORCID N° 0000-0002-8050-4924

Armando José Chávez Llanos
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
DNI: 74641446
armando.chavez@unmsm.edu.pe
Código ORCID N° 0000-0003-0117-112X

Resumen

Este artículo describe el estado actual de las telecomunicaciones en zonas rurales y presenta el estudio de la propuesta tecnológica de la implementación de servicios de Internet para zonas rurales, con el caso del distrito de San Marcos - Ancash. Se describe los criterios de elección de localidades a brindar servicios de telecomunicaciones, se aborda las principales características técnicas y se define el modelo de propagación más utilizado en la cobertura de las localidades, simulando los enlaces de radio de toda la red propuesta, para ello se utiliza el programa Radio Mobile. En este artículo se propone una arquitectura de red, y se realiza la elección de equipamiento comercial para implementar la solución.

Palabras claves: Rural areas, digital gap, telecommunications, internet, RDNFO, fiber optic, wireless.



Abstract

This paper describes the current state of telecommunications in rural areas and presents the study of the technological proposal for the implementation of Internet services for rural areas, with the case of the district of San Marcos - Ancash. The criteria for choosing locations to provide telecommunications services are described, the main technical characteristics are addressed and the propagation model most used in the coverage of locations is defined, simulating the radio links of the entire proposed network. It uses the Radio Mobile program. In this paper, a network architecture is proposed, and the choice of commercial equipment to implement the solution is made.

Keywords: Areas rurales; brecha digital, telecomunicaciones, Internet, RDNFO, fibra óptica, inalámbrico

Introducción / Antecedentes

En los últimos años, a nivel político, regulatorio, operadores y la academia, se ha venido resaltando la necesidad de proveer servicios de banda ancha a los ciudadanos ya que se destaca su impulso en la economía, social, entre otros. Así, en (Kelly & Rossotto, 2012) se resalta la importancia del ecosistema de banda ancha, sus desafíos, oportunidades e implicancias en el desarrollo. Asimismo, se analizan políticas y estrategias para la consideración de los gobiernos en la planificación y desarrollo de la banda ancha. Particularmente para las zonas rurales y remotas, la provisión o la mejora de los servicios de comunicaciones influye positivamente en estas regiones y en la calidad de vida de sus ciudadanos.

Por ello, en (OCDE, 2004) se presentan las tecnologías, los argumentos de obligaciones de servicio universal y banda ancha y las recomendaciones para que los gobiernos proporcionen asistencia financiera para el desarrollo y fomento del acceso a la banda ancha en las regiones rurales y remotas. Gracias a estas inversiones en telecomunicaciones es posible ofrecer servicios públicos como teleeducación, telesalud y gobierno electrónico, lo que mejorará el bienestar social y la competitividad del país, acercando los servicios básicos a la ciudadanía. A nivel global, se han identificado diversos retos en el desarrollo y despliegue de los servicios de telecomunicaciones en zonas rurales, que van desde el aspecto político, técnico y de impacto social (Adediran et. al., 2016). Asimismo, en

(UIT, 2019) se describe aspectos técnicos y de políticas relacionadas a la infraestructura de telecomunicaciones aplicadas en zonas rurales y remotas. Estas están dirigidas principalmente a los reguladores de telecomunicaciones, decisores políticos y operadores de telecomunicaciones. Los operadores de telecomunicaciones han venido proponiendo modelos de negocios de servicios de telecomunicaciones en zonas urbanas, rurales y remotas. Sin embargo, estas propuestas contemplan el retorno de la inversión basadas en la retribución del servicio por parte de la población, que en diversas situaciones posee limitaciones económicas o el tráfico generado es insuficiente para cubrir los costos del servicio, o también basadas en la inversión inicial de los gobiernos en la infraestructura de telecomunicaciones. Así, se tiene en (Balarezo-León, 2017) un modelo sostenible de despliegue de cobertura de Banda Ancha Móvil.

En el Perú, en los últimos años se ha venido implementando servicios públicos de telecomunicaciones en zonas rurales a través de la inversión del gobierno a través de la Agencia de Promoción de la Inversión Privada (Proinversión) y gestionados por el Programa Nacional de Telecomunicaciones (Pronatel) del MTC, para que estos servicios sean implementados y operados por empresas de telecomunicaciones ganadoras de correspondientes licitaciones (Pronatel, 2019). Cabe señalar que Pronatel promueve los servicios públicos de telecomunicaciones dirigidos a zonas rurales y para ello formula y evalúa los proyectos de inversión para estos servicios. El gobierno peruano promulgó la Ley de Promoción de la Banda Ancha y Construcción de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica (Ley N° 29904), y posteriormente, mediante el Decreto Supremo N° 002-2020-MTC se modifica diversos artículos del Reglamento de dicha Ley. La Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica (RDNFO) es una red de transporte de banda ancha que fue implementada a raíz de la inversión estimada de US\$ 323 millones del gobierno peruano para la provisión de servicios de conectividad e Internet. Esta consta de un tendido de 13,500 kilómetros de fibra óptica a nivel nacional, cubriendo 180 capitales de provincia de las 195 existentes en el Perú. Esta plataforma de transporte de datos fue concedida en el 2014 para su operación neutral a Azteca Comunicaciones Perú S.A.C. (Azteca). Sin embargo, dicha red se venía infrautilizando debido su modelo de negocio (Soto-Cordova y Sotelo-Lopez, 2018). Así cabe resaltar que a diciembre de 2020, se venía utilizando solamente el 3,2% de la capacidad instalada de

la RDNFO, por lo que los bajos ingresos apenas cubrían el 7,7% de sus costos (El Comercio, 2021). En definitiva, el gobierno peruano a través del MTC, en marzo de 2021 inició el procedimiento de resolución del contrato a través de la convocatoria a la audiencia pública del 17 de mayo de 2021, y en julio del 2021 el MTC resolvió de forma definitiva el contrato de concesión de la RDNFO, que será operada temporalmente por Pronatel. En el país, a modo complementario a la RDNFO, Pronatel formuló veintiún (21) proyectos regionales para la cobertura de servicios de banda ancha a nivel nacional llegando a 1,530 capitales de distrito, con una inversión del gobierno peruano de US\$ 1,909 millones y que serán adjudicados a empresas de telecomunicaciones y cuya implementación viene siendo efectuada con inversión del gobierno peruano (Pronatel, 2020). Cabe señalar que estos proyectos se conectan a los nodos de distribución de la RDNFO en las capitales de provincia y poseen más de 30,000Km de fibra óptica.

Estos proyectos regionales están dirigidos a impulsar el desarrollo social y brindar conectividad. Actualmente, trece (13) proyectos tienen contrato firmado y en etapa

de inversión, dos (02) están adjudicados y por firmar contrato y seis (06) en promoción. Dado que el distrito de San Marcos tendría una conexión de Internet de banda ancha de la RDNFO a través de la cobertura de la red regional, la red propuesta podría tener dicha conectividad en el nodo principal de San Marcos. Bajo ese contexto, proponer una arquitectura de red de banda ancha en zonas rurales, y tomando como caso el distrito de San Marcos, permite conocer los criterios y elementos de ingeniería que intervienen en su diseño así como los factores de despliegue de servicios de telecomunicaciones para los tomadores de decisión gubernamentales.

Problema / Objetivos

El distrito de San Marcos en Ancash posee diversos centros poblados de clasificación rural o urbana que no cuentan con servicios de Internet de banda ancha. En la Tabla 1 se muestra la ubicación de éstos considerando los siguientes criterios: a) Existencia de al menos un colegio y más de 150 habitantes en el centro poblado; b) Que posea al menos un centro de salud; c) Que la cantidad de habitantes sea mayor a 200.

Tabla 1 Centros poblados del distrito de San Marcos

Localidad	Clasificación	Longitud	Latitud	Población
San Marcos	Urbano	-77.15667993952	-9.52575993779	1724
Runto	Rural	-77.15310993952	-9.53783993780	223
Huariyampa	Rural	-77.14487993951	-9.49875993777	366
Pacash	Rural	-77.13651993950	-9.52208993779	307
Tupeg	Rural	-77.13451993950	-9.53194993780	234
Carhuayoc	Urbano	-77.12374993949	-9.52702993779	894
Opayaco	Rural	-77.14384993951	-9.48720993776	317
Pojun	Rural	-77.12047993949	-9.54933993781	286
Chuyo	Rural	-77.16182993953	-9.57475993784	336
Vista Alegre	Rural	-77.16568993953	-9.55772993782	270
Caucho	Rural	-77.17398993954	-9.59249993785	229
Challhua Yacu	Rural	-77.17423993954	-9.62278993788	474
Matibamba	Rural	-77.17451993954	-9.62767993789	206
Mosna	Rural	-77.19897993956	-9.64169993790	424
Pichiu	Urbano	-77.18726993955	-9.65555993791	818
San Pedro	Rural	-77.17473993954	-9.66767993792	171

Los colegios deben contar con el servicio de Internet. El criterio elegido para seleccionar los colegios beneficiarios es que sean estatales y de nivel primaria y/o secundaria.

La relación de los colegios beneficiarios se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2 Colegios del distrito de San Marcos

CP MINEDU	Código Local	Centro Educat.	Nivel	N° Doc.	N° Alum.	Ubicación (Lat./ Long.)
San Marcos	025289	86380	Primaria	26	495	-9.52854/-77.1594
San Marcos	025500	Pachacutec	Secund.	51	523	-9.52247/-77.1563
San Marcos	025543	San Marcos	IPST	12	145	-9.52143/-77.158
Huaripampa	025350	86459	Primaria	6	85	-9.50305/-77.1468
Huaripampa	025557	Rep. Canadá	Secund.	12	99	-9.50305/-77.1457
Pacash	025331	86386	Primaria	2	21	-9.52336/-77.1369
Carhuayoc	025374	86385	Primaria	8	222	-9.52607/-77.127
Carhuayoc	025519	S. A. Mayolo	Secund.	22	172	-9.52574/-77.1277
Opayaco	025369	86461	Primaria	2	38	-9.48839/-77.1459
Pojun	025393	86469	Secund.	8	59	-9.55228/-77.122
Chuyo	025425	86462	Primaria	2	35	-9.57144/-77.1643
Caucho	023997	86964	Primaria	3	33	-9.59058/-77.1742
Challhuayaco	025411	86383	Secund.	6	63	-9.62324/-77.1779
Mosna	025449	86833	Primaria	4	50	-9.64495/-77.1986
Pichiu	025524	86384	Secund.	8	63	-9.6597/-77.1863
San Pedro	025454	86896	Secund.	9	90	-9.66936/-77.1751

Los Centros de Salud son claves para la atención sanitaria primaria de la población, por ello estos centros deberán integrarse a la red sin considerar filtro alguno. En la Tabla 3 se muestra

la relación de los establecimientos de salud, donde el Centro San Marcos posee el nivel de hospital mientras que los demás son postas médicas.

Tabla 3 Centros sanitarios en el distrito de San Marcos

EE.SS.	Dirección	Longitud	Latitud	Categoría
San Marcos	Av. San Isidro S/N	-77.156189	-9.522138	I-3
Carhuayaco	Carhuayoc S/N	-77.123750	-9.527030	I-1
Pichiu	C.P. Pichiu S/N	-77.187270	-9.655560	I-1
Challhuayaco	Challhuayaco S/N	-77.174240	-9.622790	I-1
Huaripampa	Huaripampa bajo S/N	-77.144880	-9.498760	I-1

El control de la delincuencia es otro factor importante en la región, por lo que el servicio de Internet debe cubrir la comisaria de San Marcos. En la Tabla 4 se muestran los datos de la misma.

Tabla 4 Localización de la comisaria del distrito

Comisaria	Longitud	Latitud
San Marcos	77° 09' 27" O	9° 31' 26" S

En aquellos poblados que no cuenten con al menos un colegio y/o Centro de salud se prevé una cabina de Internet para la compartición del acceso. En la Tabla 5 se muestra la relación de cabinas a cubrir con el servicio.

Tabla 5 Centro Poblado con cabina de Internet

Localidad	Longitud	Latitud
Runto	-77.152940	-9.534086
Tupég	-77.141560	-9.536506
Vista Alegre	-77.167795	-9.557392
Matibamba	-77.192197	-9.633273

El objetivo de la presente investigación fue diseñar la arquitectura de una red de telecomunicaciones para brindar servicios de Internet de banda ancha en zonas rurales, considerando el estudio de caso del distrito de San Marcos – Ancash.

Metodología

Topología de la red

Considerando los centros poblados a proveer el servicio de telecomunicaciones, en la Figura 1 se muestra la topología de la red de transporte. De acuerdo al estudio

de la ingeniería de campo no es posible la cobertura radial directamente desde San Marcos a los demás centros poblados, por ello se tienen dos estaciones repetidoras (REP 1 y REP 2).

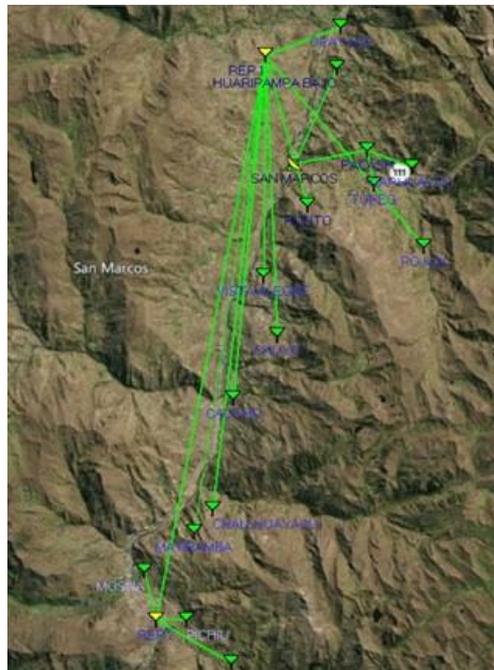


Fig. 1. Red de transporte de San Marcos

Los enlaces de radio para cada localidad son evaluados mediante Radiomobile. Esta es una herramienta para el diseño y simulación de sistemas inalámbricos (Brown, 2020). De esta manera se analiza el rendimiento de un enlace de radiocomunicaciones considerando los parámetros de RF que permitan los niveles adecuados de la señal de radiofrecuencia que los equipos comerciales lo soporten y el mapa digital del área bajo estudio (Kaschel, 2018). Así, en la Figura 2

se tiene el enlace de San Marcos – Pacash, a una distancia de 2.3Km, consiguiendo un espacio libre de fresnel de 4.2 y un margen de 30.1dB. Del mismo modo, en la Figura 3 se muestra el enlace de San Marcos – Repetidora 1, a una distancia de 3.5Km, consiguiendo un espacio libre de fresnel de 6.5 y un margen de 27.9dB. La función de esta estación repetidora es llevar la señal de RF a otros poblados y establecer el enlace a la estación Repetidora 2.

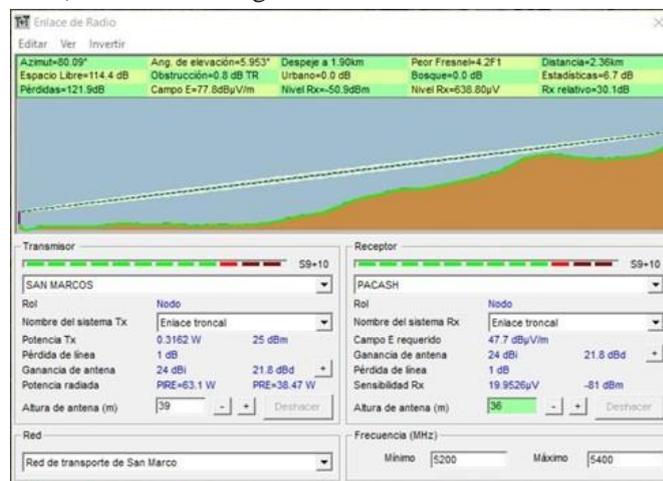


Fig. 2. Perfil de enlace de radio entre San Marcos y Pacash.

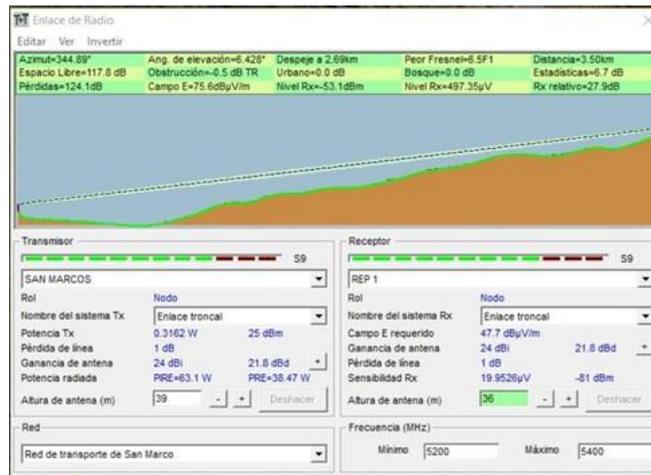


Fig. 3. Perfil de enlace de radio entre San Marcos y el Repetidor 1

El enlace RF entre las estaciones repetidoras se muestra en la Figura 4. La distancia entre ellas es de 16.22Km, y el espacio libre de fresnel conseguido es de 4.5 y un margen de señal de

18.2dB. La función de la estación repetidora 2 es llevar la señal de RF a los poblados restantes.



Fig. 4. Perfil de enlace de radio entre Repetidor 1 y Repetidor 2.

Dimensionamiento de capacidad de los radioenlaces

En razón a la operatividad de las comunicaciones, en los centros poblados se brindará tanto internet como intranet. El ancho de banda de intranet que se le brindará a cada centro poblado, que posea colegio y/o establecimiento de salud, se encuentra en la Tabla 6.

Así, al colegio se estima 6Mbps, al hospital 13Mbps y a la posta médica 4Mbps, resultando 121Mbps. Para la red de intranet se soportan servicios de voz IP, multimedia y transmisión en tiempo real, dichos servicios contarán con sus respectivos servidores ubicado en el nodo principal (San Marcos).

Tabla 6 Asignación de velocidad de intranet a los centros poblados

Localidad	Colegios	Hospitales	Postas médicas	BW (up &down) Mbps
San Marcos	3	1	0	62
Huaripampa	2	0	1	32
Pacash	1	0	0	12
Carhuayoc	2	0	0	24
Opayaco	1	0	0	12
Pojun	1	0	0	12
Chuyo	1	0	0	12
Caucho	1	0	0	12
Challhua Yacu	1	0	1	20
Mosna	1	0	0	12
Pichiu	1	0	0	12
San Pedro	1	0	1	20
Total:				242

Para considerar el ancho de banda que demanda el computador en un colegio, se considera el consumo de un video de calidad de 144p (0.2533 Mbps). En la Tabla 7 se muestra el ancho de banda nominal de cada colegio y localidad, teniendo en cuenta que se duplica para asegurar la escalabilidad futura.

Tabla 7 Asignación de velocidad por colegio

CP MINEDU	Centro Educat.	N° PCs	Veloc. (Mbps)	BW por C.P. (Mbps)
San Marcos	86380	12	6	16
San Marcos	Pachacutec	10	5	
San Marcos	San Marcos	10	5	
Huaripampa	86459	10	5	9
Huaripampa	Rep. Canadá	7	4	
Pacash	86386	7	4	4
Carhuayoc	86385	12	6	10
Carhuayoc	S. A. Mayolo	7	4	
Opayaco	86461	12	6	6
Pojun	86469	7	4	4
Chuyo	86462	12	6	6
Caucho	86964	8	4	4
Challhuayaco	86383	8	4	4
Mosna	86833	8	4	4
Pichiu	86384	7	4	4
San Pedro	86896	8	4	4
Total:				75

En la Tabla 8 se muestra los servicios y la velocidad demandada en los establecimientos de salud. La cantidad de computadoras con conectividad a internet está relacionado a la cantidad de servicios que brindan dichos establecimientos de salud, para ello las postas cuentan con servicios de medicina general, psicología, traumatología y odontología, y el hospital cuenta con servicios de cirugía, obstetricia, ginecología, urología, dermatología, cardiología.

Para el ancho de banda de las computadoras se considera el consumo de un video de calidad de 144p (0.2533 Mbps). También, para el ancho de banda del equipo de videoconferencia se tomó como referencia el ancho de banda que consume un video de calidad de 720p (1.9333 Mbps), y para el ancho de banda del equipo de imágenes radiológicas se considera la transferencia de una imagen de radiología de aproximadamente 30MB en 2min, generando una tasa de 2Mbps. Del mismo modo, se adopta el criterio de escalabilidad futura.

Tabla 8 Asignación de velocidad por establecimiento de salud

EE.SS.	Nº PCs	Eq. Videoconf.	Eq. Radio.	BW (Mbps)
San Marcos	10	1	1	13
Carhuayaco	4	0	1	6
Pichiu	4	0	1	6
Challhuayaco	4	0	1	6
Huaripampa	4	0	1	6
Total				37

Para la comisaría del centro poblado de San Marcos, se considerando los computadores y su demanda para un video con calidad 144p (0.2533Mbps) y una escalabilidad futura requiere un total de ancho de banda nominal de 1 Mbps. Asimismo, se procede para las cabinas de Internet con criterio de escalabilidad, cuyo resumen se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9 Asignación de velocidad por cabina de internet

EE.SS.	Nº PCs	BW (Mbps)
Runto	8	4
Tupeg	8	4
Vista Alegre	8	4
Matibamba	8	4
Total		16

De esta manera, el total de ancho de banda para Internet es de 129Mbps y de 242Mbps para Intranet. Cabe señalar que no hay un costo asociado al servicio de Intranet, mientras que el costo de la provisión del servicio de Internet es función del costo por Mbps del proveedor en la sede central de San Marcos.

Resultados

Arquitectura de la red

El diseño de la arquitectura de red se muestra en la Figura 5. La estación San Marcos es el nodo principal de la red, y si bien puede cubrir directamente algunos poblados mediante los respectivos radioenlaces, la geografía de la región condiciona las transmisiones

de las señales de radiofrecuencia; por ello se requiere establecer enlaces troncales con los Repetidores para poder abarcar las localidades restantes.

Algunas estaciones, como San Marcos, Pacash y los Repetidores, operan en modo punto-multipunto (PMP) ya que efectúan comunicaciones simultáneas a diversas localidades. También poseen enlaces punto a punto (PTP) a modo de conexión RF dedicada.

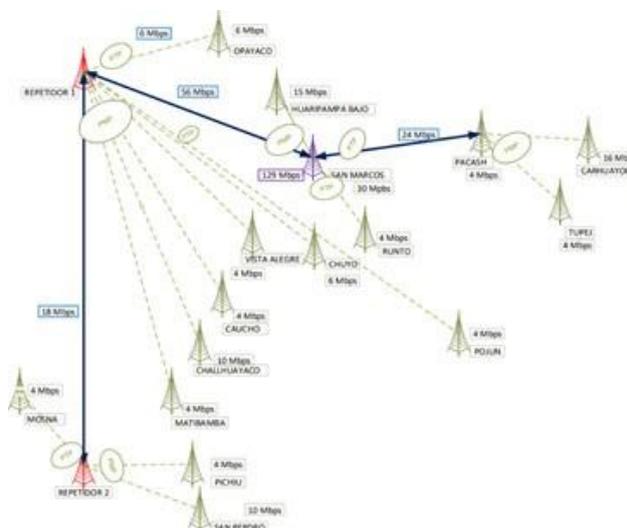


Fig. 5. Red de transporte del distrito de San Marcos.

Arquitectura de red para el hospital San Marcos

En la figura 8 se muestra la arquitectura de red propuesta para el hospital de San Marcos. Diversos equipos se plantean para cubrir los requerimientos como: Access point Ubiquiti NanoStation LOCO M5, usado como una antena terminal, con ganancia de 13 dBi, y operación a 5.8GHz; Router ISR Cisco 2951/k9, con 1GB de RAM, 256MB Flash, 3 puertos Wan GE, 1 puerto SFP y soporte de 300Mbps de tráfico agregado; Switch Cisco WS-c2960X-48FPD-L, con 512MB de RAM, 128MB Flash, Tasa de reenvío de 107.1 Mpps, Conmutación a 216Gbps y 48 puertos; Servidores HPE ProLiant DL380 Gen10; Computadoras HP ProDesk, Intel Core i7-8700, 3.20 GHz, 8 GB de RAM y 1TB de disco duro; teléfonos IP.

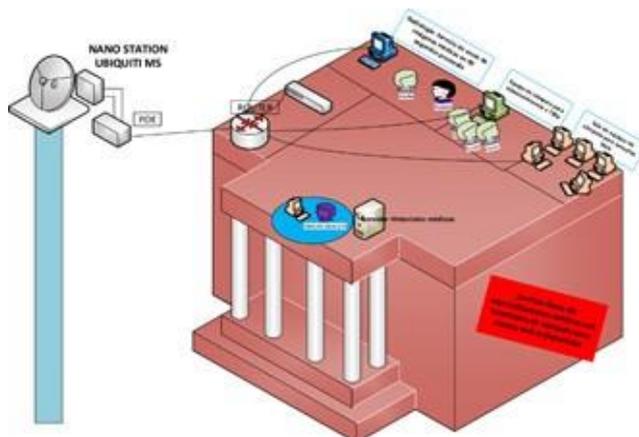


Fig. 8. Red para el hospital de San Marcos.

Arquitectura de red para la institución educativa Pachacutec en el centro poblado de San Marcos

En la figura 9 se muestra la arquitectura de red propuesta para el colegio Pachacutec en San Marcos. El número de computadoras por colegio es variable. Se hace necesario el uso de un equipo de radiocomunicaciones, dispositivos de conmutación LAN, equipos WiFi, entre otros.

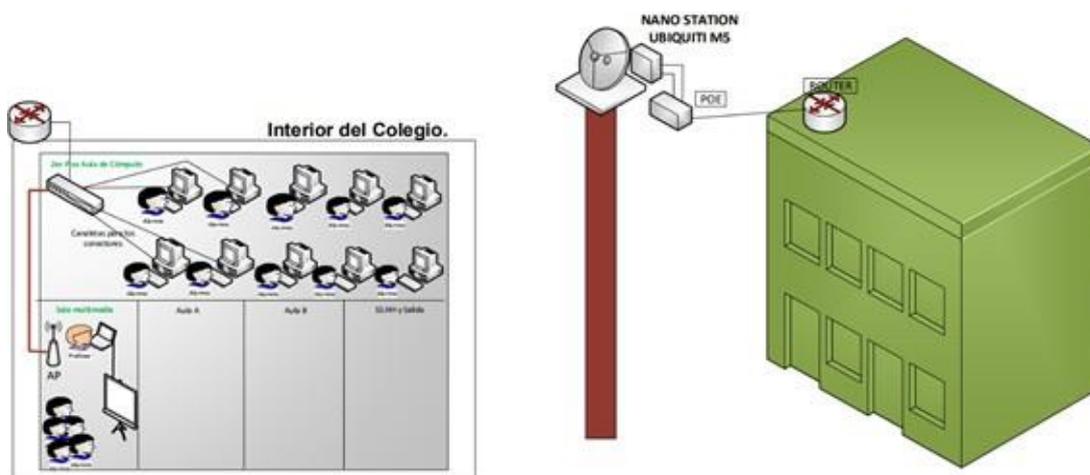


Fig. 9. Red para la institución educativa Pachacutec

Arquitectura de la red para una cabina de Internet

De modo análogo a un colegio, una cabina de Internet cuenta con los equipos

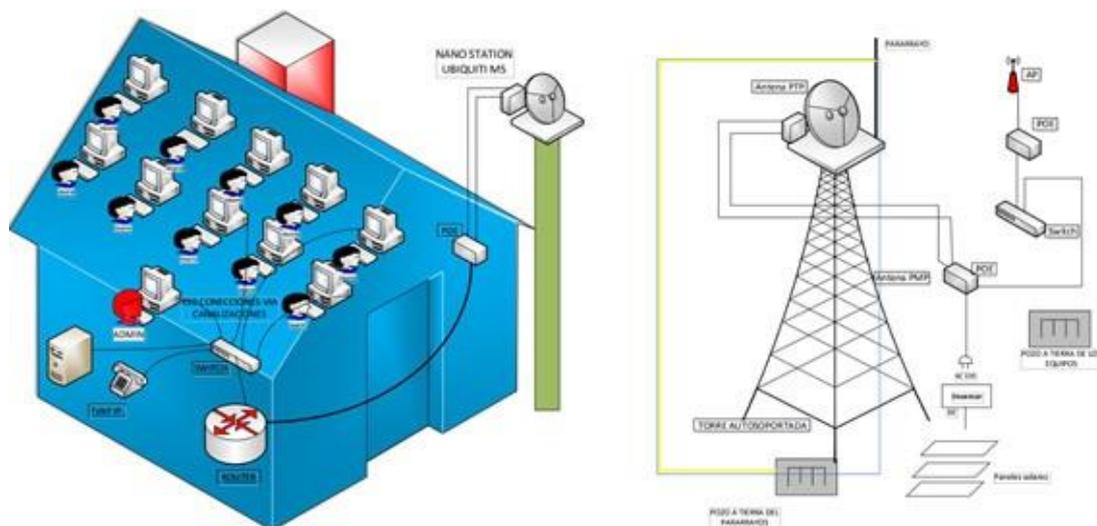


Fig. 10. Red para un terminal de cabina de internet

Discusión de resultados

Respecto a la arquitectura de red propuesta, no se tienen antecedentes a este nivel de ingeniería que describa soluciones tecnológicas a las necesidades de comunicaciones en la región bajo estudio. Sin embargo, la brecha digital persiste en la región y a nivel nacional, por lo que los requerimientos y la actualización del equipamiento comercial inmediatamente previa a su implementación y sus costes asociados deberá actualizarse manteniendo la metodología descrita.

Conclusiones

Del presente estudio se concluyó que:

La región en la que se encuentra el distrito de San Marcos presenta una geografía muy accidentada y estodificulturalintercomunicaciónentrecomunidades y/o con la capital del distrito; por ello la red propuesta contempla la solución a estos inconvenientes como en el aspecto educativo y de salud a través de intranet.

Para la arquitectura de red propuesta la provisión del servicio de Internet tendrá costos razonables, que puede bordear cien dólares en un colegio; y que la provisión a través de la red dorsal o mediante un proveedor ISP local puede verse como un servicio sostenible de la red educativa. Además, sumado a ello, puede contribuir otros factores como las acciones de responsabilidad social de las empresas mineras de la región.

Aportes del estudio

El presente estudio permite contribuir con información base a los decisores de políticas públicas de los gobiernos locales y regionales para disminuir la brecha digital que afecta a nuestro país, asimismo a los profesionales de ingeniería para contar con criterios de diseño de soluciones de telecomunicaciones que redunde en beneficio de un mejor nivel de vida de la poblaciones rurales y poco atendidas.



Referencias bibliográficas

1. Adediran, Y. A., Opadiji, J. F., Faruk, N., Belo, O.W. (2016). On Issues and Challenges of Rural Telecommunications Access in Nigeria. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 3(2), 16-26.
2. Balarezo-León, C.A. (2017). Banda ancha móvil para zonas rurales por telefónica del Perú S.A.A. Universidad de Piura, Tesis de Maestría en Dirección de Empresas, 2017.
3. Brown, I.D. (2020). Radio Mobile - A vhf to microwave propagation simulation program: A Handbook.
4. El Comercio (2021). MTC resuelve de forma definitiva el contrato de concesión de la Red Dorsal con Azteca. Recuperado de: <https://elcomercio.pe/economia/peru/mtc-resuelve-de-forma-definitiva-el-contrato-de-concesion-de-la-red-dorsal-con-azteca-nndc-noticia/?ref=ecr>
5. ITU (2019). Broadband development and connectivity solutions for rural and remote areas. International Telecommunication Union, ITU-D study Groups Technical Report.
6. Kaschel, H., Cordero, S., Costoya, E. (2018). Modeling and Simulation of the ITM Model for Point to Point Prediction on Digital Television Extensible to other Technologies. *IEEE International Conference on Automation / XXIII Congress of the Chilean Association of Automatic Control (ICA-ACCA)*, 2018, 1-6.
7. Kelly, T., Rossotto, C.M. (2012). *Broadband Strategies Handbook*. The World Bank, Washington, D.C.
8. OCDE (2004). The development of broadband access in rural and remote areas. Organisation for Economic Co-operation and Development (OCDE). Report DSTI/ICCP/TISP(2003)7/FINAL.
9. Pronatel (2019). Programa Nacional de Telecomunicaciones, Memoria anual 2019.
10. Pronatel (2020). Programa Nacional de Telecomunicaciones, Memoria anual 2020.
11. Soto-Cordova, M.M., Sotelo-Lopez, C. (2018). Evaluation of the National Optical Fiber Backbone Network Model for the Universal Internet access in Peru. *Congreso Argentino de Ciencias de la Informática y Desarrollos de Investigación (CACIDI)*, 2018, 1-5.