



**UNIVERSIDAD  
GERARDO BARRIOS**  
Líderes en Gestión del Conocimiento



**Centro Regional de Usulután**

**Unidad de Investigación**

**Facultad de Ciencias y Tecnología**

**Infraestructura TVWS para servicios de conectividad e IoT. Fase 3 - seguimiento y  
mantenimiento**

**Informe de Investigación**

**Pedro Antonio Villalta  
Marvin Osmaro Parada  
Edwin Osmil Coreas Flores**

**El Salvador, 2019**

## ÍNDICE

Introducción .....	5
Justificación.....	8
Objetivos .....	10
Metodología .....	10
Resultados .....	13
Discusión y Conclusiones .....	19
Discusión .....	19
Conclusiones.....	20
Recomendaciones .....	21
Referencias .....	23
Agradecimientos .....	28
Anexos.....	29
Anexo 1: Centros escolares beneficiados con la implementación de TVWS .....	29
Anexo 2: Concesiones de canales y frecuencias en El Salvador .....	30
Anexo 3: Formato de bitácora de actividades. ....	35
Anexo 4: Fotografías de visitas a centros escolares .....	37
Anexo 5: Actividades de mantenimiento y seguimiento .....	39
Anexo 6: Fotografías de actividades de mantenimiento.....	43
Anexo 7: Actividades de divulgación y difusión 2019-2020 .....	47

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Centros educativos del departamento de Usulután incluidos en el proyecto .....	12
Tabla 2: Fechas de seguimiento proyecto TVWS.....	15
Tabla 3. Centros escolares beneficiados en Usulután. ....	29
Tabla 4. Frecuencia de canales en El Salvador. ....	30
Tabla 5: Propietarios y grupos de canales bajo control común.....	33
Tabla 6: Concesiones de frecuencias de TV no comerciales .....	34
Tabla 7 Actividades de mantenimiento realizadas .....	39

## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Crecimiento en la conectividad de Latinoamérica.....	7
Ilustración 2. Instalación de antenas en la fase de implementación.....	11
Ilustración 3: Instalación de antenas .....	12
Ilustración 4: Resumen de resultados.....	17
Ilustración 5: Ing. Marvin Parada con encargada CRA C.E. Cantón El Volcán.....	37
Ilustración 6: Investigador Osmaro Parada en visita técnica C.E. Cantón El Volcán .....	37
Ilustración 7: Investigador Pedro Villalta en visita técnica C.E. Cantón El Volcán.....	38
Ilustración 8: Revisión de antena en C. E. Cantón el Volcán. ....	43
Ilustración 9: Test de conectividad en C. E. Cantón el Volcán.....	43
Ilustración 10: Configuración de router y equipo de red .....	44
Ilustración 11: Mantenimiento TVWS Centro escolar Cantón el Volcán.....	44
Ilustración 12: Instalación de dispositivo IoT .....	45
Ilustración 13: Instalación de equipo IoT en Centro Escolar Miguel Guevara. ....	45
Ilustración 14: Visita C.E. Cantón Volcán y Ereguayquín .....	45
Ilustración 15: Visita I.N. Ereguayquin y C.E. Mejicapa .....	46
Ilustración 16: Difusión investigación TVWS fase 2 .....	47
Ilustración 17: Divulgación en feria de póster 2019 NCONACYT.....	48
Ilustración 18: Divulgación en Congreso Industria 4.0 UTEC 2019.....	49

## Introducción

El crecimiento de conectividad a internet desde el año 2014 al 2019 según el portal de estadísticas es.statista.com (Statista, 2015), ha sido de 40.7% a 51.5% siendo un crecimiento de 10% en cinco años. Esto puede considerarse como un porcentaje aceptable para algunas regiones. A nivel de Latinoamérica, cuando se revisan las estadísticas por país, los que tienen mayor cantidad de usuarios conectados son Ecuador 81.0%, Argentina 78.6% y Chile 77.0%, ubicándolos como los países con mayor crecimiento en conectividad en Sur América (Tech en América Latina, 2018).

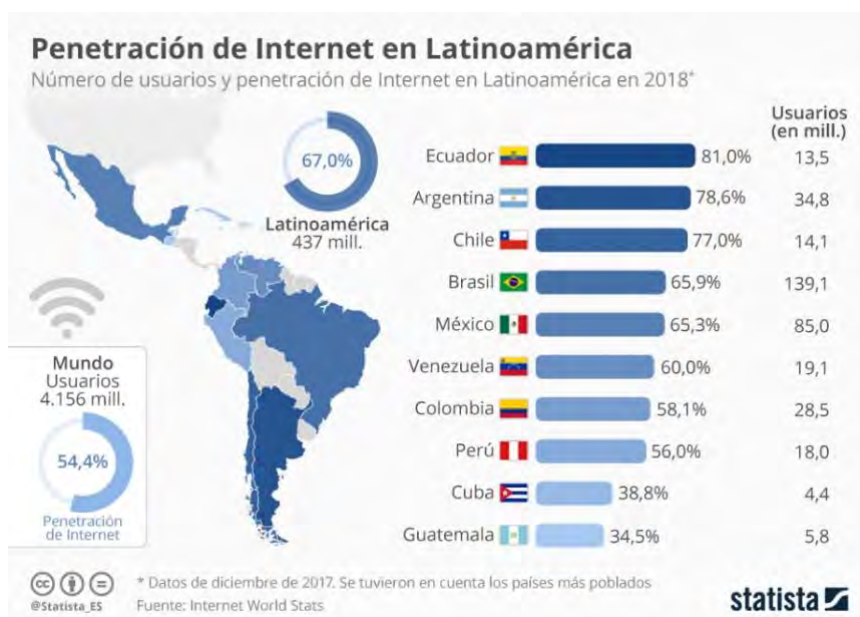


Ilustración 1: Crecimiento en la conectividad de Latinoamérica

Fuente: (Tech en América Latina, 2018)

Un medio de vital importancia para el desarrollo del sector de las telecomunicaciones es mejorar la conectividad por medio de las radiocomunicaciones. Los desarrollos tecnológicos recientes han abierto la posibilidad de compartir el espectro, lo que permitió que las redes comunitarias en zonas rurales poco o nada atendidas utilicen el espectro libre ya otorgado bajo licencia en forma secundaria (Internet Society, 2017). Un ejemplo es TV White Space, que consiste en el uso del espectro “no utilizado” en las bandas de televisión (conocido como espacios blancos o TVWS por su sigla en inglés); esta tecnología puede ser implementada en

cualquier país, permite establecer una conexión estable de hasta 30 Mbps utilizando equipo de red y con una distancia superior a 10 Km.

Algunos países han investigado por mucho tiempo cómo hacer uso de estos canales de televisión en agricultura, educación u otras áreas; entre uno de los resultados actuales es la de uso como medio inalámbrico para establecer conexión a internet (Arévalo Monge, Flores Villalobos, Bran, Coreas Flores, & Parada Benítez, 2018). A nivel mundial algunos países ya incursionaron en la implementación de TVWS (Internet Society, 2017):

- Estados Unidos: FCC (Federal Communications Commission) en el 2010 aprobó la normativa final para permitir el uso de bandas no licenciadas para TVWS. En 2013 La FCC aprueba la base de datos de TVWS de Google para definir los canales que pueden ser usados para TVWS.
- Taiwán: el Grupo Piloto de Acceso Dinámico al Espectro de TAIWÁN y Microsoft se unieron para desarrollar la tecnología de banda ancha de TVWS. llevada a cabo del 15 al 16 de octubre del 2015 en Taipéi, Taiwán.
- Colombia: es el primer país de América Latina en contar con una regulación de TVWS.
- Malawi: En Malawi, el regulador trabajó con una universidad para llevar a cabo una prueba de TVWS, conectando hospitales y escuelas en zonas rurales.
- Ciudad del Cabo: Google respaldó la Prueba de TVWS realizada en Ciudad del Cabo Sudáfrica en el año 2013.
- Namibia: Microsoft ha respaldado numerosas iniciativas de TVWS, entre ellas Citizen Connect en Namibia.
- Botsuana: Microsoft también respaldó un proyecto piloto de TVWS en Botsuana. Lanzado en el 2015 llamado Proyecto Kgolagano.
- India: En 2016, el gobierno de India emitió ocho licencias experimentales en la banda de 470-582 MHz para realizar experimentos de normas y regulaciones de tipo TVWS.

Un estudio relacionado con los retos en la administración del espectro, publicado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones, mencionan proyectos pilotos relacionados con la tecnología TVWS (Union Internacional de Telecomunicaciones, 2017); uno de estos proyectos fue realizado en 2011 en Corea del Sur, donde el Gobierno realizó encuestas masivas en zonas

rurales para determinar la necesidad de acceso a Internet, y como resultado, fueron seleccionados cinco empresas que se encargaron de promover iniciativas de desarrollo para la utilización del espectro.

En El Salvador, las escuelas públicas en el área rural no tienen acceso a un servicio de calidad del Internet, lo que restringe el desarrollo de la población estudiantil generando una brecha entre el sector rural y urbano; el principal motivo del problema es que las instalaciones de telecomunicaciones principalmente se enfocan en las áreas de mayor densidad poblacional, por lo que es difícil encontrar conexiones de última milla (conexión hasta el lugar) de calidad y a una relación precio ancho de banda favorable.

Respondiendo a esa necesidad se enfocaron esfuerzos en el diseño y despliegue de infraestructura de TV White Space, proyecto que inició en su primera fase en el año 2017 como un proyecto multidisciplinario y el trabajo colaborativo de las Universidad Don Bosco, Universidad Gerardo Barrios y con financiamiento de USAID (Arévalo Monge, Flores Villalobos, Bran, Coreas Flores, & Parada Benítez, 2018).

En el año 2018 se implementó para proveer servicio de internet en diez centros escolares de San Miguel y Usulután ([Ver anexo 1](#)). El uso normal de la tecnología instalada trajo consigo una reducción del rendimiento de los dispositivos, siendo en la mayoría de los casos averías imprevistas que impedían el perfecto funcionamiento de la conexión a internet.

A pesar de que ha habido instalaciones de TVWS en otros países, no ha sido posible identificar el seguimiento que se ha dado, de tal forma que sirva de base para prever acontecimientos en los centros escolares que disponen de esta tecnología.

Aún así, durante 2019 el proyecto inició su tercera fase a cargo de Marvin Osmaro Parada y Pedro Villalta, docentes investigadores de la Facultad de Ciencia y Tecnología, con el objetivo principal de realizar seguimiento y mantenimiento de la infraestructura implementada para evitar fallos, desgastes o interrupciones que afecten al normal funcionamiento de las tecnologías y equipos instalados en las zonas de cobertura.

Algunas de las tareas desarrolladas fueron:

1. Revisiones del estado general de las condiciones de los equipos e instalaciones de los mismos.
2. Inspección de antenas y cableado exterior, medidas y ajustes.
3. Reemplazo de equipo de internet de las cosas dañados o en mal funcionamiento
4. Pruebas de rendimientos y estrés de la red en general

El mantenimiento brindado permitió que 300 estudiantes y 20 docentes tuviera un servicio adecuado de conectividad a internet a través la tecnología de TVWS.

### **Justificación**

Hay más de 7 billones de personas en el mundo (PopulationPyramid.net, 2019), 4 billones no tiene acceso a internet debido a la falta de disponibilidad de infraestructura y otros inconvenientes como la limitación económica (Revista digital Lider Empresarial, 2016), 40% de la población mundial no tiene acceso a Educación según un estudio del Informe GEM<sup>1</sup> de Seguimiento de la Educación en el Mundo (UNESCO, 2019), Salud, Comunicación digital, negocios y finanzas (Kimberly Tabor, del Banco BBVA, 2016), oportunidades de empleo, el acceso a internet es un derecho declarado por la ONU.

Para el 2020 se espera que 50 billones de cosas estén conectados, potenciando nuevos productos y servicios; en mayo del 2011 las Naciones Unidas declararon el acceso a Internet como un derecho humano fundamental, por lo que la garantía de una conectividad de calidad a todos los estratos de la población es la base para acelerar el desarrollo y potenciar nuevos productos y servicios (Carballo, 2016). El informe de políticas de aprovechamiento de redes comunitarias (internetsociety.org, 2017) menciona que la experiencia de las redes comunitarias demuestra que existen numerosos beneficios para las comunidades. El informe concluye en sus resultados, que las redes comunitarias deberían ser vistas como una alternativa de conectividad para las personas, que de otra forma no tendrían acceso a las TIC.

---

<sup>1</sup> El proyecto de investigación del Global Entrepreneurship Monitor (GEM) es el mayor estudio en curso de dinámica empresarial en el mundo.



Esta perspectiva del beneficio de las redes comunitarias genera apoyo entre la comunidad local e internacional; entre otras cosas afirma que:

- Los servicios de TVWS permiten ofrecer servicios que se adaptan a las necesidades de las comunidades.
- Se promueve la alfabetización digital.
- Representa una forma novedosa de poder llevar conectividad a las comunidades y centros educativos, de tal forma que formen parte del desarrollo global.
- Fortalece las competencias de los estudiantes, formando parte de su aprendizaje.
- Se promueve la conectividad en zonas rurales, donde no se cuenta con el beneficio de las redes comerciales de telefonía e internet.

La infraestructura TVWS es ideal para cualquier aplicación en las áreas de: industria, vigilancia, agricultura y educación. Entre las aplicaciones de TVWS están: monitoreo remoto del medio ambiente, administración remota de planta, gestión de servicios públicos, lecturas automáticas de medidores, conectividad extendida de wifi, cobertura en zonas rurales, internet de las cosas, telemetría y adquisición de datos, vigilancia remota, internet rural, entre otras.

En el área de medio ambiente y zonas rurales, es aplicable en monitoreo remoto del medio ambiente, administración remota de plantas de desperdicios, conectividad extendida de wifi, cobertura en zonas rurales y vigilancia remota. En el área industrial y de mediciones inteligentes se usa en gestión de servicios públicos y lecturas automáticas de medidores, internet de las cosas, telemetría, monitoreo de refinerías, plantas de manufactura y almacenes y adquisición de datos.

En esta fase 3 de proyecto hay dos procesos muy importantes. Uno de ellos es el mantenimiento preventivo el cual se encarga de la reprogramación y configuración de los dispositivos de red dentro de los parámetros ideales para el óptimo funcionamiento, son especificaciones técnicas y recomendaciones de los ingenieros diseñadores del equipo para TVWS. El objetivo principal del mantenimiento preventivo es la conservación del equipo; es decir, mantener el equipo en buenas condiciones con una productividad aceptable.

El segundo proceso es el mantenimiento correctivo, el cual trabaja sobre la solución a una falla en los equipos la cual impide la conexión a la infraestructura de forma exitosa. En este proceso están involucrados 2 personas: un docente encargado en cada institución y los investigadores a cargo del proyecto. El docente detecta una anomalía, luego informa a los investigadores, para que al final actúen si fuese necesario.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

- Realizar actividades de mantenimiento y seguimiento de la infraestructura experimental de última milla de TV White Space para desplegar servicios de banda ancha a zonas de difícil acceso y facilitar el desarrollo de nuevas aplicaciones usando tecnología de Internet de las cosas en los centros escolares del departamento de Usulután beneficiados con el proyecto seleccionados en la fase 1.

### **Objetivos específicos**

- Elaborar un plan de mantenimiento a la infraestructura TVWS y LAN instalada en los centros escolares.
- Supervisar calidad de la señal alcanzada en las estaciones que se instalaron en los centros escolares.
- Instalar dispositivos IoT de videovigilancia.

## **Metodología**

Al tratarse de mantenimiento de la infraestructura instalada en los centros escolares beneficiados, se definió como objetivo principal el seguimiento y mantenimiento de la infraestructura de TVWS, definiendo como metodología principal las visitas técnicas de campo; la comunicación de las instituciones con la UGB se realizó a través de la unidad de investigación que se encargó de coordinar las visitas en base al plan de seguimiento. Para dejar constancia de las actividades, se documentaron las actividades realizadas en cada una de las visitas. Cabe mencionar que no existen estudios similares o guías para el soporte y mantenimiento de las

tecnologías usadas, por ser equipos nuevos instalados, en base a la experiencia en las áreas y conocimientos en redes de datos por parte de los investigadores se desarrolló el plan como tal.

La investigación se desarrolló en el área de ingeniería y tecnología, con un objetivo socioeconómico orientado a la exploración y explotación del espacio radioeléctrico en las telecomunicaciones, un esfuerzo a nivel de país que busca mejorar las condiciones de la población y el desarrollo sostenible. Esta fase fue parte de la estrategia de seguimiento a las investigaciones diseño de infraestructura de TVWS e implementación de esta en los centros escolares (Arévalo Monje et al., 2018).

El propósito fue dar seguimiento y mantenimiento a la implementación de tecnología TVWS en 4 centros escolares de Usulután. En la fase anterior del proyecto ejecutada en el 2018, se implementaron dos estaciones base (BTS), ubicadas en las instalaciones de la UGB Usulután y UGB San Miguel. Se determinaron los canales libres utilizando un analizador espectral y verificando que no se encuentre ningún tipo de señal en dicha frecuencia. Se desplegaron 4 conexiones piloto para brindar Internet banda ancha a escuelas rurales alejadas. La ilustración 2 muestra la estación base (BTS) instalada para distribuidora de señal en UGB San Miguel



Ilustración 2. Instalación de antenas en la fase de implementación.

En la UGB de Usulután se instaló en edificio del auditorio por ser el que contaba con las características adecuadas, como la altura necesaria para la difusión de la señal. La topología de red es del tipo estrella, formada por dos routers, uno ubicado en la estación base y otro en el centro escolar, las redes locales son una LAN cableada y otra LAN inalámbrica. A partir de la implementación de las estaciones centrales, las actividades de seguimiento y mantenimiento

están enfocadas en atender las solicitudes de los encargados de centros escolares, en cuanto a incidentes en el funcionamiento básico de la infraestructura. La ilustración 3 muestra la estación base (BTS), instalada en la UGB Usulután.

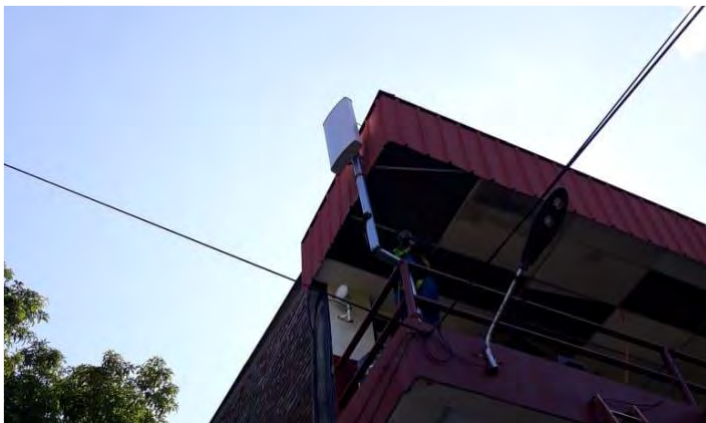


Ilustración 3: Instalación de antenas

Con la necesidad de brindar un servicio de alta calidad y sin conflictos entre redes de los distintos centros educativos se planteó una infraestructura en la que la red TVWS quedó totalmente aislada de la red privada de cada centro educativo, a la vez se presentan las siguientes topologías como posibilidades que podrían facilitar el enrutamiento de los centros y los servicios que se ofrecen para ellos, es decir que los centros educativos tenían acceso únicamente a la conectividad a Internet, la topología incluyó un Router para gestionar el tráfico de la VLAN<sup>2</sup> para el centro de cómputo y la VLAN para IoT (Internet Of Things o Internet de las cosas) que puede ser wifi o cableada, de esta manera se asegura que ningún dispositivos IOT pueda ser alcanzado por las demás redes.

En cuanto a la determinación de la muestra, la selección de los centros escolares fue durante la segunda etapa de implementación del proyecto. Siendo en Usulután, los siguientes centros escolares.

Tabla 1: Centros educativos del departamento de Usulután incluidos en el proyecto

<b>Centro Educativo</b>
-------------------------

<sup>2</sup> VLAN: Virtual Local Área Network o Red Virtual de Área Local.

---

Centro Escolar Miguel Guevara

Instituto Nacional de Ereguayquín

Centro Escolar Cantón Mejicapa

Centro Escolar Cantón El Volcán

---

Fuente: Autoría propia

El proceso de obtener información relevante en cada visita a los centros escolares utilizó los siguientes instrumentos: informe de actividades, bitácora de actividades en línea (Ver anexo 3). Otros instrumentos utilizados fueron:

- Entrevistas no estructuradas
- Observación directa no estructurada

La metodología de la visita técnica o de campo a centros escolares permitió recopilar información de incidentes durante las actividades de seguimiento, por medio de entrevistas a los encargados de las aulas CRA (Salones de informática). La metodología de visitas de campo programadas a centros escolares es la mejor opción en casos de seguimiento de proyectos, ya que permite responder de forma ordenada a las peticiones de mantenimiento que los encargados de aulas CRA realizan (ver anexo 4).

Dentro de los problemas para el desarrollo de la metodología planteada se presentaron ciertos aspectos que vale la pena mencionar entre ellos y el más principal la adquisición del equipo para sustitución para el mantenimiento correctivo en la mayoría de los casos se demoraba un poco, ya que no se contaba con un stock de equipo para sustituciones, algunas veces se tenía que trasladar equipo TVWS de un centro escolar a otro para dar soporte al centro escolar que necesita más prioridad de acceso a internet.

## **Resultados**

Como primer resultado, en base a los objetivos, se elaboró un plan de mantenimiento y seguimiento para acompañar las soluciones técnicas a los problemas reportados por los centros escolares a los que les fue instalada la infraestructura de TVWS. El plan permitió realizar

actividades de seguimiento a incidentes y problemas en los equipos que forman parte de la infraestructura implementada, realizadas durante los primeros meses de 2019.

Las actividades se realizaron solo en cinco instituciones, incluyendo UGB-CRU. La tabla 2 muestra la programación de fechas de realización de actividades de mantenimiento.

Tabla 2: Fechas de seguimiento proyecto TVWS.

N°	Centro Escolar	Fechas	Actividad
1	Centro Escolar Cantón El Volcán	10/04/2019	Mantenimiento de antena
		12/04/2019	Mantenimiento de antena
		03/05/2019	Instalación de cámaras de video vigilancia.
		24/06/2019	Configuración y organización de cableado.
2	Centro Escolar Miguel Guevara	15/05/2019	Instalación de dispositivo de IoT
3	Centro Escolar de Mejicapa	04/02/2019	Monitorear calidad de enlaces y velocidades de navegación.
		24/06/2019	Evaluación del servicio
		15/07/2019	Se revisó dispositivo backbone y se desmontó de la antena para revisión.
4	Instituto Nacional de Ereguayquín	08/02/2019	Monitorear calidad de enlaces y velocidades de navegación.
		24/06/2019	Administración del router
		15/07/2019	Instalación de dispositivo IoT
5	Centro Escolar Héroes de Chapultepec	15/05/2019	Definir la ubicación adecuada para la instalación de antena.
	UGB Usulután	01/02/2019	Monitorear calidad de enlaces y velocidades de navegación en cada uno de los centros, desde el equipo repetidor central.

Autoría propia con datos de las visitas técnicas realizadas.

En Usulután. el rango de cobertura para las actividades de mantenimiento se limitó a cuatro instituciones educativas ubicadas en el rango de cobertura del espectro de la antena principal. Entre los meses de enero a julio de 2019, se realizaron 13 visitas a los centros escolares, para resolver diferentes incidentes en la infraestructura ([ver anexo 5](#)), Las fotografías de las actividades de mantenimiento pueden ser consultadas en anexos ([ver anexo 6](#)), algunas actividades realizadas fueron:

- Instalación de antenas repetidoras
- Cambio de Atenas
- Configuración de equipos
- Cambio de puntos de acceso
- Testing de velocidad de la conexión
- Instalación de equipos de IoT
- Configuración de los equipos de IoT

La siguiente ilustración muestra en resumen los resultados del proyecto:





Estudiantes y docentes de cinco instituciones educativas beneficiados (300 estudiantes y 20 docentes)



Medición de la calidad de señal recibida (entre 7mbs a 10mbs)



Enlace de mayor distancia, Cantón El Volcan 7.50 km (Hasta 7mbs, en los centros escolares más cercanos la señal mejoró hasta 10mbs/12mbs).



Mantenimiento a la infraestructura (5 centros educativos)



Visitas para seguimiento a los incidentes de enero-agosto 2019 (13 visitas realizadas de 15 programadas)



Presentación en congresos (una ponencia en el congreso Industria 4.0 organizado por la Universidad Tecnológica de El Salvador, más de 100 estudiantes)



Participación en ferias de divulgación (Feria póster CONACYT 2019, el póster fue publicado en revista del CONACYT llegando a un público variado)

#### Ilustración 4: Resumen de resultados

Autoría propia.

Entre los problemas que presentó el proyecto se mencionan los siguientes:

- Este proyecto debió contar con información del uso que realicen de internet los usuarios finales considerados en la fase 2 de implementación; sin embargo, no fue posible obtener estadísticas del tráfico de las direcciones IP asignadas a cada centro escolar.
- Al no contar con estadísticas de uso del servicio de internet, resultó imposible realizar análisis estadísticos de varianza y desviación estándar. También no fue posible agregar gráficos en el informe.

Tal como se presentó en la planificación y acciones realizadas, en cada intervención hubo satisfacción de los representantes de los centros escolares, se utilizó hoja de visitas para la obtención de firmas y dejar evidencia que el equipo de investigadores se presentó a realizar

las actividades de seguimiento. Hubo acontecimientos imprevistos por los que no se completó las quince visitas a los centros escolares previstas lo que implica que en el futuro debe planificarse más visitas técnicas de forma concreta con el personal de cada uno de los centros educativos y coordinar de manera conjunta horas y fechas así analizar disponibilidad de cada uno de ellos, también incrementar el presupuesto destinado a este tipo de proyectos en los que están involucradas las tecnologías de la información y telecomunicaciones.

Al apropiarse el sector académico de estas tecnologías, se pueden potenciar la mejora de las bandas White Space, la adición de servicios de auto configuración, el desarrollo de tecnología local para los transceptores, el establecimiento de bandas dinámicas de White Space, además de los procesos de diseño y despliegue que pueden usarse para servicios comerciales de esta infraestructura las que pueden ser retomadas para expandir su cartera de productos tecnológicos.

Con una infraestructura robusta de última milla como la de TV White Space, se pueden desarrollar nuevos modelos de educación y servicios, basados en tecnología interactiva, que implicará el desarrollo de nuevos contenidos lo que representa un potencial para el sector de las TICs. Con este proyecto se benefició a centros escolares que fueron parte de la implementación del proyecto; en esta fase se dio seguimiento a las solicitudes de soporte en cuanto a la calidad del servicio proporcionado. A estudiantes y docentes de los centros escolares de los municipios de Usulután, beneficiados de forma directa con la infraestructura del proyecto implementado en la fase 2 del proyecto. También se benefició a la comunidad académica de las Instituciones de Educación Superior (IES) con la información técnica recopilada y compartida en informes de investigación. Los insumos del seguimiento serán utilizados para medir el impacto social y tecnológico de la implementación de esta infraestructura.

La investigación estará disponible como material de consulta y referencia que puede ser consultada por el público. El beneficio también es para familias de estudiantes y la Universidad Gerardo Barrios que como institución impulsora del proyecto se beneficia al formar parte de las instituciones de educación superior que, a través de las actividades de investigación, busca desarrollar proyectos sociales en beneficio de las comunidades.

Las aplicaciones de los resultados son diversas, entre algunas están:

- El informe de la investigación presentado tendrá una aplicación académica siendo material que puede ser utilizado en el estado del arte de futuras investigaciones que tengan objetivos similares. También se convierte en material de consulta disponible para estudiante y docentes.
- También es material que puede ser utilizado en el estado del arte de futuras investigaciones que tengan objetivos similares.
- El desarrollo de las aplicaciones de IoT desarrolladas en la primera fase del proyecto pueden ser documentadas y servir de apoyo en cátedras de la carrera de ingeniería en sistemas y redes.

En cuanto a estudios similares desarrollados con la tecnología TVWS, Colombia es un país donde se implementan proyectos de este tipo, para llevar internet hasta las escuelas ubicadas en zonas rurales. El mapa de espacios en blanco está siendo creado en Colombia, al igual que en la mayoría de los países, es una oportunidad para realizar más proyectos, ya que se requiere crear estos mapas de señales en blanco. También algunos de los proyectos regulatorios para TVWS se han desarrollado en Reino Unido, Estados Unidos, la Unión Europea, África y en América Latina, donde Colombia fue el primer país latino en establecer las políticas que regularan el uso de espacios en blanco en televisión (Espinoza & Ortíz, 2020).

## **Discusión y Conclusiones**

### **Discusión**

Los resultados muestran una cobertura de hasta 7.5 km con una calidad de hasta 7 mbs en zona rural y 12 mbs en las zonas más cercanas, ante lo cual Arévalo Monje et al.(2018) manifiesta que la distancia del centro escolar es un factor determinante para esta medición, lo cual fue evidenciado en éste informe de seguimiento y mantenimiento a la conectividad en centros escolares encontrando que a mayor distancia del mismo y mayor irregularidades del terreno, la calidad de la señal disminuye; para la solución de este problema se realizó ajuste en la altura y dirección de las antenas.

Los resultados indican que al hacer uso de IoT (internet de las cosas) para sistemas de alertas temprana, sistemas de protección contra desastres naturales, mejoras en los procesos agricultura y otras aplicaciones similares, cualquiera que sea la finalidad, se debe realizar actividades de mantenimiento periódicas para resolver problemas de infraestructura y funcionamiento de la red, llevar un control de incidentes y georreferenciar los centros escolares. En la implementación de redes secundarias haciendo uso de TVWS uno de los factores críticos a regular son los niveles de interferencia que los usuarios de estas redes puedan generar en perjuicio de los usuarios primarios (aquellos que poseen la licencia para hacer uso de estas frecuencias).

### **Conclusiones**

- La actual implementación de TV White Space sólo cubre los 90 grados al frente de la antena de transmisión mientras que la parte trasera queda descubierta lo que imposibilitó incluir otros centros escolares identificados con necesidad de conectividad.
- Uno de los aspectos a considerar durante la fase de implementación de proyectos es la posibilidad de realizar seguimiento a los resultados, es por eso por lo que con este proyecto se realizó seguimiento y mantenimiento de la infraestructura implementada en cuatro centros escolares ubicados en zonas rurales en el departamento de Usulután.
- TVWS es una tecnología que puede ser implementada en cualquier país, conforme a los resultados permite establecer una conexión estable de hasta 30 Mbps, con una distancia superior a 10 Km.
- La tecnología TVWS puede utilizarse para proveer conectividad a internet en las comunidades aisladas y remotas en los municipios, ya que las empresas de telefonía no logran cubrir la totalidad del país, principalmente dejando fuera de la cobertura caseríos y cantones que por su ubicación geográfica están muy aislados. En esta investigación se verificó un ancho de banda de 10 Mbps para Doble Canal.
- La infraestructura TVWS es ideal para cualquier aplicación, como puede ser la industria, vigilancia, agricultura y educación.
- Al momento de simular las conexiones de TVWS se deben considerar los edificios y árboles que se encuentre en la zona de despliegue.

- TVWS permite establecer conexiones en una red de área local donde todos los equipos conectados no necesitan de conexión a internet para comunicarse entre ellos, pero también permite establecer una conexión a internet con cada uno de los equipos de TVWS.
- Para asegurar el correcto funcionamiento del despliegue de TVWS es necesario una base de datos de canales de TVWS.
- Para la evaluación de los equipos se debe poner atención principalmente a las siguientes características: Potencia de transmisión y sensibilidad del receptor, tipo de consola, ancho de banda de canal, tasa de transmisión: la tasa de transmisión define la velocidad en que los usuarios se pueden hacer conexión hacia internet, se debe tener en cuenta que la velocidad final de conexión influye la cantidad de usuario conectados.
- Este proyecto ha dejado aportes significativos en los centros escolares y conocimientos documentados que han sido difundidos en diferentes eventos y que se presentan en este informe para efectos de ser consultados.
- Antes de iniciar un proyecto de TVWS se debe tener en cuenta disponer de todos los equipos requeridos, ya que los tiempos de envío de componentes comprados en el extranjero, por internet, tienen un tiempo de demora de hasta cuatro meses en el envío. Se debe investigar con anticipación la zona donde se implementen los dispositivos de TVWS ya que en El Salvador algunas zonas tienen presencia de pandillas y las visitas a centros escolares es indispensable.
- Como se ha mencionado antes, no existen investigaciones previas relacionadas a TVWS en nuestro país, si existen implementaciones a nivel mundial pero la mayoría de estas solo que quedan en fase 1 – implementación. Surgen nuevas tecnologías, se migran y pasan a estas, no existe un soporte o seguimiento. En la mayoría de casos solo experimentan con TVWS.

## **Recomendaciones**

Las siguientes recomendaciones se enfocan en las acciones que se pueden poner en práctica durante la implementación de redes comunitarias (Internet Society, 2017):

- Solicitar asesoramiento a las redes comunitarias existentes: crear una red “humana” propia dirigiéndose a las redes comunitarias existentes. Las redes comunitarias están muy dispuestas a compartir sus experiencias.

- Identificar cambios regulatorios y de políticas en su país: crear una lista de verificación de cambios regulatorios y de políticas que tal vez se necesiten para facilitar el desarrollo de las redes comunitarias en su país.
- Ponerse en contacto con organismo reguladores locales: interactuar con los formuladores de políticas y reguladores, las redes comunitarias y ciudadanos involucrados en el desarrollo de redes comunitarias.
- Solicitar capacitación: hay organizaciones expertas que ofrecen capacitación en redes, radiofrecuencia, infraestructura compartida y creación de capacidad en la comunidad.
- Asistir a los eventos de redes comunitarias locales, regionales e internacionales: hay eventos informativos, de sostenibilidad y capacitación para redes de acceso locales y comunitarias en muchos países y regiones, así como a nivel mundial.
- Trabajar con instituciones ancla existentes: las instituciones ancla existentes y las organizaciones comunitarias pueden ser aliados clave y ofrecer espacio para la capacitación, alojamiento de la red y desarrollo de contenido local.
- Participar en los grupos de operadores de redes (NOG): que ayudan a crear infraestructura de conectividad de abajo hacia arriba y basada en la comunidad.

## Referencias

- Arévalo Monge, E. A., Flores Villalobos, D. A., Bran, C. G., Coreas Flores, E., & Parada Benítez, M. O. (2018). *Diseño y despliegue de infraestructura TVWS para la mejora de servicios de conectividad y aplicaciones con Internet de las Cosas*. Informe de Investigación, Universidad Don Bosco, Universidad Gerardo Barrios, Ciencia y Tecnología, San Miguel. Recuperado el 2019, de [https://ugb.edu.sv/component/rsfiles/descargar-archivo/archivos.html?path=Investigaciones%2B2018%252FRaporteFinal\\_TVWS.pdf&Itemid=749](https://ugb.edu.sv/component/rsfiles/descargar-archivo/archivos.html?path=Investigaciones%2B2018%252FRaporteFinal_TVWS.pdf&Itemid=749)
- asamblea.gob.sv. (Junio de 2017). *Decreto Cuadro Nacional de Atribución de Radiofrecuencias*. Obtenido de <https://www.asamblea.gob.sv/>: <https://www.asamblea.gob.sv/sites/default/files/documents/decretos/A5BA9724-C13F-46BA-A3A9-6ED237D6EE67.pdf>
- asamblea.gob.sv. (21 de Junio de 2017). *Ley de Telecomunicaciones*. Obtenido de <https://www.asamblea.gob.sv/>: [https://www.asamblea.gob.sv/sites/default/files/documents/decretos/171117\\_073657795\\_archivo\\_documento\\_legislativo.pdf](https://www.asamblea.gob.sv/sites/default/files/documents/decretos/171117_073657795_archivo_documento_legislativo.pdf)
- Carballo, J. (06 de 07 de 2016). *La ONU declara el acceso a Internet como un derecho humano*. Obtenido de Revista Computer Hoy: <https://computerhoy.com/noticias/internet/onu-declara-acceso-internet-como-derecho-humano-47674>
- Cuevas, J. L. (2017). *Espacios blancos de la TV para zonas rurales*. Mexico: Instituto Federal de Telecomunicaciones.
- Espinoza, M., & Ortiz, A. T. (2020). *Estudio de disponibilidad de huecos espectrales TVWS en Colombia*. Bogotá: Universidad de Santo Tomás.
- Instituto Federal de Telecomunicaciones, México. (2018). *Cuantificación de los TVWS en México*. México: Instituto Federal de Telecomunicaciones.

- Internet Society. (11 de 10 de 2017). *Informe de políticas: Enfoques sobre el espectro para las redes comunitarias*. Obtenido de [www.internetsociety.org](http://www.internetsociety.org):  
<https://www.internetsociety.org/es/policybriefs/spectrum/>
- internetsociety.org. (11 de Octubre de 2017). *Informe de políticas: Enfoques sobre el espectro para las redes comunitarias*. Obtenido de <https://www.internetsociety.org/>:  
<https://www.internetsociety.org/es/policybriefs/spectrum/>
- internetsociety.org. (2017). *Informe de políticas: Enfoques sobre el espectro para las redes comunitarias*. <https://www.internetsociety.org/es/policybriefs/spectrum/>.
- itu.int. (2020). *Sobre la Unión Internacional de Telecomunicaciones*. Obtenido de <https://www.itu.int/>: <https://www.itu.int/es/about/Pages/default.aspx>
- kas.de. (01 de Enero de 2001). *Reglamento de la Ley de Telecomunicaciones*. Obtenido de <https://www.kas.de/>: [https://www.kas.de/c/document\\_library/get\\_file?uuid=2c0fd58b-c401-f01f-6393-f2787b45ada0&groupId=252038](https://www.kas.de/c/document_library/get_file?uuid=2c0fd58b-c401-f01f-6393-f2787b45ada0&groupId=252038)
- Kibernum. (23 de 07 de 2017). *2020, el año que se triplicará el tráfico IP y los dispositivos de los usuarios*. Obtenido de [kibernum.com](http://kibernum.com):  
<https://www.kibernum.com/2017/06/23/2020-ano-se-triplicara-traffic-ip-los-dispositivos-los-usuarios/>
- Kimberly Tabor, del Banco BBVA. (2016). *Acceso a Internet*.  
<https://www.bbva.com/es/acceso-internet-factor-determinante-la-inclusion-financiera/>:  
BBVA.
- Microsoft News Latinoamerica. (08 de 09 de 2016). *TV White Spaces Project: internet en zonas rurales*. Obtenido de [news.microsoft.com](http://news.microsoft.com): <https://news.microsoft.com/es-xl/tv-white-spaces-project-internet-en-zonas-rurales/>
- Mike Inverso, D. o. (2018). *Proposed TV White Space (TVWS) Rules Would Improve Rural Broadband*. Obtenido de KP Performance Antennas:  
<https://www.kpperformance.com/Proposed-TVWS-Rules-Would-Improve-Rural-Broadband.html>



Mundiario. (22 de 01 de 2015). *Conectividad mundial: una necesidad en el día de hoy*.

Obtenido de <https://www.mundiario.com>:

<https://www.mundiario.com/articulo/economia/conectividad-mundial-necesidad-dia-hoy/20150122201714026370.html>

Mundiario. (22 de 01 de 2015). *Conectividad mundial: una necesidad en el día de hoy*.

Obtenido de <https://www.mundiario.com>:

<https://www.mundiario.com/articulo/economia/conectividad-mundial-necesidad-dia-hoy/20150122201714026370.html>

PopulationPyramid.net. (12 de 2019). *Población mundial total y por país*. Obtenido de

PopulationPyramid.net: <https://www.populationpyramid.net/es/poblaci%C3%B3n-por-pa%C3%ADs/2020/>

questionpro.com. (2019). *Qué es una investigación de campo*. Obtenido de

<https://www.questionpro.com/>: [https://www.questionpro.com/es/investigacion-de-campo.html#que\\_es\\_investigacion\\_de\\_campo](https://www.questionpro.com/es/investigacion-de-campo.html#que_es_investigacion_de_campo)

Revista digital Lider Empresarial. (04 de 04 de 2016). *hay 4 billones de personas que no están conectadas a internet*. Obtenido de Revista digital Lider Empresarial:

<https://www.liderempresarial.com/por-que-hay-4-billones-de-personas-que-no-estan-conectadas-a-internet/>

siget.gob.sv. (Mayo de 2016). *Ley de Telecomunicaciones*. Obtenido de

<https://www.siget.gob.sv/>: <https://www.siget.gob.sv/wp-content/uploads/2016/05/Ley-de-Telecomunicaciones-actualizada-nov.10.pdf>

siget.gob.sv. (Junio de 2017). *Cuadro Nacional de Atribución de Radiofrecuencias*. Obtenido

de <https://www.siget.gob.sv/>:

<https://www.siget.gob.sv/?wpdmact=process&did=Mjg5LmhvdGxpbn>

siget.gob.sv. (2017). *Reglamento de la Ley de Telecomunicaciones*. Obtenido de

<https://www.siget.gob.sv/>:

<https://www.siget.gob.sv/?wpdmact=process&did=MjUzLmhvdGxpbn>

- siget.gob.sv. (2019). *Leyes y Reglamentos SIGET*. Obtenido de <https://www.siget.gob.sv/>:  
<https://www.siget.gob.sv/normativa/>
- Statista. (31 de 08 de 2015). *Estadísticas del Internet en América*. Obtenido de <https://es.statista.com/>: <https://es.statista.com/estadisticas/636485/penetracion-del-uso-de-internet-a-nivel-mundial-de--a-2019/>
- Statista, Portal de Estadísticas. (2019). *Tasa de penetración de Internet a nivel mundial desde 2014 hasta 2019*. Obtenido de <https://es.statista.com/>:  
<https://es.statista.com/estadisticas/636485/penetracion-del-uso-de-internet-a-nivel-mundial-de--a-2019/>
- Tech en América Latina. (28 de 05 de 2018). *¿Cuántos usuarios de Internet hay en América Latina?* Obtenido de <https://es.statista.com/>:  
<https://es.statista.com/grafico/13903/cuantos-usuarios-de-internet-hay-en-america-latina/>
- UNESCO. (2019). *El 40% de la población no tiene acceso a la educación en un idioma que entienda*. Obtenido de [es.unesco.org](https://es.unesco.org/): <https://es.unesco.org/news/40-poblacion-no-tiene-acceso-educacion-idioma-que-entienda>
- Union Internacional de Telecomunicaciones. (2017). *Principios, retos y problemas de la gestión del espectro*. Ginebra, 2017: Publicación electrónica.
- Valentina Hernandez Latorre. (13 de 09 de 2018). *El acceso a Internet es fundamental para ser un país desarrollado*. Obtenido de [hostname.cl](https://www.hostname.cl/):  
<https://www.hostname.cl/blog/internet-es-vital-ara-un-pais-desarrollado>
- wikipedia. (02 de 10 de 2017). *Usuarios de internet por cada 100 habitantes*. Obtenido de [upload.wikimedia.org](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/29/Internet_users_per_100_inhabitants_ITU.svg/450px-Internet_users_per_100_inhabitants_ITU.svg.png):  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/29/Internet\\_users\\_per\\_100\\_inhabitants\\_ITU.svg/450px-Internet\\_users\\_per\\_100\\_inhabitants\\_ITU.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/29/Internet_users_per_100_inhabitants_ITU.svg/450px-Internet_users_per_100_inhabitants_ITU.svg.png)
- Wikipedia. (14 de 09 de 2020). *Países por número de usuarios de Internet*. Obtenido de [wikipedia.org](https://es.wikipedia.org/):

[https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Pa%C3%ADses\\_por\\_n%C3%BAmero\\_de\\_usuarios\\_de\\_Internet](https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Pa%C3%ADses_por_n%C3%BAmero_de_usuarios_de_Internet)

wikipedia.org. (03 de Febrero de 2020). *Espectro electromagnético*. Obtenido de

<https://es.wikipedia.org/>:

[https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro\\_electromagn%C3%A9tico](https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagn%C3%A9tico)

## **Agradecimientos**

Durante el desarrollo de la investigación, se recibió apoyo interno proporcionado por personal de las diferentes unidades y facultades de la institución, también contribuciones externas que mencionamos a continuación.

### **Se extiende agradecimiento a:**

- Docentes de la Facultad de Ciencia y Tecnología por haber sido un apoyo constante en el desarrollo de la investigación.
- Vicedecano de la Facultad de Ciencia y Tecnología por su apoyo en la labor de investigación.
- Al coordinador de la Unidad de Investigación del Centro Regional de Usulután, por su apoyo en todo el proceso de investigación, desde la presentación del perfil hasta las actividades finales de divulgación.
- Los investigadores a cargo agradecen a los colegas, compañeros docentes investigadores por su apoyo con aportes significativos realizados en las reuniones de investigación.

### **Agradecimientos Externos**

- A N-CONACYT por su cordial invitación para formar parte de la feria de póster científicos realizada en octubre de 2019.
- A la Universidad Tecnológica de El Salvador por su invitación de participar en el Congreso nacional denominado “Industria 4.0”, realizado el 10 de octubre de 2019, que permitió la difusión de los resultados de la investigación con la comunidad científica y divulgación con estudiantes de las carreras de informática.
- Directores de centros escolares y encargados de aulas CRA, que amablemente atendieron y proporcionaron apoyo durante las visitas técnicas.

## **Anexos**

### **Anexo 1: Centros escolares beneficiados con la implementación de TVWS**

Tabla 3. Centros escolares beneficiados en Usulután.

N°	Centro Escolar	Municipio
<b>1</b>	Centro Escolar Cantón El Volcán	Santa Elena
<b>2</b>	Centro Escolar Miguel Guevara	Santa María
<b>3</b>	Centro Escolar de Mejicapa	Santa María
<b>4</b>	Instituto Nacional de Ereaguaquin	Ereguaquin

Autoría propia

## Anexo 2: Concesiones de canales y frecuencias en El Salvador

Tabla 4. Frecuencia de canales en El Salvador.

Canales TV	Concesionario	Propietario	Rango de Banda (MHz)	Banda	Cobertura
Canal 2	Canal DOS, S.A. de C.V.	TCS	54-60	VHF	Nacional
Canal 4	YSU TV Cuatro, S.A. de C.V.	Canal TCS	66-72	VHF	Nacional
Canal 6	Canal SEIS, S.A. de C.V.	TCS	82-88	VHF	Nacional
Canal 11	TV Red, S.A. de C.V.	TV Red	198-204	VHF	Nacional
Canal 12	Canal 12 Televisión, S.A. de C.V.	AS Media	204-210	VHF	Nacional
Canal 15	Máxima Aceleración, S.A. de C.V.	Máxima S.A.	476-482	UHF	Regional
Canal 15	Inmobiliaria A. R.	Mega visión	476-482	UHF	Regional
Canal 17	INDESI, S.A. de C.V.	Mega visión	488-494	UHF	Regional
Canal 19	INDESI, S.A. de C.V.	Mega visión	500-506	UHF	Nacional
Canal 21	INDESI, S.A. de C.V.	Mega visión	512-518	UHF	Nacional
Canal 23	Master Communications, S.A. de C.V.	Master	524-530	UHF	Regional

Canales TV	Concesionario	Propietario	Rango de Banda (MHz)	Banda	Cobertura
Canal 23	Ricardo A. Recinos / Luis Ramos Menéndez	Ricardo A. Recinos / Luis A. Ramos Menéndez	A. 524-530	UHF	Regional
Canal 23	Televisión Oriental, S.A. de C.V. / TVO, S.A. de C.V.	TV Oriental de El Salvador	524-530	UHF	Regional
Canal 25	Audio-Video de El Salvador, S.A. de C.V.	El Audio-Video de El Salvador	536-542	UHF	Regional
Canal 25	Master Communications, S.A. de C.V.	Master	536-542	UHF	Regional
Canal 29	Canal 29, S.A. de C.V.	Canal 29	560-566	UHF	Regional
Canal 31	Canal 31, S.A. de C.V.	TCS	572-578	UHF	Nacional
Canal 33	Tecno visión, S.A. de C. V	Tecno visión	584-590	UHF	Regional
Canal 35	Canal 35, S.A. de C. V	TCS	596-602	UHF	Nacional
Canal 41	EDU TV, S.A. de C. V	Edu TV	632-638	UHF	Nacional
Canal 43	EDU TV, S.A. de C. V	Edu TV	644-650	UHF	Nacional
Canal 45	Televisión Independiente, S.A. de C.V.	TV Independiente	656-662	UHF	Nacional

Canales TV	Concesionario	Propietario	Rango de Banda (MHz)	Banda	Cobertura
Canal 47	Televisión Independiente, S.A. de C.V.	TV Independiente	668-674	UHF	Nacional
Canal 49	TV Juventud, S.A. de C.V.	Juventud	680-686	UHF	Nacional
Canal 51	TV Juventud, S.A. de C.V.	Juventud	692-698	UHF	Nacional
Canal 53	Cablefrecuencias, S.A. de C. V	Cablefrecuencias	704-710	UHF	Nacional
Canal 55	Cablefrecuencias, S.A. de C. V	Cablefrecuencias	716-722	UHF	Nacional
Canal 59	Cablefrecuencias, S.A. de C. V	Cablefrecuencias	740-746	UHF	Nacional
Canal 61	Máxima Aceleración, de C. V	Máxima S.A.	752-758	UHF	Regional
Canal 63	Máxima Aceleración, de C. V	Máxima S.A.	764-770	UHF	Regional
Canal 65	Máxima Aceleración, de C. V	Máxima S.A.	776-782	UHF	Regional
Canal 67	Master Communications, S.A. de C. V	Master	788-794	UHF	Regional
Canal 69	Master Communications, S.A. de C. V	Master	800-806	UHF	Regional



Canales TV	Concesionario	Propietario	Rango de Banda (MHz)	Banda	Cobertura
Canal 69	INDESI, S.A. C.V.	de Mega visión	800-806	UHF	Regional
Canal 69	Comunicaciones Oriente, S.A. C.V./C.O.D. O	de Comunicaciones de Oriente	800-806	UHF	Regional

Autoría propia usando datos de SIGET

En otro orden, la tabla precedente también muestra que el panorama de los actores relevantes se restringe sólo a 16 entidades económicas independientes, debido a que varios canales se encuentran bajo un control societario común. La tabla siguiente muestra la cantidad de canales que posee cada grupo (siget.gob.sv, 2017).

Tabla 5: Propietarios y grupos de canales bajo control común

#	Grupos Propietarios	Propietarios	/ Cantidad de canales privados controlados	Canales Controlados
1	TCS salvadoreña	- Tele corporación	5	2, 4, 6, 31 y 35
2	Mega visión		5	15, 17, 19, 21 y 69
3	Máxima		4	15, 61, 63, 65
4	Master		4	23, 25, 67 y 69
5	Cable frecuencias		3	53, 55 y 59
6	Juventud		2	49 y 51
7	Edu TV		2	41 y 43
8	TV Independiente		2	45 y 47
9	Canal 29		1	29
10	AS Media		1	12
11	Tecno visión		1	33

<b>12</b>	TV Oriental	1	23
<b>13</b>	Audio-Video de El Salvador	1	25
<b>14</b>	TV Red	1	11
<b>15</b>	Comunicaciones de Oriente	1	69
<b>16</b>	R. A. Recinos / Luis A. Ramos Menéndez	1	23

Autoría propia con datos de SIGET

Siete de los concesionarios de TV abierta son instituciones gubernamentales y no gubernamentales, varias de ellas ligadas al culto católico, que funcionan principalmente sobre la base de recursos públicos o donaciones. Su cobertura es mayoritariamente nacional.

Tabla 6: Concesiones de frecuencias de TV no comerciales

Canales TV	Concesionario	Rango de Banda (MHz)	Banda	Cobertura
<b>Canal 8</b>	AGAPE - Asociación Ágape de El Salvador	180-186	VHF	Nacional
<b>Canal 9</b>	Asamblea Legislativa de El Salvador	186-192	VHF	Nacional
<b>Canal 10</b>	Presidencia de la República de El Salvador	192-198	VHF	Nacional
<b>Canal 17</b>	Misión Bautista Internacional de El Salvador	488-494	UHF	Regional
<b>Canal 27</b>	Misión Cristiana ELIM	548-554	UHF	Nacional
<b>Canal 39</b>	Iglesia Católica (Arzobispado de S.S.)	620-626	UHF	Nacional
<b>Canal 57</b>	Iglesia Católica (Arzobispado de S.S.)	728-734	UHF	Nacional

Autoría propia con datos de SIGET

**Anexo 3: Formato de bitácora de actividades.**

Usado para recopilar información de las actividades de mantenimiento realizadas en los centros escolares.



**UNIVERSIDAD GERARDO BARRIOS**  
**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**REGISTRO DE ACTIVIDADES DE SEGUIMIENTO EN FASE DE CAMPO DE LA INVESTIGACIÓN:**

DISEÑO Y DESPLIEGUE DE INFRAESTRUCTURA TVWS PARA LA MEJORA DE SERVICIOS DE CONECTIVIDAD Y APLICACIONES CON INTERNET DE LAS COSAS. FASE 3 – SEGUIMIENTO Y MANTENIMIENTO.

**Investigadores:**

PEDRO ANTONIO VILLALTA MARINERO

MARVIN OSMARO PARADA BENÍTEZ

**Fecha:**

--	--	--

**Lugar:**

--

**Cantidad de horas invertidas:**

--	--

**Objetivos de esta actividad:**

--

Actividad desarrollada	Descripción detallada de la actividad que desarrolló

**Acuerdos**


Actividades Pendientes	Responsable	Fecha de Entrega

**Describe los inconvenientes con que se ha encontrado en esta(s) actividad(es):**

**Próxima**

--	--	--

**Lugar:**

**Reunión:**

**Observaciones (reservado para la coordinación de investigación)**

#### **Anexo 4: Fotografías de visitas a centros escolares**

Fotografías correspondientes a la metodología de visitas técnicas.



Ilustración 5: Ing. Marvin Parada con encargada CRA C.E. Cantón El Volcán



Ilustración 6: Investigador Osmaro Parada en visita técnica C.E. Cantón El Volcán



Ilustración 7: Investigador Pedro Villalta en visita técnica C.E. Cantón El Volcán

## Anexo 5: Actividades de mantenimiento y seguimiento

A continuación, se presentan las diferentes actividades realizadas en las visitas técnicas a los centros escolares.

Tabla 7 Actividades de mantenimiento realizadas

Institución	Fecha	Actividad	Descripción
Universidad Gerardo Barrios de Usulután	01/02/2019	Medición de la calidad de la señal.	Monitorear calidad de enlaces y velocidades de navegación en cada uno de los centros, desde el equipo repetidor central
Escolar Cantón Mejicapa	04/02/2019	Medición de la calidad de la señal.	Monitorear calidad de enlaces y velocidades de navegación en cada uno de los centros, desde la antena en el Centro Escolar Cantón Mejicapa
Instituto Nacional de Ereaguayquín	08/02/2019	Medición de la calidad de la señal.	Monitorear calidad de enlaces y velocidades de navegación en cada uno de los Centros Escolares, desde el equipo repetidor central.
Centro Escolar Cantón el Volcán	10/04/2019	Mantenimiento de antena en centro escolar cantón El Volcán.	Se quitó la antena anterior y se instaló una nueva. Después de instalar se buscó la mejor posición de la antena para tener una mejor recepción de señal. Con el cambio de antena la conectividad cambio de 3.3 a 7 Mbits. Se determinó que el tubo de metal (de 5 cm de diámetro) utilizado para colocar la antena no tiene suficiente altura para mejorar la recepción de la señal.

Centro Escolar Cantón el Volcán	10/04/2019	Medición de calidad de conectividad.	Monitoreo de la calidad de enlaces y velocidades de navegación.
Centro Escolar Cantón el Volcán	10/04/2019	Revisión de cableado en la red local del centro escolar.	Se determinó que un problema en la red wifi era causado por un cable UTP en mal estado. El cable se cambió por uno funcional.
Centro Escolar Cantón El Volcán	12/04/2019	Mantenimiento de antena.	La nueva antena instalada no tenía la altura necesaria por lo que se subía 2.5 Mts más haciendo uso de un tubo de hierro de 3mts de altura. También se realizaron experimentos en diferentes posiciones de la antena receptora, hasta encontrar la ubicación con mejor recepción. Se quitó la antena anterior y se instaló una nueva. Después de instalar se buscó la mejor posición de la antena para tener una mejor recepción de señal. Con el cambio de antena la conectividad cambio de 3.3 a un intervalo de 7 hasta 10 Mbits.
Centro Escolar Cantón El Volcán	12/04/2019	Medición de calidad de conectividad.	Debido a que la velocidad de conectividad baja a nivel mínimo de 3Mbits se revisó la configuración del software hasta determinar que cambiando el valor de Channel Bandwidth (Ancho de banda) de 6 a 12 MHz,



			la conectividad mejora, manteniéndose estable entre 7 y 10 Mbits, valor máximo asignado a cada uno de los centros escolares
Centro Escolar Cantó el Volcán	03/05/2019	Instalación de dispositivo IoT	Preparación de materiales para la instalación de cámara de videovigilancia en centro escolar cantón el volcán. Se instaló en la sala de informática CRA, se configuró la cámara utilizando software del dispositivo y agregando dirección IP y se mostró al personal de aula CRA la forma de usar aplicativo de la cámara instalada.
Centro Escolar de Mejicapa	03/05/2019	Instalación de dispositivo IoT	Se instaló y configuró la cámara utilizando App del dispositivo y agregando dirección IP y se mostró al personal de aula CRA la forma de usar aplicativo de la cámara instalada.
Centro Escolar Héroes de Chapultepec de Santa Elena y Centro escolar Miguel Guevara de Santa María	15/05/2019	Visita centros escolares para instalación de dispositivos de IoT.	Se visitó el centro escolar Héroes de Chapultepec con el objetivo de definir la ubicación adecuada para la instalación de antena receptora de señal. La visita al centro escolar Miguel Guevara se realizó para realizar instalación de dispositivo de IoT en sala de

			cómputo y dar las indicaciones al personal sobre su uso
Centro Escolar Cantón el Volcán, Centro Escolar de Mejicapa, Instituto Nacional de Ereguayquin.	24/06/2019	Seguimiento y mantenimiento de infraestructura TVWS.	En la visita al centro escolar cantón el volcán se configuración y organización de cableado, separando la infraestructura existente del cableado usado en proyecto TVWS. En el caso de la visita centro escolar de Mejicapa fue reprogramada, por estar centro escolar cerrado.  Se procedió a la visita del Instituto Nacional de Ereguaquín para realizar actividades de administración del router, cambio de contraseña usando software Winbox para Windows, se explicó uso de este programa al encargado de aula CRA. Instalación de software que permite ver cantidad y el ID de dispositivos conectados a la red WIFI.
Centro Escolar de el Transito, Centro Escolar de Mejicapa, Instituto Nacional de Ereguayquin	15/07/2019	Seguimiento y mantenimiento de infraestructura TVWS.	En la visita a Centro Escolar de Mejicapa, se revisó dispositivo backbone y se desmontó de la antena para revisión, ya que está presentando problemas de conectividad. En la visita en Instituto Nacional de Ereguaquín, se realizó la instalación de dispositivo IoT (cámara

			inalámbrica), en el auditorio de la institución
--	--	--	---

### Anexo 6: Fotografías de actividades de mantenimiento

Se muestran fotografías correspondientes a las actividades de mantenimiento.



Ilustración 8: Revisión de antena en C. E. Cantón el Volcán.

10/04/2019



Ilustración 9: Test de conectividad en C. E. Cantón el Volcán

10/04/2019



Ilustración 10: Configuración de router y equipo de red  
10/04/2019



Ilustración 11: Mantenimiento TVWS Centro escolar Cantón el Volcán.  
12/04/2019



Ilustración 12: Instalación de dispositivo IoT

03/05/2019



Ilustración 13: Instalación de equipo IoT en Centro Escolar Miguel Guevara.

15/05/2019



Ilustración 14: Visita C.E. Cantón Volcán y Ereguayquín

24/06/2019

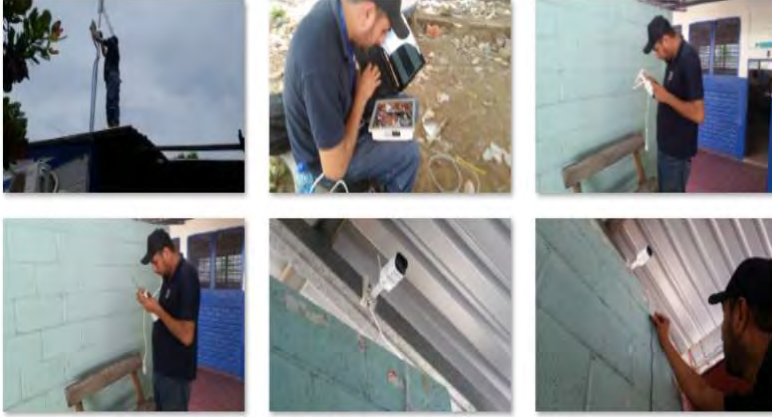


Ilustración 15: Visita I.N. Ereguayquin y C.E. Mejicapa  
15/07/2019

## **Anexo 7: Actividades de divulgación y difusión 2019-2020**

Evento: jornada de divulgación de investigaciones 2019.

El 21 de febrero de 2019 se realizó jornada de difusión de resultados de investigaciones, en la jornada Ing. Marvin Benítez presentó los resultados de la segunda fase de investigación TVWS y la importancia de dar continuidad a los proyectos de este tipo con enfoque social, se mencionó en la presentación de resultados que se realizaría la tercera fase de seguimiento y mantenimiento.



Ilustración 16: Difusión investigación TVWS fase 2

Evento: difusión en evento concurso de póster científicos NCONACYT 2019.

La exposición del póster de esta investigación inicio desde el año 2019, con la participación en el evento presentación de póster que organiza el CONACYT en octubre. El evento se realizó el 18 de septiembre en las instalaciones del Centro de convenciones del Círculo Militar, San Salvador.





Ilustración 17: Divulgación en feria de póster 2019 NCONACYT

Evento: Congreso de Investigación Científica Industria 4.0 UTEC 2019.

10/10/2019.

Durante 2019 se participó con esta investigación congreso de investigación en la Universidad Tecnológica de El Salvador, realizado el 10 de octubre. Se realizó la divulgación de la investigación con estudiantes, investigadores y docentes.







Ilustración 18: Divulgación en Congreso Industria 4.0 UTEC 2019