



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Escuela Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones

Diseño e implementación de un sistema de monitoreo remoto basado en Google Apps Script y tecnologías web para el control operativo de una estación de Televisión Digital Terrestre (canal 5.1) de Bethel Televisión en Barranca con conectividad LTE

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Ingeniero de Telecomunicaciones

AUTOR

Israel Jefte ARENAS GIRON

ASESOR

Mg. Wilfredo Baro FANOLA MERINO

Lima, Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Arenas, I. (2026). *Diseño e implementación de un sistema de monitoreo remoto basado en Google Apps Script y tecnologías web para el control operativo de una estación de Televisión Digital Terrestre (canal 5.1) de Bethel Televisión en Barranca con conectividad LTE*. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Israel Jefte Arenas Giron
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	75612077
URL de ORCID	No aplica
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Wilfredo Baro Fanola Merino
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06030740
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-9041-3663
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Williams Fernando Acosta Solorzano
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06434186
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Rómulo Alfonso Miguel Ato
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09139449
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	José Carlos Hurtado Rantes
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08558088

Datos de investigación	
Línea de investigación	ODS 9: Industria, innovación e infraestructura
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Barranca Distrito: Barranca Latitud: -10.725742 Longitud: -77.747511
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Julio 2025 – julio 2026
URL de disciplinas OCDE	Sistemas de automatización, Sistemas de control https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.03 Ingeniería de sistemas y comunicaciones https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.04 Telecomunicaciones https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.05



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú. Decana de América

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

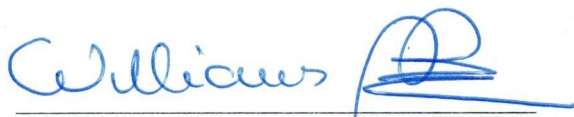
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TSP N° 001-EPIT-FIEE/2026

Los suscritos miembros del jurado, docentes permanentes de la Escuela Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, reunidos en la fecha 08 de setiembre del 2026, como Presidente de Jurado el **Dr. WILLIAMS FERNANDO ACOSTA SOLORZANO**, integrado por el miembro de jurado el **Mg. RÓMULO ALFONSO MIGUEL ATO**, el miembro de jurado el **Ing. JOSÉ CARLOS HURTADO RANTES** y miembro asesor el **Mg. WILFREDO BARO FANOLA MERINO**.

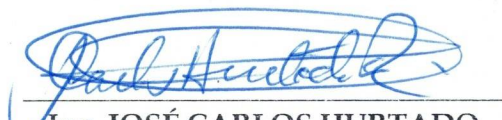
Después de escuchar la Sustentación Presencial del Trabajo de Suficiencia Profesional del Bachiller **ISRAEL JEFTE ARENAS GIRON** con código N° 17190295, para optar el Título Profesional de Ingeniero de Telecomunicaciones sustentó el trabajo de suficiencia profesional titulado: **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO REMOTO BASADO EN GOOGLE APPS SCRIPT Y TECNOLOGÍAS WEB PARA EL CONTROL OPERATIVO DE UNA ESTACIÓN DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE (CANAL 5.1) DE BETHEL TELEVISIÓN EN BARRANCA CON CONECTIVIDAD LTE"**.

El jurado examinador procedió a formular las preguntas reglamentarias y luego de una deliberación en privado, decidió otorgarle el calificativo de 16. (Biciseis)

Ciudad Universitaria, 08 de setiembre del 2026


Dr. WILLIAMS FERNANDO ACOSTA
SOLORZANO
Presidente Jurado


Mg. RÓMULO ALFONSO MIGUEL
ATO
Miembro Jurado


Ing. JOSÉ CARLOS HURTADO
RANTES
Miembro Jurado


Mg. WILFREDO BARO FANOLA
MERINO
Miembro Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE

SAN MARCOS

Universidad del Perú, Decana de América

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **WILFREDO BARO FANOLA MERINO** en mi condición de asesor acreditado con el Dictamen **N° 002-2026-EPIT-FIEE/UNMSM** del Trabajo de Suficiencia Profesional cuyo título es "**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO REMOTO BASADO EN GOOGLE APPS SCRIPT Y TECNOLOGÍAS WEB PARA EL CONTROL OPERATIVO DE UNA ESTACIÓN DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE (CANAL 5.1) DE BETHEL TELEVISIÓN EN BARRANCA CON CONECTIVIDAD LTE**", presentado por el bachiller **ISRAEL JEFTE ARENAS GIRON**, para optar el Título Profesional de Ingeniero de Telecomunicaciones, CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 5% de similitud, nivel PERMITIDO para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional**.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del Título Profesional de Ingeniero de Telecomunicaciones.

Lima, 08 de setiembre del 2026

Firma del Asesor

Nombres y Apellidos del asesor: **WILFREDO BARO FANOLA MERINO**

DNI: 06030740

DEDICATORIA

Para ti, Kellycita, mi amor, que me acompañas cada día en este viaje al que llamamos vida y que, con tu apoyo incondicional, me motivas siempre a seguir creciendo en todos los ámbitos de mi vida.

Para ustedes, Juan Carlos y Evelin, quienes me vieron crecer y a quienes les debo todo. Gracias por sus oraciones, su desprendimiento, su dedicación en mi crianza y las enseñanzas que me han guiado hasta ahora.

Para ustedes, Samuel, Natanael y Obed, en quienes pienso cada vez que tomo una decisión. Ustedes son mi inspiración para esforzarme al máximo y mi mayor motivación para animarlos a ser aún mejores que yo.

Un agradecimiento especial a mis amigos y compañeros del Área Técnica de Bethel, quienes, con paciencia y generosidad, me han enseñado y compartido valiosos conocimientos desde mis inicios como practicante, contribuyendo significativamente a mi formación profesional y personal.

AGRADECIMIENTO

A mi Dios, quien me ha sostenido y fortalecido cada día de mi vida, proveyendo fielmente todo lo que he necesitado. A Él le debo la sabiduría, la fortaleza y la perseverancia para culminar esta etapa.

“El principio de la sabiduría es el temor de Jehová”.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad diseñar e implementar un sistema de monitoreo remoto para la estación de Televisión Digital Terrestre de Bethel Televisión en la localidad de Barranca, con el propósito de mejorar la supervisión del transmisor digital y reducir la dependencia de verificaciones presenciales.

Debido a la amplia red de estaciones de radiodifusión sonora y radiodifusión por televisión que posee Bethel a nivel nacional, resulta necesario disponer de una herramienta que facilite la supervisión de cada una de ellas. Esta necesidad se vuelve aún más importante cuando la estación se encuentra alejada de un centro poblado, en donde la detección de un problema depende de una visita técnica que, por factores de distancia, tiempo y costo, puede resultar tardía.

En ese contexto, el trabajo desarrollado se orientó a implementar una solución que permitiera visualizar a distancia los principales parámetros de funcionamiento del transmisor digital, así como contar con apoyo visual mediante un video en vivo del estado de la caseta de transmisión y con alertas por correo electrónico ante comportamientos anómalos del sistema.

De esta manera, se busca fortalecer la capacidad de supervisión técnica, mejorar el seguimiento operativo de la estación y contribuir a una respuesta más rápida ante posibles fallas.

Palabras clave: Monitoreo remoto, televisión digital terrestre, video en vivo, Google Apps Script, conectividad 4G/LTE.

ABSTRACT

This paper aims to design and implement a remote monitoring system for the Digital Terrestrial Television station of Bethel Televisión in the city of Barranca, to improve the supervision of the digital transmitter and reduce dependence on on-site inspections.

Due to the extensive network of radio and television stations operated by Bethel nationwide, it is necessary to have a tool that facilitates the supervision of each of them. This need becomes even more relevant when a station is located far from a populated area, since the detection of a problem usually depends on a technical visit that, because of distance, time, and cost, may occur too late.

In this context, the activity carried out focused on implementing a solution that allows the remote visualization of the main operating parameters of the digital transmitter, as well as visual support through live video of the transmission shelter and e-mail alerts in the event of abnormal system behavior. In this way, the system seeks to strengthen technical supervision, improve the operational monitoring of the station, and contribute to a faster response to possible failures.

Keywords: Remote monitoring, digital terrestrial television, live video, Google Apps Script, 4G/LTE connectivity.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
GLOSARIO	IX
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD	2
2.1 INSTITUCIÓN DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD	2
2.1.1 <i>Bethel</i>	2
2.1.2 <i>Organigrama</i>	3
2.1.3 <i>Misión</i>	3
2.1.4 <i>Visión</i>	4
2.1.5 <i>Unidad Técnica de Bethel</i>	4
2.1.6 <i>Red nacional de estaciones de radiodifusión</i>	5
2.1.7 <i>Bethel en Barranca</i>	6
2.2 PERIODO DE DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD	7
2.3 FINALIDAD Y OBJETIVOS DE LA ENTIDAD	8
2.4 RAZÓN SOCIAL.....	8
2.5 DIRECCIÓN POSTAL	8
2.6 CORREO ELECTRÓNICO DEL PROFESIONAL A CARGO	9
CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	10
3.1 ORGANIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD	10
3.2 FINALIDAD Y OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD.....	11
3.2.1 <i>Finalidad</i>	11
3.2.2 <i>Objetivo general</i>	11
3.2.3 <i>Objetivos específicos</i>	12
3.2.4 <i>Vinculación con los ODS</i>	12

3.3 PROBLEMÁTICA	13
3.4 METODOLOGÍA	14
3.4.1 Bases teóricas	14
3.4.2 Marco conceptual.....	15
3.4.2.1 Telecomunicaciones.....	16
3.4.2.2 Espectro radioeléctrico	16
3.4.2.3 Servicios de Radiodifusión.....	17
3.4.2.4 Televisión Digital Terrestre	17
3.4.2.5 Estándar ISDB-T	18
3.4.2.6 Clasificación por territorios.....	19
3.4.2.7 Planta transmisora	20
3.4.2.8 Monitoreo remoto	21
3.4.2.9 Transmisor digital.....	22
3.4.2.10 Google Apps Script.....	24
3.4.2.11 HTML	25
3.4.2.12 CSS	26
3.4.2.13 Conectividad 4G/LTE.....	27
3.5 PROCEDIMIENTO	31
3.5.1 Diagnóstico inicial de la estación.....	31
3.5.2 Levantamiento de información técnica.....	32
3.5.2.1 Transmisor digital BD Evolution Modelo TVA-600	32
3.5.3 Diseño de la solución.....	35
3.5.4 Implementación del sistema.....	37
3.5.4.1 Implementación de los equipos en planta.....	37
3.5.4.2 Instalación y configuración del entorno de software.....	39
3.5.4.3 Extracción de datos.....	41
3.5.4.4 Desarrollo y automatización del script de captura de datos	42
3.5.4.5 Integración del video en vivo	45
3.5.4.6 Implementación de la aplicación web en Google Apps Script.....	50
3.5.4.7 Implementación de la conectividad a internet	53
3.5.4.8 Desarrollo de la interfaz web de monitoreo remoto	57
3.6 RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD	61
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	66
4.1 DESCRIPCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN.....	66
4.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA	66
4.2.1 Costos de implementación del sistema	66
4.2.2 Comparación con una solución comercial de monitoreo	67
4.2.3 Comparación entre supervisión presencial y supervisión remota	68
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.....	71
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES.....	72

CAPÍTULO VII: REFERENCIAS.....	73
CAPÍTULO VIII: ANEXOS.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. LOGO DE ASOCIACIÓN CULTURAL BETHEL.....	2
FIGURA 2. LOGO DE BETHEL TELEVISIÓN	3
FIGURA 3. ORGANIGRAMA.	3
FIGURA 4. ORGANIGRAMA DE LA UNIDAD TÉCNICA.....	4
FIGURA 5. DISTRIBUCIÓN DE LAS ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN SONORA Y POR TELEVISIÓN POR DEPARTAMENTO	5
FIGURA 6. UBICACIÓN DE ESTACIÓN BARRANCA	7
FIGURA 7. FACHADA DE LA CASETA EN BARRANCA.....	7
FIGURA 8. ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES	16
FIGURA 9. ESPECTRO RADIOELÉCTRICO.	17
FIGURA 10. ESTRUCTURA SEGMENTADA EN ISDB-T.	19
FIGURA 11. PLANTA TRANSMISORA DE BETHEL EN HUARAL, LIMA.....	21
FIGURA 12. DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN TRANSMISOR DIGITAL MARCA BD EVOLUTION.	23
FIGURA 13. PANEL DE GOOGLE APPS SCRIPT.....	25
FIGURA 14. ARQUITECTURA DE UNA RED LTE.....	28
FIGURA 15. DIVISIÓN DE LA BANDA DE FRECUENCIA PARA OFDMA Y SC-FDMA.	31
FIGURA 16. TRANSMISOR BD EVOLUTION.	33
FIGURA 17. INTERFAZ DEL MODULADOR.	34
FIGURA 18. INTERFAZ DEL AMPLIFICADOR.....	34
FIGURA 19. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.....	36
FIGURA 20. INSTALACIÓN DE PC EN PLANTA.	38
FIGURA 21. CONFIGURACIÓN DE LA IP DE LA PC EN PLANTA.	38
FIGURA 22. INSTALACIÓN DE CÁMARA IP TAPO.....	39
FIGURA 23. EJEMPLO DE EXTRACCIÓN DEL ATRIBUTO (FWD PWR) DE LAS VARIABLES (POTENCIA DIRECTA) EN LA PÁGINA WEB DEL TRANSMISOR.	41
FIGURA 24. CONSOLA A LA HORA DE EJECUTARSE EL ARCHIVO STATUS.BAT.....	45
FIGURA 25. CONFIGURACIÓN DE LA CÁMARA EN LA APLICACIÓN TAPO.	45
FIGURA 26. VENTANA ABRIR MEDIO EN VLC.....	46
FIGURA 27. PRUEBA PARA VISUALIZAR EL VIDEO EN LA PC.....	46
FIGURA 28. CONSOLA DEL ARCHIVO 01_FFMPEG_HLS.PS1.	48
FIGURA 29. CONSOLA DEL ARCHIVO 02_HTTP_SERVER.PS1.....	49
FIGURA 30. CONSOLA DEL ARCHIVO 03_CLOUDFLARED.PS1.	49
FIGURA 31. CARPETA MONITOREO CAPTURAS.	50

FIGURA 32. CARPETA REGISTRO_VIDEO.	50
FIGURA 33. IMPLEMENTACIÓN DE LA APLICACIÓN WEB.	51
FIGURA 34. FUNCIONAMIENTO LÓGICO DE LA APLICACIÓN WEB.	53
FIGURA 35. ROUTER DE LA MARCA TP LINK INSTALADO EN LA CASETA.	53
FIGURA 36. PANTALLA PRINCIPAL DEL SISTEMA DE MONITOREO.	58
FIGURA 37. VISTA POR ESTACIÓN.....	59
FIGURA 38. CONFIGURACIÓN DE LOS RANGOS DE OPERATIVIDAD.....	59
FIGURA 39. CONFIGURACIÓN DEL VIDEO EN VIVO.....	60
FIGURA 40. PANEL DE ADMINISTRACIÓN DE ESTACIONES.	61
FIGURA 41. PLATAFORMA DE MONITOREO EN LA OFICINA DE LA UNIDAD TÉCNICA DE BETHEL.	62
FIGURA 42. CORREO ELECTRÓNICO GENERADO POR LA ALERTA AUTOMÁTICA DEL SISTEMA.	62
FIGURA 43. DETALLE DEL CORREO ELECTRÓNICO GENERADO POR LA ALERTA AUTOMÁTICA DEL SISTEMA.	63
FIGURA 44. PLATAFORMA DE MONITOREO EN LA ACTUALIDAD.	63
FIGURA 45. VISTA DE LA NUEVA ESTACIÓN AÑADIDA: BARRANCA FM.	64
FIGURA 46. CAPTURA TOMADA A LAS 10:45 PM.....	64
FIGURA 47. CAPTURA TOMADA A LAS 10:46 PM.....	65
FIGURA 48. INTERFAZ DE KYBIO.	68

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA ESTACIÓN.....	6
TABLA 2. COMPARACIÓN DE LA TELEVISIÓN DIGITAL VS LA TELEVISIÓN ANALÓGICA.....	18
TABLA 3. CLASIFICACIÓN TERRITORIAL DE LA TDT EN EL PERÚ	20
TABLA 4. PARÁMETROS SELECCIONADOS PARA EL MONITOREO REMOTO	24
TABLA 5. ELEMENTOS MÁS CONOCIDOS EN HTML.....	26
TABLA 6. PRINCIPALES PROPIEDADES DE CSS	27
TABLA 7. INTERFACES DE UNA RED LTE.....	30
TABLA 8. COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO REMOTO.....	67
TABLA 9. COMPARACIÓN ENTRE SUPERVISIÓN PRESENCIAL Y MONITOREO REMOTO	70

GLOSARIO

Ancho de banda: Capacidad de una conexión para enviar información de un lugar a otro. Cuanto mayor sea el ancho de banda, mayor cantidad de información puede transmitirse en un determinado tiempo.

API: Mecanismo que permite que dos programas diferentes se comuniquen e intercambien información.

Aplicación web: Programa al que se puede acceder mediante un navegador de Internet. En este proyecto, permite consultar la información de las estaciones y sus parámetros de funcionamiento.

Automatización: Uso de programas para realizar una tarea automáticamente, sin que una persona tenga que realizarla cada vez.

Base64: Forma de convertir información, como una imagen, en texto para facilitar su envío entre diferentes sistemas.

Cámara IP: Cámara que se conecta a una red y permite enviar imágenes y video a través de Internet o de una red local. En este proyecto permite observar visualmente la caseta de transmisión.

Chromium: Navegador web utilizado por el sistema para acceder automáticamente a la página del transmisor y obtener la información que muestra.

Cloudflared: Herramienta que permite conectar un equipo ubicado en una red local con Internet. En este proyecto permite acceder de forma remota al video de la cámara IP.

CSS: Lenguaje utilizado para definir la apariencia de una página web, como el tamaño de los elementos, los espacios, los colores y la distribución de la información.

Dashboard: Pantalla que reúne y muestra información importante de un sistema de manera organizada. En este proyecto permite visualizar rápidamente el estado de las estaciones y sus parámetros.

Dirección IP: Número que identifica a un dispositivo dentro de una red y permite establecer comunicación con él.

Espectro radioeléctrico: Recurso formado por un conjunto de frecuencias que permite transmitir información mediante ondas de radio. Es utilizado por diferentes servicios de telecomunicaciones, entre ellos la radiodifusión y las comunicaciones móviles.

Estación transmisora: Lugar donde se encuentran los equipos necesarios para generar y transmitir una señal de radiodifusión. En este proyecto corresponde a la estación TDT de Bethel Televisión ubicada en Barranca.

FFmpeg: Programa utilizado para trabajar con archivos y señales de audio y video. En este proyecto convierte el video recibido de la cámara IP a un formato que puede ser utilizado en la plataforma web.

Flujo de video: Transmisión continua de imágenes y video desde una fuente hacia otro dispositivo. En este proyecto corresponde al video enviado por la cámara IP.

Google Apps Script: Herramienta de Google que permite crear programas y aplicaciones utilizando JavaScript. En este proyecto se utiliza para recibir, procesar y mostrar la información obtenida de la estación transmisora.

HLS: Forma de transmitir video por Internet dividiéndolo en pequeñas partes que se van enviando y reproduciendo de manera continua. En este proyecto permite mostrar el video de la cámara en la plataforma web.

HTML: Lenguaje utilizado para organizar los elementos de una página web, como textos, imágenes, botones, tablas y otros contenidos.

Interfaz web: Pantalla o página que permite al usuario interactuar con un sistema mediante un navegador de Internet. En este proyecto permite consultar los datos de las estaciones.

ISDB-T: Estándar utilizado en el Perú para transmitir televisión digital terrestre. Define la forma en que la señal digital de televisión es preparada y transmitida.

JavaScript: Lenguaje de programación utilizado para crear funciones y comportamientos dentro de páginas y aplicaciones web. En este proyecto permite realizar diferentes tareas de automatización y procesamiento de información.

LTE (4G): Tecnología de comunicación móvil que permite conectarse a Internet mediante una red celular. En este proyecto proporciona la conexión a Internet de la estación transmisora.

Marca de tiempo: Fecha y hora asociadas a un dato o evento. En este proyecto permite saber cuándo se obtuvieron los valores del transmisor.

Monitoreo remoto: Supervisión de un equipo o instalación desde un lugar diferente al sitio donde se encuentra. En este proyecto permite conocer el estado de la estación de Barranca sin estar físicamente en ella.

Node.js: Programa que permite ejecutar código JavaScript directamente en una computadora. En este proyecto se utiliza para ejecutar el programa que obtiene información del transmisor y la envía a la plataforma.

Nube: Conjunto de servicios informáticos que funcionan a través de Internet y permiten almacenar información o ejecutar programas sin que estos tengan que estar instalados físicamente en la computadora del usuario.

Potencia directa: Cantidad de potencia de radiofrecuencia que sale del transmisor hacia las antenas para ser transmitida. Permite comprobar si el transmisor está entregando la potencia esperada.

Potencia reflejada: Parte de la potencia de radiofrecuencia que regresa hacia el transmisor en lugar de continuar hacia las antenas. Un valor elevado puede indicar un problema en el sistema de transmisión.

Playwright: Herramienta que permite controlar automáticamente un navegador web. En este proyecto se utiliza para entrar a la página del transmisor, leer sus valores y realizar capturas.

Planta transmisora: Instalación donde se encuentran los equipos utilizados para transmitir una señal. Incluye el transmisor, antenas, cables, sistemas eléctricos y otros equipos necesarios para su funcionamiento.

Router: Equipo que permite conectar diferentes dispositivos entre sí y proporcionarles acceso a una red o a Internet. En este proyecto permite conectar los equipos de la estación a Internet mediante LTE.

RTSP: Método utilizado para transmitir video en tiempo real desde dispositivos como cámaras IP. En este proyecto es la forma en que la cámara entrega inicialmente el video a la computadora.

Selector: Identificador que permite a un programa encontrar un elemento específico dentro de una página web. En este proyecto se utiliza para localizar los valores que muestra el transmisor.

Servidor: Equipo o servicio que recibe, procesa o proporciona información a otros dispositivos mediante una red.

Sistema radiante: Conjunto formado principalmente por antenas y otros elementos que permite transmitir la señal de radiofrecuencia hacia una determinada zona.

Streaming: Forma de transmitir audio o video por Internet para que pueda reproducirse mientras se está recibiendo, sin tener que esperar a descargar todo el contenido.

Telecomunicaciones: Conjunto de tecnologías que permiten enviar información a distancia, como voz, datos, imágenes y video.

Telemetría: Sistema que permite obtener información de un equipo y enviarla a distancia para conocer su estado. En este proyecto permite conocer los parámetros del transmisor de manera remota.

Temperatura interna: Temperatura que presenta el interior de un equipo. En el transmisor se controla para detectar posibles condiciones de sobrecalentamiento.

Transmisor digital: Equipo que prepara, genera y amplifica la señal de televisión digital antes de enviarla al sistema de antenas para su transmisión.

URL: Dirección que permite acceder a una página, archivo o servicio específico a través de Internet.

Video en vivo: Video que se transmite mientras las imágenes están siendo captadas por una cámara. En este proyecto permite observar en tiempo real la caseta de transmisión.

Videovigilancia: Uso de cámaras para observar un lugar de manera presencial o remota. En este proyecto permite complementar los datos del transmisor con una imagen de la caseta.

Voltaje del amplificador: Valor de la tensión eléctrica que recibe la etapa amplificadora del transmisor. Su supervisión permite detectar posibles problemas relacionados con la alimentación del equipo.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

En la actualidad, muchas organizaciones dedicadas a la radiodifusión cuentan con redes de estaciones distribuidas en diversas localidades del país. Estas estaciones permiten ampliar la cobertura de los servicios de radiodifusión sonora y por televisión, garantizando que las señales lleguen a diferentes regiones, incluidas aquellas alejadas de los principales centros urbanos.

Sin embargo, la supervisión de estas estaciones representa un desafío importante para las instituciones, debido a que muchas de ellas se encuentran ubicadas a grandes distancias de las oficinas centrales o en lugares de difícil acceso. En muchos casos, la verificación del estado operativo de los equipos de transmisión requiere la presencia física de personal técnico en la estación, lo que implica tiempos de traslado considerables y costos asociados al transporte, viáticos y mantenimiento.

Esta situación genera la necesidad de implementar herramientas tecnológicas que permitan mejorar los procesos de supervisión y monitoreo de las estaciones de transmisión, facilitando el acceso a información relevante sobre su funcionamiento sin depender exclusivamente de visitas presenciales.

En este contexto, el presente trabajo describe el desarrollo e implementación de un sistema de monitoreo remoto aplicado a una estación de Televisión Digital Terrestre perteneciente a Bethel Televisión, ubicada en la ciudad de Barranca. El sistema desarrollado permite visualizar información operativa de la estación a través de una plataforma accesible por Internet, contribuyendo a mejorar la supervisión técnica y la gestión de la infraestructura de transmisión.

Asimismo, el informe presenta el proceso seguido durante la implementación del sistema y los resultados obtenidos a partir de su aplicación.

CAPÍTULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD

2.1 Institución donde se desarrolló la actividad

2.1.1 Bethel

Este trabajo se desarrolló en Bethel Televisión, medio de comunicación perteneciente a la Asociación Cultural Bethel, institución dedicada a la producción y difusión de contenidos de carácter educativo, cultural y cristiano a través de diferentes plataformas de comunicación.



Figura 1. Logo de Asociación Cultural Bethel. Fuente: Tomado de <https://www.datosperu.org/empresa-asociacion-cultural-bethel-acb-bethel-20502082575.php>



Figura 2. Logo de Bethel Televisión. Fuente: Tomado de <https://www.youtube.com/channel/UCMibkP6B0XmLUHgOwfTUIvQ/videos>

2.1.2 Organigrama



Figura 3. Organigrama. Fuente: Tomado de <https://sites.google.com/bethelvtv.tv/intranet/organigrama?authuser=0>

La Unidad Técnica es la unidad dentro del organigrama de Bethel encargada de brindar soporte a las demás áreas. Su labor no se limita al soporte operativo, sino que también garantiza la continuidad y calidad de la señal al aire. Esta unidad se encarga de supervisar, mantener y optimizar los equipos de transmisión, producción y enlace, asegurando su correcto funcionamiento. Además, coordina acciones preventivas y correctivas orientadas a evitar interrupciones del servicio. Por ello, su labor es fundamental para que los contenidos lleguen de manera estable y oportuna a la audiencia.

2.1.3 Misión

Generar contenidos de valor basados en altos principios y valores cristianos.

2.1.4 Visión

Posicionar a Bethel como una marca innovadora a nivel nacional para el año 2026.

2.1.5 Unidad Técnica de Bethel

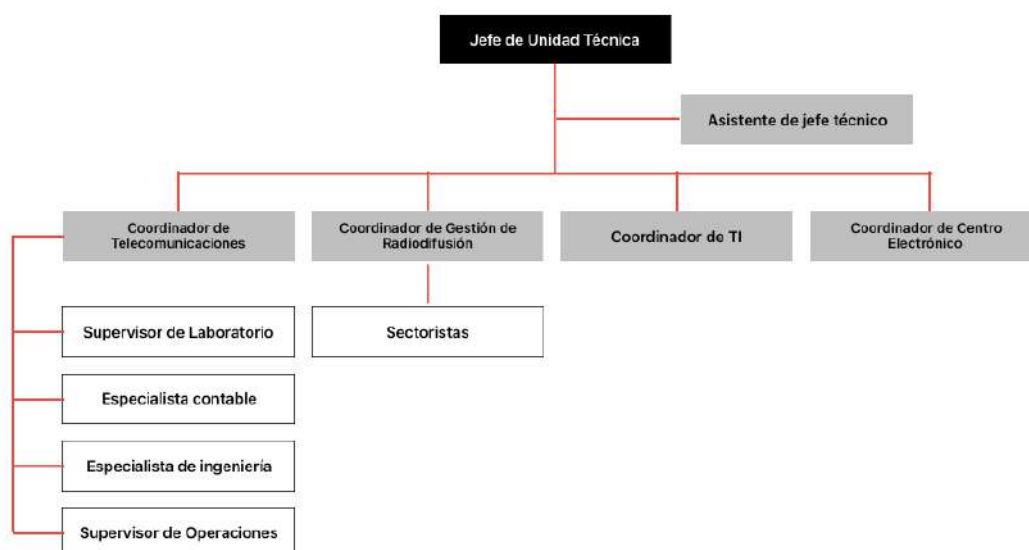


Figura 4. Organigrama de la Unidad técnica. Fuente: Elaboración propia

Dentro de la estructura técnica de Bethel, el cargo de Supervisor de Operaciones tiene como función principal coordinar y supervisar las actividades técnicas relacionadas con la operación de las estaciones de transmisión de radio y televisión ubicadas en distintas localidades del país.

Entre las principales responsabilidades del puesto se encuentran la supervisión del funcionamiento de los equipos de transmisión, la coordinación de actividades de mantenimiento preventivo y correctivo, así como el seguimiento de las condiciones operativas de las estaciones que forman parte de la red de radiodifusión de la institución.

Asimismo, el puesto comprende la coordinación del desplazamiento del personal técnico hacia las estaciones cuando se requiere realizar inspecciones, mantenimientos o trabajos de implementación tecnológica en la infraestructura de transmisión.

2.1.6 Red nacional de estaciones de radiodifusión

Bethel cuenta con una amplia red de aproximadamente 400 estaciones de radiodifusión sonora y por televisión distribuidas en diversas localidades del Perú. Estas estaciones permiten ampliar la cobertura de la señal para asegurar la continuidad y la calidad del servicio de radiodifusión. La operación de esta red implica la supervisión permanente de equipos de transmisión, sistemas de antenas, enlaces de comunicación y demás componentes técnicos necesarios para asegurar la continuidad y la calidad del servicio de radiodifusión.

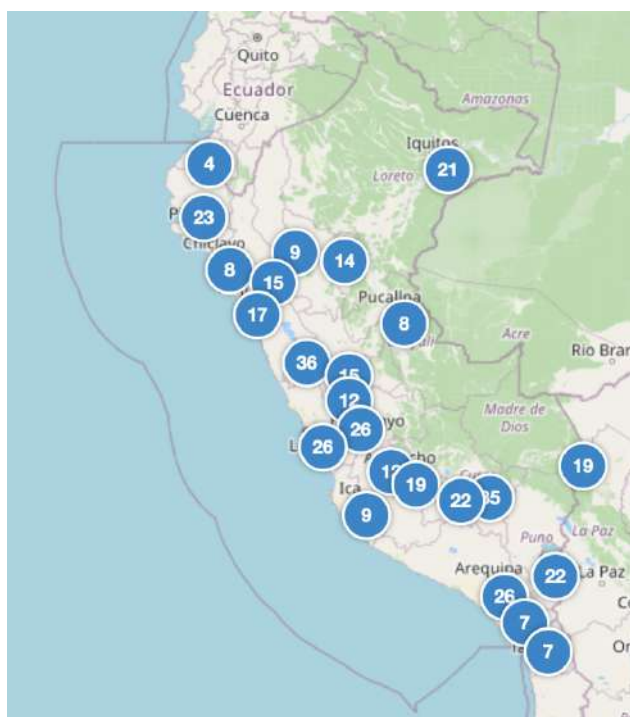


Figura 5. Distribución de las estaciones de radiodifusión sonora y por televisión por departamento. Fuente: Elaboración propia.

2.1.7 Bethel en Barranca

Bethel Televisión cuenta con presencia en la ciudad de Barranca mediante una estación de transmisión ubicada en el Cerro Arenal s/n, distrito y provincia de Barranca. La autorización para brindar el servicio de radiodifusión educativa por televisión digital terrestre está dada en la Resolución Directoral N.º 1129-2019-MTC/28, con las siguientes características técnicas:

Características técnicas de la estación.	
Estándar	ISDB-T
Codificación	Video: MPEG 4 (H.264) Audio: MPEG4 4 AAC
Canal	20 (506 – 512 MHz.) Banda IV Frecuencia central: 509 + 1/7 MHz.
Canal Virtual	5
Original Network ID	0B64 (Hexadecimal)
Máxima ERP	0.5 kW.

Tabla 1. Características técnicas de la estación. Fuente: Elaboración propia.

La estación de transmisión está conformada por diversos equipos técnicos necesarios para la radiodifusión televisiva, entre los que se incluyen el transmisor de televisión digital, el sistema radiante, la torre de soporte y los equipos auxiliares, como los sistemas de protección eléctrica y ventilación, que permiten el correcto funcionamiento del sistema de transmisión.



Figura 6. Ubicación de estación Barranca. Fuente: Elaboración propia.



Figura 7. Fachada de la caseta en Barranca. Fuente: Elaboración propia.

2.2 Periodo de duración de la actividad

Este proyecto se desarrolló entre los meses de julio del 2025 y julio de 2026, luego de detectarse un problema en el transmisor de televisión digital de la localidad a finales de 2024.

2.3 Finalidad y objetivos de la entidad

La Asociación Cultural Bethel tiene como finalidad la difusión de contenidos educativos, culturales y de formación cristiana mediante diversos medios de comunicación, entre ellos la radiodifusión sonora y por televisión.

A través de Bethel Televisión, la institución busca llevar su programación a diferentes regiones del país, mediante una infraestructura de transmisión que permite ampliar la cobertura de la señal televisiva y facilitar el acceso de la población a su contenido.

Para cumplir con este objetivo, la institución mantiene una red de estaciones que requiere una adecuada gestión técnica y operativa.

2.4 Razón social

Asociación Cultural Bethel, con RUC N.º 20502082575.

2.5 Dirección postal

Con domicilio fiscal ubicado en: Calle Mariano Carranza 565, urbanización Santa Beatriz, Cercado de Lima.

2.6 Correo electrónico del profesional a cargo

Ing. Abel Caleb Cueto Díaz, CIP 395458, jefe de la Unidad Técnica:
acueto@bethelvtv.tv

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

3.1 Organización de la actividad

La actividad descrita en el presente informe se desarrolló dentro del área técnica encargada de la supervisión y mantenimiento de la infraestructura de transmisión de Bethel Televisión. Esta área tiene la responsabilidad de garantizar el correcto funcionamiento de las estaciones de transmisión ubicadas en diferentes localidades del país, así como de implementar mejoras tecnológicas que contribuyan a optimizar los procesos de operación y monitoreo.

En este contexto, se planteó el desarrollo de un sistema de monitoreo remoto aplicado a una estación de Televisión Digital Terrestre, con el objetivo de facilitar la supervisión de determinados parámetros operativos de la estación sin necesidad de realizar visitas presenciales de manera frecuente.

La organización del proyecto contempló diferentes etapas que permitieron estructurar el desarrollo e implementación de la solución propuesta. En primer lugar, se realizó una etapa de análisis en la que se identificaron las necesidades de la estación de transmisión y las limitaciones existentes en los procesos de monitoreo tradicionales.

Posteriormente, se llevó a cabo la fase de diseño del sistema, en donde se definió el modelo general de la solución, considerando el uso de herramientas de desarrollo web y servicios en la nube que permitieran gestionar y visualizar la información de manera remota.

Finalmente, se desarrolló la etapa de implementación, en la que se procedió a la configuración de los componentes del sistema, al desarrollo de la plataforma de

monitoreo y a la realización de pruebas orientadas a verificar su correcto funcionamiento dentro del entorno operativo de la estación.

3.2 Finalidad y objetivos de la actividad

3.2.1 Finalidad

La finalidad del presente trabajo es contribuir a la mejora de los procesos de supervisión y gestión técnica de la infraestructura de transmisión de Bethel Televisión mediante la implementación de un sistema de monitoreo remoto aplicado a una estación de Televisión Digital Terrestre ubicada en la ciudad de Barranca.

Este sistema busca facilitar el acceso a información operativa relevante de la estación de transmisión a través de una plataforma digital accesible por Internet, permitiendo realizar un seguimiento más eficiente del estado de los equipos y de las condiciones de operación del sistema de radiodifusión. De esta manera, se busca optimizar las labores de supervisión técnica, reducir la dependencia de inspecciones presenciales frecuentes y mejorar la capacidad de respuesta ante posibles incidencias en la operación de la estación.

Asimismo, el desarrollo de este sistema se enmarca en el uso de herramientas tecnológicas orientadas al monitoreo, la telemetría y el control remoto de infraestructuras técnicas, contribuyendo a la modernización de los procesos de supervisión dentro de la red de estaciones de transmisión de la institución.

3.2.2 Objetivo general

Desarrollar e implementar un sistema de monitoreo remoto para una estación de Televisión Digital Terrestre de Bethel Televisión ubicada en la ciudad de Barranca, utilizando tecnologías web y servicios en la nube que permitan visualizar información operativa de la estación y facilitar su supervisión técnica a distancia.

3.2.3 Objetivos específicos

- Implementar una plataforma web accesible de forma remota para la visualización del estado operativo de la estación TDT.
- Capturar y procesar información relevante del transmisor y del sistema de transmisión mediante tecnologías web.
- Integrar un sistema de actualización periódica de datos que permita la supervisión casi en tiempo real.
- Diseñar una arquitectura de monitoreo que funcione sin necesidad de una dirección IP pública fija.
- Evaluar la viabilidad de replicar el sistema desarrollado en otras estaciones de Bethel Televisión.
- Analizar la eficiencia del sistema de monitoreo remoto propuesto mediante una comparación entre el modelo tradicional de supervisión basado en viajes técnicos presenciales y el modelo de supervisión remota.

3.2.4 Vinculación con los ODS

El desarrollo del presente trabajo se relaciona con el Objetivo de Desarrollo Sostenible N.º 9: Industria, innovación e infraestructura, el cual promueve el desarrollo de infraestructuras resilientes, la innovación tecnológica y la modernización de los sistemas productivos mediante el uso de nuevas tecnologías.

En este contexto, la implementación de un sistema de monitoreo remoto aplicado a infraestructura de radiodifusión contribuye al fortalecimiento de la gestión

tecnológica de las estaciones de transmisión, al incorporar herramientas digitales que permiten optimizar la supervisión de sistemas técnicos distribuidos geográficamente en el Perú.

Asimismo, el trabajo se vincula con la Línea de Investigación N.º 34: Sistemas de localización, sistemas de telemetría y telecontrol, sistemas de seguridad y videovigilancia, debido a que el sistema desarrollado emplea principios de monitoreo remoto, transmisión de información y supervisión de infraestructura a través de plataformas digitales que permiten el seguimiento del estado operativo de la estación de transmisión, además de la vigilancia en tiempo real de la planta transmisora.

3.3 Problemática

La supervisión de estaciones de radiodifusión distribuidas en distintas localidades del país representa un desafío para las organizaciones dedicadas a la radiodifusión. La distancia entre las estaciones de transmisión y las oficinas centrales, así como las condiciones de acceso a ciertas zonas, dificultan la verificación constante del estado operativo de los equipos y de la infraestructura técnica.

En el caso de la Asociación Cultural Bethel, la institución cuenta con una extensa red de estaciones de radiodifusión sonora y por televisión instaladas en diversas regiones del Perú. Esta infraestructura permite ampliar la cobertura de sus contenidos; sin embargo, también genera la necesidad de contar con mecanismos eficientes que permitan supervisar el funcionamiento de cada estación de forma continua.

Actualmente, la verificación del estado de las estaciones se realiza principalmente mediante reportes locales o visitas técnicas presenciales, lo cual implica tiempos de traslado considerables y costos asociados al desplazamiento del personal. Asimismo, la ausencia de herramientas de monitoreo remoto limita la disponibilidad de información en tiempo real sobre el estado de los equipos de transmisión y las condiciones de la infraestructura.

Ante esta situación, surge la necesidad de incorporar el uso de tecnologías que permitan mejorar los procesos de supervisión y monitoreo de las estaciones de transmisión mediante herramientas de telemetría y videovigilancia.

En este contexto, el presente trabajo busca responder a la siguiente pregunta principal:

¿Cómo implementar un sistema de monitoreo remoto que permita supervisar el estado operativo de una estación de Televisión Digital Terrestre de Bethel Televisión en Barranca, optimizando el acceso a la información técnica y reduciendo la necesidad de supervisión presencial?

A partir de esta interrogante, se plantean las siguientes preguntas específicas:

- ¿Cómo obtener información del estado operativo de los equipos de transmisión de forma remota?
- ¿Cómo centralizar la información de monitoreo en una plataforma accesible para el personal técnico?
- ¿Cómo incorporar un sistema de videovigilancia que permita observar en tiempo real el estado de la estación de transmisión?
- ¿Cómo utilizar tecnologías web y herramientas de automatización para facilitar la supervisión remota de la estación?
- ¿Cómo optimizar los recursos (tiempo, dinero, entre otros) para lograr un control eficiente de toda una red de estaciones?

3.4 Metodología

3.4.1 Bases teóricas

(Álvarez Ariza & Nomesqui Galvis, 2023) en su artículo titulado “*RaspyControl Lab: A fully open-source and real-time remote laboratory for education in automatic control systems using Raspberry Pi and Python*”, implementaron una

plataforma remota con video en tiempo real, en la cual el flujo proveniente de una cámara Raspberry Pi es codificado mediante FFmpeg y adaptado para su visualización desde una interfaz web. A partir de este antecedente, se identificó que FFmpeg puede emplearse como componente central dentro de un sistema de acceso remoto, permitiendo transformar una señal de video en un formato compatible con navegadores web. En el presente proyecto, este principio fue aplicado al procesamiento de una señal RTSP proveniente de una cámara IP, la cual fue convertida mediante FFmpeg al formato HLS para su reproducción en la página web de monitoreo.

(Dinu & Homocianu, 2017) en su artículo titulado “*Cloud computing based web applications. Examples and considerations on Google Apps Script*”, analizaron el desarrollo de aplicaciones web basadas en Google Apps Script, resaltando su capacidad para ejecutarse en la nube, desplegarse como aplicaciones web y trabajar con formularios y hojas de cálculo. A partir de este antecedente se aprendió que Google Apps Script puede emplearse como la lógica central de una plataforma web, permitiendo centralizar el procesamiento de la información y la interacción con el usuario dentro de una aplicación web ejecutada en la nube. En el presente proyecto, este principio fue aplicado en la implementación de una página web para el monitoreo remoto de estaciones, donde Apps Script gestiona la lógica de todo el sistema.

(Naranjo Pomalaya, 2019) en su tesis titulada “*Diseño e implementación de un sistema de monitoreo de seguridad usando video streaming para la empresa Expreso D3 S.A.C.*” desarrolló una solución de videovigilancia con transmisión de información mediante redes móviles 3G/4G. Su trabajo evidenció la utilidad de este tipo de conectividad para comunicar equipos ubicados fuera de una red fija convencional. Este antecedente fue considerado como referencia para seleccionar LTE como medio de acceso a Internet en la estación de Barranca, debido a las características de ubicación de la infraestructura monitoreada.

3.4.2 Marco conceptual

3.4.2.1 Telecomunicaciones

Las telecomunicaciones permiten intercambiar información entre puntos que se encuentran geográficamente separados mediante diferentes medios y sistemas de transmisión. Dependiendo de la aplicación, la información transportada puede corresponder a voz, datos, audio o video. (ITU, 2017).

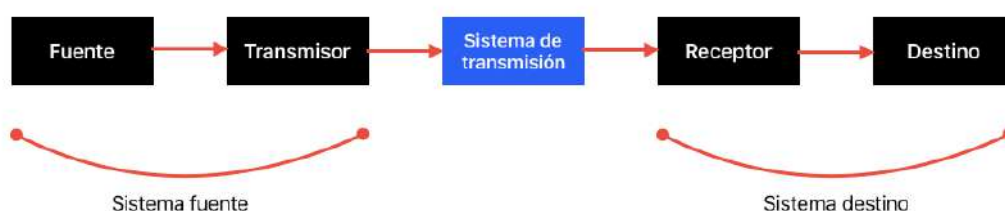


Figura 8. Elementos de un sistema de telecomunicaciones. Fuente: Elaboración propia.

3.4.2.2 Espectro radioeléctrico

Es la porción del espectro electromagnético utilizada para las radiocomunicaciones. Constituye el recurso físico sobre el cual operan los servicios de radiodifusión, telefonía, enlaces y sistemas inalámbricos. Este recurso es a su vez limitado, puesto que, en un área determinada, una porción del espectro puede asignarse a solo un servicio en específico, por eso la necesidad de que estos servicios sean ordenados de una manera eficiente. En el contexto de este proyecto, el espectro radioeléctrico constituye el recurso utilizado por el servicio de radiodifusión por televisión para la transmisión de la señal de TDT y por la red móvil LTE para establecer la conectividad de la estación con Internet. (ITU, Manual sobre la gestión nacional del espectro, 2015)

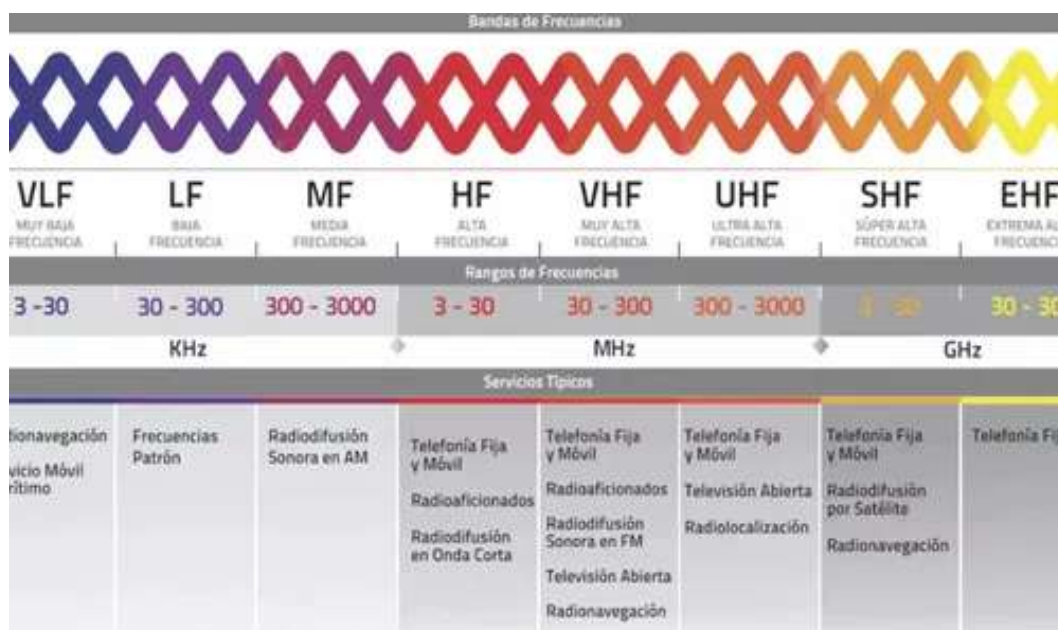


Figura 9. Espectro radioeléctrico. Fuente: Tomado de <https://www.redeszone.net/reportajes/tecnologias/que-es-espectro-radioelectrico/>

3.4.2.3 Servicios de Radiodifusión

Los servicios de radiodifusión comprenden el servicio de radiodifusión sonora y el servicio de radiodifusión por televisión. El primero está destinado principalmente a la difusión de programación de audio, mientras que el segundo permite la difusión de imágenes y sonido. La finalidad de este servicio es llevar contenido de entretenimiento, educativo, cultural e informativo desde una estación hacia todos los receptores de una localidad. En este trabajo, el servicio de interés corresponde a la radiodifusión por televisión, específicamente mediante Televisión Digital Terrestre. (ITU, Reglamento de Radiocomunicaciones, 2024)

3.4.2.4 Televisión Digital Terrestre

También conocida como TDT, es el sistema de radiodifusión por televisión que emplea tecnología digital para la emisión de las señales de audio y video. En comparación con la televisión analógica, la TDT presenta muchas ventajas, como un uso más eficiente del espectro radioeléctrico, así como una mejor calidad de recepción del contenido emitido. En el Perú, la TDT forma parte del proceso de modernización de la televisión abierta impulsada por el Estado. (MTC, s.f.). En el presente trabajo, este concepto resulta central, dado que la estación objeto de estudio corresponde precisamente a una estación de televisión digital terrestre.

Televisión analógica	Televisión digital
Un programa por canal	Muchos canales por canal
Imagen estándar	Imagen en alta definición
Sonido regular	Sonido envolvente
Saturación del espectro	Aprovechamiento del espectro
Necesidad de altos niveles en recepción	Recepción sin interferencias

Tabla 2. Comparación de la televisión digital vs la televisión analógica.

Fuente: Elaboración propia.

3.4.2.5 Estándar ISDB-T

El término significa “Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial”. Es el estándar de televisión digital adoptado en el Perú. Desarrollado en Japón y con modificaciones brasileñas, ha sido ampliamente considerado como un estándar adecuado para la implementación de redes de televisión digital terrestre, especialmente en países con condiciones geográficas diversas. Entre sus rasgos más relevantes se encuentran la segmentación de la señal, la robustez frente a ciertas condiciones de propagación y la posibilidad de incorporar servicios adicionales.

El estándar ISDB-T emplea modulación OFDM segmentada en la cual el ancho de banda del canal se divide en 13 segmentos, lo que permite asignar diferentes niveles de robustez y capacidad de transmisión a distintas porciones de la señal. Gracias a esta estructura, el sistema puede brindar simultáneamente un servicio de alta definición para recepción fija y un servicio más robusto para recepción móvil o portátil. (ARIB, 2014)

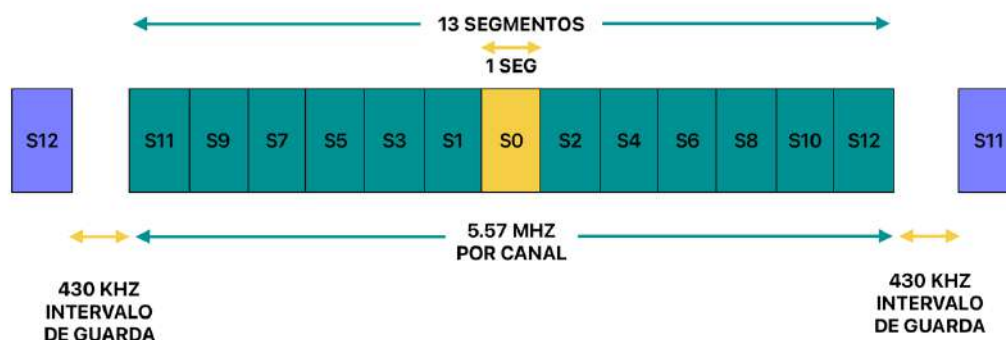


Figura 10. Estructura segmentada en ISDB-T. Fuente: Elaboración propia

3.4.2.6 Clasificación por territorios

La implementación de la TDT en el Perú se organiza por territorios. Esta clasificación agrupa localidades para programar de forma ordenada la transición digital y el cese progresivo de las transmisiones analógicas. El Plan Maestro establece distintos territorios con sus cronogramas, lo cual permite adaptar la implementación a la realidad geográfica y demográfica del país. Este concepto es importante para el presente estudio porque permite ubicar la estación de Barranca dentro de un proceso nacional más amplio de modernización de la radiodifusión televisiva, lo que refuerza la importancia de contar con herramientas de control operativo acordes con esta infraestructura. (MTC, Plan Maestro para la implementación de la Televisión Digital Terrestre en el Perú, 2010)

Territorio	Localidades
01	Lima y Callao

02	Arequipa, Cusco, Trujillo, Chiclayo, Huancayo y Piura
03	Ayacucho, Chimbote, Ica, Iquitos, Juliaca, Pucallpa, Puno, Tacna
04	Abancaay, Cajamarca, Chachapoyas, Huancavelica, Huánuco, Puerto Maldonado, Moquegua, Cerro de Pasco, Moyobamba, Tumbes
05	Localidades no incluidas en los Territorios 1, 2, 3 y 4. Ejemplo: Barranca

Tabla 3. Clasificación territorial de la TDT en el Perú. Fuente: Elaboración propia.

3.4.2.7 Planta transmisora

Es la instalación técnica desde la cual se irradia la señal hacia la localidad establecida. En términos generales, constituye el conjunto de equipos, inmuebles y sistemas complementarios que hacen posible la operación del servicio de radiodifusión. En una estación de televisión digital, la planta transmisora no se limita al transmisor, también incluye la línea de transmisión, el sistema radiante, la energía eléctrica, el sistema de puesta a tierra, entre otros. (MTC, Plan Maestro para la implementación de la Televisión Digital Terrestre en el Perú, 2010)



Figura 11. Planta transmisora de Bethel en Huaral, Lima. Fuente:
Elaboración propia

3.4.2.8 Monitoreo remoto

Es el proceso de supervisar el comportamiento de un sistema desde un lugar distinto a aquel donde se encuentra físicamente instalado. En un sistema de radiodifusión, esta práctica permite consultar el estado operativo de transmisores y equipos asociados sin necesidad de desplazar personal técnico a la planta en cada verificación. (Panchi Herrera, 2016)

3.4.2.9 Transmisor digital

El transmisor digital es el equipo encargado de generar y entregar la potencia de radiofrecuencia necesaria para irradiar la señal de televisión digital hacia el sistema radiante. Su funcionamiento suele involucrar módulos como el excitador, la etapa amplificadora, la fuente de alimentación y un sistema de control. La operación correcta del transmisor es determinante para la continuidad del servicio, pues cualquier alteración en sus parámetros puede traducirse en una degradación de la señal o incluso en la salida fuera del aire de la estación.

Los transmisores modernos exponen una serie de parámetros que permiten evaluar su condición operativa. Entre ellos destacan la potencia directa, la potencia reflejada, el voltaje de amplificación y la temperatura interna o temperatura de los módulos. Estos indicadores son relevantes porque reflejan, respectivamente, la entrega efectiva de potencia, el nivel de adaptación entre el transmisor y la carga, la estabilidad de la alimentación y el comportamiento térmico del equipo. Cuando alguno de estos valores se sale de su rango esperado, puede existir riesgo de reducción de rendimiento, protección automática o falla. (Nautel)

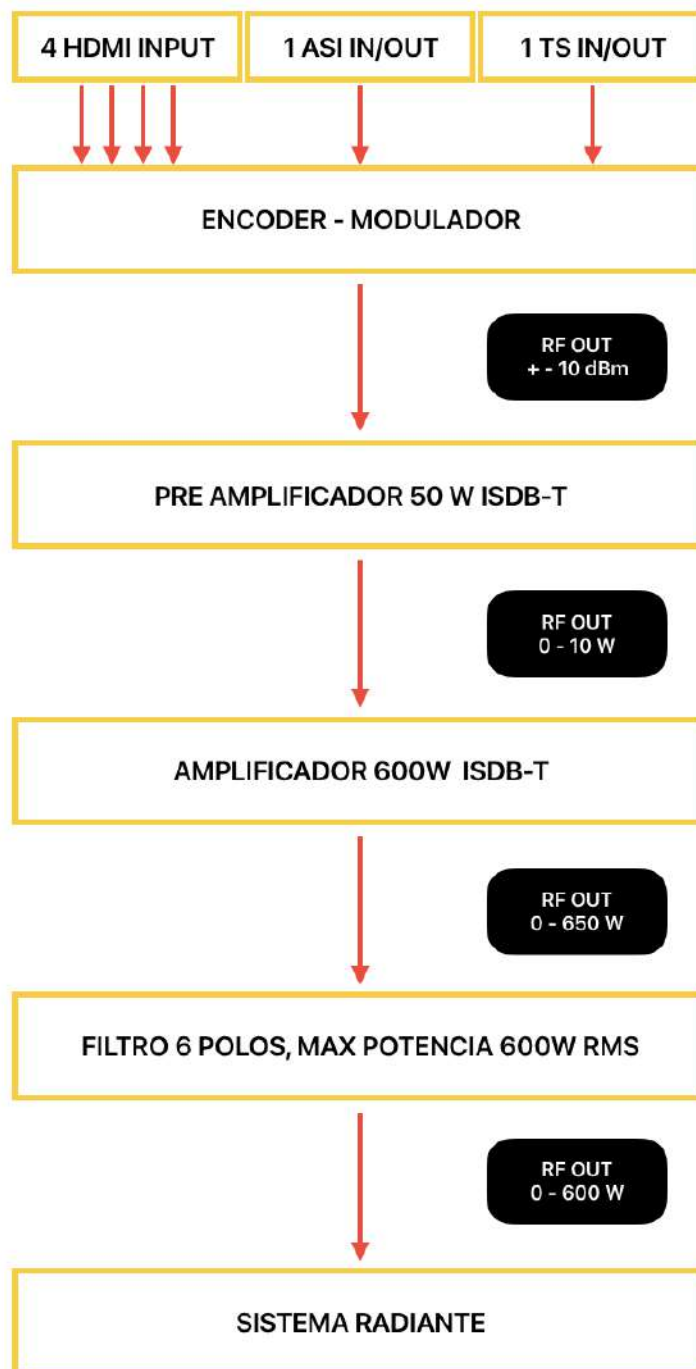


Figura 12. Diagrama de bloques de un transmisor digital marca BD Evolution. Fuente: Elaboración propia

Parámetro	Qué representa	Importancia
Potencia directa	Potencia entregada hacia las antenas	Permite verificar si el transmisor está irradiando adecuadamente

Potencia reflejada	Potencia devuelta desde las antenas	Ayuda a detectar problemas en el sistema radiante
Voltaje del amplificador	Condición de alimentación de la etapa de potencia	Permite advertir anomalías eléctricas
Temperatura interna	Comportamiento térmico del equipo	Ayuda a prevenir sobrecalentamiento y protecciones

Tabla 4. Parámetros seleccionados para el monitoreo remoto. Fuente: Elaboración propia.

3.4.2.10 Google Apps Script

Google Apps Script es un entorno de desarrollo basado en JavaScript que permite crear soluciones integradas con los servicios de Google y publicarlas como aplicaciones web. Para este tipo de despliegue, el script debe implementar una función de entrada como doGet o doPost, encargada de atender las solicitudes recibidas y generar la respuesta correspondiente. (Google, s.f.)

Apps Script permite publicar la secuencia de comandos como una app web si se compila una interfaz de usuario para ella.

Tanto los scripts independientes como los scripts vinculados a aplicaciones de Google Workspace se pueden convertir en apps web, siempre y cuando cumplan con los siguientes requisitos:

- Contiene una función doGet o doPost.
- La función devuelve un objeto HtmlOutput de servicio HTML o un objeto TextOutput de servicio de contenido. (Google, Apps Web, s.f.)

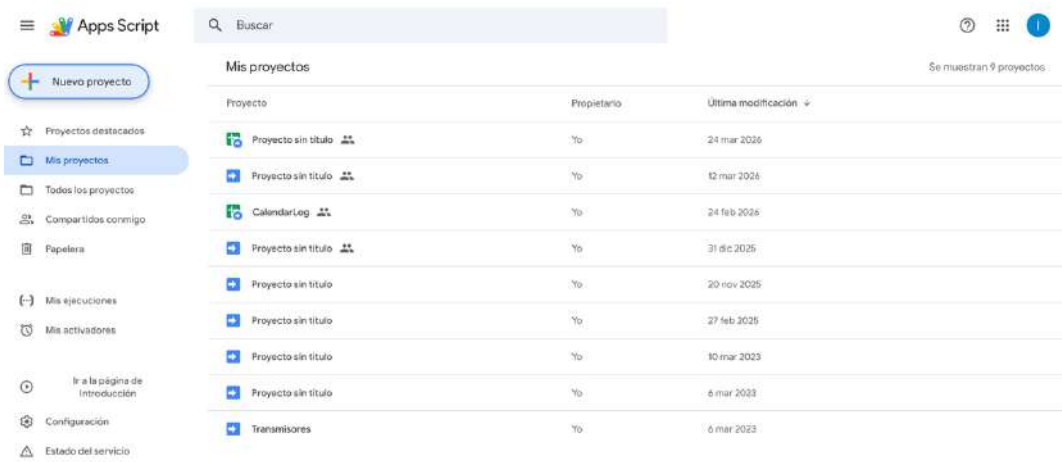


Figura 13. Panel de Google Apps Script. Fuente: Tomado de <https://script.google.com/home>

3.4.2.11 HTML

HTML (Lenguaje de Marcas de Hipertexto, del inglés HyperText Markup Language) es el lenguaje de marcado utilizado para definir la estructura y el significado del contenido en la web. HTML utiliza "marcas" para etiquetar texto, imágenes y otro contenido para mostrarlo en un navegador Web. Estas marcas incluyen "elementos" especiales como:

Elemento HTML	Nombre común	Explicación
<html>	Documento HTML	Es el elemento raíz de toda página web. Dentro de él se coloca todo el contenido del documento.
<head>	Cabecera del documento	Contiene información general sobre la página, como el título, metadatos, enlaces a estilos y scripts. No muestra contenido visible principal en la página.
<title>	Título	Define el título de la página que aparece en la pestaña del navegador.

<body>	Cuerpo del documento	Contiene todo el contenido visible de la página web, como textos, imágenes, tablas, formularios y enlaces.
<h1> a <h6>	Encabezados	Se utilizan para definir títulos y subtítulos con distintos niveles de importancia, donde <h1> es el más importante y <h6> el menos importante.
<p>	Párrafo	Sirve para agrupar texto en forma de párrafo.
<a>	Enlace	Permite crear hipervínculos hacia otras páginas, archivos, secciones o sitios web.
<div>	División o contenedor	Es un contenedor genérico que agrupa otros elementos para organizarlos o aplicarles estilo.
<table>	Tabla	Se usa para organizar información en filas y columnas.
<label>	Etiqueta de formulario	Describe un campo de formulario y mejora la accesibilidad.
<button>	Botón	Crea un botón que puede ejecutar acciones, como enviar formularios o activar scripts.
<textarea>	Área de texto	Permite ingresar texto de varias líneas.
<header>	Encabezado de sección	Representa la parte superior de una página o sección, normalmente con título, logo o navegación.

Tabla 5. Elementos más conocidos en HTML. Fuente: Elaboración propia. (Mozilla Foundation)

Dentro del presente proyecto, HTML fue necesario para estructurar las distintas vistas de la plataforma de monitoreo, tales como la pantalla principal, la vista por estación y el panel de administración. De esta manera, proporcionó la base estructural sobre la cual se presentó al usuario la información recibida desde la estación remota.

3.4.2.12 CSS

CSS (del inglés Cascading Style Sheets) es el lenguaje de estilos utilizado para definir la presentación visual de documentos escritos en HTML. Gracias a CSS es posible controlar colores, tipografías, distribución de espacios, tamaños, alineaciones y otros aspectos visuales de una interfaz web.

Propiedad	Nombre común	Explicación
color	Color de texto	Define el color del texto de un elemento.
background-color	Color de fondo	Establece el color de fondo de un elemento.
font-size	Tamaño de fuente	Define el tamaño de la letra.
font-family	Tipo de fuente	Especifica la familia tipográfica del texto, como Arial, Verdana o Times New Roman.
margin	Margen exterior	Define el espacio externo entre un elemento y otros elementos.
display	Tipo de visualización	Determina cómo se comporta un elemento en la página, por ejemplo como bloque, en línea o flexible.
position	Posicionamiento	Controla la posición de un elemento dentro del documento.

Tabla 6. Principales propiedades de CSS. Fuente: Elaboración propia. (Mozilla Foundation)

En el presente trabajo, CSS fue empleado para dar formato a la plataforma web de monitoreo, organizar visualmente los componentes y facilitar la interpretación rápida del estado operativo de la estación mediante elementos gráficos como tarjetas, colores de alerta y distribución jerárquica de la información.

3.4.2.13 Conectividad 4G/LTE

La tecnología 4G, implementada principalmente a través de LTE (Long Term Evolution), constituye la cuarta generación de redes móviles de banda ancha. Su diseño se orienta a proporcionar mayores velocidades de transmisión de datos, menor latencia y una arquitectura basada en conmutación de paquetes IP, lo que la convierte en una plataforma adecuada para servicios modernos de comunicación de datos. (Golshan, 2011)

En cuanto a su arquitectura, la red LTE se divide principalmente en dos grandes componentes: la E-UTRAN (Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network) y el EPC (Evolved Packet Core). La E-UTRAN está constituida por las estaciones base denominadas eNodeB, responsables de la interfaz radioeléctrica con los equipos de usuario. Por su parte, el EPC constituye el núcleo de la red y está integrado por elementos como el MME, encargado del control y la movilidad; el SGW, que encamina el tráfico del usuario; y el PGW, que proporciona la salida hacia redes externas como Internet. De esta manera, LTE separa las funciones de acceso radioeléctrico y de núcleo de red, permitiendo una comunicación eficiente, flexible y basada en IP.

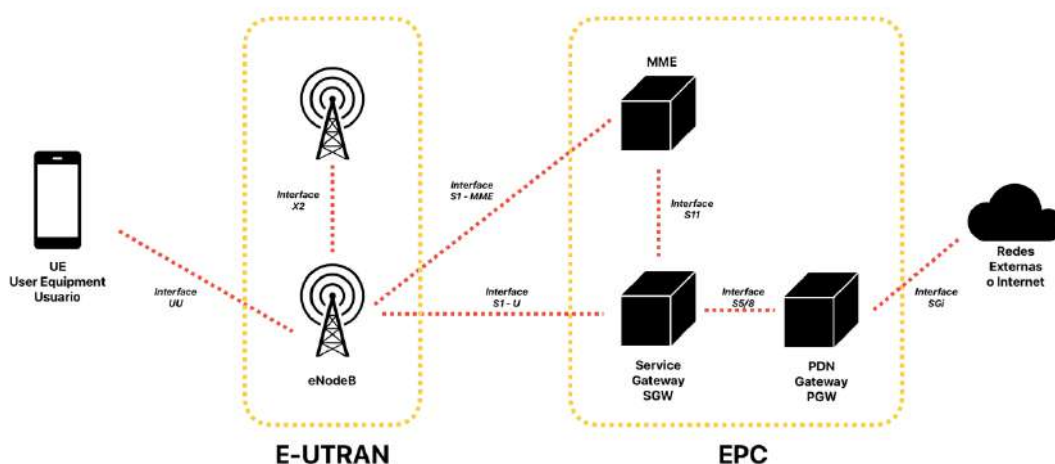


Figura 14. Arquitectura de una red LTE. Fuente: Elaboración propia

Interfaz	Elementos que conecta	Explicación
----------	-----------------------	-------------

Uu	UE ↔ eNodeB	Es la interfaz de radio entre el equipo del usuario y la estación base LTE. Por aquí viajan las señales inalámbricas que permiten al usuario conectarse a la red móvil.
X2	eNodeB ↔ eNodeB	Es la interfaz que conecta estaciones base LTE entre sí. Se usa para coordinar traspasos de conexión, intercambio de información y continuidad del servicio cuando el usuario se desplaza de una celda a otra.
S1-MME	eNodeB ↔ MME	Es la interfaz de señalización y control entre la estación base y el MME. Permite gestionar funciones como registro del usuario, autenticación, movilidad y establecimiento de conexión en la red LTE.
S1-U	eNodeB ↔ SGW	Es la interfaz utilizada para transportar el tráfico de datos del usuario entre la red de acceso y el núcleo de red. Por aquí circulan los paquetes de información, como navegación web, video o datos de aplicaciones.
S11	MME ↔ SGW	Es la interfaz que permite la comunicación de control entre el MME y el SGW. Se utiliza para gestionar sesiones, movilidad y establecimiento de portadoras dentro de la red LTE.
S5/S8	SGW ↔ PGW	Es la interfaz que interconecta el gateway de servicio con el gateway de salida. Permite enrutar el tráfico de usuario hacia redes externas y soporta la continuidad de la sesión de datos.
SGi	PGW ↔ Redes externas / Internet	Es la interfaz que conecta el núcleo LTE con redes IP externas, como Internet, servidores o plataformas en la nube. Constituye el punto de salida final del tráfico de datos del usuario hacia servicios externos.

Tabla 7. Interfaces de una red LTE. Fuente: Elaboración propia. (Golshan, 2011)

Asimismo, en el nivel de acceso radioeléctrico, LTE emplea técnicas de transmisión y acceso múltiple como OFDMA y SC-FDMA, las cuales permiten optimizar el uso del espectro y mejorar la eficiencia en el transporte de datos.

OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) es una técnica de acceso múltiple derivada de OFDM, en la cual el canal de comunicación se divide en múltiples subportadoras ortogonales que pueden asignarse simultáneamente a distintos usuarios. Esta estructura permite un uso eficiente del espectro, flexibilidad en la asignación de recursos y robustez frente a la propagación multirrayecto. Por su parte, SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access) es una técnica de acceso múltiple que también emplea subportadoras ortogonales, pero incorpora un procesamiento que le confiere características similares a las de una señal de portadora única. Su principal ventaja es la reducción de la relación de potencia pico a potencia media, lo que mejora la eficiencia del amplificador de potencia y disminuye el consumo energético del transmisor. (Golshan, 2011)

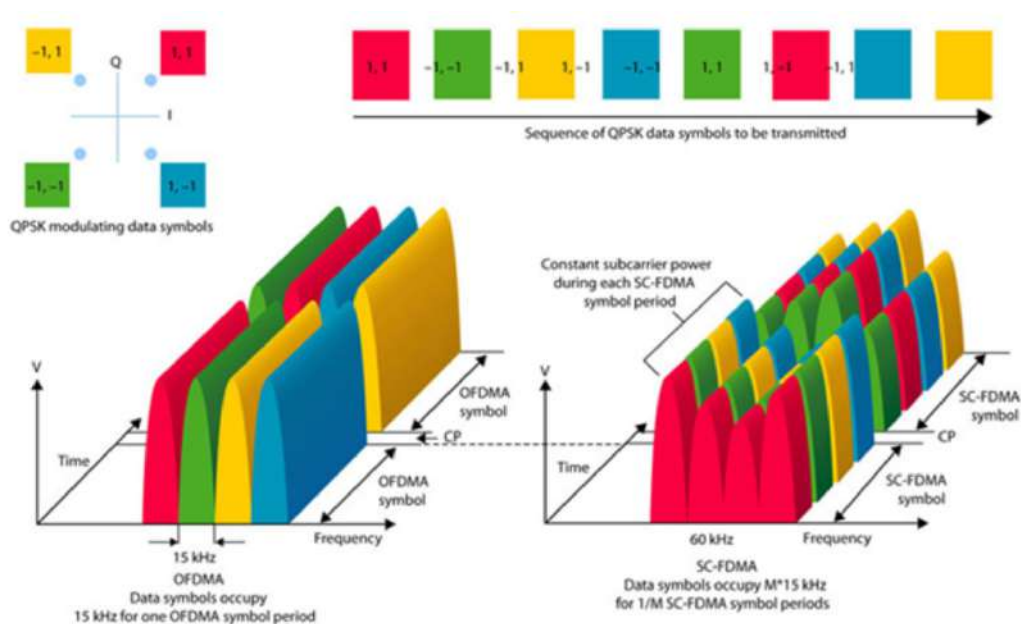


Figura 15. División de la banda de frecuencia para OFDMA y SC-FDMA.

Fuente: Tomado de:

https://en.intwww.de/Mobile_Communications/The_Application_of_OFDMA_and_SC-FDMA_in_LTE

3.5 Procedimiento

3.5.1 Diagnóstico inicial de la estación

Al momento de plantearse la mejora tecnológica en la estación de Televisión Digital Terrestre de Bethel Televisión en Barranca, se identificó como principal limitación la ausencia de un sistema de monitoreo remoto continuo de los parámetros críticos de operación del transmisor. La supervisión del estado del equipo dependía principalmente de verificaciones presenciales o de la detección tardía de fallas cuando estas ya afectaban la continuidad del servicio.

Esta necesidad se hizo evidente luego de presentarse una falla en el transmisor durante el año 2024. El informe técnico posterior permitió determinar que una de las causas asociadas al problema fue el sobrecalentamiento del equipo debido a la avería de uno de los ventiladores del amplificador, condición que no fue detectada oportunamente. La falta de supervisión continua de variables como la temperatura interna impidió advertir a tiempo una condición anómala de funcionamiento y aplicar medidas correctivas antes de que se produjera un daño de mayor magnitud.

En ese contexto, se determinó que la estación requería una solución que permitiera observar remotamente, de manera periódica y centralizada, el comportamiento de variables operativas esenciales, tales como la potencia directa, la potencia reflejada, el voltaje del amplificador y la temperatura interna. De esta manera, sería posible mejorar la capacidad de supervisión técnica, reducir el tiempo de respuesta ante fallas y fortalecer la continuidad operativa de la estación.

3.5.2 Levantamiento de información técnica

Como etapa previa al diseño e implementación del sistema de monitoreo remoto, se realizó el levantamiento de información técnica de la estación de Televisión Digital Terrestre de Bethel Televisión en Barranca.

3.5.2.1 Transmisor digital BD Evolution Modelo TVA-600

El transmisor de Televisión Digital TVA-600, está compuesto por un codificador - modulador Digital de potencia de salida de +10 dBm y un amplificador digital de 600 W, el filtro de salida incluido ajustado a la frecuencia del transmisor máscara crítica de 6 polos digitales. Es un equipo de alta eficiencia alrededor del 84 % en RF y 75 % en AC.



Figura 16. Transmisor BD Evolution. Fuente: Elaboración propia

El transmisor cuenta con 2 interfaces web que controlan el equipo y permiten visualizar los parámetros que el presente proyecto monitoreará.

La primera interfaz es la del modulador. Esta tiene la dirección IP 192.168.1.136. En esta interfaz se configura la frecuencia del transmisor, la potencia, entre otros.

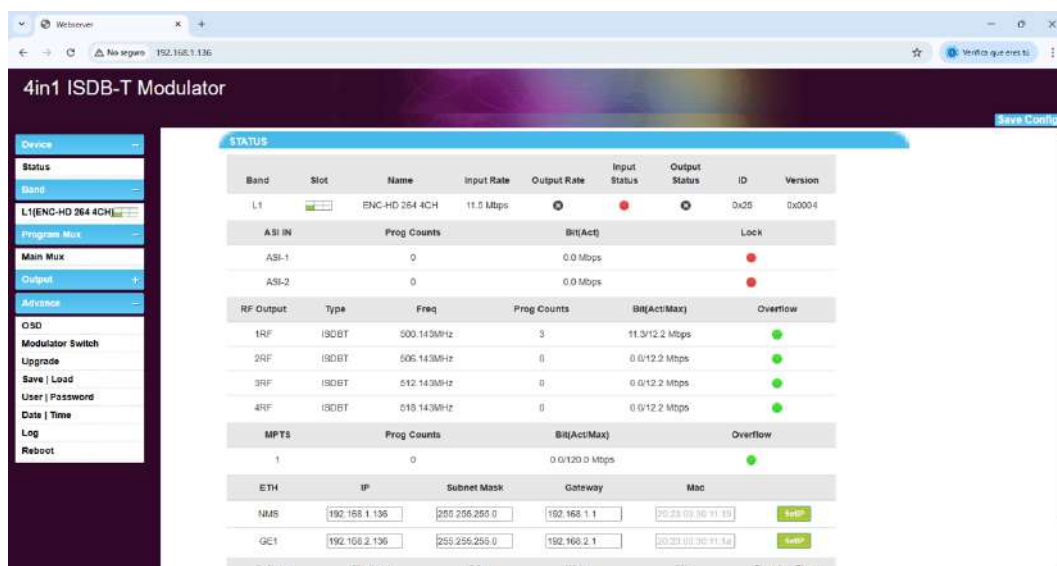


Figura 17. Interfaz del modulador. Fuente: Elaboración propia

La segunda interfaz es la del amplificador. Esta tiene la dirección IP 192.168.1.137. En esta interfaz se obtienen los parámetros de potencia directa, reflejada, voltajes y temperatura.

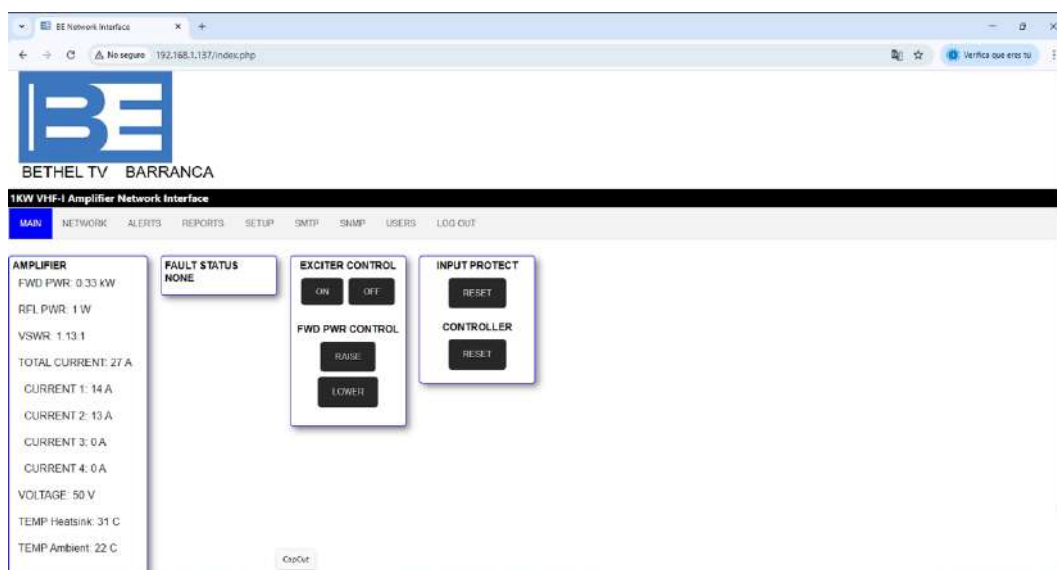


Figura 18. Interfaz del amplificador. Fuente: Elaboración propia

Como parte del levantamiento, se identificó que la caseta de transmisión no contaba inicialmente con conectividad a internet ni tampoco con una computadora que permita acceder a visualizar los parámetros del transmisor.

Adicionalmente, se verificó que la interfaz web del amplificador presentaba los parámetros en elementos visibles dentro de la página web local. Esta condición permitió establecer que la lectura automatizada de datos podría realizarse mediante

herramientas de software capaces de acceder a la interfaz y extraer la información mostrada en pantalla, sin necesidad de modificar internamente los equipos.

3.5.3 Diseño de la solución

Con base en el diagnóstico inicial y en el levantamiento de información técnica realizado en la estación de Televisión Digital Terrestre de Bethel Televisión en Barranca, se diseñó una solución de monitoreo remoto orientada a supervisar el estado operativo de la planta transmisora. Para ello, se estableció una arquitectura en la que la estación genera la información, una computadora local la recopila y la envía, una plataforma web en la nube la procesa, y finalmente una interfaz web la presenta al personal técnico.

En la planta transmisora, la primera fuente de información considerada fue la interfaz web del transmisor, debido a que esta mostraba parámetros operativos para la supervisión del sistema. Entre las variables de interés se definieron la potencia directa, la potencia reflejada, la temperatura interna y el voltaje del amplificador, por ser indicadores clave para evaluar el desempeño del equipo y detectar condiciones anómalas de funcionamiento.

Además, se consideró la integración de una cámara IP instalada en la caseta de transmisión, con la finalidad de disponer de una referencia visual en tiempo real del entorno físico donde opera el equipo. Esta cámara permitiría fortalecer la supervisión remota, al añadir un apoyo visual que facilite la evaluación del estado de la planta.

Para la adquisición y envío de la información se propuso el uso de una computadora local instalada en planta y conectada a la misma red interna de los equipos. Esta computadora cumpliría la función de acceder a la interfaz web del transmisor, extraer los parámetros mostrados en pantalla, capturar la imagen correspondiente de la interfaz y gestionar la información visual asociada a la cámara IP. Posteriormente, toda la información recopilada sería enviada a una plataforma web en la nube para su procesamiento y publicación.

Como medio de comunicación entre la estación y la plataforma remota, se definió la incorporación de conectividad a Internet mediante un router con tecnología LTE. Esta alternativa fue seleccionada por su facilidad de implementación en la estación, permitiendo enlazar la planta transmisora con la nube sin necesidad de infraestructura de red cableada dedicada. De esta manera, la información obtenida localmente podría ser transmitida periódicamente hacia el sistema central de monitoreo.

En la parte de procesamiento se propuso una plataforma web desarrollada en Google Apps Script, desplegada como aplicación web en la nube. Esta plataforma fue diseñada para recibir la información enviada desde la estación, conservar el estado operativo actual y organizar dicha información para su visualización mediante una página web accesible

Finalmente, en la parte de visualización, se planteó una interfaz web de monitoreo remoto, mediante el cual el usuario final pudiera interpretar la información obtenida y realizar el seguimiento técnico correspondiente. Esta interfaz permitiría consultar los parámetros operativos del transmisor y la referencia visual del sitio.

En conjunto, la arquitectura propuesta quedó conformada por cinco bloques funcionales: la estación TDT Barranca como origen de la información, la computadora local como módulo de adquisición y envío de datos, el enlace de conectividad LTE como medio de comunicación, la aplicación web en Google Apps Script como plataforma de procesamiento en la nube y el dashboard web como interfaz de visualización para el usuario final.

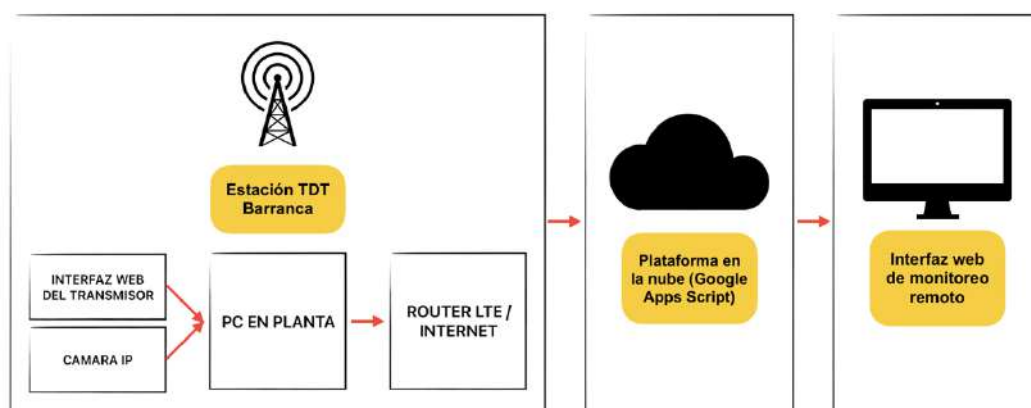


Figura 19. Diseño de la solución. Fuente: Elaboración propia

3.5.4 Implementación del sistema

3.5.4.1 Implementación de los equipos en planta

Como primera etapa de la implementación del sistema de monitoreo remoto, se dispuso una computadora local en la caseta de transmisión de la estación TDT Barranca, con la finalidad de realizar la adquisición de los datos operativos generados por los equipos instalados en planta.

Para ello, la computadora fue integrada a la misma red local utilizada por los equipos de transmisión, permitiendo establecer comunicación con la interfaz web del transmisor. Se le asignó la IP 192.168.1.41

De manera complementaria, se consideró la integración de una cámara IP de la marca Tapo, instalada en la caseta de transmisión, cuya función fue proporcionar una referencia visual de la caseta. Esta tenía la IP 192.168.137.82



Figura 20. Instalación de PC en planta. Fuente: Elaboración propia

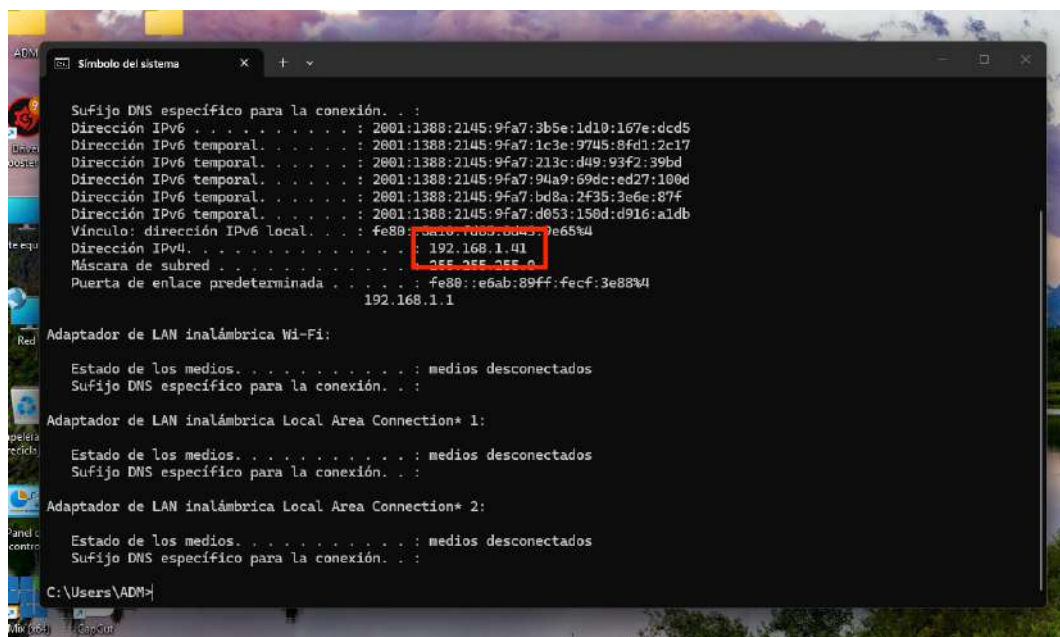


Figura 21. Configuración de la IP de la PC en planta. Fuente: Elaboración propia



Figura 22. Instalación de cámara IP Tapo. Fuente: Elaboración propia

3.5.4.2 Instalación y configuración del entorno de software

Carpeta base del sistema

Para la operación del sistema de monitoreo remoto fue necesario implementar en la computadora de la estación un entorno de software capaz de ejecutar procesos de automatización, procesamiento de video y publicación de información a través de Internet. Para ello, se instaló y configuró un conjunto de herramientas que permitieron la adquisición de datos del transmisor, la conversión del flujo de video de la cámara IP y la interacción con la plataforma web desarrollada en Google Apps Script. La estructura general del entorno se organizó dentro de una carpeta base denominada *C:\MonitoreoCapturas*, destinada a almacenar los scripts y archivos de configuración del proyecto.

Node.js

En primer lugar, se instaló Node.js (JS, s.f.), debido a que constituye el entorno de ejecución requerido para correr scripts desarrollados en JavaScript fuera del navegador. Su incorporación fue necesaria porque el sistema de monitoreo se basó en scripts de automatización encargados de acceder a la interfaz web del transmisor, extraer información y enviarla posteriormente a la aplicación web. Una vez instalado, se verificó su funcionamiento mediante la consulta de la versión del programa desde la consola del sistema.

Playwright y Chromium

Posteriormente, se instaló la librería Playwright (Playwright, s.f.) junto con el navegador Chromium en la carpeta base, debido a que esta herramienta permitió automatizar el acceso a la interfaz web local del transmisor. A través de esta librería fue posible controlar el navegador, interactuar con formularios de autenticación, ubicar elementos HTML específicos, leer los parámetros operativos mostrados en pantalla y generar capturas de la interfaz.

FFmpeg

Como parte de la solución de videovigilancia, se instaló también FFmpeg (FFmpeg, s.f.), herramienta de procesamiento multimedia empleada para convertir el flujo de video de la cámara IP, originalmente disponible mediante RTSP, a un formato compatible con los navegadores web. En el presente proyecto, FFmpeg permitió transformar la transmisión continua de video en una estructura basada en HLS, compuesta por una lista de reproducción en formato m3u8 y segmentos de video en formato ts. Esta conversión resultó necesaria para integrar el video en vivo dentro de la plataforma de monitoreo accesible desde Internet.

Cloudflared

Finalmente, se implementó Cloudflared (Docs, s.f.), herramienta que permitió publicar hacia Internet el contenido generado localmente en la computadora de la estación mediante un túnel seguro. Su uso hizo posible exponer el flujo HLS sin necesidad de contar con una dirección IP pública fija en la planta transmisora, lo cual se alineó con uno de los objetivos de

diseño del sistema. Gracias a esta herramienta, el recurso de video pudo ser consultado externamente a través de una URL pública temporal, facilitando su integración con la plataforma web de monitoreo remoto.

3.5.4.3 Extracción de datos

Para identificar los nombres de las variables mostradas en la interfaz web del transmisor se accedió a la página local del equipo desde un navegador web. Luego, mediante la tecla F12, se abrieron las herramientas de desarrollador del navegador. A continuación, se activó la herramienta de inspección de elementos y se hizo clic directamente sobre cada valor mostrado en pantalla. Este procedimiento permitió ubicar el elemento correspondiente dentro del código HTML y reconocer su atributo id, el cual fue utilizado posteriormente como selector dentro del script.

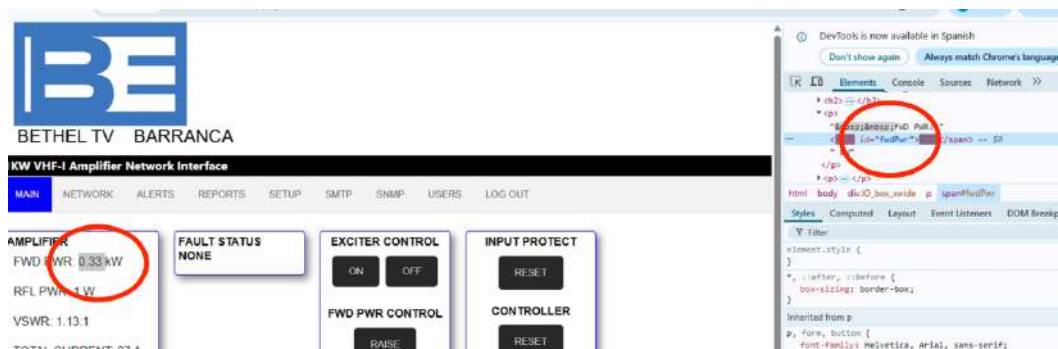


Figura 23. Ejemplo de extracción del atributo (**fwdPwr**) de las variables (**Potencia directa**) en la página web del transmisor. Fuente: Elaboración propia.

Para el proyecto se encontraron los siguientes selectores:

- *#fwdPwr* para potencia directa
- *#rflPwr* para potencia reflejada
- *#vlt01* para voltaje del amplificador
- *#temp1* para temperatura interna

Para la adquisición de los parámetros operativos se optó por automatizar la interfaz web del transmisor mediante Playwright, debido a que los parámetros seleccionados para el monitoreo se encontraban disponibles

directamente en dicha interfaz y podían ser identificados mediante elementos HTML. Esta alternativa permitió automatizar el acceso a la información sin modificar la configuración de operación del transmisor y obtener una captura de la interfaz como evidencia visual del estado del equipo.

3.5.4.4 Desarrollo y automatización del script de captura de datos

Config.json

Dado que el presente proyecto fue diseñado para que sea una solución escalable, se separaron los datos de configuración del código principal del script. Por ello se creó un archivo llamado *config.json* en donde se nombraron todos los parámetros variables en el sistema, de tal manera que mediante la modificación de este archivo el sistema puede adaptarse a diferentes marcas o modelos de transmisores sin afectar al código principal.

Aquí se guardaron los siguientes datos:

- URL de la aplicación web
- clave de autenticación o API key
- dirección principal de la interfaz del transmisor
- usuario y contraseña de acceso
- nombre de la estación
- selectores de las variables a extraer
- tiempos de espera del sistema

Capture_and_upload

Luego se desarrolló el script principal de captura de datos llamado *capture_and_upload.js*. El script inicia ubicando el archivo *config.json* con el fin de identificar a qué equipo se debe acceder, qué selectores leer y la URL a la que se deben enviar los datos. En este script también se encuentran funciones que servirán para:

- Obtención de fecha y hora en formato peruano

- Envío de datos a la URL de la aplicación web
- Leer texto y ubicar su posición visual
- Resaltar el valor ubicado

En este archivo también está toda la configuración de la librería Playwright con el navegador Chromium, la cual permite controlar el acceso a páginas web, interactuar con formularios y generar capturas de pantalla. Por medio de esta librería el script accedía a la interfaz del transmisor y completaba el formulario de ingreso automáticamente usando las credenciales de usuario (admin) y contraseña (admin) que vienen configuradas por defecto, y luego registraba en consola que la captura de datos había empezado.

Después de autenticarse, el script busca el nombre de las variables en la página web. Los resultados se guardan como *aFwd*, *aRfl*, *aVlt* y *aTmp*, y luego se extrae de cada uno su valor textual. Finalmente, esos valores se imprimen en consola para verificar que la lectura fue exitosa.

Con los datos ya leídos, el script realiza una captura de pantalla de la interfaz en formato JPEG, la convierte a base64 (formato adecuado para enviarla a la aplicación web) y se genera una marca de tiempo en que fue tomada la captura de pantalla.

Con toda esa información el script elabora un objeto llamado *payload*, que contiene toda la información a enviar al servidor de Google Apps Script. Esto es:

- key: clave de autenticación
- slot: identificador de la estación
- base64: imagen codificada
- mime: tipo de archivo de imagen
- takenAt: fecha y hora de captura
- extracted: objeto con las variables leídas (potencia directa y reflejada, voltaje y temperatura)
- station: nombre de la estación

Ya armado el *payload*, el script envía la información a la URL de la aplicación web. Finalmente se imprime en la consola un mensaje de que la operación se completó correctamente. Si se detectase algún error durante las diferentes etapas del script, estos se mostrarán en la consola.

Status.bat

Una vez desarrollado el script de captura y envío de información, se implementó un mecanismo de ejecución periódica en la computadora de la estación. Para ello, se elaboró un archivo por lotes (.bat) encargado de ejecutar el script principal de forma cíclica.

El archivo por lotes fue configurado para llamar al script desarrollado, esperar un intervalo de 60 segundos y repetir nuevamente la ejecución en un bucle indefinido. De esta manera, el sistema pudo realizar de forma automática la lectura periódica de los parámetros del transmisor, la captura de pantalla de la interfaz web y el envío de la información hacia la plataforma remota.

La incorporación de este mecanismo permitió establecer una frecuencia regular de actualización del monitoreo, asegurando que la información mostrada en la interfaz web reflejara el estado reciente de la estación. Asimismo, esta automatización redujo la necesidad de intervención directa de una persona en la planta, convirtiendo el proceso de captura en una tarea continua dentro del entorno local de la planta transmisora.

```
[sáb 11/04/2026 0:26:32.95] Esperando 60 segundos...
[sáb 11/04/2026 0:27:32.14] Ejecutando captura...
[2026-04-11T05:27:32.432Z] Iniciando captura amplificador...
Estacion: Barranca TDT
MAIN_URL: http://192.168.1.137/index.php
WEBAPP_URL: https://script.google.com/macros/s/AKfycbyj9QxBxG7TTaabWIueeyGpwHdAOMalOqLkPqrpMw2u6FLzcoQr2ai3AlhwXbgNTDhZW
Q/exec
Abriendo pagina...
URL actual despues del goto: http://192.168.1.137/index.php?_=1775885252560
¿Hay input password?: 1
Detectado login por formulario. Ingresando credenciales...
Usuario llenado con: input[name="username"]
Password llenado.
Boton login clickeado con: button:has-text("Login")
Login OK: selector principal detectado.
Frames detectados:
- http://192.168.1.137/index.php
Leyendo valores del amplificador...
Potencia directa: 0.34
Potencia reflejada: 1
Voltaje: 50
Temperatura interna: 31
Tomando captura...
Subiendo a WebApp...
Upload status: 200
Upload body: {"ok":true,"station":"barranca"}
OK: captura del amplificador enviada correctamente.
Fin.
[sáb 11/04/2026 0:27:44.83] Esperando 60 segundos...
```

Figura 24. Consola a la hora de ejecutarse el archivo *status.bat*. Fuente: Elaboración propia.

3.5.4.5 Integración del video en vivo

El primer paso para integrar el video en vivo a la plataforma de monitoreo fue asignarle un usuario y una contraseña a la cámara IP, para poder conectarla a la PC mediante RTSP, protocolo integrado en la cámara. Estas credenciales resultan necesarias pues la prueba del video en vivo se inicia usando el programa VLC, un reproductor de video de código abierto. Al entrar a la opción *Abrir medio* se escribe la siguiente fórmula con la información de la cámara instalada en la estación:

`rtsp://USUARIO:CLAVE@IP_DE_LA_CAMARA:PUERTO/STREAM`

Entonces, aplicando las credenciales de la estación, se obtiene el link de acceso para visualizar la cámara en vivo.

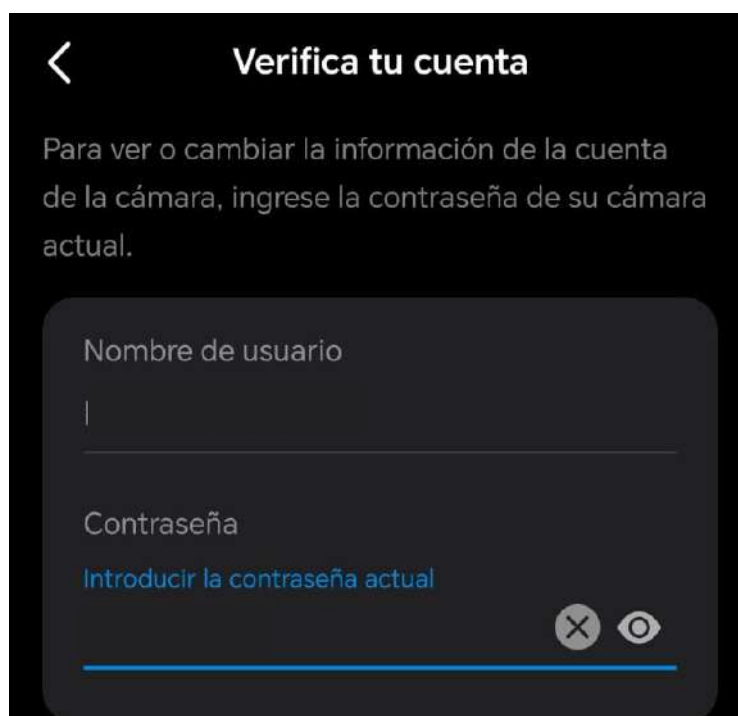


Figura 25. Configuración de la cámara en la aplicación Tapo. Fuente: Elaboración propia.

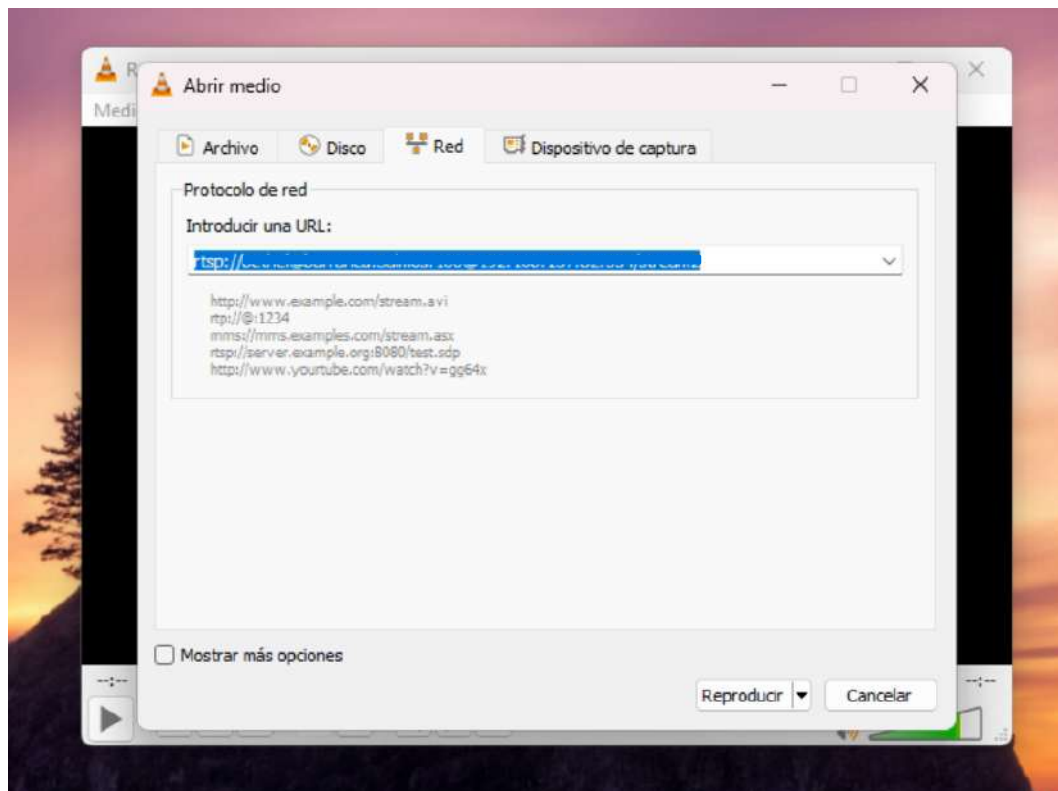


Figura 26. Ventana *Abrir medio* en VLC. Fuente: Elaboración propia.

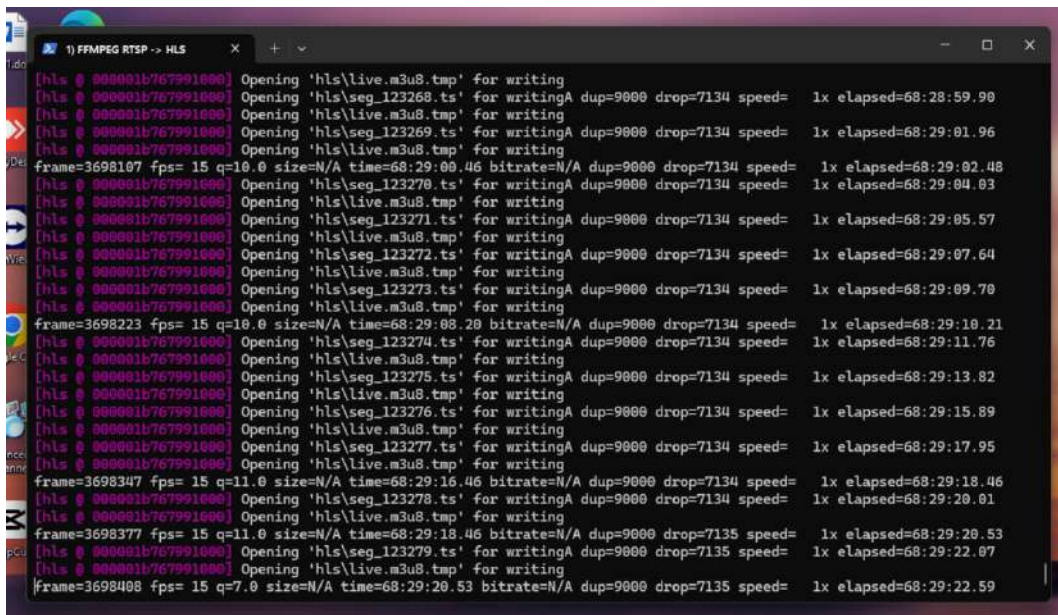


Figura 27. Prueba para visualizar el video en la PC. Fuente: Elaboración propia.

Una vez verificada la reproducción correcta del video localmente, se procede a realizar los scripts que permitirán que el video pueda ser visualizado en la plataforma web. Estos se ubican en una carpeta llamada *Registro_video* que se encuentra dentro de la carpeta principal *MonitoreoCapturas*.

01_ffmpeg_hls.ps1

Debido a que el formato RTSP no es compatible de manera directa con la web en Google Apps Script, se implementó un proceso de conversión del video a HLS mediante la herramienta FFmpeg. Esta conversión permitió transformar el video continuo de la cámara en una lista de reproducción m3u8 y en segmentos de video ts, adecuados para su posterior reproducción en una interfaz web. En el script está definido que estos segmentos del video se guarden en una carpeta llamada *hls* y también cree un archivo llamado *live.m3u8* que es quien genera el archivo principal ya establecido. El script fue configurado para generar segmentos cortos de 2 segundos manteniendo una lista de 8 segmentos más recientes. Luego elimina los segmentos más antiguos para no acumular todos los archivos. Finalmente, este script es capaz de reiniciar todo el proceso automáticamente si la herramienta FFmpeg llega a fallar.



```

1) FFmpeg RTSP -> HLS
[hls @ 000001b767991000] Opening 'hls\live.m3u8.tmp' for writing
[hls @ 000001b767991000] Opening 'hls\seg_123268.ts' for writingA dup=9000 drop=7134 speed= 1x elapsed=68:28:59.90
[hls @ 000001b767991000] Opening 'hls\live.m3u8.tmp' for writing
[hls @ 000001b767991000] Opening 'hls\seg_123269.ts' for writingA dup=9000 drop=7134 speed= 1x elapsed=68:29:01.96
[hls @ 000001b767991000] Opening 'hls\live.m3u8.tmp' for writing
frame=3698107 fps= 15 q=10.0 size=N/A time=68:29:00.46 bitrate=N/A dup=9000 drop=7134 speed= 1x elapsed=68:29:02.48
[hls @ 000001b767991000] Opening 'hls\seg_123270.ts' for writingA dup=9000 drop=7134 speed= 1x elapsed=68:29:04.03
[hls @ 000001b767991000] Opening 'hls\live.m3u8.tmp' for writing
[hls @ 000001b767991000] Opening 'hls\seg_123271.ts' for writingA dup=9000 drop=7134 speed= 1x elapsed=68:29:05.57
[hls @ 000001b767991000] Opening 'hls\live.m3u8.tmp' for writing
[hls @ 000001b767991000] Opening 'hls\seg_123272.ts' for writingA dup=9000 drop=7134 speed= 1x elapsed=68:29:07.64
[hls @ 000001b767991000] Opening 'hls\live.m3u8.tmp' for writing
[hls @ 000001b767991000] Opening 'hls\seg_123273.ts' for writingA dup=9000 drop=7134 speed= 1x elapsed=68:29:09.70
[hls @ 000001b767991000] Opening 'hls\live.m3u8.tmp' for writing
frame=3698223 fps= 15 q=10.0 size=N/A time=68:29:08.20 bitrate=N/A dup=9000 drop=7134 speed= 1x elapsed=68:29:10.21
[hls @ 000001b767991000] Opening 'hls\seg_123274.ts' for writingA dup=9000 drop=7134 speed= 1x elapsed=68:29:11.76
[hls @ 000001b767991000] Opening 'hls\live.m3u8.tmp' for writing
[hls @ 000001b767991000] Opening 'hls\seg_123275.ts' for writingA dup=9000 drop=7134 speed= 1x elapsed=68:29:13.82
[hls @ 000001b767991000] Opening 'hls\live.m3u8.tmp' for writing
[hls @ 000001b767991000] Opening 'hls\seg_123276.ts' for writingA dup=9000 drop=7134 speed= 1x elapsed=68:29:15.89
[hls @ 000001b767991000] Opening 'hls\live.m3u8.tmp' for writing
[hls @ 000001b767991000] Opening 'hls\seg_123277.ts' for writingA dup=9000 drop=7134 speed= 1x elapsed=68:29:17.95
[hls @ 000001b767991000] Opening 'hls\live.m3u8.tmp' for writing
frame=3698347 fps= 15 q=11.0 size=N/A time=68:29:16.46 bitrate=N/A dup=9000 drop=7134 speed= 1x elapsed=68:29:18.46
[hls @ 000001b767991000] Opening 'hls\seg_123278.ts' for writingA dup=9000 drop=7134 speed= 1x elapsed=68:29:20.01
[hls @ 000001b767991000] Opening 'hls\live.m3u8.tmp' for writing
frame=3698377 fps= 15 q=11.0 size=N/A time=68:29:18.46 bitrate=N/A dup=9000 drop=7135 speed= 1x elapsed=68:29:20.53
[hls @ 000001b767991000] Opening 'hls\seg_123279.ts' for writingA dup=9000 drop=7135 speed= 1x elapsed=68:29:22.07
[hls @ 000001b767991000] Opening 'hls\live.m3u8.tmp' for writing
frame=3698408 fps= 15 q=7.0 size=N/A time=68:29:20.53 bitrate=N/A dup=9000 drop=7135 speed= 1x elapsed=68:29:22.59

```

Figura 28. Consola del archivo *01_ffmpeg_hls.ps1*. Fuente: Elaboración propia.

02_http_server.ps1

Este script es el que publica localmente los archivos HLS generados por la herramienta FFmpeg levantando un servidor HTTP en el puerto local 8080. De esa manera el video en vivo podrá ser visible en la web <http://localhost:8080/hls/live.m3u8> y estará asociado a la red local de la estación.

03_cloudflared.ps1

El proyecto se diseñó para que el video no solo pudiera visualizarse en la red local de la estación, sino también desde cualquier lugar externo. Este script es el encargado de publicar el servidor local en internet mediante un túnel temporal. Para ello se utilizó la herramienta Cloudflared. Esta genera una URL pública temporal que tiene la forma: <https://xxxxxx.trycloudflare.com> donde xxxxxx son palabras aleatorias que la herramienta genera. De esta manera el video stream HLS puede ser abierto desde una URL pública con la siguiente forma: <https://xxxxxx.trycloudflare.com/hls/live.m3u8>. Esta URL es la que se integra a la plataforma de monitoreo. Debe considerarse que cada vez que se cierra el script y se vuelve a abrir genera una URL diferente.

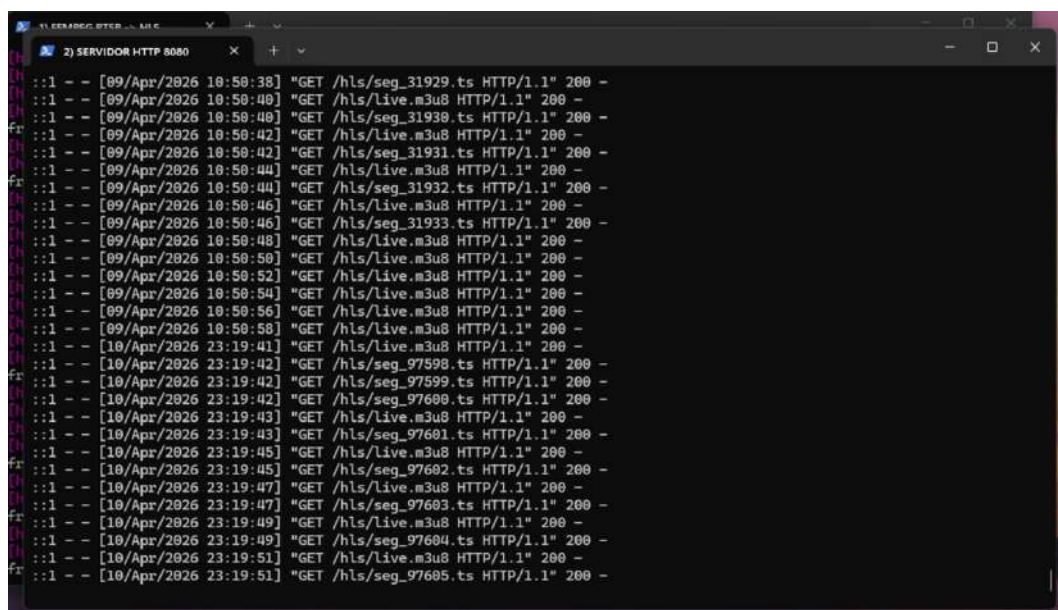


Figura 29. Consola del archivo *02_http_server.ps1*. Fuente: Elaboración propia.

```

2026-04-08T22:06:22Z INF cloudflared does not support loading the system root certificate pool on Windows. Please use --
origin-ca-pool <PATH> to specify the path to the certificate pool
2026-04-08T22:06:22Z INF ICMP proxy will use 192.168.1.41 as source for IPv4
2026-04-08T22:06:22Z INF Tunnel connection curve preferences: [X25519MLKEM768 CurveP256] connIndex=0 event=0 ip=198.41.1
92.67
2026-04-08T22:06:22Z INF ICMP proxy will use 2001:1388:2145:c93c:4c26:9485:2d5a:c7a4 in zone Ethernet as source for IPv6
2026-04-08T22:06:22Z INF Starting metrics server on 127.0.0.1:20241/metrics
2026-04-08T22:06:23Z INF Registered tunnel connection connIndex=0 connection=4b404e6f-bf73-4b9f-8e00-3cd5dae4a67 event=
0 ip=198.41.192.67 location=lin01 protocol=quic
2026-04-09T11:43:00Z ERR failed to accept incoming stream requests error="failed to accept QUIC stream: timeout: no rece
nt network activity" connIndex=0 event=0 ip=198.41.192.67
2026-04-09T11:43:00Z ERR failed to run the datagram handler error="timeout: no recent network activity" connIndex=0 even
t=0 ip=198.41.192.67
2026-04-09T11:43:00Z ERR failed to serve tunnel connection error="accept stream listener encountered a failure while ser
ving" connIndex=0 event=0 ip=198.41.192.67
2026-04-09T11:43:00Z ERR Serve tunnel error error="accept stream listener encountered a failure while serving" connIndex
=0 event=0 ip=198.41.192.67
2026-04-09T11:43:00Z INF Retrying connection in up to 1s connIndex=0 event=0 ip=198.41.192.67
2026-04-09T11:43:02Z INF Tunnel connection curve preferences: [X25519MLKEM768 CurveP256] connIndex=0 event=0 ip=198.41.1
92.67
2026-04-09T11:43:07Z ERR Failed to dial a quic connection error="failed to dial to edge with quic: timeout: no recent ne
twork activity" connIndex=0 event=0 ip=198.41.192.67
2026-04-09T11:43:07Z INF Retrying connection in up to 4s connIndex=0 event=0 ip=198.41.192.67
2026-04-09T11:43:10Z INF Tunnel connection curve preferences: [X25519MLKEM768 CurveP256] connIndex=0 event=0 ip=198.41.2
00.23
2026-04-09T11:43:11Z INF Registered tunnel connection connIndex=0 connection=bfc20f5b-372f-45cf-b099-9636b554d6cd event=
0 ip=198.41.200.23 location=scl04 protocol=quic
2026-04-09T22:06:22Z WRN Your version 2026.1.1 is outdated. We recommend upgrading it to 2026.3.0
2026-04-10T22:06:22Z WRN Your version 2026.1.1 is outdated. We recommend upgrading it to 2026.3.0
  
```

Figura 30. Consola del archivo *03_cloudflared.ps1*. Fuente: Elaboración propia.

Iniciar_monitoreo_tsp.bat

Finalmente, con el fin de simplificar la ejecución de los 3 scripts para iniciar la reproducción del video en la plataforma web, se creó un archivo por lotes (.bat) que automatiza la ejecución de los 3 scripts.

De esta manera queda configurada y lista la carpeta *MonitoreoCapturas*, con la información y herramientas necesarias para transmitir toda la información a la plataforma de monitoreo desarrollada en Google Apps Script.

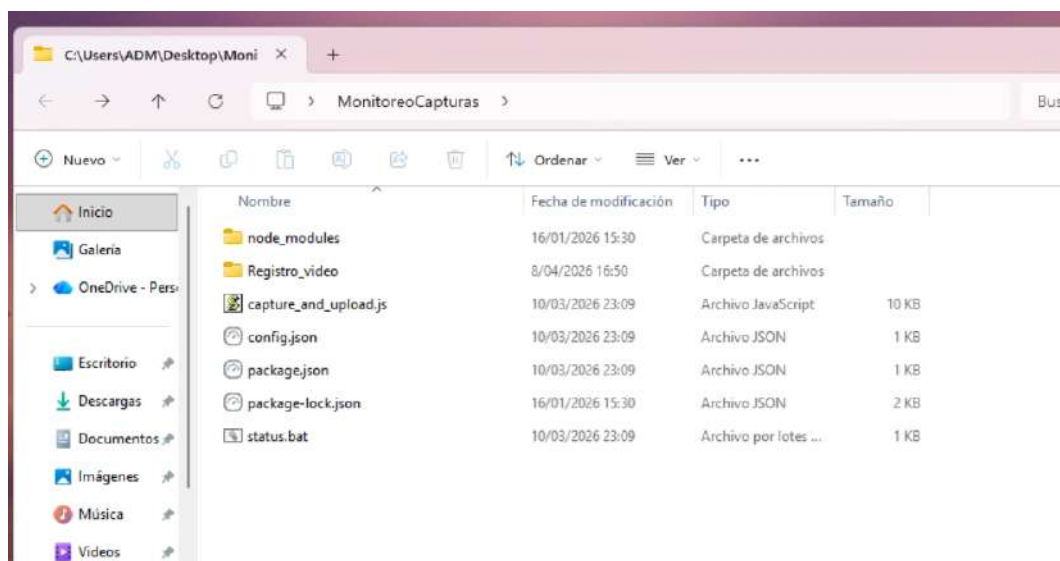


Figura 31. Carpeta *MonitoreoCapturas*. Fuente: Elaboración propia.

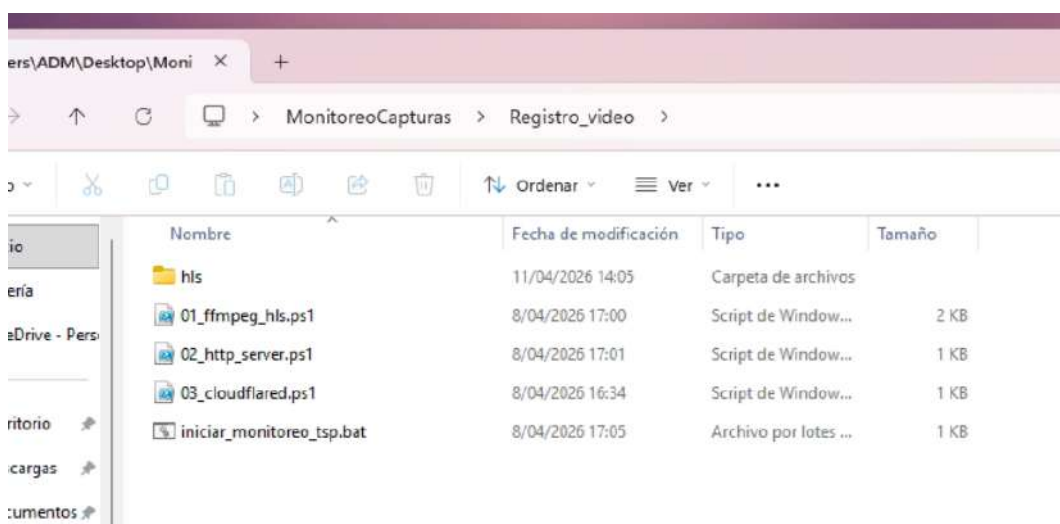


Figura 32. Carpeta *Registro_video*. Fuente: Elaboración propia.

3.5.4.6 Implementación de la aplicación web en Google Apps Script

El componente central del proyecto se desarrolló como una aplicación web en Google Apps Script, la cual tenía la función de recibir, almacenar, procesar y poner a disposición la información enviada desde la estación TDT Barranca. Esta plataforma fue concebida como el componente en la nube del sistema, permitiendo centralizar la supervisión remota de la estación mediante una aplicación accesible desde cualquier navegador web.

Google Apps Script permitió implementar esta plataforma sin necesidad de desplegar un servidor físico dedicado, además de crear una página web sin necesidad de un dominio propio.

El primer paso para la creación de la aplicación web fue definir las constantes globales como autenticación, imagen institucional, gestión de las estaciones, parámetros para las alertas y zona horaria de funcionamiento.

El proyecto fue desplegado como una Aplicación Web, con el fin de obtener una URL única de acceso. Esta URL cumplía dos funciones: era la receptora de toda la información enviada desde la estación y también era el enlace de acceso a la plataforma.

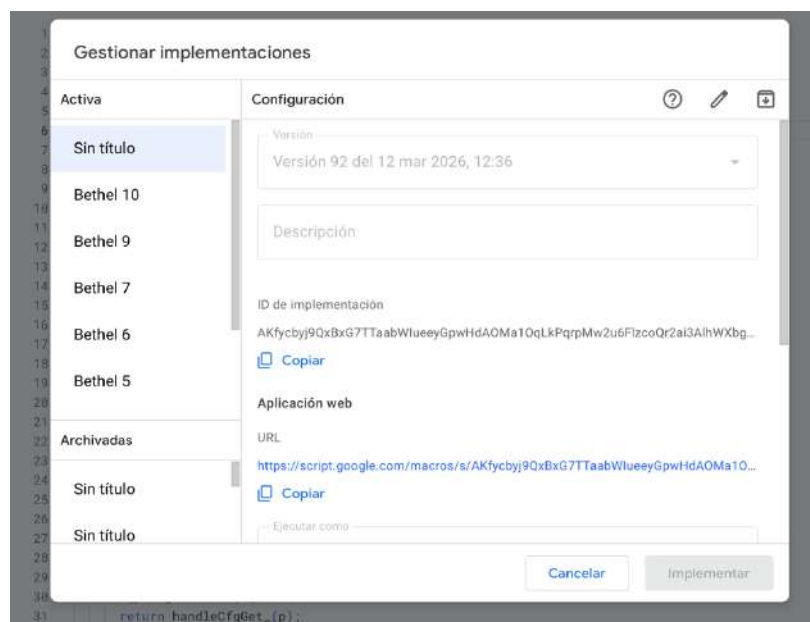


Figura 33. Implementación de la aplicación web. Fuente: Elaboración propia.

La recepción de información proveniente de la estación fue implementada mediante la función `doPost(e)`. Esta función fue diseñada para procesar solicitudes HTTP de tipo POST enviadas desde el script en la PC de la estación, el cual transmitía periódicamente un objeto JSON con la imagen capturada, la fecha y hora de la lectura, y las variables operativas obtenidas desde la interfaz del transmisor.

Al llegar la solicitud, se revisaba el contenido enviado y se convertía en un objeto compatible con Apps Script. Luego entraba en un proceso de validación con una clave de autenticación definida. Una vez corroborado todo, empezaba un procesamiento de la información recibida para emitir alertas si los parámetros operaban fuera de los rangos establecidos.

Se utilizó el servicio Script Properties de Google Apps Script para conservar el estado actual y la configuración del sistema. Este mecanismo permitió almacenar los datos necesarios para el funcionamiento de la plataforma, como los últimos valores recibidos desde la estación, la fecha y hora de la última actualización, las estaciones registradas, la URL del video HLS y los rangos de operatividad de las variables del transmisor. De esta manera, la implementación pudo mantener la información necesaria para su funcionamiento sin incorporar inicialmente un sistema de almacenamiento externo.

Como se mencionó en un apartado anterior, el propósito de este sistema es que sea escalable a otras estaciones, por ello la plataforma incorporó un módulo de administración de múltiples estaciones dentro del sistema. Mediante este componente fue posible registrar nuevas estaciones, editar sus parámetros, modificar su visibilidad, habilitarlas o deshabilitarlas como operativas y eliminar registros existentes.

Además de todo lo mencionado, se implementó un sistema de alertas automáticas por correo electrónico. Este evaluaba de manera periódica los parámetros recibidos desde la estación y comparaba sus valores con los límites que habían sido definidos previamente para cada variable. Cuando una condición anómala persistía durante un número determinado de lecturas consecutivas, el sistema generaba un correo de alarma dirigido hacia el Supervisor de operaciones de Bethel. De manera similar, cuando el parámetro retornaba a valores normales, se emitía un correo de recuperación.



Figura 34. Funcionamiento lógico de la aplicación web. Fuente: Elaboración propia.

3.5.4.7 Implementación de la conectividad a internet

Como parte fundamental de este sistema, fue necesario implementar un mecanismo de conexión a internet en la caseta de transmisión. Este problema se resolvió implementando un esquema de acceso a internet mediante un router 4G/LTE. Se optó esta manera debido a la factibilidad de instalación en campo y su capacidad de conectividad sin infraestructura cableada.

Para la implementación se utilizó un router de la marca TP Link modelo 300 Mbps Wireless N 4G LTE Router equipado con una tarjeta SIM del operador que mejor cobertura tenga en la zona. Este equipo fue configurado para suministrar internet a la caseta de trasmisión, y se le asignó la IP 192.168.1.1.



Figura 35. Router de la marca TP Link instalado en la caseta. Fuente: Elaboración propia.

Requerimiento del ancho de banda del sistema

Para estimar el tipo de plan a contratar era necesario analizar el consumo de ancho de banda en la estación. Este dependía de los siguientes componentes del sistema:

- El envío periódico de datos y capturas hacia la aplicación web.
- La transmisión del video en vivo mediante HLS.

Para el primer caso, el tráfico generado era relativamente bajo, ya que consistía principalmente en enviar las variables operativas del transmisor, la fecha y la hora de la captura y una imagen comprimida en formato JPEG y codificada en base64. Esta información se subía una vez por minuto.

Por otro lado, el video en vivo de la cámara IP si implica un elevado consumo de ancho de banda, ya que es una transmisión continua de información.

En el presente proyecto, debido a que la señal de video fue generada mediante FFmpeg con parámetros de codificación bien definidos, resulta más conveniente emplear un enfoque de cálculo basado en el bitrate configurado, complementado con un factor de sobrecarga por transporte y publicación del flujo.

Cálculo del ancho de banda del video en vivo.

El flujo de video fue configurado con una tasa nominal de video de aproximadamente 800 kbps y una tasa máxima de 1000 kbps. En sistemas de videovigilancia remota, las mediciones reales suelen variar al valor teórico debido a la encapsulación, el transporte y el comportamiento del sistema bajo carga, por lo que conviene considerar un margen adicional. Para ello se adoptó la siguiente fórmula:

$$BW_{usuario} \approx Bitrate_{video} \times F_s$$

Donde:

- $BW_{usuario}$ = ancho de banda requerido por cada usuario que visualiza el video
- $Bitrate_{video}$ = tasa nominal del flujo de video
- F_s = factor de sobrecarga del sistema

Para el sistema se tiene:

$$BW_{usuario} = 0.8 \text{ Mbps}$$

Y el factor de sobrecarga sería:

$$F_s = 1.25$$

Entonces se tendría:

$$BW_{usuario} \approx 0.8 \times 1.25 = 1.0 \text{ Mbps}$$

Esto significa que el video en vivo requerirá aproximadamente 1.0 Mbps de capacidad de subida efectiva en la estación.

Ahora, si se desea considerar más de un usuario a la vez, la fórmula para el cálculo estimado sería:

$$BW_{total} \approx BW_{usuario} \times N$$

Donde N es el número de usuarios visualizando el video en vivo al mismo tiempo. De esa manera:

Para 1 usuario

$$BW_{total} \approx 1.0 \times 1 \approx 1.0 \text{ Mbps}$$

Para 2 usuarios

$$BW_{total} \approx 1.0 \times 2 \approx 2.0 \text{ Mbps}$$

Entonces, para un usuario de monitoreo de manera ocasional conviene disponer al menos 2 Mbps de subida, considerando un margen adicional de ancho de banda. En caso de requerirse dos usuarios simultáneos, se recomienda contar con una velocidad de subida de al menos 3 Mbps.

Cálculo del tráfico asociado a la aplicación web

A diferencia del video en vivo, el envío periódico de los parámetros a la aplicación web presentó una demanda mucho menor. El tráfico de información estaba dado por:

- Las variables operativas del transmisor
- Fecha y hora de la información obtenida
- Imagen codificada

Para hacer el cálculo del tamaño del *payload* (el “mensaje” que contiene la información enviada a la aplicación web) se usó una línea de código puesta en el script. Se obtuvo un valor promedio de 120 KB, debido a que varía según el tamaño de la imagen codificada. De esa manera, el consumo por hora se puede obtener así:

$$Trafico_{hora} = 120 \text{ KB} \times 60 = 7200 \text{ KB/h} \approx 7.2 \text{ MB/h}$$

El consumo en un día sería:

$$Trafico_{día} = 7.2 \times 24 = 172.8 \text{ MB/día}$$

Y el consumo mensual sería:

$$Trafico_{mes} = 172.8 \times 30 = 5148 \text{ MB/mes}$$

$$Trafico_{mes} \approx 5.2 \text{ GB/mes}$$

Consumo del video según el tiempo de uso

El parámetro que definirá el plan a contratar será la transmisión del video en vivo. Asumiendo que sea una tasa de 1.0 Mbps por usuario en vivo, el consumo por hora se calcula:

$$1.0 \text{ Mbps} = 0.125 \text{ MB/s}$$

$$Trafico_{hora_{video}} = 0.125 \times 60 \times 60 = 450 \text{ MB/h}$$

Entonces, para 1 hora diaria de visualización:

$$450 \times 30 = 13500 \text{ MB/mes} \approx 13.5 \text{ GB/mes}$$

Para 4 horas diarias:

$$13.5 \times 4 = 54 \text{ GB/mes}$$

Esto evidencia que el consumo depende del tiempo en que el usuario mantenga abierto el video en vivo.

Criterio para seleccionar el plan de internet

Tras haber calculado el tráfico de todo el sistema, y si se desea una supervisión de al menos 4 horas al día, con la posibilidad de que dos usuarios simultáneos estén observando el video en vivo, se concluye que se necesita un plan con las siguientes características:

- De 3 a 5 Mbps de subida efectiva
- Aproximadamente 100 GB de internet

Se consultó cuál era el operador con mejor cobertura en la zona, y tras haber encontrado esa información, se eligió un plan que satisfacía las necesidades operativas de la estación. Este era un plan Postpago con una mensualidad de 69.90 soles.

3.5.4.8 Desarrollo de la interfaz web de monitoreo remoto

El último paso a desarrollar en Google Apps Script era implementar la interfaz web de monitoreo, que permita acceder a la información proveniente de la estación Barranca TDT.

La plataforma fue diseñada con diferentes vistas. La primera consiste en una pantalla principal de acceso y luego viene una vista individual por cada estación. Además, hay secciones en donde se configuran los rangos de operatividad de los parámetros y el módulo de supervisión del video en vivo. Finalmente se tiene un panel para la administración y gestión de las futuras estaciones por añadir.

Diseño de la pantalla principal

La pantalla principal fue implementada como la vista de inicio del sistema. En esta interfaz se muestra un resumen de todas las estaciones registradas en la plataforma, permitiendo identificar mediante un sistema de color cuáles son las que están operativas y cuáles presentan alguna alarma en sus indicadores. Para ello, la tarjeta de cada estación se diseñó como un botón y tenían las siguientes características: color verde para estaciones operativas, color rojo para estaciones con alarma activa y color gris para estaciones sin datos o aún no implementadas. Además, en la parte inferior se incorporó un botón de acceso al panel de administración y una leyenda del significado de cada color.



Figura 36. Pantalla principal del sistema de monitoreo. Fuente: Tomado de: <https://script.google.com/macros/s/AKfycbyj9QxBxG7TTaabWIueeyGpwHdAOMa1OqLkPgrpMw2u6FlzcoQr2ai3AlhWXbgNtDhZWQ/exec>

Diseño de la vista por estación

Esta vista fue desarrollada para presentar el detalle operativo de una estación en específica. En este caso de Barranca, la pantalla muestra los indicadores seleccionados para la supervisión remota del transmisor, además de mostrar la fecha y hora en que los datos se obtuvieron, una captura de pantalla de la interfaz del transmisor y la señal del video en vivo.

En la parte superior se ordenaron los 4 parámetros: Potencia directa, potencia reflejada, voltaje del amplificador y temperatura interna. Estos indicadores fueron presentados en forma de tarjetas que eran coloreadas con un color según los rangos establecidos: Verde cuando los valores se encuentran dentro del rango establecido y rojo cuando se encuentran fuera. Debajo de estos indicadores se mostró la fecha y hora de la última captura recibida desde la estación, lo cual permitió verificar la actualidad de la información visualizada. Asimismo, se incorporaron botones de interacción para mostrar u ocultar la interfaz web capturada, actualizar manualmente la información y acceder a la configuración de rangos de operatividad.

En la parte inferior se desarrolló la interfaz de supervisión visual en tiempo real, basada en la reproducción del flujo HLS generado a partir de la cámara IP instalada en la estación. La sección de video fue diseñada para trabajar bajo demanda, es decir, no se carga el video a menos que un usuario la active. De esa manera se optimizaron los recursos de red y el consumo de ancho de banda (aspecto que se desarrolla en una sección posterior). Además de esto, se integró un panel de configuración que permite visualizar, recargar o actualizar la URL almacenada en el servidor de Google Apps Script. De esa manera es posible actualizar el link generado por la herramienta Cloudflared.

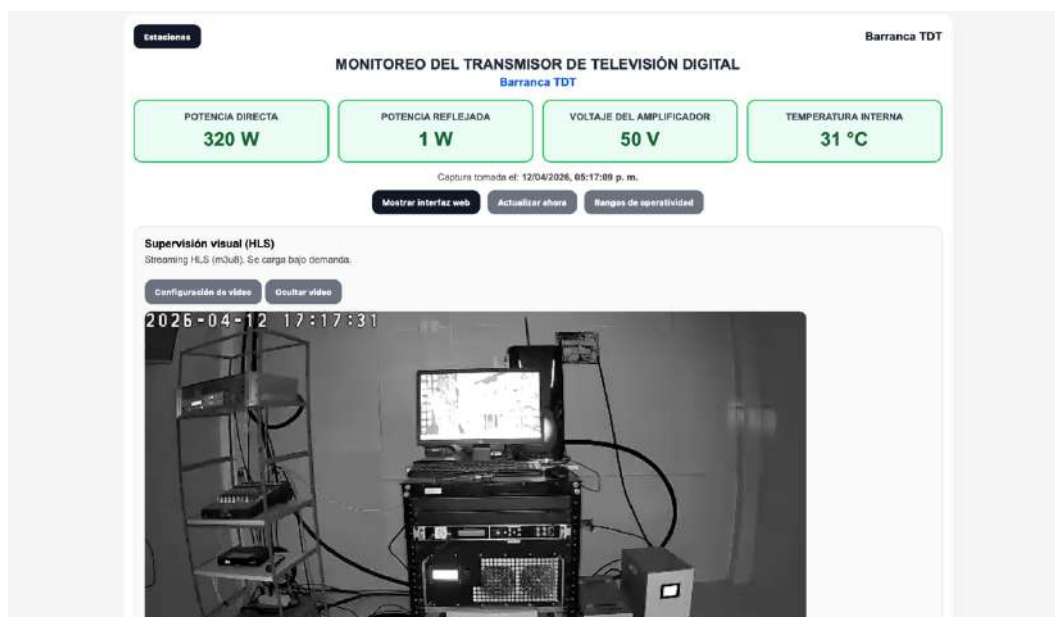


Figura 37. Vista por estación. Fuente: Tomado de: <https://script.google.com/a/bethelvtv.tv/macros/s/AKfycbyj9QxBxG7TTaabWluecyGpwHdAOMa1OqLkPqrpMw2u6FlzcoQr2ai3AlhWXbgNtDhZWQ/exec?page=station&id=barranca>

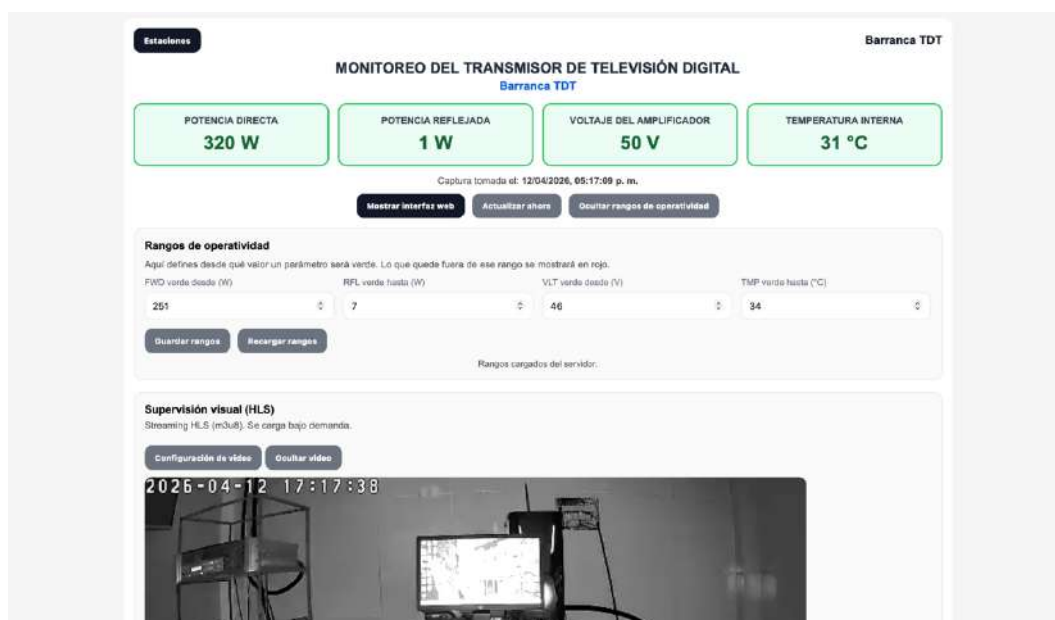


Figura 38. Configuración de los rangos de operatividad. Fuente: Tomado de:

<https://script.google.com/a/bethelvtv.tv/macros/s/AKfycbyj9QxBxG7TTaabWluecyGpwHdAOMa1OqLkPqrpMw2u6FlzcoQr2ai3AlhWXbgNtDhZWQ/exec?page=station&id=barranca>

<https://script.google.com/a/bethelvtv.tv/macros/s/AKfycbyj9QxBxG7TTaabWIueeyGpwHdAOMa1OqLkPqrpMw2u6FlzcoQr2ai3AlhWXbgNtDhZWQ/exec?page=station&id=barranca>

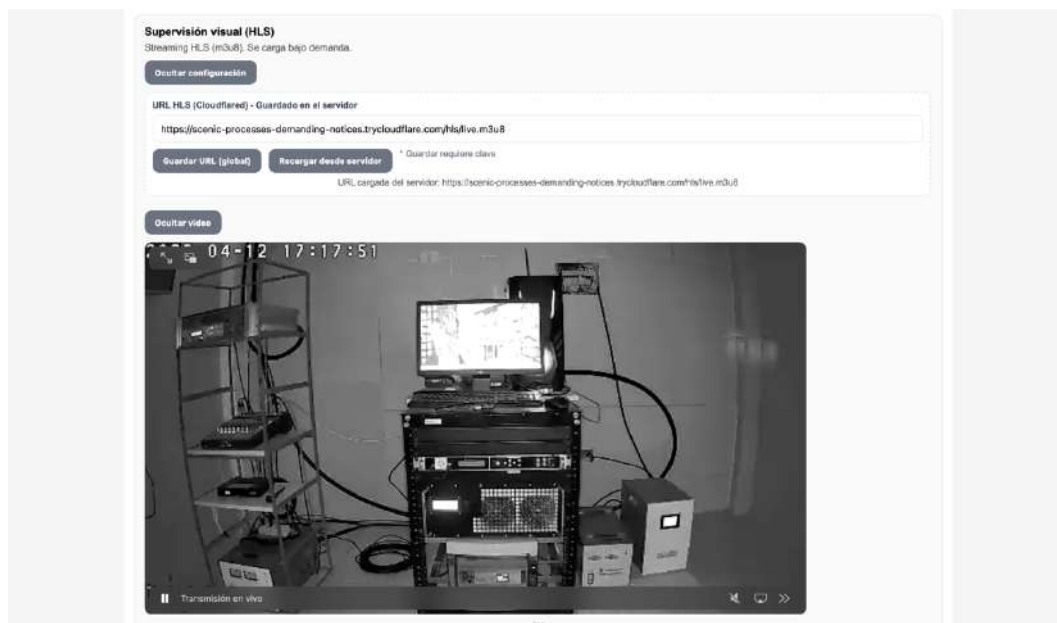


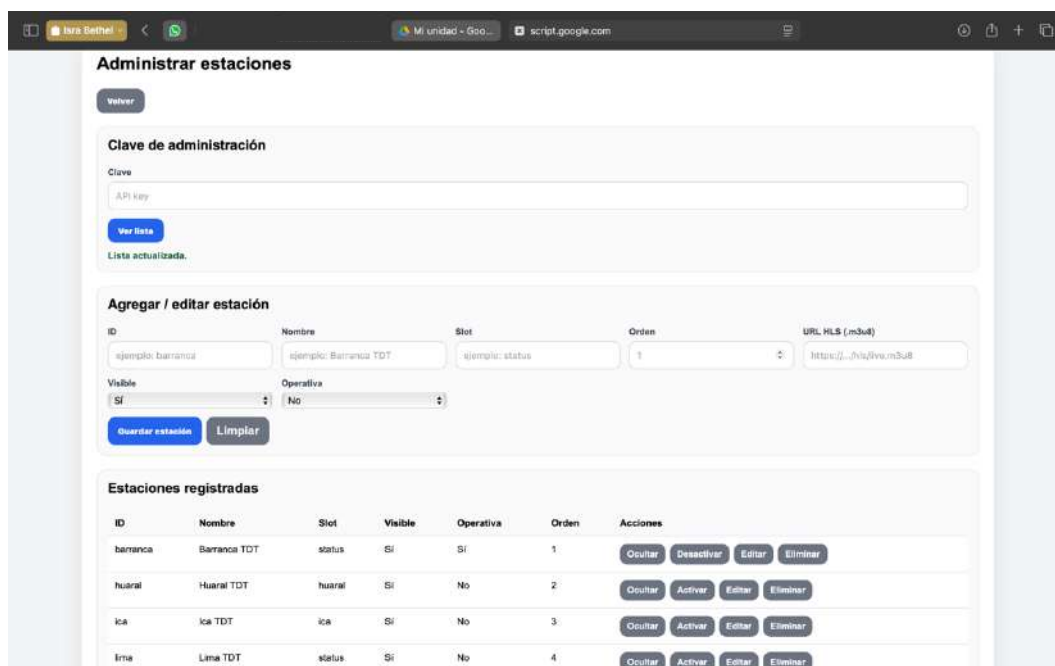
Figura 39. Configuración del video en vivo. Fuente: Tomado de: <https://script.google.com/a/bethelvtv.tv/macros/s/AKfycbyj9QxBxG7TTaabWIueeyGpwHdAOMa1OqLkPqrpMw2u6FlzcoQr2ai3AlhWXbgNtDhZWQ/exec?page=station&id=barranca>

Desarrollo del panel de administración

Además de las vistas operativas, se implementó un panel que administra cada estación registrada en la plataforma. El primer campo es una clave de autenticación para agregar, editar o eliminar estaciones en el sistema, permitiendo la escalabilidad del mismo. Luego incluye un formulario para agregar o editar estaciones nuevas, definiendo atributos como:

- Identificador
- Nombre
- Slot
- Orden de visualización
- Visibilidad
- Estado operativo
- URL para visualización del video en vivo

Además, existe una tabla con todas las estaciones registradas hasta el momento, con botones para ocultar, editar o eliminar. De esta manera no será necesario manipular el código de la aplicación web para administrar las estaciones, permitiendo que la plataforma esté preparada para soportar una red amplia, como la que Bethel posee.



Administrar estaciones

Clave de administración

Clave
API key

Ver lista

Lista actualizada.

Agregar / editar estación

ID: ejemplo: barranca
Nombre: ejemplo: Barranca TDT
Slot: ejemplo: status
Orden: 1
URL HLS (m3u8): https://...hls/ivw.m3u8

Visible: Si
Operativa: No

Guardar estación **Limpiar**

Estaciones registradas

ID	Nombre	Slot	Visible	Operativa	Orden	Acciones
barranca	Barranca TDT	status	Si	Si	1	Ocultar Desactivar Editar Eliminar
huaral	Huaral TDT	huaral	Si	No	2	Ocultar Activar Editar Eliminar
ica	Ica TDT	ica	Si	No	3	Ocultar Activar Editar Eliminar
lima	Lima TDT	status	Si	No	4	Ocultar Activar Editar Eliminar

Figura 40. Panel de administración de estaciones. Fuente: Tomado de: <https://script.google.com/a/bethel.tv/macros/s/AKfycbyj9QxBxG7TTaabWluecyGpwHdAOMa1OqLkPqrpMw2u6FlzcoQr2ai3AlhWXbgNtDhZWQ/exec?page=admin>

3.6 Resultados de la actividad

Como resultado de la actividad, se logró implementar un sistema funcional de monitoreo remoto para la estación de Televisión Digital Terrestre de Bethel Televisión en Barranca desde la oficina de la Unidad Técnica en Lima.

- Uno de los principales resultados fue la puesta en marcha de la plataforma de monitoreo en tiempo real. En la TV de la sala principal de la oficina se

colocó una PC dedicada al monitoreo remoto y se ingresó la URL de la plataforma, en donde se veía de manera continua el estado de la estación.

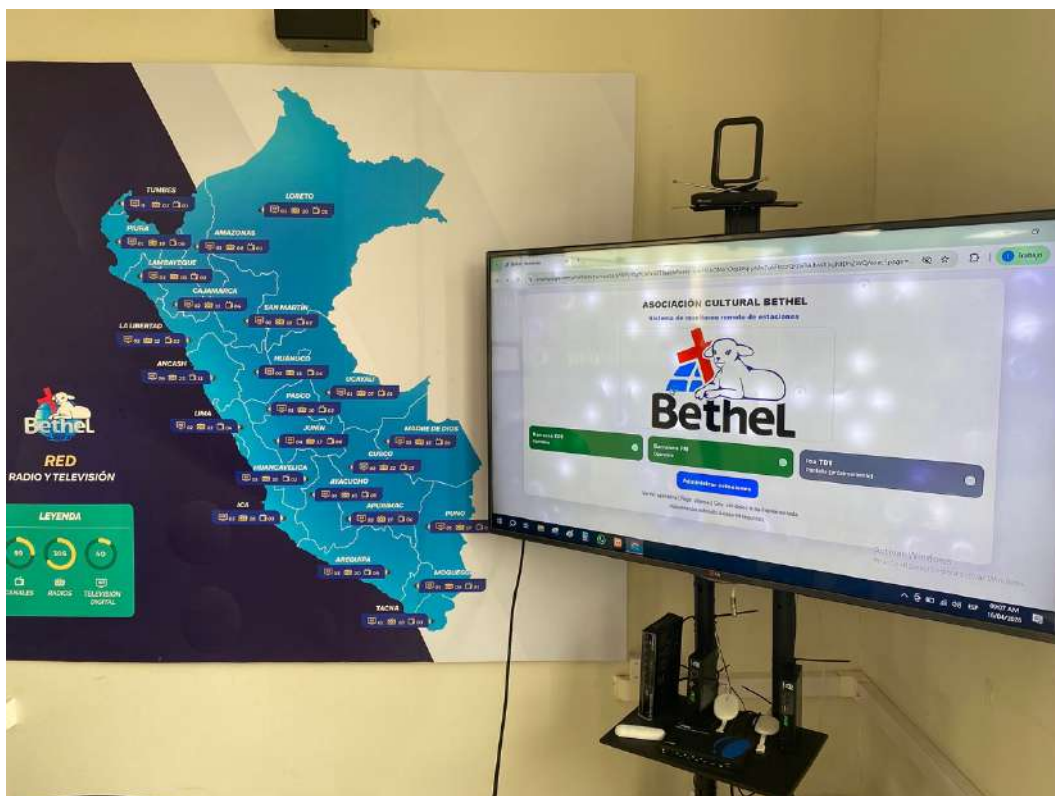


Figura 41. Plataforma de monitoreo en la oficina de la Unidad Técnica de Bethel.
Fuente: Elaboración propia.

- Otro resultado importante fue la implementación del sistema de alertas automáticas por correo electrónico, el cual permitió notificar condiciones críticas detectadas por la plataforma. El día 13 de marzo del 2026 se detectó que los valores de la estación estaban en estado crítico. Después de consultar con los encargados en Barranca, se comprobó que era una incidencia eléctrica que había afectado a la zona, demostrando que la plataforma estaba advirtiendo a tiempo que la estación estaba fuera del aire.

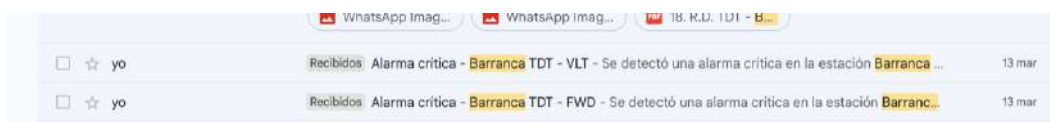


Figura 42. Correo electrónico generado por la alerta automática del sistema.
Fuente: Elaboración propia.

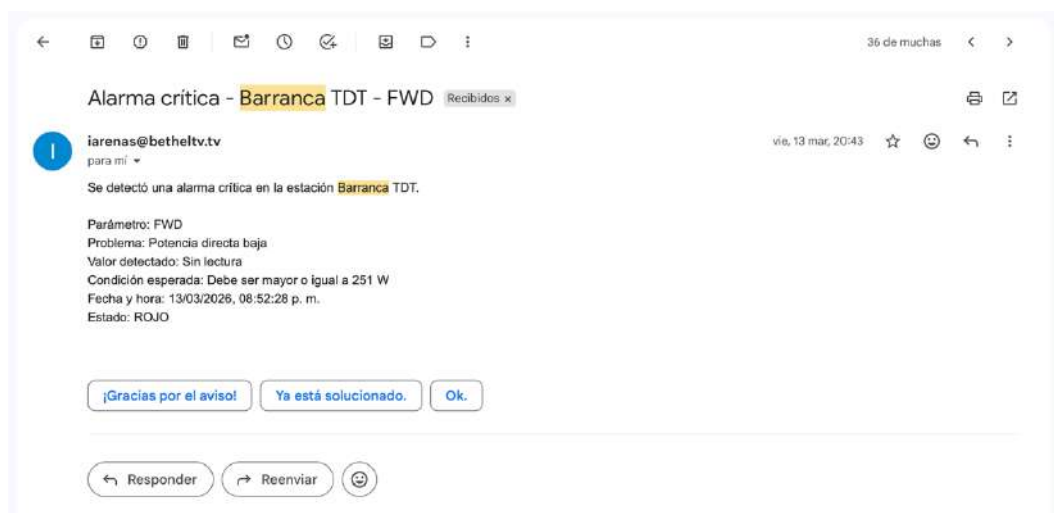


Figura 43. Detalle del correo electrónico generado por la alerta automática del sistema. Fuente: Elaboración propia.

- Con relación a la escalabilidad del sistema, recientemente se tuvo la capacidad de incorporar nuevas estaciones dentro de la plataforma, lo cual evidenció que la solución desarrollada no queda atada solamente a la estación de Barranca TDT, sino que puede ampliarse hasta llegar a cubrir toda la red de estaciones de Bethel.



Figura 44. Plataforma de monitoreo en la actualidad. Fuente: Tomado de: https://script.google.com/macros/s/AKfycbyj9QxBxG7TTaabWIuecyGpwHdAO_Ma1OqLkPqrpMw2u6FlzcoQr2ai3AlhWXbgNtDhZWQ/exec

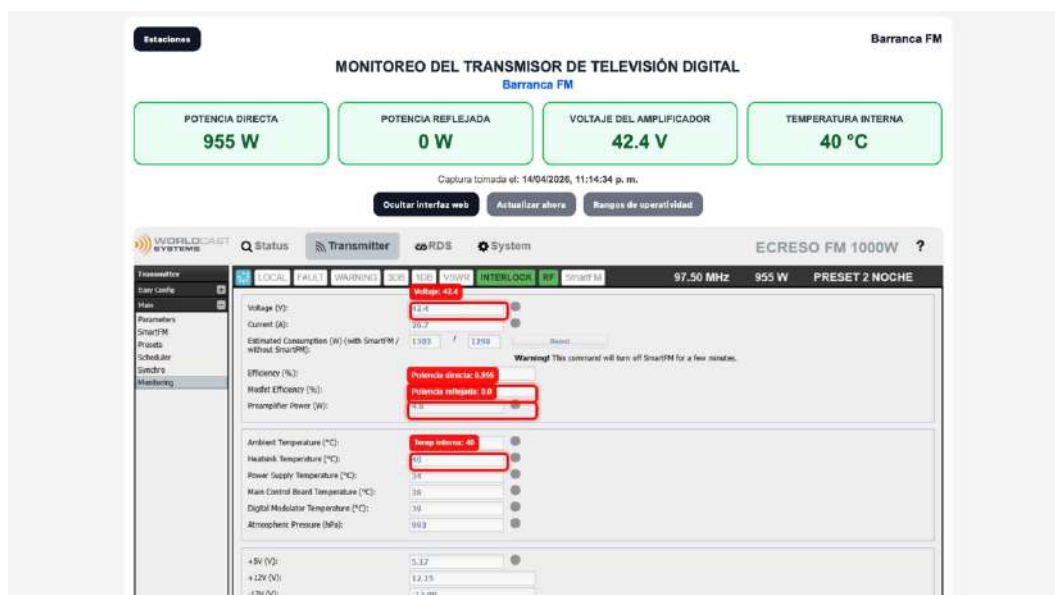


Figura 45. Vista de la nueva estación añadida: Barranca FM. Fuente: Tomado de: <https://script.google.com/a/bethelvtv.tv/macros/s/AKfycbyj9QxBxG7TTaabWlueeyGpwHdAOMa1OqLkPqrpMw2u6FlzcoQr2ai3AlhWXbgNtDhZWQ/exec?page=station&id=barrancafm>

- Se logró que el sistema tenga un monitoreo en tiempo real y de manera automática, pues la plataforma actualiza la información del transmisor cada 60 segundos.



Figura 46. Captura tomada a las 10:45 pm. Fuente: Elaboración propia.



Figura 47. Captura tomada a las 10:46 pm. Fuente: Elaboración propia.

- En términos operativos, la actividad permitió reducir la necesidad de visitas técnicas para conocer el estado del transmisor. Además, el sistema implementado permitió atender una de las principales debilidades identificadas al inicio del proyecto, como la falta de monitoreo continuo de parámetros críticos, particularmente la temperatura interna del equipo.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Descripción de la implementación

La ejecución del sistema de monitoreo remoto para la estación de Barranca permitió pasar de un modelo de supervisión presencial a uno de manera remota, basándose en las herramientas web implementadas y en la conectividad 4G/LTE. De esta manera, fue posible mostrar las variables críticas del transmisor digital junto con una visual en vivo de lo que sucede en la caseta de transmisión, actualizando la información de manera periódica y emitiendo alertas ante cualquier parámetro anómalo que detecte del transmisor.

4.2 Evaluación económica

4.2.1 Costos de implementación del sistema

El costo de implementación debe entenderse como una inversión inicial orientada a dotar a la estación de una capacidad de supervisión remota. Asimismo, la computadora instalada en la caseta podrá ser utilizada posteriormente para otras funciones operativas, como la implementación de un canal adicional con programación local. Por ello, la inversión realizada no se limita únicamente al sistema de monitoreo remoto, sino que también contribuye al fortalecimiento de la infraestructura de la estación.

Concepto	Cantidad	Costo total (S/)
PC Intel Core i5, 16GB RAM, 256GB SSD, con monitor 23.8" IPS 120 Hz, Windows 11 Pro	1	S/ 1,570.00
Cámara Tapo C210	1	S/ 108.00
Router TP LINK 4G LTE MR640	1	S/ 310.00
Plan Max Ilimitado 69.90 (costo fijo mensual con una promoción del 50% ilimitadamente)	1	S/ 34.95
Total		S/ 2,022.95

Tabla 8. Costo de implementación del sistema de monitoreo remoto. Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 Comparación con una solución comercial de monitoreo

Como parte de la evaluación económica del sistema implementado, es importante contrastar la plataforma creada con otros sistemas comerciales de monitoreo y gestión remota de estaciones. En ese contexto, puede mencionarse a Kybio, desarrollado por WorldCast Systems, el cual se presenta como un sistema de gestión de red (NMS) para medios y radiodifusión, diseñado para centralizar la supervisión de múltiples equipos y ubicaciones, generar alertas en tiempo real y mostrar el rendimiento mediante paneles inteligentes. (WorldCast Systems, s.f.).

Desde un punto de vista operativo, tanto el sistema desarrollado como Kybio comparten el propósito de supervisar los parámetros críticos en una sola plataforma. Sin embargo, difieren en la arquitectura con la que fueron diseñados, pues el sistema propuesto se basa en herramientas web y servicios en la nube de menor complejidad.

Desde un punto de vista económico, la principal diferencia la encontramos en el hecho de que Kybio forma parte de un ecosistema perteneciente a WorldCast

Systems, empresa fabricante de los transmisores FM de la marca Ecreso. En la página web de WorldCast Systems se menciona que Kybio puede utilizarse un año de forma gratuita con un límite de hasta 25 dispositivos conectados, siempre y cuando sean productos que pertenezcan al entorno de la marca. A partir del primer año, se empieza con una suscripción mensual que depende de la cantidad de equipos agregados a Kybio. Asimismo, si se cuenta con un equipo de otro fabricante, es posible adquirir una interfaz adicional con un costo determinado para integrarlo a la plataforma. Por esa razón el sistema desarrollado representa una alternativa económica y escalable para una red tan grande y de tantos fabricantes de transmisores de televisión digital como de FM como la que Bethel posee.

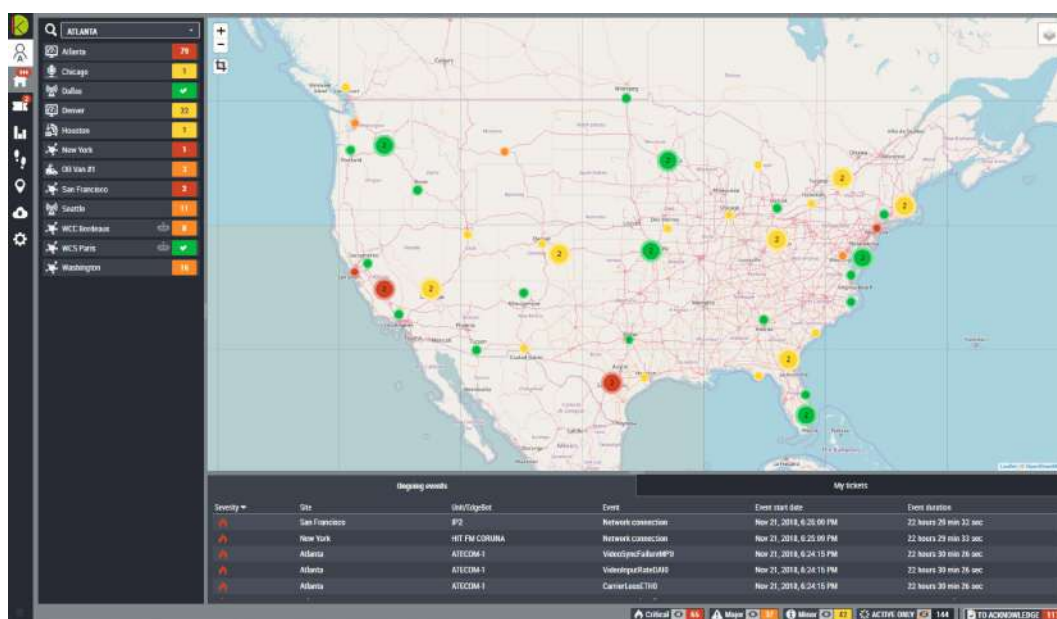


Figura 48. Interfaz de Kybio. Fuente: Tomado de: <https://www.worldcastconnect.com/en/c172p174>

4.2.3 Comparación entre supervisión presencial y supervisión remota

Desde el punto de vista del tiempo, la supervisión presencial demanda varias horas entre el traslado, la inspección y el retorno del personal técnico. En cambio, mediante la supervisión remota, la consulta del estado operativo de la estación puede efectuarse en pocos minutos desde la plataforma implementada. Esta diferencia mejora la capacidad de respuesta frente a incidencias y permite que el

personal técnico utilice su tiempo de manera más eficiente, reservando los desplazamientos únicamente para situaciones que realmente requieran intervención en campo.

Desde el punto de vista económico, la supervisión remota también representa una ventaja, ya que reduce la necesidad de incurrir repetidamente en gastos de transporte, viáticos y movilización del personal para verificaciones de rutina. En cambio, el sistema implementado concentra su costo operativo principalmente en la conectividad a internet de la estación, la cual ya fue considerada dentro del diseño de la solución. De esta manera, la propuesta desarrollada no elimina la necesidad de visitas técnicas, pero sí disminuye de manera importante la frecuencia de aquellos viajes que antes eran necesarios solo para confirmar el estado operativo del transmisor.

Para el caso de la estación en Barranca se presenta el cuadro comparativo entre una visita presencial y el sistema de monitoreo, asumiendo antes los siguientes supuestos:

- Se considera 1 técnico viajando desde Lima a Barranca.
- El traslado se realiza en bus interprovincial.
- El viaje toma entre 3 y 4 horas por tramo, es decir, entre 6 y 8 horas ida y vuelta.
- Se considera un costo de pasaje de S/15 por tramo, es decir, S/30 ida y vuelta.
- Se agregan costos operativos razonables de movilidad local y alimentación como supuestos de trabajo.
- Para el sistema remoto se usa como referencia un plan de 120 GB por S/34.95/mes.

Concepto	Visita técnica presencial a Barranca	Monitoreo remoto implementado
Tiempo de traslado	6 a 8 h ida y vuelta	0 h

Tiempo de revisión/diagnóstico	1 a 2 h (supuesto)	5 a 15 min aprox. para ver plataforma y confirmar estado (supuesto)
Tiempo total por evento	7 a 10 h	5 a 15 min
Pasajes	S/ 30 ida y vuelta	S/ 0 por evento
Movilidad local	S/ 10 soles la moto de la ciudad a la planta	S/ 0
Viáticos de ruta	S/ 40	S/ 0
Costo directo por evento	S/ 80	S/ 0 por evento
Costo mensual de conectividad	No aplica	S/ 34.95/mes
Diagnóstico inmediato	No	Sí
Necesidad de desplazamiento físico	Sí	No, salvo falla mayor
Disponibilidad de información continua	No	Sí

Tabla 9. Comparación entre supervisión presencial y monitoreo remoto.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

Se concluye que fue posible desarrollar e implementar un sistema de monitoreo remoto para la estación de Televisión Digital Terrestre de Bethel Televisión en Barranca, utilizando Google Apps Script, herramientas web y conectividad 4G/LTE, cumpliéndose así el objetivo general del trabajo.

Se logró centralizar en una sola interfaz los parámetros críticos del transmisor de televisión digital, además de integrar el video en vivo de la caseta.

Se logró implementar satisfactoriamente la automatización del envío de información proveniente de la caseta, estableciendo una actualización periódica cada 60 segundos.

Se concluye que la implementación del sistema de alertas por correo electrónico permite advertir incidencias en el transmisor de televisión digital con mayor prontitud en comparación al modelo basado únicamente en reportes del personal técnico de la zona.

Se concluye que el uso de conectividad LTE permitió que la caseta, ubicada en un cerro a las afueras de la ciudad, pudiera contar con conexión a internet para mantener operativo el sistema de monitoreo sin necesidad de una conexión cableada.

Se concluye que el sistema implementado permitió reducir la necesidad de realizar visitas técnicas presenciales destinadas únicamente a verificar el estado operativo del transmisor, generando ventajas en términos de tiempo de respuesta y de uso más eficiente de los recursos de Bethel.

Se confirmó que la plataforma presenta capacidad de escalabilidad, al poder incorporar una estación adicional al sistema, evidenciando su aplicación en otras estaciones de Bethel.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

- Se recomienda configurar la computadora instalada para que pueda encenderse automáticamente ante un corte de suministro eléctrico, por ejemplo, una modificación en el sistema de encendido que permita su arranque sin intervención manual.
- Se recomienda evaluar a futuro la adquisición de un UPS que abastezca la computadora local, el router LTE y la cámara IP, a fin de mantener el sistema de monitoreo y el video en vivo sin interrupciones aún ante cortes del suministro eléctrico.
- Se recomienda evaluar a futuro la implementación de un sistema de generación fotovoltaica compuesto por paneles solares, controlador de carga, banco de baterías e inversor, destinado a suministrar energía eléctrica a la computadora local, el router LTE y la cámara IP del sistema de monitoreo remoto. Esta implementación permitiría mantener operativos estos equipos ante interrupciones prolongadas del suministro eléctrico, incrementando la autonomía y disponibilidad del sistema de monitoreo.
- Se recomienda implementar un mecanismo de publicación permanente para el flujo de video en vivo, de manera que la dirección de acceso permanezca estable aun cuando el servicio de túnel deba reiniciarse, evitando la actualización manual de la URL en la plataforma de monitoreo.
- Se recomienda incorporar un sistema de almacenamiento histórico de datos y de alertas generadas. Esto permitiría realizar consultas temporales, análisis de tendencias y generar información útil para estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo
- Se recomienda fortalecer el mecanismo de autenticación de la plataforma mediante la implementación de credenciales individuales para el personal técnico.

CAPÍTULO VII: REFERENCIAS

- Álvarez Ariza, J., & Nomesqui Galvis, C. (2023). RaspyControl Lab: A fully open-source and real-time remote laboratory for education in automatic control systems using Raspberry Pi and Python. *HardwareX*.
- Dinu, A., & Homocianu, D. (2017). Cloud Computing Based Web Applications. Examples and Considerations on Google Apps Script. *SSRN Electronic Journal*, 64-69.
- Naranjo Pomalaya, D. (2019). *Diseño e implementación de un sistema de monitoreo remoto que use la tecnología móvil 3G/4G*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú .
- ITU. (2017). ITU Radio Regulations. *CHAPTER I Terminology and technical characteristics*, 7-25.
- ITU. (2015). Manual sobre la gestión nacional del espectro.
- ITU. (2024). Reglamento de Radiocomunicaciones.
- MTC. (s.f.). *Gobierno del Perú*. Obtenido de Televisión Digital Terrestre: <https://www.gob.pe/institucion/mtc/tema/television-digital-terrestre-tdt>
- ARIB. (2014). TRANSMISSION SYSTEM FOR DIGITAL TERRESTRIAL TELEVISION BROADCASTING. *Association of Radio Industries and Businesses English Translation*.
- MTC. (2010). *Plan Maestro para la implementación de la Televisión Digital Terrestre en el Perú*. Obtenido de Gobierno del Perú: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5245835/Decreto%20Supremo%20N%200017-2010-MTC.pdf?v=1696751414>
- Panchi Herrera, E. G. (2016). *Estudio técnico de la factibilidad de implementar una red de datos para el monitoreo remoto de los parámetros operativos de transmisores de radiodifusión FM utilizando la plataforma celular GSM/GPRS*. Quito: Repositorio PUCE.

Nautel. (s.f.). *Operation and maintenance manual*. Obtenido de Nautel:

<https://www3.nautel.com/>

Google. (s.f.). *Apps Script*. Obtenido de Google Workspace:

<https://developers.google.com/apps-script/overview?hl=es-419>

Google. (s.f.). *Apps Web*. Obtenido de Google Workspace:

<https://developers.google.com/apps-script/guides/web?hl=es-419>

Mozilla Foundation. (s.f.). *HTML: HyperText Markup Language*. Obtenido de Resources for Developers:

<https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/HTML>

Mozilla Foundation. (s.f.). *CSS*. Obtenido de Resources for Developers:

<https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/CSS>

JS, N. (s.f.). *Descarga Node JS*. Obtenido de <https://nodejs.org/en/download>

Playwright. (s.f.). *Playwright*. Obtenido de <https://playwright.dev>

FFmpeg. (s.f.). *FFmpeg*. Obtenido de <https://ffmpeg.org>

Docs, C. (s.f.). *Cloudflare One*. Obtenido de

<https://developers.cloudflare.com/cloudflare-one/networks/connectors/cloudflare-tunnel/>

WorldCast Systems. (s.f.). *Worldcast Systems*. Obtenido de Kybio NMS:

<https://www.worldcastsystems.com/es/pricing-and-offers/kybio-nms-free-trial?>

Golshan, R. (2011). *LTE Advanced - White Paper*. Obtenido de 3gpp.org:

https://www.3gpp.org/images/PDF/lte_advanced_SAI_paper.pdf

CAPÍTULO VIII: ANEXOS

Anexo A: Cámara IP Tapo C210



Specifications

Camera

- Image Sensor: 1/2.8"
- Resolution: 2K Definition
- Night Vision: 850 nm IR LED up to 30 ft
- Lens: F/NO: 2.4; Focal Length: 3.83mm
- View Range: 360° horizontal and 114° vertical

Audio

- Audio Communication: 2-way audio
- Audio Input & Output: Built-in microphone and speaker

Video

- Video Compression: H.264
- Frame Rate: 15fps
- Video Streaming: 2K

Activity Notifications

- Input Trigger: Motion detection, Person detection, Baby Crying detection
- Output Notification: Notification, Snapshot(Tapo care), Clips(Tapo care).

Hardware

- Button: RESET button
- Indicator LED: System LED
- Adapter Input: 100-240VAC, 50/60Hz, 0.3A
- Adapter Output: 9.0V/0.6A
- External Storage: Micro SD card slot (Supports up to 256GB)
- Dimensions (W x D x H): 3.4 x 3.3 x 4.6 in. (86.5 x 85 x 117.7 mm)

Specifications

Network

- Wireless Rate:
 - 11Mbps(802.11b)
 - 54Mbps(802.11g)
 - 150Mbps(802.11n)
- Frequency: 2.4GHz
- Wireless Security: WPA/WPA2-PSK
- Security: 128 bit AES encryption with SSL/TLS
- Protocol: TCP/IP, DHCP, ARP, ICMP, DNS, NTP, HTTP, HTTPS, UDP, ONVIF, RTSP

Others

- Certifications: FCC, IC, CE, NCC
- System Requirement: iOS 10+, Android 5.0+
- Package Contents:
 - Tapo C210 Camera
 - Power Adapter
 - Quick Start Guide
 - A Camera Base
 - Mounting Screws
 - Mounting Template
- Operating Temperature: 0 °C ~ 40 °C (32°F ~ 104°F)
- Storage Temperature: -40°C~70°C (-40°F~158°F)
- Operating Humidity: 10%~90%RH, Non-condensing
- Storage Humidity: 5%~90%RH, Non-condensing



Specifications are subject to change without notice. Tapo is a registered trademark of TP-Link Corporation. United States is a service mark of Apple Inc. Google is a trademark of Google LLC. Amazon, Alexa, and all related logos are trademarks of Amazon.com, Inc. or its affiliates. Copyright © 2022 TP-Link Corporation. Limited. All rights reserved.
 *The SD card is not included in the package. *The dots comes from TP-Link laboratory.

Anexo B: PC Intel Core i5, 16GB RAM, 256GB SSD, con monitor pantalla 23.8" IPS 120 Hz, Windows 11 Pro

Especificaciones del producto			
Uso recomendado	Ambiente ventilado	Requiere transformador	No
Procesador	Intel Core i5	Incluye transformador	No
Placa	Esonic h310cda1	Tipo de enchufe	Espiga redonda
Tarjeta gráfica	No	¿Qué incluye en la caja?	Computadora Intel Core i5 con monitor 23.8" FHD IPS 120Hz con altavoz, teclado, mouse y cable de red
Memoria RAM	16 GB	Modelo	Esonic h310cda1
Disco sólido (SSD)	256 GB	Garantía	1 año
Case	Dragon Cr15	Información adicional	Después de 30 días de la compra, el envío al centro de servicio corre por cuenta del comprador, y la garantía no cubre problemas de software, daños por accidente, uso indebido, reparaciones de terceros ni modificaciones sin autorización escrita
Nombre de SO	Windows 11 Pro		

Anexo C: Router TP Link TL-MR6400

Routers 3G/4G		TL-MR6400	Descripción General	Especificaciones
CARACTERÍSTICAS DE HARDWARE				
Interface		3 Puertos LAN 10/100Mbps, 1 Puerto LAN/WAN 10/100Mbps y 1 Ranura para Tarjeta SIM		
Puertos		3× 10/100 Mbps LAN ports, 1× 10/100 Mbps LAN/WAN Port, 1× Nano SIM Card Slot		
Botón		Botón WPS/Reset, Botón Wi-Fi On/Off y Botón Power On/Off		
Fuente de Alimentación Externa		12V/1A		
Fuente de alimentación externa (EU)		9V/0.85A		
Dimensiones (W X D X H)		202 x 141 x 33.6 mm. (7.95 x 5.55 x 1.32 in).		
Tipo de Antena		2 Antenas Wi-Fi Internas, 2 Antenas 4G LTE Externas		
CARACTERÍSTICAS INALÁMBRICAS				
Estándares Inalámbricos		IEEE 802.11b/g/n 2.4GHz		
Frecuencia		2.4GHz		
Tasa de Señal		300Mbps en 2.4GHz		
Sensibilidad de Recepción		11g 54M: -74dBm 11n HT20: -71dBm 11n HT40: -67dBm		
Potencia de Transmisión		CE: <20dBm(2.4GHz)		
Funciones Inalámbricas		Habilitar/Deshabilitar la Emisión Inalámbrica, WDS Bridge, WMM y Estadísticas Inalámbricas		
WAN Failover		Yes		
Seguridad Inalámbrica		Encriptaciones 64/128-bit WEP, WPA/WPA2 y WPA-PSK/WPA2-PSK		

Anexo D: Manual técnico del transmisor digital BD Evolution modelo TVA 600

**BDEVOLUTION**

BD EVOLUTION, LLC
2520 NW 13 St
Miami, Florida,
Email: sales@bdevolutions.com
Web: <https://bdevolutions.com/>
Phone: +1 786-333-3240

MANUAL TECNICO Y DE USUARIO**TVA - 600**

Enero 2020

BDEVOLUTION



BDEVOLUTION

BD EVOLUTION, LLC
2520 NW 13 St
Miami, Florida,
Email: sales@bdevolutions.com
Web: <https://bdevolutions.com/>
Phone: +1 786-333-3240



BDEVOLUTION



BD EVOLUTION

BD EVOLUTION, LLC
2520 NW 13 St
Miami, Florida,
Email: sales@bdevolutions.com
Web: <https://bdevolutions.com/>
Phone: +1 786-333-3240



1.2. Indicadores técnicos

- Support 4 / 8 / 12 / 16 / 20 / 24 channel HDMI input
- Support 1 Gigabit IP input/output, 4 MPTS 128 SPTS output, UDP/RTP protocol (multicast)



BD EVOLUTION, LLC
 2520 NW 13 St
 Miami, Florida,
 Email: sales@bdevolutions.com
 Web: <https://bdevolutions.com/>
 Phone: +1 786-333-3240

- Support 4 or 8 carrier different carrier modulation (ATSC ISDB-Tb DVB-C DVB-T DTMBT) selection output Support 2 ASI input, 2 ASI output separately
- Support MPEG-4 AVC/H.264 encoding, support both CBR and VBR encoding ☑ Low latency 400ms to 800ms
- Support LCD display and button operation ☑ Support web network management
- Support online upgrade ☑ Support OSD function
- Support subtitle scrolling, image and QR code overlay, add LOGO letters and symbols, etc.
- Support display anywhere on the TV screen, adjustable coordinates 720X576, font size, color resolution adjustable☑Support picture and text timing display function, multiple pictures can be displayed in turn

1.3 Características físicas

1. Chasis estándar de 19 "pulgadas
2. Tamaño del chasis 15U (ancho 440 mm × altura 88 mm × profundidad 440 mm)
3. Peso total 60 kg (incluido el embalaje)
4. Temperatura ambiente de funcionamiento 0° C ~ +45 ° C
5. Humedad relativa <95%
6. Altitud <4500 m

Anexo E: Homologación del transmisor digital TVA-600



MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

DIRECCIÓN DE FISCALIZACIONES DE CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA EN COMUNICACIONES

CERTIFICADO DE HOMOLOGACIÓN

Código: BCTV56152	Emisión: 19/07/2023
--------------------------	----------------------------

Que mediante el INFORME N° 4450-2023-MTC/29.01.LIM.H de fecha 19 de julio de 2023, se determinó que el equipo o aparato cumple con las disposiciones de la Ley de Telecomunicaciones y su Reglamento General, con el Reglamento Específico de Homologación de Equipos y Aparatos de Telecomunicaciones y su modificatoria, y con las Normas Técnicas Vigentes; en consecuencia, se autoriza el uso del equipo en el territorio nacional bajo las siguientes condiciones:

El presente certificado no constituye título habilitante para la prestación de servicios de telecomunicaciones, ni autoriza el uso de frecuencias del espectro radioeléctrico.

La expedición del presente certificado no exime a la Dirección de Fiscalización competente del Ministerio de Transportes y Comunicaciones de realizar las mediciones y comprobaciones técnicas destinadas a verificar el cumplimiento de las condiciones en que se otorgó el certificado de homologación.

En caso de incumplirse las disposiciones establecidas en el Reglamento Específico de Homologación de Equipos y Aparatos de Telecomunicaciones o verificarse alguna modificación de las especificaciones técnicas consignadas en el certificado de homologación, el órgano competente procederá a cancelar el certificado otorgado.

Las infracciones relativas a la homologación de equipos y aparatos de telecomunicaciones se encuentran tipificadas en la Ley de Telecomunicaciones y su Reglamento General, y en el ámbito del servicio de radiodifusión, se encuentran contempladas en la Ley de Radio y Televisión y en su Reglamento.

SE CERTIFICA:

FABRICANTE / CONSTRUCTOR / EMPRESA

Nombre : BD EVOLUTION, LLC	
Dirección : 2520 nww 13 st Miami, Florida	País : U.S.A.

DATOS TÉCNICOS DEL EQUIPO Y/O APARATO

Descripción : TRANSMISOR PARA RADIODIFUSION	
Función : Transmisor para radiodifusión por televisión en UHF (digital)	
Marca : BDEVOLUTION	Modelo : TVA-600
Norma Técnica Aplicada : R.M. N° 358-2003-MTC/03, pub. el 16/05/2003-Normas Técnicas del Servicio de Radiodifusión R.S. N° 019-2009-MTC del 24/04/2009 - ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial)	

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE FUNCIONAMIENTO

Banda de frecuencias de transmisión	: 470 - 698 MHz
Potencia de transmisión	: 600 W máx.
Emisión de frecuencias espurias/armónicas	: mejor que -60 dBc
Característica	: Estándares: ISDB-Tb
Nota	: El equipo está conformado por un pre-amplificador modelo: UHFTV-3950MH y Amplificador modelo: UHFTV-400D-20. El uso y la operatividad del equipo están sujetos a la autorización en el servicio de radiodifusión por televisión.



FIRMA DIGITAL

Firmado digitalmente por:
GRANADOS MANDUJANO
Miguel Libertad FAU 20131379944
hard
Motivo: En señal de conformidad
Fecha: 20/07/2023 08:32:40-0500



Firmado digitalmente por:
NIEVES YZAQUIRRE Cesar
Santiago FAU 20131379944 soft
Motivo: Qey V° B°
Fecha: 27/07/2023 15:11:26-0500