

Universidad Miguel Hernández

Facultad de Ciencias Sociales y Jurídicas de Elche

Grado en Comunicación Audiovisual

Trabajo Fin de Grado

Curso Académico 2023 - 2024



**TECNOLOGÍA 4G APLICADA AL BROADCAST Y
REALIZACIONES MULTICÁMARA**

**4G TECHNOLOGY APPLIED TO BROADCAST
AND MULTI-CAMERA PRODUCTIONS**

MODALIDAD A

Teórico de revisión e investigación bibliográfica

Estudiante:

BELDA SÁNCHEZ, ROBERTO

Tutor:

MARTÍNEZ CANO, FRANCISCO JULIÁN

Resumen

El presente trabajo de fin de grado en Comunicación Audiovisual realiza una revisión e investigación bibliográfica de las nuevas tecnologías de comunicaciones 4G aplicadas a las producciones audiovisuales.

Se ha hecho una revisión de materiales bibliográficos para poder contextualizar el objeto de estudio y conocer los flujos de trabajo tradicionales. Para conocer la aportación de la tecnología 4G al sector audiovisual se han revisado diferentes páginas web de referencia y los conocimientos y experiencias de profesionales del sector.

Las tendencias actuales de consumo de información de carácter inmediato ha provocado el desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías en materia de comunicación. Ello ha facilitado la producción en masa de conexiones en directo por parte de las televisiones y de la retransmisión vía internet de eventos deportivos en plataformas de streaming.

Con todo ello, y no menos importante, los profesionales del sector audiovisual deben recibir una formación continua para estar preparados para los nuevos retos que se presentan en el futuro de las comunicaciones y los nuevos flujos de trabajo. Es imprescindible que desde las universidades y los centros de formación profesional formen a los estudiantes en estas nuevas tecnologías, pues de lo contrario llegarán al mercado laboral con una importante carencia formativa.

Palabras clave

mochila 4g; broadcast; eng; streaming; realización audiovisual remota; operador de cámara.

Abstract

This end-of-degree project in Audiovisual Communication carries out a bibliographical review and research of the new 4G communications technologies applied to live audiovisual productions and news production.

A review of bibliographical materials has been made in order to contextualize the object of study and learn about traditional workflows. To learn about the contribution of 4G technology to the audiovisual sector, different reference websites and the knowledge and experiences of professionals in the sector have been reviewed.

Current trends in immediate information consumption have led to the development and application of new communication technologies. This has facilitated the mass production of live connections by televisions and the retransmission via internet of sporting events on streaming platforms.

Last but not least, professionals in the audiovisual sector must receive continuous training to be prepared for the new challenges that arise in the future of communications and new workflows. It is essential that universities and vocational training centers train students in these new technologies, otherwise they will enter the labor market with a significant lack of training.

Keywords

4g field unit; broadcast; eng; streaming; remote media production; cameraman.

ÍNDICE

1. Introducción.....	4
1.1. Hipótesis y objetivos.....	4
1.2. Estado de la cuestión.....	4
1.2.1. Operador de cámara ENG y conexión en directo.....	8
1.2.1.1. Flujos de trabajo tradicionales.....	8
1.2.1.2. Flujo de trabajo con mochilas 4G.....	11
1.2.1.3. ¿Qué son las mochilas 4G?.....	12
1.2.1.4. Funcionamiento.....	15
1.2.1.5. Flujo de trabajo.....	16
1.2.2. Realización multicámara en directo.....	18
1.2.2.1. Realización tradicional.....	18
1.2.2.2. Realización remota.....	21
2. Metodología.....	24
3. Resultados	25
4. Conclusiones y discusión.....	28
5. Bibliografía.....	31
6. Índice de figuras.....	33

1. Introducción

El presente trabajo fin de grado tiene por objeto demostrar un cambio en los flujos de trabajo tradicionales en el sector audiovisual, provocados por las nuevas redes de comunicación 4G y 5G, específicamente, en la transmisión de datos de vídeo y audio para emisiones en directo.

1.1. Hipótesis y objetivos

La hipótesis del estudio pretende demostrar la incidencia de las nuevas tecnologías informáticas y de telecomunicaciones en el actual panorama mediático, concretamente en el campo televisivo y plataformas online de emisión, para la realización de retransmisiones informativas y deportivas.

Los objetivos que estudiaremos a lo largo de esta investigación quedan recogidos de la siguiente manera:

- Conocer los orígenes de las emisiones televisivas en directo y sus flujos de trabajo.
- Contextualizar el origen y la evolución de la tecnología 4G en el actual modelo de telecomunicaciones en el ámbito audiovisual.
- Analizar las ventajas e inconvenientes de la tecnología 4G aplicada a las retransmisiones deportivas.
- Analizar el aumento del uso de la tecnología 4G por parte de las productoras audiovisuales en sus producciones.

1.2. Estado de la cuestión

Un número creciente de productores en el ámbito audiovisual sostienen firmemente que el presente y el futuro de las transmisiones en vivo se fundamentan en la tecnología 4G y 5G, destacando principalmente su coste reducido en comparación con las conexiones vía satélite. Enrique Mondelo Montiel, Director del Área Audiovisual de la Televisión del Principado de Asturias, enfatizó esta perspectiva en una entrevista otorgada a la revista digital TM Broadcast, donde plasmó con claridad su posición al respecto.

Yo creo que está todo cambiando. Desde nuestro punto de vista, que es el de una televisión pequeña con un presupuesto limitado, todo lo que sea IT/IP tiene una diferencia sustancial en cuanto al precio, con soluciones mucho más baratas. Por eso yo soy un convencido de que se van a comer totalmente el mundo broadcast, así de claro (TMBroadcast, 8 de diciembre de 2016).

En este mismo artículo, el productor de informativos para la Televisión de Cataluña, Francesc J. González, destaca la agilidad con la que la tecnología 4G permite realizar trabajos ENG con poco margen de tiempo.

Nos permite producir noticias de forma antes impensable. Un equipo ENG puede empezar a transmitir según llegue al escenario de una noticia urgente. Un enlace clásico satelital lleva su tiempo y sus gestiones. Pero no solo eso, podemos mandar un equipo a una rueda de prensa improvisada en menos de una hora [...] (TMBroadcast, 8 de diciembre de 2016).

El propósito central de esta investigación es evidenciar cómo la tecnología 4G ha revolucionado la accesibilidad para transmitir señales de vídeo al aire o hacia centros de producción desde cualquier ubicación, utilizando equipos técnicos de menor tamaño y coste. Este avance representa una transformación radical en el flujo de trabajo en el ámbito de la producción audiovisual, alterando significativamente las metodologías establecidas hasta la fecha.

Las mejoras en las comunicaciones y redes de telefonía han hecho que las posibilidades de realizar directos crezcan exponencialmente. El 4G ha hecho posible transmitir con un teléfono móvil desde casi cualquier lugar. Con la implementación del 5G, todavía en curso, será un salto aún mayor en las comunicaciones pudiendo enviar mayor cantidad de datos, señales con mayor *bitrate* y mayor resolución.

El *bitrate* de un vídeo es el flujo o la tasa de datos, o lo que es lo mismo, la cantidad de información que reproduce tu ordenador por segundo. Por lo tanto, cuanta mayor sea el flujo de datos por segundo de más calidad tendrá. Este flujo se mide en kilobytes por segundo, o sea que cuantos más kbps haya mejor será la calidad del vídeo (Fernández, 28 de junio de 2023).

La Doctora Saida Santana y el Doctor Vicente Sanz exponen los riesgos de utilizar equipos de transmisión en el artículo El directo con señal móvil en programas informativos de televisión generalista. El caso de Espejo Público de Antena 3.

El riesgo o desventaja que conlleva el envío por equipos de transmisión 4G portátiles en mochila, puede ser el pixelado de la imagen, fallo de cobertura en un sótano, por ejemplo, o un pequeño delay o retardo de plató al punto del directo. Estos problemas se daban más al comienzo del uso de equipos de mochila, cuando solo había 3G (Santana Mahmut y Sanz de León, 2022: 57-58).

Una de las investigaciones fundamentales que sustenta este estudio es la Tesis Doctoral del Profesor Dr. Javier Reyes Cabello, de la Universidad Complutense de Madrid. En su trabajo de investigación, el Dr. Reyes Cabello resalta la relevancia de la transmisión inalámbrica de señales y la movilidad que esta tecnología facilita, subrayando su impacto significativo en el campo de la comunicación audiovisual.

[...] la producción de campo, el operador lleva el terminal a la espalda conectado a la cámara. Como vemos, la idea es que el equipo sea lo más ligero posible, tanto el equipo de cámara ENG como el terminal. Esto permite una gran movilidad al operador, pudiendo transmitir en movimiento, sin cables que le unen a enlaces, [...] (Reyes Cabello, 2017: 467).

Otro aspecto relevante de este estudio es la accesibilidad de equipos de transmisión para productoras de tamaño mediano y pequeño. Javier Murillo Cabello, en su Trabajo de Fin de Grado en Comunicación Audiovisual en la Universidad de Extremadura, pone de relieve la considerable disparidad en los costes entre una mochila 4G y una unidad DSNG (*Digital Satellite News Gathering*). Su análisis resalta cómo esta diferencia de coste incide directamente en la viabilidad económica y operativa para dichas productoras.

Producir un directo con una DSNG vale en torno a 750-1000 euros diarios. El alquiler de estas mochilas supone unos 2000-2500 euros al mes para las cadenas en función de las condiciones concretas y variantes pactadas.

Así, suponiendo un alquiler de 2500 euros entre 30 días del mes, el coste de la mochila cada día es de unos 85-100 euros (Murillo Cabello, 2016: 44).

Los costes asociados de una mochila 4G permiten el crecimiento y uso de esta tecnología por parte de empresas del sector audiovisual, así como ampliar la oferta de servicios que pueden proporcionar. Javier Reyes Cabello, en su tesis, también hace una valoración de los costes de producción de ambas tecnologías, DSNG y 4G.

El coste de las retransmisiones vía DSNG depende del satélite que se utilice pero es de unos 2,5 euros el minuto en España. Además, hay que contar con el servicio del alquiler de la unidad móvil, cuya disponibilidad en exclusiva cuatro horas al día cuesta unos 21.000 euros al mes. [...] Transmitir con una máquina 3G/4G hacia un servidor con un servidor de recepción disponible 24/7, está en torno los 3.000 euros al mes, a los que hay que sumar el coste de los 7 módem o tarjetas SIM, una media de otros 1.200 euros mensuales. La retransmisión, a diferencia de una unidad móvil, no tiene coste (Reyes Cabello, 2017: 651).

Cada vez son más las productoras audiovisuales que ofrecen estos servicios implementando grandes centros de control en sus instalaciones para poder realizar de manera remota el mayor número de eventos posibles. La empresa ATM Broadcaster una de las pioneras de este tipo de producciones, ya que es capaz de realizar hasta 16 partidos simultáneos de fútbol para la plataforma de streaming Footters.

La realización remota es una nueva tecnología que agiliza la producción de contenidos multicámara. En nuestras instalaciones disponemos de 16 controles de realización que permiten producciones de programas de hasta 8 cámaras cada uno de ellos. Esta señal realizada se envía al punto de destino en el formato y de la forma elegida, fibra, satélite, streaming (atm-es.com, 2023).

A través de estos nuevos procesos de producción audiovisual, las pequeñas productoras han ampliado su carta de servicios ofreciendo directos de televisión y streaming. A pesar de ser una tecnología emergente y asequible, Fernando Delgado, gerente de la empresa Arpamedia Broadcast Service,

considera que todavía tiene un largo camino por recorrer hasta adoptarlo como proceso estándar.

La realización remota yo creo que es el futuro y ya lo estamos viendo en grandes eventos como los Juegos Olímpicos. En España se están realizando muchos campeonatos de distintos deportes con varias cámaras y una realización deslocalizada del propio lugar del evento”. [...] Yo creo que esto es una tendencia tecnológica y que durante bastante tiempo van a coexistir ambas, pero el futuro de las telecomunicaciones de alta velocidad está ahí y es innegable que han venido para quedarse y acabará implantándose la tecnología 4G (F. Delgado, comunicación personal, 3 de septiembre de 2022).

1.2.1. Operador de cámara ENG y conexión en directo

La labor del operador de cámara ENG (*Electronic News Gathering*) consiste en la recopilación de noticias integradas por elementos de vídeo y audio, destinadas a su difusión televisiva. Además, estos profesionales asumen la responsabilidad de capturar la señal para transmisiones en vivo, que posteriormente se emiten mediante unidades DSNG (*Digital Satellite News Gathering*) o mochilas 4G. Este rol es crucial para garantizar la calidad y eficacia de la comunicación audiovisual en el ámbito del periodismo televisivo.

Los equipos ENG se caracterizan por su compacto tamaño y por incorporar un grabador integrado, una característica que, aunque hoy parece evidente, no siempre fue así. En los albores de la televisión, existía una separación entre la cámara de vídeo y el magnetoscopio, este último transportado en una maleta de considerable peso. En la actualidad, los medios de grabación más comunes en estos equipos son las tarjetas SD, tarjetas P2 y tarjetas SxS, evidenciando una evolución significativa en términos de portabilidad y eficiencia (Hurí Grupo Audiovisual, 2023).

1.2.1.1. Flujos de trabajo tradicionales

Para entender el rol desempeñado por las tecnologías de telecomunicación en el escenario televisivo contemporáneo, resulta imprescindible retrotraernos a los albores y examinar el flujo de trabajo tradicional. Esta retrospectiva histórica

es fundamental para apreciar las transformaciones que han moldeado la industria y para reconocer cómo los avances tecnológicos han redefinido las prácticas y procesos en el campo de la producción televisiva.

A lo largo de la historia de la televisión se han producido avances muy importantes en cuanto a tecnología empleada, calidad e innovación para ofrecer al espectador una mejor experiencia y disfrute de los contenidos.

Estos avances no se podrían entender sin John Logie Baird, ingeniero y físico escocés, considerado uno de los padres de la historia de la televisión. Desde su laboratorio en Londres, el 26 de enero de 1926 consiguió realizar la primera retransmisión televisiva en directo con público. Después de este hito histórico, consiguió en 1927 mandar una señal entre Londres y Glasgow por línea telefónica y en 1928 lo hizo entre Londres y Nueva York. En 1942, sus investigaciones le llevaron también a realizar la primera demostración dónde se apreciaban tonalidades, precedente de la actual televisión en color (RTVE, 5 de enero de 2021).

El siguiente paso era poder realizar retransmisiones en directo desde el exterior, EFP, para ello, se pensó en montar un estudio similar dentro de un vehículo y hacerlo independiente. De esta manera aparecieron las unidades móviles. La idea básica de este concepto no ha cambiado desde sus inicios, a excepción de los equipos y la tecnología empleada.

Con el paso de los años las unidades móviles aumentaron sus prestaciones incluyendo sistema de mezcla, edición y grabación para emitir las imágenes que está captando un equipo ENG, EFP o unidad móvil. Estos vehículos están equipados con una antena de satélite acoplada en la parte superior (Sanz, 18 de febrero de 2017).

Para la realización de coberturas informativas, el operador de cámara una vez que había grabado las imágenes tenía que desplazarse en coche hasta su centro operativo (televisión o productora) para volcar el material y enviarlo o ingestarlo en su sistema para poder trabajar con él. El tiempo que podía pasar desde que se tomaban las imágenes hasta que estaban disponibles para su uso dependía de la distancia a la que hubieran hecho la cobertura informativa.

Este tiempo se podía incrementar si se veía afectado por factores externos como atascos, averías de coche o condiciones climatológicas, entre otros (Sanz, 18 de febrero de 2017).

Actualmente, también se envía el material mediante un ordenador portátil conectado a un router 4G. Para realizar este proceso se siguen los siguientes pasos:

1. Se vuelcan las imágenes de la tarjeta en el portátil.
2. Se realiza un compactado con un programa de edición como puede ser Adobe Premiere Pro, Final Cut o Avid, que son los softwares profesionales más extendidos.
3. A través de la conexión a internet del router 4G realizamos el envío por FTP o alguna plataforma de envío de archivos, como puede ser wetransfer.com.

En el caso de las transmisiones en directo, el reto del tiempo adicional en los desplazamientos se ve mitigado, dado que las imágenes se transmiten simultáneamente a través de una unidad DSNG. Una vez que el control central otorga el acceso, el periodista simplemente debe proceder con su intervención. No obstante, es una práctica común en los informativos utilizar imágenes de archivo o dividir la pantalla durante el discurso en directo. Estas imágenes suelen ser grabadas con antelación a la conexión en vivo. Por lo tanto, el operador de cámara ENG se enfrenta nuevamente al desafío temporal, a menos que algún miembro del equipo haya asistido al lugar de la noticia y transportado el material grabado a los estudios para su posterior procesamiento. En la figura 1 se muestran los procesos que constituyen los flujos de trabajo convencionales en este ámbito profesional, previos a la introducción de las mochilas 4G.

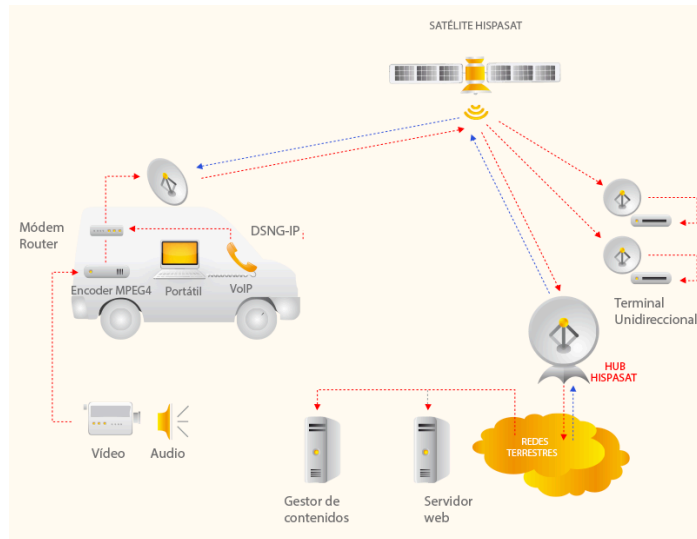


Figura 1. Flujo de señal de vídeo y audio. Fuente: Hispasat.com (2014).

1.2.1.2. Flujo de trabajo con mochilas 4G

Los dispositivos de transmisión, denominados mochilas 4G, facilitan la emisión de señales televisivas a través de las redes de telefonía móvil, constituyendo un recurso técnico esencial para la cobertura inmediata de eventos relevantes. Estos equipos son indispensables tanto para servicios de información como para programas de formato tipo magazine. Representan una opción más económica y eficiente en comparación con las unidades móviles DSNG, destacándose por su agilidad y practicidad en diversas situaciones de reportaje. Las redes de telecomunicaciones móviles aparecieron en 1981 con el servicio básico de telefonía. Esta tecnología ha evolucionado consiguiendo un aumento de sus prestaciones.

[...] cada generación trajo consigo alguna novedad importante, primero fueron los SMS, después los datos y el acceso a Internet y, finalmente, la banda ancha real y el vídeo HD (López Ardao, 9 de noviembre de 2020).

En la figura 2 se ponen de manifiesto los nuevos avances tecnológicos asociados a cada generación de telefonía móvil.






1G	2G	3G	4G	5G
				
1981	1992	2001	2010	2020
2 Kbps	64 Kbps	2 Mbps	100 Mbps	10 Gbps
Servicio básico de telefonía analógico	Servicio básico de telefonía digital (GSM) + mensajes de texto	Llega Internet al móvil	Banda ancha real (video HD)	Internet de las cosas

Figura 2. Evolución de la tecnología móvil. Fuente: theconversation.com (2020).

1.2.1.3. ¿Qué son las mochilas 4G?

Después de explorar los orígenes y la evolución histórica de las emisiones televisivas, culminando con la aparición de la tecnología 4G, se torna imprescindible estudiar el flujo de trabajo actual que se lleva a cabo mediante esta tecnología. Para abordar este análisis, resulta fundamental iniciar definiendo el concepto de mochila 4G y su implicación en el contexto de la producción y transmisión audiovisual contemporánea.

Una mochila 4G se define como un dispositivo de emisión especializado que facilita la transmisión de señales televisivas a través de las redes de telefonía móvil. Este equipo representa una innovación tecnológica significativa en el campo de la comunicación audiovisual, permitiendo una mayor movilidad y flexibilidad en el proceso de transmisión en vivo (Medina, 9 de diciembre de 2021).

En 2006, la compañía LiveU innovó en el sector con la invención del sistema conocido como mochila 4G. Posteriormente, numerosas empresas adoptaron y adaptaron este sistema para la fabricación de dispositivos similares. Carlos Medina, un destacado experto y consultor en tecnología audiovisual, identificó y analizó en un artículo publicado en la revista digital TM Broadcast algunas de las marcas más relevantes en este ámbito que podemos identificar en las figuras 3 y 4.



Figura 3. Mochilas 4G LiveU LU600 y LU800. Fuente: Liveu.tv (2022)



Figura 4. Mochila 4G TVU One. Fuente: tvunetworks.com (2022).

Este trabajo se enfocará en el análisis de las mochilas LiveU, seleccionadas por su calidad, fiabilidad y posición destacada en el mercado. Estos dispositivos se caracterizan por contar con una serie de elementos principales y comunes que conforman su estructura y funcionamiento.

- Un codificador de vídeo/audio.
- Módems compatibles con las tarjetas SIM actuales.

- Conexiones de entrada/salida de vídeo y audio
- Pantalla LCD para configuraciones y/o previsualizar la señal.

El codificador, elemento central de estas mochilas 4G, está integrado en una estructura de mochila, otorgando su nombre característico al dispositivo. Esta configuración facilita notablemente la movilidad y agilidad del operador de cámara. Para iniciar la transmisión, el operador simplemente debe conectar la cámara a la mochila utilizando un cable SDI o HDMI a través de una de las aperturas diseñadas para este fin en la mochila, permitiendo así el envío eficiente de la señal (Medina, 9 de diciembre de 2021).

La capacidad de la mochila 4G para captar señales varía en función de la ubicación geográfica, pudiendo acceder a redes telefónicas 4G, 4G+ o 5G. Sin embargo, al igual que sucede con los teléfonos móviles, existen situaciones en las que la cobertura puede ser insuficiente o inexistente. En tales circunstancias, la emisión de señal a través de la mochila 4G resulta inviable.

Las principales diferencias que hay entre el 4G, el 4G+ o LTE, y el 5G se corresponden a parámetros como la velocidad de transferencia de datos (Mbps), la latencia (milisegundos) o la cobertura en el territorio. Pero también, el aumento del ancho de banda para los datos y el consumo energético (Medina, 9 de diciembre de 2021).

Antes de realizar cualquier conexión en directo es recomendable localizar el lugar dónde vamos a emitir, si es posible, para comprobar que disponemos de un ancho de banda suficiente para realizar la emisión con suficiente calidad.

Según Medina, los fabricantes incluyen una serie de características comunes a todas las mochilas de transmisión:

- Códecs admitidos por el equipo: HEVC / AVC (H265 / H264); Audio: AAC-HE/LC.
- Interfaces/entradas/salidas: SD, HD, 3G-SDI (BNC), 12G-SDI (BNC) HDMI 2.0, HDMI 1.4, USB 2.0, RJ-45 Ethernet, Micro SD Card Slot, Audio Jack (in+out).

- Resolución de vídeo: 1080p50/60-/25/30/24, 1080i50/60, 720p50/60-/25/30/24, PAL, NTSC. Las más actuales soportan contenido UHD y 4K.
- Tecnología soportada: 3G, 4G LTE, 5G, HSPA+, HSUPA, HSDPA, UMTS, CDMA EVDO Rev 0/A/B, Mobile WiMAX y WiFi 802.11.
- Temperatura: De -5°C a 45°C.

(Medina, 9 de diciembre de 2021)

Una característica destacada de ciertas mochilas 4G/5G es su capacidad de transmitir vídeo en alta definición (HD) a través del *bonding* o agregación de redes, que engloba tecnologías como 3G/4G/LTE, WiFi, Ethernet y fibra óptica. Estos equipos están diseñados para asegurar una transmisión de señal altamente fiable, incorporando opciones tales como la tasa de bits adaptable (ABR), tasa de bits constante (CBR), tasa de bits variable (VBR) y corrección automática de errores en la transmisión. Adicionalmente, LiveU ha desarrollado y patentado sus propios algoritmos bajo el Protocolo de Transporte Confiable LRT (moncadaylorenzo.es, s/f).

1.2.1.4. Funcionamiento

La viabilidad de transmitir la señal de vídeo desde el lugar del evento, donde se sitúa el operador de cámara, hasta el centro de control, depende crucialmente de la disponibilidad de un ancho de banda suficiente para el transporte eficiente de los paquetes de datos. Esta condición es esencial para garantizar una transmisión fluida y de alta calidad.

Para ilustrar este proceso, tomaremos como ejemplo la mochila LiveU LU600, una de las más avanzadas y utilizadas en el mercado actual en términos de tecnología 4G/5G. Esta mochila admite hasta ocho interfaces SIM 4G/5G. Sin embargo, no es obligatorio insertar todas las tarjetas SIM; la emisión puede realizarse con el número de SIMs que se prefiera. Por ejemplo, es técnicamente posible transmitir utilizando una única tarjeta SIM, aunque esto no es recomendable. La razón es que cualquier pérdida de cobertura o inestabilidad en la red de la compañía telefónica podría provocar una

interrupción en la conexión. Además, existe la posibilidad de que en la ubicación específica del operador de cámara, la red de la compañía telefónica seleccionada no disponga de cobertura.

Ante esta situación, y con el objetivo de mejorar la fiabilidad y estabilidad en las transmisiones en directo, se ha desarrollado la tecnología de *bonding*. Este sistema permite combinar dos o más interfaces de red para incrementar el ancho de banda disponible. Es importante aclarar que el *bonding* no implica una suma directa de los anchos de banda de todas las interfaces. En cambio, la señal se distribuye entre la cantidad de módems conectados a la mochila. Así, cada tarjeta SIM transmite una porción de datos que es administrada por el algoritmo de la mochila, el cual ajusta la distribución en función de la cobertura de red disponible (moncadaylorenzo.es, s/f).

Para asegurar un servicio óptimo, las productoras televisivas suelen insertar en las mochilas tarjetas SIM de diversas compañías telefónicas. De este modo, si una operadora ofrece cobertura limitada en una localización específica, las tarjetas de otras compañías, con mayor ancho de banda, compensan esta carencia. Esta estrategia es crucial, especialmente si durante una transmisión en directo ocurre un fallo en la red de una de las compañías, ya que el algoritmo redistribuye los paquetes de datos a las interfaces con mayor ancho de banda disponible, minimizando así el impacto en la emisión.

La configuración y monitorización de la señal mediante la tecnología de *bonding* se pueden efectuar a través de aplicaciones de escritorio o aplicaciones móviles para *smartphones* y tabletas. Desde el panel de control, se establecen parámetros fundamentales como la resolución de emisión, la tasa de bits y la cantidad de frames por segundo. Estos constituyen los aspectos básicos y más relevantes de la configuración para una transmisión eficiente.

1.2.1.5. Flujo de trabajo

El principio operativo de las mochilas 4G es similar en todas las marcas, destacándose por su rapidez de inicio y facilidad de transporte. En el contexto

de una conexión en directo, ya sea en informativos o programas, los pasos a seguir por el operador de cámara para iniciar la transmisión son los siguientes:

- Una vez que el operador ha establecido el encuadre deseado con la cámara, debe conectarla a la mochila mediante un cable SDI o HDMI, asegurándose de que las configuraciones de salida de la cámara estén correctamente ajustadas.
- Se procede a encender la mochila 4G, aunque también es posible encenderla previamente a la conexión de la cámara, sin que esto generalmente afecte el proceso. El tiempo de arranque del sistema varía entre 30 segundos y 3 minutos, dependiendo del modelo.
- Tras el encendido, en la pantalla LCD de la mochila se puede verificar la calidad de la cobertura recibida para la transmisión. Una vez comprobada, se presiona el botón 'Live' (o un término similar, según la marca del equipo) para que el encoder comience a enviar la señal.
El último paso consiste en asegurarse de que la velocidad de subida es la adecuada, quedando el operador listo para entrar en directo cuando sea necesario.

La señal de vídeo y audio se envía desde la localización a través de la mochila 4G y es recibida por un decodificador en el centro de producción remoto que reconstruye la señal a partir de los paquetes de datos codificados. En la figura 5 se explica el flujo de la transmisión de datos.

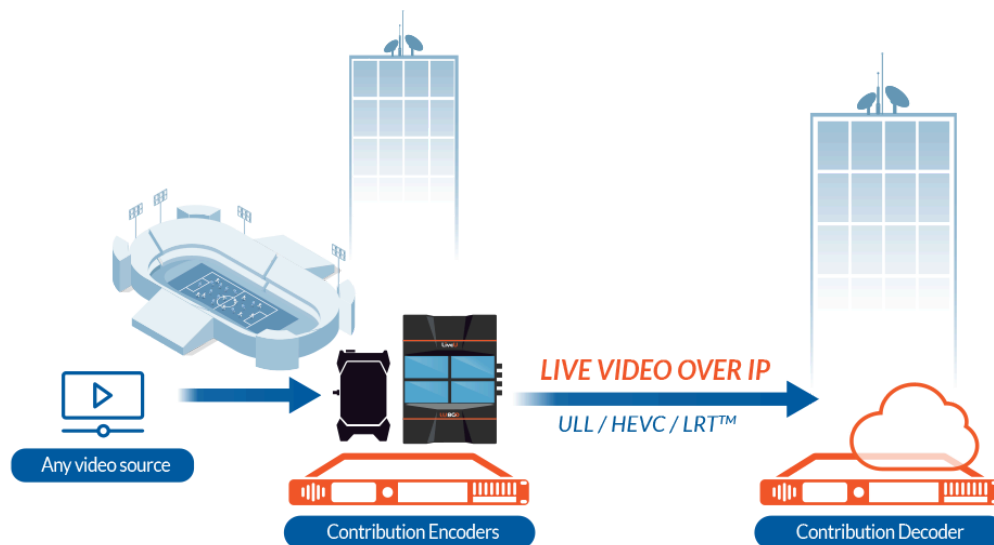


Figura 5. Flujo de señal LiveU. Fuente: liveu.tv (2022).

En el contexto de un servicio ENG, el operador ya no necesita trasladarse hasta las instalaciones con el material en un soporte físico. En cambio, tiene la capacidad de enviar las imágenes directamente desde la cámara, reproduciendo el material grabado. La mochila, al recibir la señal, se encarga de su transmisión. Para llevar a cabo este proceso, el operador se comunica con el centro de control, donde un técnico se encargará de registrar y grabar el material recibido.

1.2.2. Realización multicámara en directo

La realización multicámara implica la producción de un evento o programa de televisión capturando diversas perspectivas simultáneamente. Este método requiere el uso de dos o más cámaras y demanda equipos especializados para procesar y seleccionar la señal apropiada para la emisión en cada instante. En el presente estudio, se enfocará en las producciones realizadas fuera del estudio de televisión, enfatizando específicamente en los eventos deportivos.

1.2.2.1. Realización tradicional

Para entender el funcionamiento de las tecnologías de telecomunicación en las actuales realizaciones en remoto, es necesario conocer el flujo de trabajo tradicional. La retransmisión deportiva tradicional cuenta con los siguientes equipos técnicos y humanos:

- Equipos de cámara y operadores en los puntos deseados.
- Control de realización (unidad móvil o portátil).
- Cableado desde los equipos de cámara al control de realización.
- Lanzadera satelital.
- Grupos electrógenos

En los gráficos 6, 7 y 8 se pueden apreciar los equipos utilizados en una unidad móvil y su distribución en el interior de la misma.

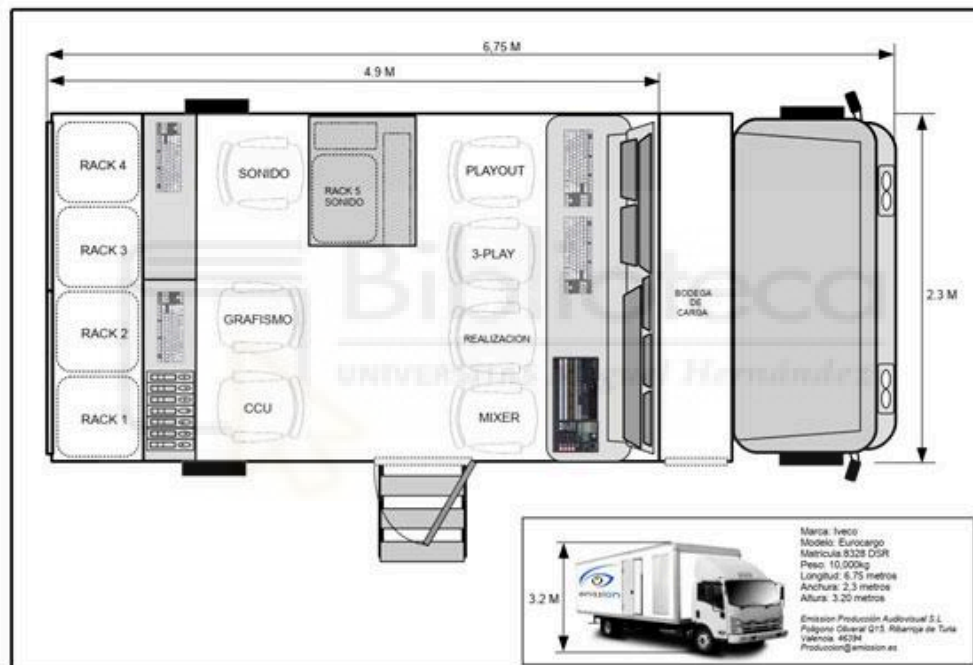


Figura 6. Diseño de una unidad móvil. Fuente: emission.es (2021).



Figura 7. Interior de unidad móvil. Fuente: emission.es (2021).



Figura 8. Exterior unidad móvil y lanzadera. Fuente: emission.es (2021).

1.2.2.2. Realización remota

La realización remota, tal como su denominación sugiere, implica el procesamiento de las señales en un emplazamiento distinto al del evento en sí. Esta modalidad se ha vuelto factible gracias a la implementación de las mochilas 4G.

Para llevar a cabo este tipo de realizaciones, basta con posicionar los equipos de cámara en los puntos estratégicos para la captura de planos deseados y conectarlos a las mochilas 4G. No se requiere de ninguna otra infraestructura de montaje en el lugar por parte del equipo de producción. En la figura 9, se ilustra un ejemplo de cómo los operadores de cámara, equipados con las mochilas 4G, transmiten la señal a un centro de realización ubicado en un espacio distante del lugar del evento. Fernando Delgado se muestra contundente ante el potencial de la tecnología 4G.

Una realización remota permite hacer más puntos de directo y tener ubicaciones más dispares que en una realización cableada. Además, te facilita poder hacer más realizaciones desde un mismo centro de control (F. Delgado, comunicación personal, 3 de septiembre de 2022).

Para recibir y procesar la señal, se cuenta con un centro de control donde se reciben las señales y se integran en el mezclador de vídeo. Este centro de realización permanece ubicado de forma fija en instalaciones que pueden encontrarse a distancias considerables, incluso a miles de kilómetros del evento en cuestión. La calidad y estabilidad de la señal son de vital importancia, por lo que es esencial contar con una conexión de fibra óptica sólida, preferiblemente respaldada por varias líneas instaladas, para garantizar la estabilidad y continuidad de la transmisión. En las figuras 9, 10 y 11 se representan los medios técnicos situados en el evento y el centro de control remoto denominado NOC (*Network Operation Center*) de Quality Media Producciones.



Figura 9. Operadores de cámara con mochila 4G y realización remota. Fuente: liveu.tv (2023).



Figura 10. Equipo conectado a mochila 4G. Fuente: elaboración propia (2019).



Figura 11. Centro de operaciones de red (NOC). Fuente: Quality Media Producciones (2021).

En el gráfico siguiente se presenta de manera detallada todo el proceso de realización remota, abarcando desde la captación de imágenes hasta su distribución. Este flujo de trabajo específico es utilizado por la productora audiovisual ATM Broadcast para sus producciones audiovisuales remotas.

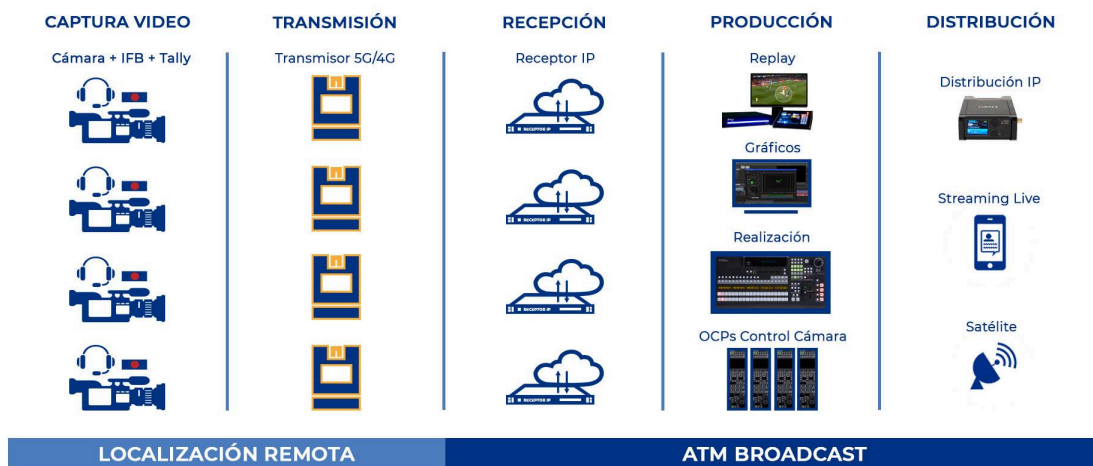


Figura 12. Flujo de trabajo de ATM Broadcast. Fuente: atm-broadcast.com (2022).

Fernando Delgado destaca la importancia del retardo (*delay*) para lograr una comunicación fluida entre el realizador y el operador de cámara al momento de

transmitir instrucciones. Según Fernando, esta cuestión se corregirá con la implementación de las redes 5G.

[...] con las conexiones 4g el delay, bajo mi punto de vista, me parece excesivo, pero esperamos que con las redes 5G ese delay baje a milisegundos que es básicamente el retardo que podríamos tener con una aplicación tipo zoom o skype (F. Delgado, comunicación personal, 3 de septiembre de 2022).

2. Metodología

Para conseguir los objetivos establecidos y dar respuesta a la hipótesis planteada, en la presente investigación utilizaremos una metodología cualitativa combinando la revisión bibliográfica, la entrevista personal a un profesional del medio y experiencia profesional propia.

La investigación bibliográfica resulta imprescindible para contextualizar históricamente las retransmisiones televisivas en directo, explicar conceptos, detallar equipos técnicos, analizar flujos de trabajo y examinar estudios realizados por otros investigadores. Este estudio proporciona una comprensión profunda de la situación actual en la que se encuentran estas producciones audiovisuales.

La entrevista personal con un productor audiovisual ha permitido obtener una visión detallada sobre el uso de la tecnología 4G en el ámbito profesional. El testimonio brindado ha aportado información valiosa sobre los beneficios que esta tecnología ha aportado a su productora. Es esencial obtener información directa del entorno laboral para ofrecer respuestas veraces y fieles a los objetivos planteados.

Una parte significativa de la información, así como las imágenes aportadas y los datos proporcionados, se basan en la experiencia personal en el sector audiovisual. Desempeñar diversos roles en producciones en directo, como productor, realizador, operador de cámara, editor y técnico de repeticiones en eventos deportivos, ha permitido obtener una perspectiva integral de todos los procesos involucrados.

3. Resultados de la investigación

Los hallazgos de esta investigación evidencian que la tecnología 4G ofrece soluciones eficaces para la transmisión de señales de vídeo, simplificando significativamente los procesos y flujos de trabajo.

En el ámbito informativo, se constata que un operador de cámara tiene la capacidad de llevar a cabo múltiples transmisiones en vivo dentro del mismo espacio televisivo, pero desde diversas ubicaciones. Esta versatilidad se deriva de la falta de restricciones asociadas a una unidad móvil, permitiendo al operador desplazarse con la agilidad necesaria para montar y desmontar su equipo de vídeo y mochila 4G en lapsos de tiempo reducidos. Este avance tecnológico aporta una dimensión de flexibilidad y eficiencia al panorama de la producción televisiva.

En el programa Àpunt Directe, difundido por las tardes en el canal autonómico de la Comunidad Valenciana, un mismo equipo compuesto por un operador de cámara y un redactor/a ha logrado llevar a cabo hasta 3 transmisiones en directo desde distintos municipios. Este logro contribuye de manera significativa a la abundancia informativa y visual del programa. Se destaca que, mediante el empleo de una unidad móvil, sería teóricamente posible realizar también 3 conexiones en directo. No obstante, esta posibilidad se vería limitada por la inviabilidad de llevar a cabo tal tarea desde 3 municipios diferentes, dadas las restricciones temporales asociadas al montaje y desmontaje de la unidad móvil.

En los servicios ENG, los intervalos de envío del material grabado al estudio central se ven notablemente reducidos. A partir de experiencias previas, se constata que contenidos grabados para el programa Deportes Cuatro a las 14:00 han logrado ser emitidos a las 14:45, gracias a la eficiencia de la tecnología 4G. Este logro se ha materializado mediante la transmisión del material bruto, aproximadamente de 10 minutos de duración, a través de una mochila 4G, permitiendo su pronta disponibilidad en la redacción del programa para su edición e inserción en parrilla. Alternativas como el envío mediante FTP, con la necesidad de compresión previa, no hubieran cumplido con los

plazos, y la opción de desplazarse a la productora para realizar el envío mediante fibra óptica habría ocasionado mayores retrasos.

Al examinar el ámbito de la realización multicámara, es posible discernir entre dos categorías de resultados: las retransmisiones de gran envergadura y aquellas de menor escala. Las primeras se caracterizan por ser retransmisiones que requieren una considerable cantidad de recursos técnicos y humanos, siendo emitidas a nivel mundial. Este tipo de producciones no pueden permitirse asumir riesgos y confían exclusivamente en la transmisión de la señal a través de fibra óptica, considerada actualmente como una alternativa mucho más fiable que la tecnología 4G.

En la actualidad, las retransmisiones de gran magnitud engloban cualquier evento deportivo que se transmita por televisión. Estas señales son transmitidas mediante fibra óptica o vía satélite.

Por otro lado, las retransmisiones de mediana y pequeña escala están experimentando una creciente adopción de la tecnología 4G. Este tipo de eventos, con presupuestos más limitados, encuentran mayor viabilidad económica al utilizar mochilas 4G en lugar de contratar unidades móviles DSNG.

El análisis revela que estas retransmisiones tienden a ser difundidas no solo por televisión, sino también a través de plataformas de *streaming*. En algunos casos, se observa que comienzan a emitirse en determinados canales televisivos, evidenciando así la expansión de la realización remota. En la figura 13 queda patente el potencial de esta tecnología emitiendo contenidos en reconocidos canales de televisión como Teledeporte y el Canal Internacional de TVE.



¡UNA PRODUCCIÓN DE CAMPEONATO!

Producimos la 19ª edición del Campeonato Iberoamericano de Atletismo. Desde el Estadi Olímpic Camilo Cano en La Nucía (Alicante). Viernes 20, sábado, 21 y domingo 22. Más de 500 atletas de 29 países.

Realizamos un importante despliegue de medios de producción y retransmisión deportiva. 18 cámaras con realización en remoto. Lentes de zoom largo 107X y 45X. Steadycam para salidas y llegadas de carrera. Y codificación. El campeonato se emitirá en Teledeporte, web de RTVE Play y en el Canal Internacional de TVE.

Figura 13. Ej. de realización remota. Fuente: LinkedIn Quality Media Producciones (2022).

En el ámbito de las producciones audiovisuales deportivas, la tecnología 4G posibilita la realización remota de eventos multicámara, reduciendo desplazamientos, tiempos y costos para la empresa. Estas producciones se llevan a cabo en centros de control fijos, los cuales pueden encontrarse a grandes distancias del evento, incluso en un país diferente. En un mismo centro de control, es factible realizar simultáneamente varios eventos en vivo ubicados en diversas localizaciones, todo producido y gestionado desde la misma instalación.

Asimismo, es necesario considerar costos adicionales, como los relacionados con los desplazamientos de los equipos y la manutención del personal técnico. En cuanto a la fiabilidad, expertos del sector sostienen con firmeza que el envío de señal por satélite es más estable que el realizado mediante una mochila 4G. Esto se evidencia en situaciones donde la concentración masiva de personas en un espacio reducido puede saturar las antenas de telefonía, obstaculizando así el envío de la señal hacia los servidores centrales.

4. Conclusiones y discusión

A continuación, presentamos las conclusiones derivadas de nuestra investigación, las cuales nos han permitido abordar la hipótesis principal que guió el desarrollo de este trabajo.

Hemos vinculado estas conclusiones con los diversos objetivos que establecimos al inicio de la investigación, detallados en la Introducción. Estos objetivos han desempeñado un papel fundamental en el desarrollo, el plan de trabajo y la estructuración de los contenidos abordados en este Trabajo de Fin de Grado.

En relación al primer objetivo: conocer los orígenes de las emisiones televisivas en directo y sus flujos de trabajo, concluimos que la investigación ha profundizado en el contexto histórico de las retransmisiones en directo, revelando una clara evolución en los medios técnicos y humanos empleados, así como en los factores económicos asociados.

En relación al segundo objetivo: la contextualización del origen y la evolución de la tecnología 4G en el actual modelo de telecomunicaciones en el ámbito audiovisual revela una transformación significativa en la manera en que se transmiten y reciben señales en tiempo real, concluimos que el continuo desarrollo de las redes de telefonía y telecomunicaciones ha posibilitado una mejora significativa en los servicios audiovisuales. La evolución constante de estas redes ha multiplicado sus capacidades y reforzado su estabilidad. En consecuencia, anticipamos que esta tecnología continuará aportando mejoras en la transmisión de señales de vídeo, potenciando así la calidad de los servicios de streaming y proporcionando una experiencia de usuario más avanzada. Además, destacamos la capacidad de los encoders actuales para manejar hasta cuatro fuentes simultáneas con calidad 4K y sincronización, facilitando la producción remota de manera eficiente.

En relación al tercer objetivo: analizar las ventajas e inconvenientes de la tecnología 4G aplicada a las retransmisiones deportivas, concluimos que el progreso tecnológico es inevitable en todos los sectores, y las redes de telefonía móvil 4G y 5G han democratizado la transmisión de datos y señales

de vídeo, haciéndola accesible incluso para productoras audiovisuales y particulares con dispositivos móviles actuales.

Esta conclusión respalda el tercer objetivo planteado al inicio del estudio: reducir el tiempo y los costes de las retransmisiones en directo. La tecnología 4G/5G ofrece una mayor accesibilidad económica en comparación con la tecnología vía satélite, como señala Fernando Delgado con contundencia. La reducción de costes no solo se evidencia en el hardware, sino también en el equipo humano, ya que el mismo operador de cámara maneja tanto la cámara como la mochila 4G.

A pesar de que la realización remota simplifica muchos procesos y se está expandiendo a buen ritmo, aún no puede igualar la fiabilidad que ofrecen la fibra óptica o las lanzaderas vía satélite. En eventos de gran envergadura, se sigue optando por los flujos de trabajo tradicionales debido a la mayor fiabilidad y estabilidad de las señales. La espera se centra en la implantación del 5G u otras tecnologías más potentes en la transmisión de datos para evaluar si pueden sustituir los procesos actuales de la realización remota.

Javier Reyes, desde la creación de Live!, ha respaldado la tecnología 4G como flujo estándar de trabajo, como se observa en su actual empresa Quality Media Producciones. Por el contrario, Fernando Delgado sugiere que es temprano para adoptar este modelo como estándar para todas las producciones debido al delay existente en la transmisión de datos.

Esta conclusión deja la investigación abierta, ya que con el tiempo se evaluará si esta tecnología se implanta a nivel superior o se limita a eventos medianos y pequeños. Desde mi perspectiva, y en concordancia con Fernando Delgado, es probable que coexistan durante un tiempo antes de que la tecnología 4G y la realización remota se establezcan como flujo de trabajo convencional.

En relación al cuarto objetivo, crecimiento del uso de la tecnología 4G por parte de las productoras audiovisuales en sus producciones, concluimos que el sector audiovisual, especialmente en las retransmisiones deportivas, está experimentando una transformación significativa en sus flujos de trabajo con la

creciente implementación de las realizaciones remotas por parte de las productoras audiovisuales.

Este cambio se traduce en un notable ahorro de recursos económicos, técnicos y humanos en comparación con las realizaciones tradicionales. Un ejemplo destacado es el caso de ATM Broadcast, que demuestra la capacidad de realizar 16 eventos de manera remota simultáneamente. Utilizando un único equipo de realización desde las instalaciones centrales, es posible cubrir 3 o 4 partidos de fútbol en un día, simplificando el desplazamiento de material técnico y personal a cada ubicación.

La tecnología 4G permite enviar sólo a los operadores de cámara con equipos básicos (cámara, trípode y mochila 4G) a cada destino, mientras que los eventos son gestionados de forma remota por el mismo equipo de realización desde las instalaciones de la productora. Este ejemplo subraya la eficacia y eficiencia económica de los flujos de trabajo en realizaciones remotas en comparación con los métodos tradicionales.

Con una inversión relativamente pequeña, es factible llevar a cabo transmisiones en vivo mediante tecnología 4G desde cualquier punto, lo que ha democratizado la posibilidad de cubrir eventos de menor envergadura que anteriormente no contaban con los recursos para contratar servicios profesionales de retransmisión.

En la actualidad, es común presenciar la retransmisión de diversos eventos deportivos a través de canales oficiales de federaciones en plataformas como Youtube o la aplicación LaLiga Sports, algo que hace unos años resultaba impensable debido a restricciones económicas. Esta conclusión respalda la hipótesis de que cualquier productora audiovisual tiene la capacidad de ofrecer servicios de streaming a un costo competitivo y con una calidad satisfactoria para sus clientes.

5. Bibliografía

ATM Broadcast (2023). Controles de realización remota para eventos multicámara. *atm-es.com*. Recuperado el 15 de noviembre de 2023 de <https://www.atm-es.com/realizacion-remota/>

Fernández, Y. (28 de junio de 2023). Qué es el Bitrate de un vídeo y cómo saberlo en macOS y Windows 10 y 11. *Xataka.com*. Recuperado el 26 de noviembre de 2023 de <https://www.xataka.com/basics/que-es-el-bitrate-de-un-video-y-como-saberlo-en-windows-10-y-macos>

Hurí Grupo Audiovisual (2023). Qué son los equipos ENG y sus funcionalidades. *Huri.es*. Recuperado el 26 de noviembre de 2023 de <https://huri.es/que-son-equipos-eng/>

López Ardao, C. (9 de noviembre de 2020). 5G: más conexiones, más rápidas y con mayor cobertura. *The Conversation*. Recuperado el 3 de diciembre de 2023 de <http://theconversation.com/5g-mas-conexiones-mas-rapidas-y-con-mayor-cobertura-149577>

Medina, C. (9 de diciembre de 2021) Transmisiones en directo sin límite: Mochilas 4G/5G. *Tmbroadcast.es*. Recuperado el 13 diciembre de 2023 de <https://tmbroadcast.es/index.php/mochilas/>

Moncada y Lorenzo (s/f). Bonding: qué es y cómo se realiza. *Moncadaylorenzo.es*. Recuperado el 12 de enero de 2024, de <https://www.moncadaylorenzo.es/content/80-bonding-que-es-como-realiza>

Murillo Cabello, J. (2017). *Nuevos recursos en la producción electrónica de noticias, focalizado en las mochilas portátiles de transmisión* [Trabajo Final de Grado, Universidad de Extremadura]. https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/50111/1/TFGUEx_2016_Murillo_Cabello.pdf

Reyes Cabello, J. (2017). *La (re) evolución de los sistemas de transmisión de contenidos aplicados a la producción de televisión. El modelo LIVE!*. [Tesis de Doctorado, Universidad Complutense de Madrid]. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/41947/1/T38583.pdf>

RTVE (5 de enero de 2021). John Logie Baird: el padre de la retransmisión en televisión. *Rtve.es*. Recuperado el 24 de noviembre de 2023 de <https://www.rtve.es/television/20210105/condensador-fluzo-primera-retransmision-televisiva/2062421.shtml>

Santana Mahmut, S. y Sanz de León, V. (2022). El directo con señal móvil en programas informativos de televisión generalista. El caso de Espejo Público de Antena 3. *Doxa Comunicación*, 1(34), pp. 55-77. <https://doi.org/10.31921/doxacom.n34a898>

Sanz L. (18 de febrero de 2017) Historia de los medios técnicos de la televisión. *Tmbroadcast.es*. Recuperado el 24 de noviembre de 2023, de <https://tmbroadcast.es/index.php/historia-de-la-television/>

TMBroadcast (8 de diciembre de 2016). El 4G, ¡encaja! *TMbroadcast.es*. Recuperado el 24 de noviembre de 2023, de <https://tmbroadcast.es/index.php/el-4g-encaja/>

6. Índice de figuras

Figura 1:	Flujo de señal	11
Figura 2:	Evolución de la tecnología móvil	12
Figura 3:	LiveU LU600 y LU800	13
Figura 4:	TVU One	14
Figura 5:	Flujo de señal LiveU	18
Figura 6:	Diseño unidad móvil	20
Figura 7:	Interior unidad móvil	20
Figura 8:	Unidad móvil y lanzadera	21
Figura 9:	Cámaras con mochila 4G y realización en remoto	22
Figura 10:	Cámara conectada a mochila	22
Figura 11:	Centro de realización remota	23
Figura 12:	Flujo de trabajo de ATM Broadcast	24
Figura 13:	Realización remota	27