

El Internet de las Cosas en Redes Digital Signage

J. D. de Hoz-Diego¹ Miembro IEEE, R. Guerrero-Rodríguez²; F.J. Mar-Luna³

Resumen— La cantidad de dispositivos conectados a Internet supera, por más de tres veces la población mundial, pronosticándose su duplicidad en los próximos años. El concepto Internet de las Cosas describe la tendencia de incorporar aspectos de diseño y funcionalidad en nuevos dispositivos para tener éxito al integrarse en Internet. Las redes Digital Signage empleadas tradicionalmente para comunicación audiovisual siguen muchas pautas marcadas por Internet de las Cosas: interoperabilidad, movilidad, escalabilidad y ubicuidad tanto en el acceso y control de los dispositivos como en la información generada. Este documento plantea el emplear Digital Signage como sustrato para desplegar dispositivos que puedan beneficiarse de las bondades que estas ofrecen. Para ello, se analizan los principales retos de integración relacionados con el esquema de tunelación bidireccional que emplea la red Digital Signage presentada y se proponen soluciones para los efectos del planteamiento de tunelación en escenarios con restricciones de ancho de banda.

Temas claves— Digital Signage, Internet de las Cosas, tunelación UDP.

Abstract— The number of Internet-connected devices exceeds by more than three times the world population and it is predicted to double within the following years. The Internet of Things concept describes the tendency to incorporate aspects of design and functionality in new devices to succeed when integrated into Internet. Digital Signage networks traditionally used for audiovisual media follow several guidelines set by the Internet of Things: interoperability, mobility, scalability and ubiquity both in access and control of devices as in the information generated. To achieve this goal, all major integration challenges related to bidirectional tunneling scheme employing the Digital Signage network solutions presented are discussed, as the effects of tunneling approach in scenarios with bandwidth constrains.

Keywords— Digital Signage, Internet of Things, UDP tunneling.

¹ M.C. Jorge David de Hoz Diego, (dhoz@unizar.es) Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad de Zaragoza Campus Río Ebro María de Luna, 350018 Zaragoza

² M.P.E. Rebeca Guerrero Rodríguez, (rbkguerreror@hotmail.com) Universidad Tecnológica de Durango, Carretera Durango – Mezquital Km. 4.5 34080 Durango, México.

M.C. Félix de Jesús Mar Luna, (felixjmar@gmail.com) Universidad Tecnológica de Durango, Carretera Durango – Mezquital Km. 4.5 34080 Durango, México.

I. INTRODUCCIÓN

El Internet de las cosas viene a revolucionar el concepto tradicional de la red de redes. En este nuevo escenario se plantea la conectividad universal gracias a la facilidad de crear interconexiones entre redes de distintos dispositivos.

Paralelamente, las redes *Digital Signage* (DS), se han empleado tradicionalmente para interconectar dispositivos audiovisuales a través de una red lógica que permitiese flexibilidad, fiabilidad y control con independencia de la ubicación geográfica entre cada dispositivo de la red. La principal finalidad de este tipo de redes consiste en comunicar contenido multimedia, en algunos casos con capacidades de interactividad, a través de dispositivos digitales de tecnología reciente. En este sentido se puede plantear el emplear la tecnología DS para interconectar otros tipos de dispositivos de forma transparente, escalable y con capacidad de movilidad orientándola hacia la filosofía presentada por el concepto de Internet de las Cosas. En el presente artículo se describe la estructura de una red DS ya desplegada y los avances enfocados a la optimización de su sistema de comunicación tunelada.

II. INTERNET DE LAS COSAS

Internet de las cosas (IdC) es un concepto que nace por la necesidad de definir los cambios que está experimentando la estructura de Internet. La IdC está construida por diferentes redes que tienen como objetivo controlar sistemas de comunicación, telefonía, seguridad, control y funcionamiento de dispositivos conectados alrededor del mundo, brindando la capacidad de incorporar, examinar y distribuir información y conocimientos a través de la red. [1], [2]

Como se indica en la

TABLA I, para el 2020 se prevé que por cada individuo existan 6.6 dispositivos conectados en la red; permitiendo generar con ello aplicaciones con alto potencial para el Internet Sensorial. Esto permitirá aprovechar invenciones en donde al analizar datos y procesar la información se puedan identificar tendencias y patrones elaborados a partir de la información de sensores omnipresentes y sistemas de control. [3]

TABLA I
Proyección de dispositivos conectados hasta el 2020

Año	2010	2015	2020
Dispositivos conectados*	12.5	25	50
Dispositivos conectados por persona	1.8	3.5	6.6
Población mundial*	6.8	7.2	7.6

*Mil millones

El aumento de dispositivos conectados influye por tanto en la autoría de la información disponible en Internet. La Figura 1 muestra resultados de algunos estudios recientes [3], [4], donde una parte significativa de la información publicada en Internet está generada de forma automática por dispositivos conectados a la misma. Basándose en esta evolución, se plantea la necesidad del uso de tecnología que permita facilitar el procesado de esta información a través de sistemas que faculten la autoconfiguración e interoperabilidad entre dispositivos vinculados [5].

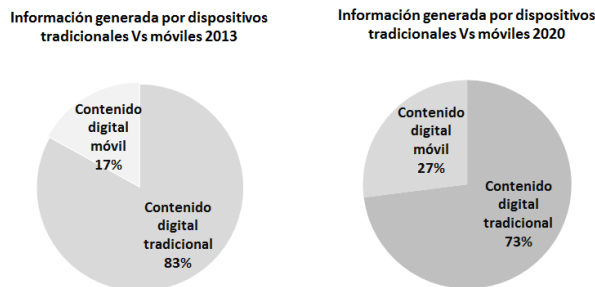


Figura 1. Información generada por dispositivos móviles

III. DIGITAL SIGNAGE

Digital Signage (DS) o cartelera digital, es una tecnología de comunicación audiovisual para difusión selectiva, la cual se enfoca en el despliegue multimedia a través de pantallas. Los contenidos distribuidos engloban videos, animaciones, sonidos, imágenes y aplicaciones interactivas [6].

La estructura principal de cualquier sistema DS está compuesta por dos elementos principales: *i)* los *players*, los cuales reproducen los contenidos y *ii)* un servidor central o una red de servidores conformando una nube DS, a través de la cual se accede a diversos servicios que permiten controlar los dispositivos y distribuir los contenidos.

En la actualidad la tecnología DS no cuenta con estandarización o descripción específica de funcionalidades. Por este motivo se plantea una solución basándose en tecnología abierta aplicada tanto al servidor

central como los *players*; y haciendo uso eficiente del concepto de Internet de las Cosas para generalizar la interactividad y accesibilidad a través del gestor de red, donde se controle cualquier *player* vía interfaz web y se permita control en tiempo real de los dispositivos a través de los servidores [7].

A. Trabajos relacionados

En [7], se describe una arquitectura de red Digital Signage implementada por algunas empresas en la cual la propuesta contempla elementos de diseño de gran relevancia a la hora de plantear un uso más generalista de la red siguiendo la filosofía de IdC. Fundamentalmente se indica para dispositivos fijos y en movilidad; donde la implementación de seguridad en las comunicaciones y su arquitectura permiten una flexibilidad en el despliegue de la red.

B. Esquema de interconexión

La red DS expuesta en [7], tiene un esquema de conexión lógica híbrida. Consiste principalmente en una arquitectura lógica en estrella, entendiendo que cada dispositivo se conecta con los servicios centralizados en la nube de forma directa. Sin embargo, en ciertos casos, los dispositivos DS pueden comunicarse entre ellos sin usar los servicios centralizados en la nube. Esto ocurre cuando los dispositivos se encuentran en una misma red local y necesitan distribuirse contenidos comunes.

Las comunicaciones entre los dispositivos y la nube se producen siguiendo un esquema de tunelación bidireccional indicado en la Figura 2, mostrando cómo se comparten ciertas similitudes con la que presentan algunos protocolos planteados en movilidad IP [8], [9]. Este esquema de conexión permite el acceso a los dispositivos en tiempo real desde cualquier terminal conectada a Internet. Las comunicaciones son tuneladas a nivel de transporte en tres canales diferenciados: *i)* transmisión de contenidos, *ii)* gestión, *iii)* control.

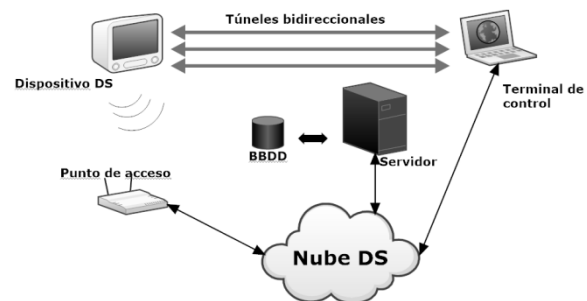


Figura 2. Comunicaciones tuneladas en la red DS

C. Seguridad en las comunicaciones

Este aspecto en la red DS se aborda introduciendo encriptación en las comunicaciones tuneladas vía SSL (*Secure Socket Layer*). La encriptación se realiza mediante pares de llaves público-privada RSA2048 que se asignan en fábrica. El registro del dispositivo y su asignación al usuario final en la nube se lleva a cabo en el momento de la compra. Este tipo de seguridad contribuye a proteger la integridad de los datos y a garantizar la fuente de los mismos evitando suplantación de identidad a la hora de actualizar contenidos [10].

D. Calidad de servicio (QoS)

Las comunicaciones pueden clasificarse según su nivel de prioridad en tres grupos: Control, gestión y distribución de contenidos. Los escenarios de degradación de la QoS más comunes suelen estar vinculados con el grado de congestión en los nodos locales de acceso a Internet [7], y por ese motivo se implementa en los dispositivos DS un sistema QoS basado en 802.11e [11]- [12], mejorando el acceso al medio de las comunicaciones prioritarias [7].

IV. REDES DIGITAL SIGNAGE ORIENTADAS PARA EL INTERNET DE LAS COSAS

Las redes DS contienen características intrínsecas que se formulan como necesarias en el despliegue de dispositivos del IdC. Sin embargo, existen problemas relativos al esquema de conexión empleado entre los dispositivos que deben resolverse para que esta idea pueda aplicarse en términos generalistas y no implique restricciones de servicio.

A. Problemas derivados de la tunelación

El sistema de comunicación planteado en la red DS basado en túneles bidireccionales SSL presenta problemas cuando la información transmitida consiste en datagramas TCP encapsulados. En estas circunstancias se produce una comunicación extremo a extremo en la que intervienen dos pilas TCP con sus correspondientes buffers y algoritmos de control de congestión. En [13], [14] se desarrollaron escenarios en los que se refleja una degradación del ancho de banda en entornos de congestión, fundamentalmente debido a la interacción entre los algoritmos de ambas pilas. Por otro lado, el efecto del *buffering* tampoco es despreciable. En entornos con altas pérdidas de paquetes, la tunelación TCP de datagramas TCP también introduce efectos no deseados.

B. Degradación de la latencia y ancho de banda

Para cuantificar la incidencia de los *buffers* en una conexión tunelada se realiza una serie de medidas en las comunicaciones entre dos terminales idénticos. Estos terminales cuentan con sistema operativo *Ubuntu* 14.3 conectados por cable directo Gbit *Ethernet*. El protocolo TCP en ambos dispositivos cuenta con los parámetros por defecto y el sistema de control congestión TCP RENO.

Se plantean dos escenarios de medidas: *i)* Una conexión directa TCP de un terminal a otro y *ii)* Una conexión tunelada TCP por SSH entre ambos dispositivos. Para generar el tráfico y medir estadísticas se usa la herramienta *Iperf* [15] y para generar pérdida de paquetes se emplea *Netem* [16] sobre la interfaz de cable del terminal origen de los datos. Se realizan en cada escenario cinco transmisiones con *Iperf* con una duración máxima de 20 segundos en las que la aplicación intenta emplear todo el ancho de banda disponible en el enlace. Cada transmisión se practica aplicando un porcentaje de pérdida de paquetes diferente sobre la interfaz de red a través de *Netem*. Los porcentajes de pérdida son del 0%, 1%, 5%, 10% y 20% respectivamente.

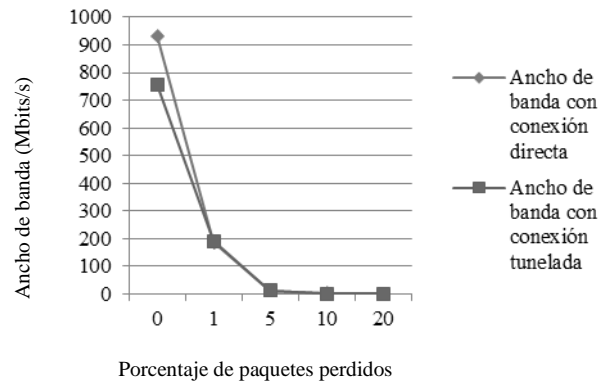


Figura 3. Comparativa del ancho de banda disponible entre conexiones directas y tuneladas

En los resultados de las pruebas realizadas se observa que la incidencia en el ancho de banda disponible sólo se presenta en situaciones de escasa pérdida de paquetes. En esas circunstancias, este ancho de banda se reduce en torno a un 18,95%. Sin embargo en entornos con alta pérdida de paquetes el comportamiento resulta similar o incluso mejor [13].

En lo referente a la latencia, se detecta cuantificando el uso de *buffering* intermedio durante las pruebas. Para ello, se pondera la diferencia en tiempo necesaria para recibir la información frente a la empleada en transmitirla.

La Figura 4 muestra los resultados donde se concluye que en casos de envíos masivos de información, el comportamiento de la conexión tunelada introduce

latencias muy elevadas cuando existen pérdidas de paquetes significativas. Ocurriendo esto debido a que la tunelación reconoce los datagramas TCP enviados por el túnel como entregados antes de haberlos recibido el destino.

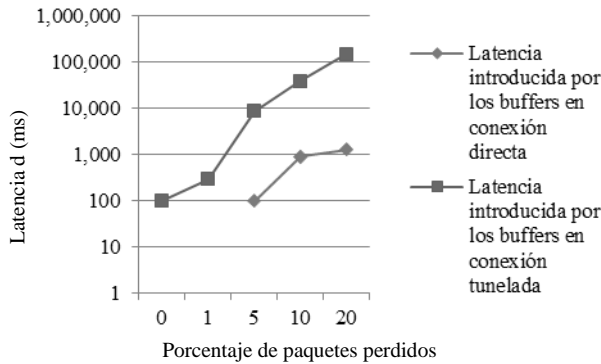


Figura 4. Comparativa de la latencia introducida por los buffers de TCP de una conexión directa frente a una tunelada

C. Pérdida de conexión a nivel de aplicación

La elevada latencia introducida por los esquemas presentados de conexión por tunelación, representan un problema que ya se ha experimentado en la red DS presentada anteriormente en ciertos entornos de movilidad. Este hecho supone un fuerte inconveniente si se pretende emplear este esquema de red siguiendo la filosofía de Internet de las Cosas y aplicarlo a otros dispositivos, ya que las conexiones TCP se perderían esporádicamente debido a problemas derivados de la tunelación.

D. Modificaciones propuestas para la red DS

Para poder emplear este tipo de redes en Internet de las Cosas se necesitan mejorar los comportamientos de latencia y ancho de banda de la red en entornos de congestión o con altas tasas de pérdida de paquetes. La estructura de conexión por tunelación bidireccional es válida, ya que aporta flexibilidad y seguridad en el establecimiento de conexiones. Sin embargo, se propone como solución sustituir la tunelación TCP por tunelación UDP, entendiendo la tunelación como multiplexación de los datagramas de la información a transmitir en datagramas UDP y no como aplicación *proxy* [14], [17].

Así mismo, se recomienda no multiplexar las conexiones tuneladas en una misma sesión SSL, sino generar tres sesiones independientes para cada una de las comunicaciones tuneladas que establece el *player*. Esto permite a cada sesión SSL marcar el campo TOS de los paquetes adecuadamente para que la disciplina de gestión de colas de Linux por defecto (*pfifo_fast*) coordine el

envío de los datagramas en base a su grado de prioridad [18] permitiendo minimizar los efectos de la congestión al aplicar políticas de servicios diferenciados. De este modo, La elevada latencia aplica únicamente al túnel de transmisión de contenidos que no requiere de interactividad. La congestión de esta comunicación tunelada no se propaga a las otras dos comunicaciones establecidas por el *player* para la gestión remota y control de los sistemas y servicios.

V. CONCLUSIONES

La cantidad de dispositivos que requieren compartir información tiene elevada expectativa de crecimiento en los próximos años. El Internet de las Cosas es un concepto que perfila una serie de características y funcionalidades a seguir por los dispositivos y redes que permitirán simplificar el acceso y gestión de dispositivos e información generada. En este sentido, las redes *Digital Signage* orientadas tradicionalmente para la gestión de dispositivos audiovisuales pueden servir como propósito de redes diseñadas para estructurar, distribuir y recopilar información y para poder controlar dispositivos en tiempo real. Sin embargo, existen ciertas limitantes en entornos de movilidad y escaso ancho de banda que reducirían el campo de aplicación de esta tecnología sustancialmente.

Tras analizar las causantes de estas limitantes se concluye que el sistema de tunelación bidireccional empleado basado en *OpenSSH* tiene dos problemas de diseño que deben corregirse: No debe realizarse tunelación de datagramas TCP sobre túneles TCP, sino sobre UDP y tampoco deben multiplexarse las comunicaciones tuneladas en una misma sesión SSL.

La solución de estos dos problemas es factible. En el primer caso se debe modificar la implementación original de *OpenSSH* para poder definir túneles UDP. Esta medida mejorará el funcionamiento de todas las conexiones tuneladas en entornos de congestión con pérdidas de paquetes al evitar que dos pilas TCP interactúen negativamente entre sí. Respecto a la segunda problemática su solución es más inmediata, ya que únicamente requiere reprogramar el proceso de establecimiento de conexiones SSL y aplicar *DiffServ* marcando adecuadamente el campo ToS de los paquetes de cada conexión.

VI. PROYECTOS RELACIONADOS Y TRABAJO FUTURO

El esquema de red DS expuesto junto con las mejoras propuestas en el establecimiento de conexiones SSL han hecho factible el desarrollo de otros proyectos que

requerían de una red de comunicación de estas características.

A. Red de sensores para la calidad del aire

La plataforma AirPI [19] es un claro ejemplo de dispositivo ajeno a la *Digital Signage* que puede incorporarse en la red DS ya descrita. Este elemento cuenta con diversos sensores ambientales y funciona como *shield* de la plataforma *RaspberryPI* [20] en tecnología ARM. Su integración en la red DS descrita fue muy sencilla y permite obtener status en tiempo real de todos los dispositivos desplegados.

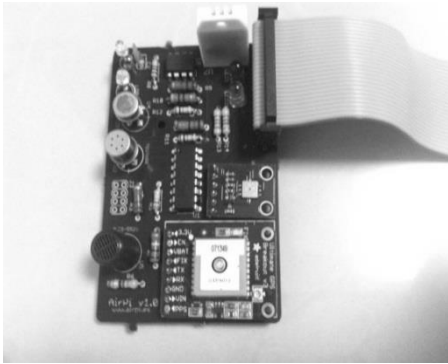


Figura 5. Dispositivo AirPI para medir parámetros ambientales.

En la Figura 5 se ilustra un dispositivo *AirPi* totalmente autónomo que se instala en los tótems de exterior ubicados en distintos puntos de la ciudad.



Figura 6. Tótem de exterior instalado por STI Durango en la Feria de Durango 2014

En la Figura 6 se muestran los tótems empleados para realizar comunicación visual mientras que las AirPI se utilizan para obtener mediciones de los parámetros ambientales. La interacción entre ambos dispositivos se

produce a nivel web y la integración de los datos de todas las AirPI instaladas se efectúa a través de la red DS.

B. Red de pantallas en el MetroBus de Ciudad de México

En la Ciudad de México, TeleUrban está colaborando con Servicios de TI de Durango para dotar a los autobuses de *players* DS con conectividad por 3G. Los dispositivos además constan de GPS para realizar geo posicionamiento del autobús con el que poder ofrecer otros servicios. Los *players* se encuentran en un entorno de movilidad con restricciones moderadas de ancho de banda y conectividad.



Figura 7. Autobús de la red de transporte público de la Ciudad de México



Figura 8. Disposición interior de las pantallas en los autobuses

VII. AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo al proyecto No. 213823, aprobado en el “Programa de Estímulos a la Innovación PEI-682/2014

A la Universidad Tecnológica de Durango en la figura del Rector Ing. Arturo Frago Corral por su apoyo para la realización de este proyecto.

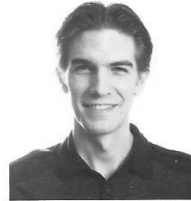
A la Universidad de Zaragoza por su contribución para la elaboración de este artículo

VIII. REFERENCIAS

- [1] S. Paniagua, «El Internet de las cosas,» 15 abril 2012. [En línea]. Available: <http://www.sorayapaniagua.com/2012/04/15/internet-de-las-cosas-nube-datos-ipv6-y-algoritmos/>. [Último acceso: 16 noviembre 2014].
- [2] T. y. Reyes, «Internet de las cosas,» A la carta Televisión y Radio, España, 2013.
- [3] D. Evans, «Internet de las cosas. Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo,» Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG), 2011.
- [4] V. Turner y J. F. Gantz, «The Digital Universe of Opportunities,» de *Rich Data and the Increasing Value of the Internet of Things*, Framingham, MA, 2014.
- [5] International Telecommunication Union, «ITU Internet Reports 2005: The Internet of Things,» Diciembre 2006. [En línea]. Available: <http://www.itu.int/osg/spu/publications/internetofthings/>. [Último acceso: 21 noviembre 2014].
- [6] D. T. Morillo-Velarde, «Cartelería Digital (Digital Signage) frente a la Difusión Selectiva (Narrowcasting),» de *Diseño y Desarrollo de un Marco para Aplicaciones de Difusión Selectiva de Contenido Multimedia*, Madrid, 2011, pp. 25-29.
- [7] J. D. de Hoz Diego, «Caracterización y planificación del tráfico en una red Digital Signage,» Zaragoza, España, 2013.
- [8] J. Jaehoon, P. Jungsoo y K. Hyoungjun, «Dynamic Tunnel Management Protocol,» *IEEE Xplore*, vol. 7, pp. 4754 - 4757, 2004.
- [9] W. Xiaoming, «A framework of enhanced local mobility routing,» *IEEE Xplore*, vol. 3, pp. 2030 - 2034, 2003.
- [10] e. a. Cooper, *Internet X.509 Public Key Infrastructure Certificate and Certificate Revocation List (CRL) Profile*, 2008.
- [11] Heinanen y et al, «IETF Network Working Group, «RFC2597: Assured Forwarding PHB Group,» junio 1999. [En línea]. Available: <http://tools.ietf.org/html/rfc2597>. [Último acceso: 20 noviembre 2014].
- [12] B. Davie y et al, «IETF Network Working Group, «RFC3246: An Expedited Forwarding PHB,» Marzo 2002. [En línea]. Available: <http://tools.ietf.org/html/rfc3246>. [Último acceso: 20 noviembre 2014].
- [13] «Wi-Fi Alliance, «Wi-Fi CERTIFIED™ for WMM™ - Support for Multimedia Applications with Quality of Service in Wi-Fi® Networks,» 2 septiembre 2004. [En línea]. Available: <http://www.wi-fi.org/wi-fi-in-your-life>. [Último acceso: 19 noviembre 2014].
- [14] O. Honda y et al, *Understanding TCP over TCP: Effects of TCP Tunneling on End-to-End Throughput and Latency*, Suita Osaka, Japan, 2005.
- [15] M. Ullholm Karlsson y M. A. Habib, *SSH over UDP*, Göteborg, Sweden: Chalmers University of Technology, 2010.
- [16] M. Gates y et al, «Iperf,» [En línea]. Available: <https://iperf.fr/>. [Último acceso: 21 noviembre 2014].
- [17] Linux Foundation, «NetEm: Network Emulation,» 19 noviembre 2009. [En línea]. Available: <http://www.linuxfoundation.org/collaborate/workgroups/networking/netem>. [Último acceso: 22 noviembre 2014].

king/netem. [Último acceso: 22 noviembre 2014].

IX. BIOGRAFÍA



Jorge D. de Hoz Diego nació en Valladolid, España en 1983. Recibió la titulación de Ingeniero de Telecomunicación de la Universidad de Valladolid en 2008 y su Maestría en telecomunicaciones y redes móviles de la Universidad de Zaragoza en 2013.

Ha trabajado de 2008 a 2009 en el consorcio estatal español FURIA. Su trabajo se centró en la investigación y validación de los estándares DVB-H/DVB-SH y las tecnologías involucradas. En 2011 cofundó Ateire Tecnología y Comunicación SL en Zaragoza, España donde participó en el desarrollo de tecnología Digital Signage.

En 2013 también cofundó Servicios de TI de Durango SA de CV en México como empresa subsidiaria de la firma española. Actualmente dirige un proyecto de investigación parcialmente financiado por el CONACYT centrado en las redes Digital Signage y su arquitectura.



Rebeca Guerrero Rodríguez nace en Durango, México, en 1970. Recibe el título de Licenciada en Informática en 2002, su Maestría en Psicología Educativa en 2010 en el Instituto Tecnológico de Durango y la Universidad Autónoma de Durango respectivamente.

Actualmente labora como profesor en el departamento de Tecnologías de la Información y Comunicación de la Universidad Tecnológica de Durango, cuenta con 15 años de experiencia en docencia en el área de Tecnologías de la Información y Comunicación, Tutorías y Humanistas; las líneas de investigación en las incursiona son Redes Sociales, Internet de las cosas y Digital Signage

La M.P.E. Guerrero ha escrito artículos referentes a las tutorías y robótica educativa además de conferencias de las redes sociales y su impacto en la educación.



Felix Mar Luna, nació en Durango, Durango México en 1982. Recibió el grado de Ingeniero en Electrónica y el grado de Maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica por el Instituto Tecnológico de Durango en 2004 y 2009 respectivamente en la Ciudad de Durango, Durango, México.

En 2010 se integró como profesor al departamento de Ingeniería Mecatrónica y Energías Renovables, de la Universidad Tecnológica de Durango. Sus investigaciones actuales incluyen lógica difusa, control digital y bio-sistemas.