

Rehabilitación del sistema de proyección del Museo Universitario de Ciencias y Arte

Información del reporte:

Licencia Creative Commons



El contenido de los textos es responsabilidad de los autores y no refleja forzosamente el punto de vista de los dictaminadores, o de los miembros del Comité Editorial, o la postura del editor y la editorial de la publicación.

Para citar este reporte técnico:

CasasCordero,A.(2023).Consideraciones para rehabilitar el sistema de proyección "Maqueta interactiva CU". *Cuadernos Técnicos Universitarios de la DGTIC*, 1 (1), páginas (139 - 152).

<https://doi.org/10.22201/dgtic.ctud.2023.1.1.26>

Araceli Casas Cordero

Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación
Universidad Nacional Autónoma de México

casas@unam.mx

ORCID: 0009-0006-3884-0517

Resumen:

La experiencia que se documenta está basada en la intervención para reactivar el proyecto "Maqueta interactiva" realizado por la Dirección General de Patrimonio Universitario y la Facultad de Arquitectura (2017, *Ciudad Universitaria ya tiene una maqueta interactiva*). El proyecto actualmente se encuentra en exhibición al público general en un espacio del Museo Universitario de Ciencias y Arte (MUCA), Ciudad Universitaria. En este trabajo se analizan los recursos de hardware del proyecto de *video mapping*, de manera integral, y la descripción de los componentes se focaliza en destacar que el reemplazo de adaptadores, convertidores y cables puede reducir la calidad del trabajo gráfico que se presenta, en el caso de elegir componentes incompatibles.

Palabras clave:

Sistemas *video mapping*, video proyección, conectores, adaptadores de señal de A/V.

1. INTRODUCCIÓN

El *video mapping* es una técnica visual, que combina sistemas de visualización con recursos mixtos. A través de proyectores de video se despliega imagen fija o en movimiento sobre superficies reales, entornos aumentados y contiene audio (Fischnaller, 2018). Los recursos proyectados deben contar con una narrativa que estructure el contenido visual, el audio y la ambientación con el objetivo de difundir determinada información. Las características de la instalación y los componentes de hardware tienen características específicas relacionadas al espacio empleado y el tema que se desarrolle.

Se recomienda al lector revisar el espectáculo ‘Memoria luminosa’, el cual se presentó en el Zócalo de la Ciudad de México en el mes de agosto de 2021. El sistema utiliza diferentes recursos visuales que se proyectan en una maqueta edificada en una proporción del 35 % del tamaño original (EFE., 2021), con la finalidad de narrar la historia de la Gran Tenochtitlán (Serrano, 2021). El montaje se realizó en un espacio abierto, para recibir a una audiencia numerosa.

Figura 1

Memoria luminosa

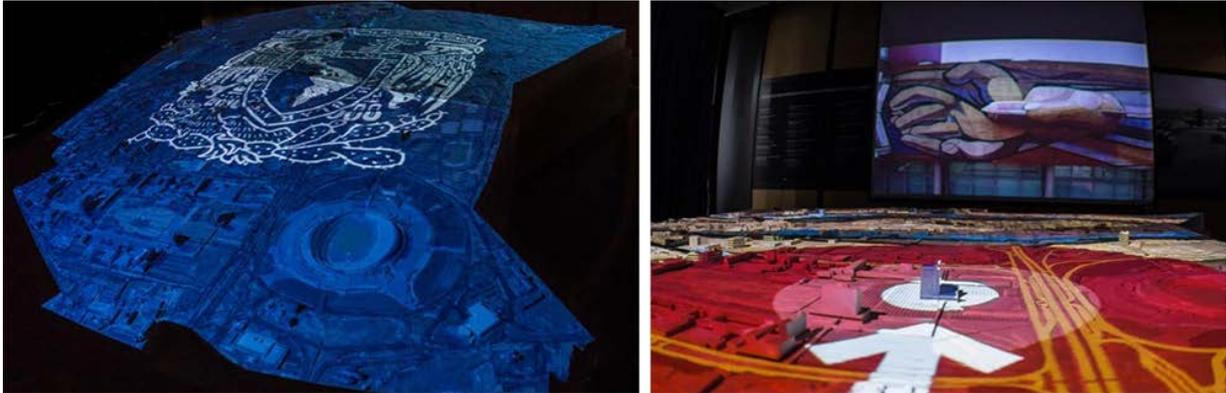


Nota: fuente de (Guerrero, H., 2021) (Estrella, A., 2021). Las proyecciones se realizan en la maqueta de la pirámide que se observa en las imágenes. El destello de luz que se observa en la imagen derecha (en el cuadrante superior derecho), es uno de los proyectores.

Otro trabajo a destacar, es el sistema de video proyección de la ‘Maqueta interactiva de Ciudad Universitaria’ que se encuentra en las instalaciones del Museo Universitario de Ciencias y Artes (MUCA). Las video imágenes se proyectan en una maqueta del campus universitario realizada en cartón a una escala 1:1000 que contiene diferentes narrativas relacionadas a la historia del patrimonio universitario (DGCS-UNAM, 2017).

Figura 2

Video proyección



Nota: Fuente tomada de DGCS-UNAM, 2017. Sistema de Video Mapping de la Maqueta Interactiva de Ciudad Universitaria, la coloración corresponde a la proyección; a la derecha se observa una flecha que señala el edificio de Rectoría en donde se encuentra la pintura que se muestra en la pantalla al frente.

Se realizó la revisión de trabajos anteriores con la finalidad de observar que es en relación con las características de la temática, el espacio disponible y la tecnología, entre otros factores, que los proyectos tienen necesidades particulares, en los que se involucran los recursos de hardware, software y elementos adicionales para la proyección. A partir de lo anterior, se explica que en el desarrollo de un proyecto de *video mapping*, se distinguen tres componentes: por un lado la realización del guión, la elaboración de la gráfica y la selección de los componentes de hardware. El guión define la estructura de la información y se complementa con los elementos gráficos, así también los componentes de hardware como proyectores, audio, luces o cualquier otro, deben estar comunicados con la tecnología adecuada para que el orden de aparición y la secuencia se presente sin retardos de tiempo y con la misma calidad visual; esta descripción explica la naturaleza de la sincronización.

1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La Maqueta Interactiva de Ciudad Universitaria presentó problemas diversos, a partir de lo cual, participé en su reactivación. Una de las situaciones que se presentó fue que los proyectores dejaron de recibir señal de audio y video (A/V) de la computadora y con ello se canceló la posibilidad de mostrarlo al público por un tiempo prolongado.

El sistema está conformado con los siguientes componentes: una computadora Mac Pro 2013, cuatro videoproyectores y un equipo de audio (subwoofer y cinco bocinas); los datos gráficos (imagen y video) están integrados en el software MadMapper V. 2.2.2, a través del cual se asigna la secuencia y el momento de aparición de cada uno de los elementos proyectados, además de asignar a cada proyector la información a mostrar (figura 3).

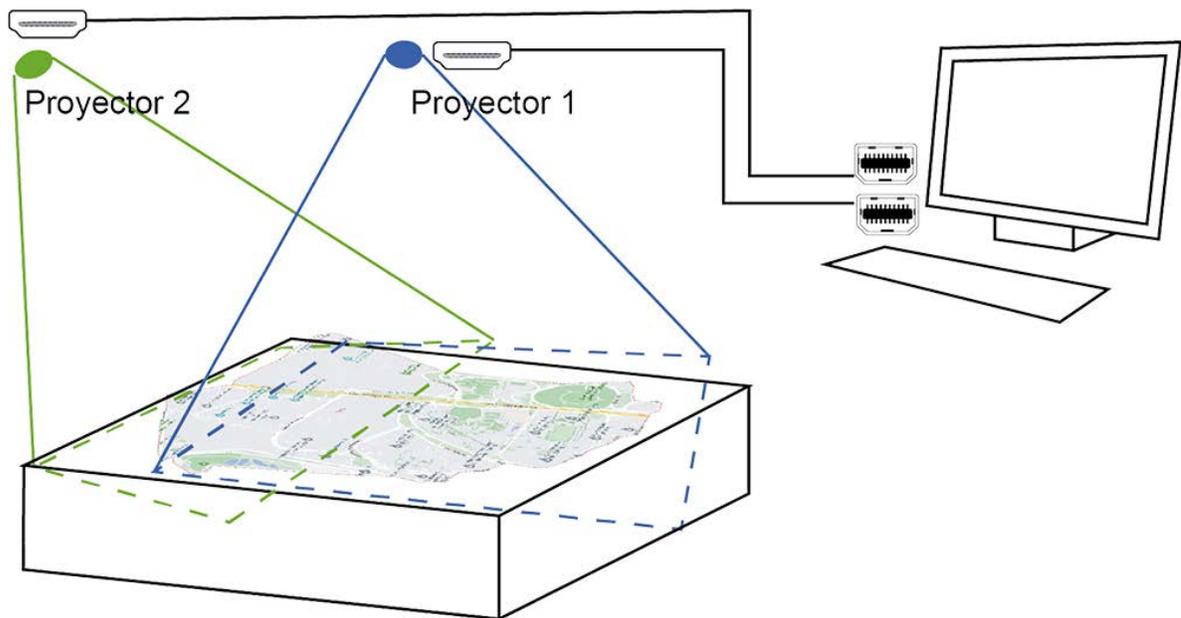
El equipo que se describe está en un límite muy cercano a la obsolescencia, por lo que se analizó la posibilidad de reemplazar la computadora por un modelo actual, sin embargo, la versión del software no sería compatible; adicionalmente, actualizar el software implicaba sustituir los videoproyectores con

tecnología compatible, por lo que la propuesta no era viable debido a que su costo estaba fuera de presupuesto, por lo que la relevancia del trabajo se enfocaría en encontrar realmente la naturaleza del problema con la intención de reemplazar algunos de los componentes.

El escenario planteado motivó a realizar una revisión exhaustiva de la tecnología del sistema, analizar los componentes de comunicación entre los dispositivos con el propósito de buscar un reemplazo o añadir algún componente, como es el caso de los conectores, adaptadores y cables, además de elegir aquellos que garantizaran la máxima calidad gráfica.

Figura 3

Sistema hipotético, con dos proyectores



Nota: Cada uno de ellos plasma un segmento de imagen sobre una superficie horizontal, esta información es la que se envía el ordenador a través del puerto Mini DisplayPort a HDMI

2. OBJETIVOS

- Comprender la naturaleza de los sistemas de video mapping, desde el punto de vista de la tecnología que se emplea.
- Identificar las conexiones y adaptadores que son compatibles, así como sus características más importantes.

3. SOBRE EL DESARROLLO

3.1 PROCEDIMIENTO DIAGNÓSTICO

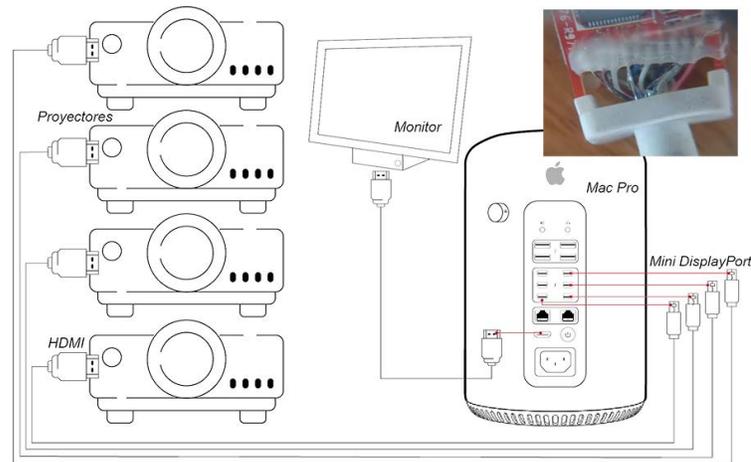
En una primera evaluación se confirmó que no se realizó actualización de sistema operativo en la computadora, adicionalmente el software MadMapper instalado, correspondía a la versión de la época en la que se realizó el proyecto. Los archivos de trabajo se abrieron sin presentar problema, lo cual determinó que la afectación tenía una relación inequívoca con los componentes de hardware, es decir, no había comunicación con los dispositivos de proyección.

Para aislar el problema se probó cada uno de los proyectores y se observó que funcionaban correctamente, así también se confirmó que los cables transmitían la señal, lo que llevó a determinar que el problema estaba en la conexión de la computadora (Mini DisplayPort a HDMI), como se muestra en la figura 4.

Al realizar pruebas de funcionamiento se observó un calentamiento inusual en el adaptador conectado al Mini DisplayPort; en consecuencia, tenía un funcionamiento inestable.

Figura 4

Mini DisplayPort



Nota: Las conexiones señaladas con un círculo rojo en el CPU presentaron el problema de comunicación. El interior del adaptador de señal Mini DisplayPort a HDMI (imagen superior-derecha), presenta cables sin recubrimiento debido al calentamiento.

3.2 EL VIAJE DE LOS DATOS A TRAVÉS DE CABLES Y ADAPTADORES

El hardware empleado en los sistemas de video mapping presenta un desgaste por el uso continuo, como se pudo demostrar al probar el deterioro del conector HDMI (figura 4) debido al calentamiento que ocurre debido a que el adaptador empleado transporta imagen con mayor velocidad del puerto Mini DisplayPort al HDMI; a pesar de que son dos estándares de buena calidad, se deterioran con el tiempo (figura 5).

Figura 5

Adaptador que lleva datos del extremo Mini DisplayPort (izq) a HDMI (derecho)

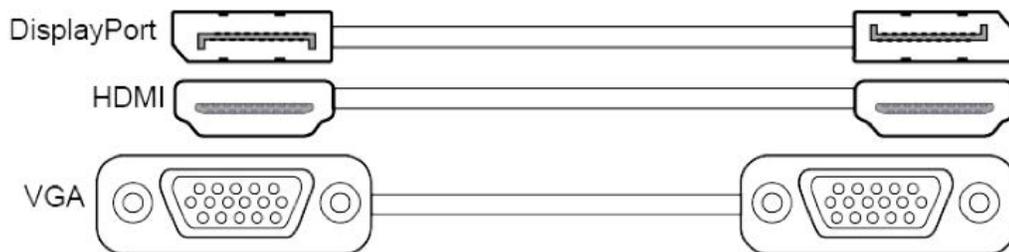


El conector Mini DisplayPort es una versión de tamaño reducido del Display Port y tiene mayores cualidades que el HDMI por sus frecuencias de actualización de pantalla, por su capacidad de salida a múltiples pantallas a través de Multi-Stream Transport (MST) y por el ancho de banda de 48 Gbps contra 77.4 Gbps (Fernández, Y., 2022), en este sentido, el volumen de información que transporta se merma cuando llega a la terminal HDMI porque no responde con la misma velocidad, y entonces se calienta.

La mejor estrategia para lograr el mejor rendimiento y compatibilidad es utilizar la conexión directa, donde el conector de entrada y salida es el mismo, como se muestra en la figura 6; en este caso, no existe la posibilidad de pérdida en la calidad de transmisión de la señal.

Figura 6

Conexión directa que implica que la señal de origen no tiene ninguna conversión hasta su destino



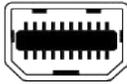
La complejidad se incrementa cuando se requiere de un cableado de mayor longitud (más de 30 metros), o cuando se conectan equipos que requieren adaptadores. Un cable de mayor longitud reduce la calidad de la señal que transporta, sin embargo, para resolverlo, se añaden componentes electrónicos al interior de los adaptadores y cables para amplificar o convertir la señal, lo que se reconoce como **adaptadores activos** (DELL, 2022). Es importante mencionar que un adaptador activo no es bidireccional.

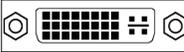
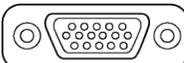
3.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS CONECTORES DE LOS DISPOSITIVOS DE PROYECCIÓN

En la tabla 1 se documentan las características más destacadas de los conectores que transfieren A/V. Esta información es útil en una situación como la siguiente: al proyectar información desde una computadora, tableta, smartphone, etc., a otro dispositivo como proyector, monitor, smartphone, pantalla de televisión, etc., se requiere saber el tipo de conector a través del cual salen los datos y reconocer el conector por el cual entran para proyectarlos; una vez que se identifican se puede predecir la compatibilidad, por ejemplo, un conector HDMI transporta audio y video, pero si el destino es un conector DVI-I, entonces el audio se perderá debido a que este último no soporta esa información.

Tabla 1

Características destacadas de los conectores que transmiten audio y video; el orden en el que se presentan implica que se inicia con los más actuales

 <p>USB-C</p>	<p>El conector admite una velocidad de transferencia de datos de 10 Gbps y transfiere a través de una variedad de interfaces, como HDMI, DisplayPort y Thunderbolt 3 (Lee, H, et. all. s/f), (modo de funcionamiento Alt). Tiene la capacidad de convertir audio digital en sonido analógico (BenQ Ibérica, s/f). Es compatible con dispositivos Thunderbolt 3, maneja sistema de video de 8K a 30 Hz (Coughlin, T. M., 2017). Los conectores USB-C indican con una gráfica impresa su función: ⚡, indica que es Thunderbolt 3 y transmite señal de video, D DisplayPort, transmite señal de video estas dos variantes trabajan en modo Alt. Esta señalización SS → indica que la función es de carga, no transmite señal de video (Club 3D).</p>
 <p>DisplayPort</p>	<p>A través de esta interfaz se pueden interconectar diversos dispositivos, como: Computadoras, Blue-Ray, televisores, etc. (2017, Coughlin, T. M.). Es compatible con USB-C, existen varias versiones y la más actual ofrece 77.4 Gbit/s, con una resolución de 8K a 60 Hz, se cataloga con mejor desempeño que HDMI, por sus frecuencias de actualización de pantalla y por su capacidad de salida a múltiples pantallas a través de Multi-Stream Transport (MST) (2022, Fernández, Y.). Soporta 6 a 16 bits de profundidad de color.</p>
 <p>Mini DisplayPort / Thunderbolt</p>	<p>Esta interfaz se reconoce como MiniDP o mDP, es una versión compacta del puerto DisplayPort y su uso es para la conexión de monitores y dispositivos de audio y video. El conector es idéntico al puerto Thunderbolt, tiene capacidades de alta velocidad en la transferencia de datos. Para identificar qué tipo de puerto es, hay que observar los iconos en el cable o conector, esta gráfica ⚡ indica que funciona como Thunderbolt o , indica que tiene la función de Mini DisplayPort (Mini DisplayPort Y thunderbolt: Compatibilidad Y USO – Faq-Mac.). Las últimas versiones trabajan con resoluciones 4K.</p> <p>Las versiones Thunderbolt 1 y 2, son compatibles con el Mini DisplayPort</p>

 HDMI	<p>High Definition Multimedia Interface o HDMI es una interfase para transmitir datos digitales (audio y video) de alta resolución sin compresión (2017, Coughlin, T. M.). Esta interfaz se diseñó para ser el sucesor de VGA y DVI. Existen diferentes versiones, la más actual 2.1 trabaja con una resolución de 8k a 120 Hz (2022, Fernández, Y.).</p>
 DVI-I	<p>El conector lleva a la vez una señal analógica y una digital, es funcional para tecnología de display LCD o CRT (Nvidia, security check, s/f) Solo transmite video</p>
 DVI-D	<p>Esta interfaz, envía únicamente señal digital (Security check) a una resolución de 1920 x 1200 px</p>
 VGA	<p>Solo transmite video análogo a una resolución de 640 x 480 px, un cable activo puede tener hasta 30 m de longitud (Tecnopc, 2023).</p>

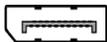
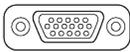
3.2.2 COMPATIBILIDAD DE ADAPTADORES

La relación de comunicación en los conectores de la primera fila con los de la columna inicial de la tabla 2, permite analizar la siguiente situación: al proyectar un video realizado a una resolución de 3840 x 2160 pixeles desde una computadora con salida HDMI 2.1 (7680 x 4320 px) a un proyector con puerto VGA (640 x 480 px), será posible proyectarlo, a pesar de ser diferentes tecnologías (Roca, 2023).

Tabla 2

La relación de lectura: el conector de la primera fila se puede comunicar con cada uno de los conectores de la columna inicial y su funcionamiento se describe en la casilla en la que se interseca

							
 Conexión directa	Res. 4K, transmite A/V, bidirecc. convertidor, Modo	Res. 4K, transmite A/V, bidirecc., compatible HDR.	Res. 4K, unidireccional, adaptador activo.	---	---	---	---

	Res. 8k, modo Alt, transmite A/V.	Conexión directa	Res. 8K, modo extendido y de espejo	Res. 4K, Activo y pasivo, unidireccional	---	Res. 1920 x 1080 px, adaptador activo.	Res. 1920 x 1080 px, adaptador activo, solo video.
	Res. 4K, transmite A/V, modo extendido y espejo.	Res. 4K, transmite A/V, soporta Multi Stream.	Conexión directa	Res. 4K, adaptador activo	---	Res. 1920 x 1080 px, convertidor pasivo, no soporta audio.	---
	Res. 8K, transmite A/V, compat. HDR.	Res. 4K, adaptador activo, unidirecc.	Transmite A/V, adaptador pasivo, max. longitud de cable 15.2m	Conexión directa	Res. 1920 x 1080 px, Unidirecc. solo video	Res. 1920 x 1080 px, bidirecc. No audio	Res. 1920 x 1080 px, solo transmite video.
	Res. 2560 x 1600 px, adaptador activo, modo Alt.	Res. 1920 x 1200 px, adap. activo, unidirecc.	Res. 1920 x 1200 px, no audio, unidireccional, compatible con Thunderbolt	Adaptador activo, bidireccional, no transfiere sonido.	Conexión directa	Bidireccional,	Res. 1920 x 1200 px, Solo transmite video.
	Res. 1920 x 1200 px, adaptador funcional hasta una distancia de 3m, modo Alt.	Res. 1920 x 1200 px, adaptador pasivo, unidirecc, 24 bits, no soporta audio.	Res. 1920 x 1200 px, compatible con Thunderbolt, adaptador pasivo	Res. 1920 x 1080 px, adaptador bidireccional - pasivo.	Adaptador bidireccional.	Conexión directa	Res. 1920 x 1200 px, solo transmite video.
	Res. 1920 x 1080 px, adaptador activo, modo extendido y dual	Res. 1920 x 1080 px, adaptador activo, unidireccional.	Res. 1920 x 1200, transmite solo video, unidireccional	Res. 1920 x 1080 adaptador activo, unidireccional.	Res. 1600 x 1200 px, señal analógica, Adaptador pasivo.	Res. 1920 x 1080 px, adaptador activo, señal digital a análoga, Unidirecc.	Conexión directa

Algunos fabricantes de adaptadores y cables incorporan un cable adicional para alimentación eléctrica externa, debido a que los chips y componentes electrónicos en su interior, demandan mayor energía y al proporcionar una alimentación independiente se mejora el desempeño de los componentes electrónicos.

3.2.3 APROXIMACIÓN A LA SOLUCIÓN

Al realizar la revisión de las tecnologías de “Compatibilidad de adaptadores” se observó que los fabricantes de adaptadores activos se alimentan de energía eléctrica con cables externos; esto se debe a que los componentes electrónicos que transforman la señal requieren de mayor potencia para realizar el trabajo. Lo anterior explica el porqué los adaptadores Mini DisplayPort a HDMI empleados en la “Maqueta Interactiva de Ciudad Universitaria” presentaron un calentamiento significativo mientras se utilizaban; se puede entender que había un exceso de trabajo en la transferencia de video datos.

El reemplazo de estos adaptadores no representaba una solución definitiva debido a que se mantuvo la sospecha de que los puertos de salida Mini DisplayPort del CPU tuvieron alguna afectación (figura 4).

4. RESULTADOS

En la búsqueda de un sistema de conexiones con una fuente de alimentación independiente, se analizó la tecnología de los **Docking Station** o **Estación de Acoplamiento**, debido a que es un componente de hardware que amplía la conexión de periféricos externos, ya sea monitores, videoproyectores, teclado, mouse, bocinas, puertos ethernet, concentradores USB, entre otros, además de añadir funciones de carga eléctrica. Estos componentes tienen una fuente de alimentación propia, lo que es conveniente porque logra estabilizar la transmisión de señales A/V. Aunque puede considerarse un equipo costoso, en realidad el gasto no se compara con el reemplazo de la computadora, sumado al costo de los proyectores y la adquisición de una licencia del software MadMapper.

El modelo recomendado es marca Wavlink (figura 7), con capacidades 4K, 100 W y con 19 entradas para diferentes dispositivos. Al compararlo con otros componentes, se validó la compatibilidad con el equipo de cómputo Mac Pro (2013) y los videoproyectores, y se verificó la disponibilidad de la empresa Wavlink para establecer contacto con el equipo de soporte técnico, lo cual fue útil porque se realizaron diversas consultas. El dispositivo solo requiere de una conexión USB con la computadora y la alimentación eléctrica, así como cuatro conexiones HDMI para los videoproyectores de la Maqueta Interactiva de Ciudad Universitaria.

Asimismo, se destacan los siguientes resultados:

1. Se estabiliza la señal de audio y video, debido a que los proyectores se conectan en el formato de conexión directa, como se recomienda en la sección 3.2.
2. Se elimina el calentamiento en las terminales HDMI, debido a que la alimentación eléctrica es independiente y con una especificación de 100 W.
3. Se pueden conectar otros dispositivos para propósitos diversos, sin que afecte el funcionamiento entre los dispositivos conectados.

Figura 7

Imagen de la estación de acoplamiento recomendada, desde la cual se obtienen cuatro conexiones HDMI

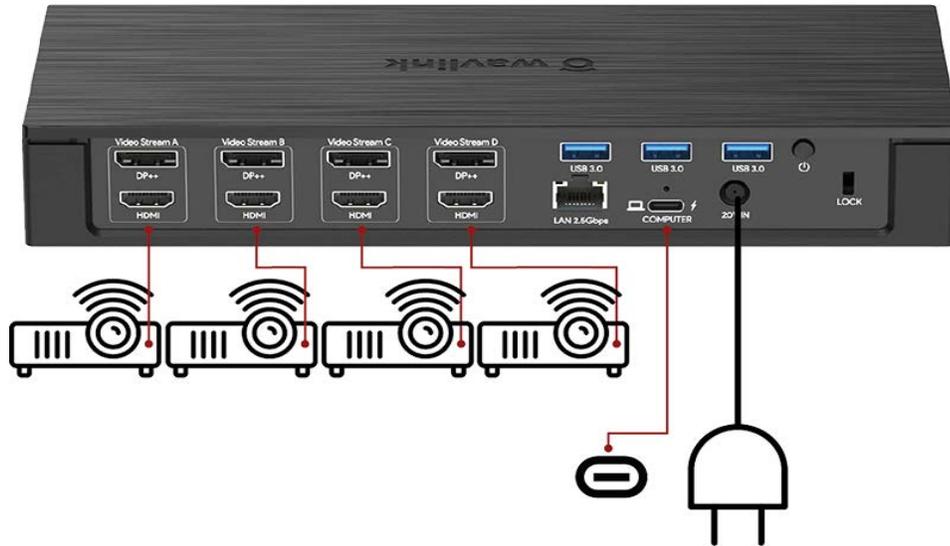


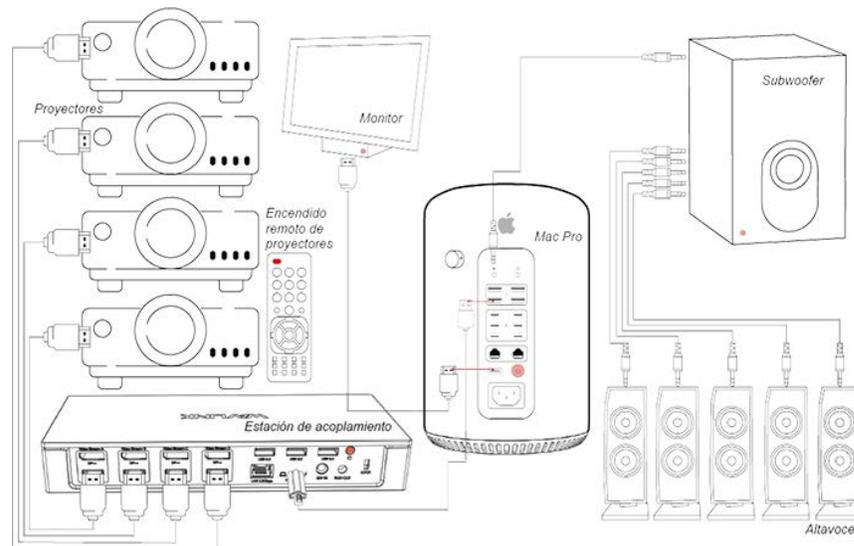
Figura 8

La imagen muestra la proyección de imagen satelital del área de CU, que procede de tres proyectores sobre una maqueta con la estación de acoplamiento funcionando



Figura 9

Maqueta Interactiva de Ciudad Universitaria



Nota: En la imagen se puede apreciar la conexión de todos los dispositivos empleados en el sistema de video mapping “Maqueta Interactiva de Ciudad Universitaria”; el dispositivo de la estación de acoplamiento abajo – izquierda, es el componente que se integró.

5. CONCLUSIONES

5.1 LECCIONES APRENDIDAS

La revisión exhaustiva de los adaptadores, la compatibilidad e interconexión entre dispositivos permitió profundizar y entender la manera en que interactúan los dispositivos empleados al comunicarse. Este conocimiento puede ser útil en la realización de las aplicaciones de video juego, realidad virtual, realidad aumentada, inteligencia artificial y, por supuesto, video mapping, enmarcadas en el área de graficación por computadora.

Es a partir del trabajo diagnóstico que se pudieron evaluar objetivamente los riesgos al intervenir el sistema de la maqueta interactiva, principalmente los relacionados a la compatibilidad hardware / software. En forma concluyente resultó muy eficiente buscar las alternativas de solución desde el análisis de hardware, como lo fue el reemplazo de conectores y adaptadores.

Es necesario promover que proyectos como el de la maqueta interactiva, en el cual participó un equipo de profesionales interdisciplinario, documente de forma muy precisa el proyecto, con la finalidad de que esa memoria técnica permita a acortar el tiempo de trabajo en el caso de intervenir el proyecto.

El éxito en la rehabilitación de la *maqueta interactiva* está basado en la exhaustiva revisión técnica de los componentes de hardware.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BenQ Ibérica, (s/f), *Introducción al USB-C: ¿Que es DisplayPort USB-C (DP en modo alt)?* <https://www.benq.eu/es-es/knowledge-center/knowledge/usb-c-introduction-what-is-dp-alt-mode.html>
- Club 3D | *USB C over ALT mode*. (n.d.). Club 3D. https://www.club-3d.com/es/technology/15/usb_c_over_alt_mode/
- Coughlin, T. M. (2017). *Digital storage in consumer electronics: The essential guide*. Springer.
- DGCS-UNAM (2017). *Inauguran en el Museo Universitario de Ciencias y Arte, Maqueta Interactiva de Ciudad Universitaria* (Número 2017/049). Dirección General de Comunicación Social de la Universidad Nacional Autónoma de México. https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2017_049.html.
- DELL (2022, marzo). *Información general sobre Una o varias pantallas de video* | Dell México. <https://www.dell.com/support/kbdoc/es-mx/000052929/informaci%C3%B3n-general-sobre-una-o-varias-pantallas-de-video>
- EFE. (2021, agosto 14). *Así fue la inauguración de la maqueta del Templo Mayor en el Zócalo*. El Financiero. <https://www.elfinanciero.com.mx/cdmx/2021/08/13/asi-fue-la-inauguracion-de-la-maqueta-del-templo-mayor-en-el-zocalo/>
- Estrella, A. (2021). *Maqueta de una pirámide de la antigua Tenochtitlán para la conmemoración del 500 aniversario*. El País. https://elpais.com/elpais/2021/12/26/album/1640546442_873467.html
- Fernández, Y. (2022, Noviembre 4). *DisplayPort vs HDMI: Cuáles son las diferencias*. Xataka.com; Xataka Basics. <https://www.xataka.com/basics/displayport-vs-hdmi-cuales-diferencias>
- Fischnaller F. (2018, junio 5-6). *New Media Exhibit at the Musée des Civilisations de L'Europe et de la Méditerranée*. In: Luigini, A. (eds) *Proceedings of the 1st International and Interdisciplinary Conference on Digital Environments for Education, Arts and Heritage*. EARTH 2018, Italy.
- Guerrero, H. (2021). *Vista general de la maqueta pirámide de la antigua Tenochtitlan en el Zócalo de Ciudad de México*. El País. <https://elpais.com/mexico/2021-08-13/los-ecos-de-la-caida-de-tenochtitlan-500-anos-despues.html>
- Instrumentic.info (s/f), *Mini DisplayPort Y thunderbolt: Compatibilidad Y USO – Faq-Mac*. (n.d.). <https://www.faq-mac.com/2014/08/mini-displayport-y-thunderbolt-compatibilidad-y-uso/>
- Instrumentic.info (s/f), *MiniDisplayPort - Todo sobre*. (2023, January 15). instrumentic.info. <https://instrumentic.info/es/apple/mini-displayport.html#gsc.tab=0>
- J. Lee, H. -h. Hsu, C. -h. Chen, X. Li and X. K. Cai. (2018, april). *System-level coexistence impact of USB type-C and type-A connectors with WiFi radio* [Conference session]. *EEE 26th Conference on Electrical Performance of Electronic Packaging and Systems (EPEPS)*, San Jose, CA, USA.
- Roca, J. (2023, September 18). *HDMI: Version, hercios Y resolución de esta interfaz de video*. HardZone. <https://hardzone.es/tutoriales/rendimiento/hdmi-version-resolucion-hercios/>
- Nvidia (s/f) *¿Cuál es la diferencia entre DVI-I y DVI-D?*. <https://support.nvidia.eu/hc/es/articles/201073551--Cu%C3%A1l-es-la-diferencia-entre-DVI-I-y-DVI-D>

- Serrano, R. (2021, septiembre 15). *La historia de Tenochtitlán contada en video mapping en el zócalo de la CDMX*. Iluminet revista de iluminación. <https://iluminet.com/tenochtitlan-en-video-mapping/>
- Tecnopc. (2023, mayo 15). *¿Que es VGA?, la clásica interfaz • Tarjetas Gráficas PC*. Tarjetas Gráficas PC: La Plataforma Hardware para Computadoras. <https://tarjetasgraficaspc.com/monitores/que-es-vga/>
- Universidad Nacional Autónoma de México (2017, febrero 2), *Ciudad Universitaria ya tiene una maqueta interactiva*. <https://www.fundacionunam.org.mx/pumarte/ciudad-universitaria-ya-tiene-una-maqueta-interactiva/>