



DGTIC UNAM

DIRECCIÓN GENERAL DE CÓMPUTO Y
DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN
Y COMUNICACIÓN

Sitio web
desarrollado en



Laboratorio de
Aprendizaje Digital

<https://educatic.unam.mx/lad-unam/>

2025



PROYECTO	Museo de la Luz Virtual
Responsable	Mtro. Emilio José Quiroz Galván
Área responsable	Departamento de Recursos Digitales para la Educación
Periodo reportado	Enero a diciembre de 2025
Fecha de elaboración	2025

Objetivo

Crear una experiencia interactiva de aprendizaje orientada a la comprensión de conceptos relacionados con la luz.

Introducción

Este proyecto surge a partir de la solicitud del Mtro. Ricardo Rubiales, Director del Museo de la Luz de la UNAM, dirigida a la DGTIC (Ticket 21074), el cual señaló que el Museo carece de una exposición permanente, centrando su actividad en muestras temporales vinculadas con la temática de la luz, como la exposición *Color, el conocimiento de lo invisible*, de Fundación Telefónica. Ante la ausencia de una muestra permanente y el resguardo de algunas instalaciones, se identificó la necesidad de crear un espacio digital que permita acercar al público a los conceptos relacionados con la luz y mantener su acceso de manera continua.

En respuesta, se conformó un equipo multidisciplinario en la DITE para orientar el proyecto hacia los objetivos planteados, y con base en los antecedentes y tras diversas iteraciones, se definieron los objetivos, alcances y medios para ofrecer a los visitantes un entorno virtual de experimentación.

A partir de las siguientes actividades, se logró la implementación del proyecto:

En una primera etapa, se definió el concepto de *experiencia interactiva de aprendizaje* como respuesta a los requerimientos del Museo. Esta se concibió como un sistema interactivo en entorno web que permite al usuario explorar y experimentar libremente un contenido específico, sin la mediación de un docente. El objetivo no es la definición formal de un concepto, sino su comprensión mediante la práctica.

La experiencia propone un reto progresivo, brinda retroalimentación sin emitir calificaciones y se estructura de manera similar a los niveles de un videojuego. Con base en el tema seleccionado —la reflexión de la luz—, se desarrollaron dos propuestas iniciales, que posteriormente fueron analizadas en términos de su cumplimiento con los requerimientos del proyecto.

Propuesta 1: *El problema de la cuchara*, estructurada en tres secciones: un video introductorio que plantea la situación, un espacio de experimentación interactiva para el usuario y una explicación final a cargo de un especialista.

Propuesta 2: *Encender un foco con un rayo láser*, en respuesta a las observaciones del solicitante, se desarrolló una segunda propuesta cuyo objetivo fue encender un foco mediante un láser fijo, utilizando diversos materiales disponibles en el espacio de experimentación.

Las dos primeras propuestas no cumplieron con los requerimientos del proyecto: la primera resultó poco atractiva para los usuarios y la segunda presentó una interacción limitada, además de existir herramientas en línea más completas en cuanto a la manipulación de la luz.

Propuesta 3: *Creación de un periscopio digital en un concierto*, fue aceptada al cumplir con los criterios establecidos. El reto plantea al usuario la situación de encontrarse en un concierto multitudinario sin visibilidad del escenario, invitándolo a construir un periscopio digital mediante bloques con y sin espejos dispuestos a 45°. A través de la experimentación y el ajuste continuo, el usuario logra visualizar el escenario y, posteriormente, enfrenta un segundo desafío que exige modificar la estructura del periscopio para superar un nuevo obstáculo visual.

Actividades principales

Las actividades realizadas para desarrollo del Museo interactivo fueron las siguientes:

- ❖ Diseño de la experiencia interactiva en base al tema “reflexión de la luz”.
 - Realización de propuestas
 - Experimentación con un periscopio físico.
- ❖ Desarrollo de la Propuesta 3: Creación de un periscopio digital en un concierto para el tema de reflexión.
 - Desarrollo del prototipo.
 - Propuesta de navegación del primer reto.
 - Desarrollo de la información sobre el tema de reflexión.
 - Pruebas de funcionalidad del prototipo.
 - Creación de la identidad visual.
 - Creación de la interfaz gráfica.
 - Propuestas de apariencia de personajes y escenario.
 - Diseño sonoro y composición usando IA.
 - Planteamiento e implementación del segundo reto.
 - Evaluación de usabilidad del prototipo.
 - Modelado y animación tridimensional de escenario y avatares.
 - Conceptualización y prototipado de sitio web e interactivo 3D.
 - Integración del sitio Museo de la Luz.
 - Implementación del servidor de pruebas y sistema de trabajo.

Equipo de trabajo

Nombre	Rol
Mtro. Emilio José Quiroz Galván	Responsable del proyecto
Mat. Ma. del Carmen Ramos Nava	Diseñador gráfico
Dra. Marina Kriscautzky Laxague	Corresponsable del proyecto
Mat. Ma. Alma García García	Revisora pedagógica
	Revisora pedagógica

Nombre	Rol
D. I. Araceli Casas Cordero	Modeladora 3D de propuesta Maquetista
Mtro. Victor Hugo Franco Serrano	Modelador 3D Diseñador gráfico
Lic. Daniel Gonzalez Lorenzo	Modelador 3D Diseñador gráfico
Ing. José Larios Delgado	Diseñador de interacción Programación 3D
Ing. Tayde Martín Cruz Lovera	Diseñador de interacción Programación
Lic. César Ordoñez Rodríguez	Desarrollo y administración WEB

Reporte técnico de actividades

Emilio José Quiroz Galván

Contenido

- Responsable académico del proyecto.
- Presentación de la Propuesta 3.
- Propuesta de navegación del primer reto.
- Pruebas de funcionalidad del prototipo.
- Definición de la experiencia interactiva de aprendizaje.
- Creación de la identidad visual.
- Creación de la interfaz gráfica.
- Propuestas de apariencia de personajes y escenario.
- Definición del segundo reto.
- Evaluación de usabilidad del prototipo.

Responsable académico del proyecto

A partir de asumir la responsabilidad del seguimiento del proyecto en el presente año, he mantenido comunicación directa con el Mtro. Ricardo Rubiales, Director del Museo de la Luz de la UNAM y solicitante del mismo. También, sostuve reuniones virtuales con el equipo de trabajo y con el director del museo antes mencionado, durante las cuales dirigí las sesiones y presenté los avances alcanzados en el desarrollo del proyecto.

Presentación de la Propuesta 3

Después de la elaboración de una tercera propuesta en colaboración con el equipo de trabajo, asumí la responsabilidad de preparar el material visual destinado a su presentación ante el Director del Museo, con el propósito de obtener su aprobación. Para ello, integré las siluetas de personas realizadas por los académicos Víctor Franco y Daniel González, y mediante el uso de Adobe Illustrator, generé una secuencia de ilustraciones que, de manera general, representan el proceso de creación de un periscopio digital en el contexto de un concierto (Figura 1).



Figura 1. Presentación de la tercera propuesta.

Propuesta de navegación del primer reto

Una vez aprobada la tercera propuesta por el Director del Museo de la Luz, elaboré el diseño de la estructura de navegación correspondiente al primer reto, tomando como referencia la información que se presentará antes, durante y después del armado del periscopio digital. A partir de lo anterior, desarrollé en Adobe Illustrator un esquema de navegación en formato PDF que representa las distintas pantallas y su interconexión. Posteriormente, utilicé Adobe Acrobat para integrar en dicho documento los contenidos específicos que se desplegarán en cada pantalla.

La propuesta fue presentada en reunión al Director del Museo, quien otorgó su aprobación.

Pruebas de funcionalidad del prototipo

A partir del prototipo funcional, elaboré un reporte de pruebas para determinar el número

máximo de espejos que podrían implementarse sin generar fallas en el sistema. Dicho reporte fue compartido con los académicos del Departamento para la realización y registro de las pruebas correspondientes y el documento incluyó campos para anotar la fecha de la prueba, nombre del evaluador, características y antigüedad del dispositivo móvil utilizado, tipo de conexión empleada (Wi-Fi o datos móviles), observaciones y un apartado para incluir capturas de pantalla como evidencia de los hallazgos reportados.

Con base en dicho formato, realicé tres pruebas de funcionalidad utilizando distintos celulares. Los resultados del reporte establecieron que el prototipo del periscopio alcanzaba su funcionamiento óptimo con un máximo de cuatro espejos, sin presentarse otras observaciones durante las evaluaciones.

Creación de la identidad visual

Con el propósito de establecer una identidad visual distintiva respecto al espacio físico, generé propuestas gráficas tomando como referencia el estilo del logotipo del sitio web. Mediante el uso de Adobe Illustrator, diseñé una propuesta visual con dos variantes cromáticas, una con fondo blanco y otra con fondo negro, ambas centradas en la representación de un prisma que descompone un haz de luz en cinco colores al atravesarlo (Figura 2).



Figura 2. Propuesta de identidad visual.

Creación de la interfaz gráfica

Con el objetivo de contar con varias propuestas de interfaz gráfica para ser presentadas al Director del Museo para su evaluación, diseñé una propuesta visual tomando como base las imágenes generadas por el académico Víctor Franco en su primera versión de interfaz. La propuesta la elaboré en Adobe Illustrator, siguiendo la referencia visual de la aplicación *Hidden Folks* proporcionada por el museo. En ella se define la distribución y ubicación de

los botones “Añadir espejo”, “Rotar”, “Añadir extensor”, “Eliminar” y “Modo de visión”, con sus respectivos íconos distintivos, un contador que indica la cantidad de espejos y extensiones disponibles, así como una pantalla que simula la vista del usuario al ingresar al modo de visión a través del periscopio digital (Figura 3).



Figura 3. Propuesta de interfaz gráfica.

Propuestas de apariencia de personajes y escenario

En seguimiento a los requerimientos del proyecto, realicé propuestas de diseño para los personajes y el escenario, tomando como referencia visual la aplicación mencionada en la actividad anterior. Para ello, utilicé Adobe Illustrator con el fin de desarrollar la apariencia de dos personajes, uno masculino y otro femenino, representados en pose tipo “A”, con variaciones en el peinado y la indumentaria. Asimismo, diseñé una propuesta de escenario techado que incluía torres de iluminación, vallas metálicas delimitadoras y la disposición de algunos personajes en el espacio.

Definición del segundo reto

Con la propuesta del segundo reto y en colaboración con los académicos Víctor Franco y Daniel González, se desarrollaron diversas propuestas orientadas a dar continuidad al proceso de armado del periscopio digital integrando este nuevo reto. A partir de este trabajo, se definió la idea de mantener la ambientación en el mismo concierto del primer reto, iniciando con la aparición de las mismas siluetas de personas que obstaculizaban la vista del escenario, con el fin de generar en el usuario la percepción de que la solución sería la misma. Sin embargo, de manera sorpresiva, las figuras se retiran, revelando una cámara en grúa averiada que bloquea la visibilidad del escenario, lo que exige explorar una nueva configuración del periscopio. Esta propuesta se la presenté al Director del Museo, quien otorgó su aprobación.

Evaluación de usabilidad del prototipo

A partir de las propuestas de preguntas del académico Daniel González y las propias, elaboré un cuestionario de evaluación de usabilidad del prototipo de armado del periscopio digital, integrado por 11 reactivos, el cual fue aplicado a los becarios de la Dirección. Posteriormente en una reunión con el equipo de trabajo, presenté los resultados obtenidos, con el fin de definir las acciones correspondientes para atender las observaciones identificadas.

Reporte técnico de actividades

Ma. del Carmen Ramos Nava

Contenido

- Corresponsable académica del proyecto.

Corresponsable académica del proyecto

Con el objetivo de formar a otros académicos en el liderazgo de proyectos, en este caso siendo el responsable el Mtro. Quiroz, mi trabajo consistió en revisar los avances del desarrollo del proyecto, en diversos tiempos en el mismo, detectando trabajos faltantes o características que modificarían los tiempos del desarrollo, o desviaciones a los requerimientos del mismo, comunicándoles mis propuestas, a fin de transmitir conocimiento a partir de la experiencia de haber liderado otros proyectos.

Específicamente definí la necesidad de realizar pruebas de desempeño del primer prototipo a fin establecer límites y características del desarrollo, lo que llevó a tener un límite de ciclos de recursión en la implementación de los espejos.

Colaboré en las pruebas de usabilidad para ajustar y modificar los elementos de desarrollo, en la parte final del proyecto.

También revisé el apego de avances de las primeras versiones con respecto a la definición de requerimientos, donde se tuvieron que realizar ajustes, debido a una desviación importante.

Reporte técnico de actividades

Marina Kriscautzky Laxague

Contenido

- Definición de experiencia interactiva de aprendizaje.
- Propuesta didáctica del problema.
- Revisión del desarrollo en diferentes etapas.

Definición de experiencia interactiva de aprendizaje.

Las Experiencias Interactivas de Aprendizaje constituyen un tipo de material digital que contribuye al aprendizaje conceptual a partir del planteamiento de un reto o desafío que el sujeto debe resolver. Propuse este tipo de desarrollo como complemento para los recursos informativos y las herramientas digitales publicadas por la DITE en la Red Universitaria de Aprendizaje (RUA).

Los recursos informativos, como su nombre lo indica, presentan información relevante para el estudiantado sacando provecho de las posibilidades de representación de información de diferentes tecnologías digitales. Se trata de documentos, audios o videos que se utilizan para ofrecer información que aporte al aprendizaje de contenidos académicos.

Las herramientas digitales, por su parte, son programas o sistemas que se utilizan para resolver problemas variados de una disciplina. Si bien se relacionan con un contenido, no se basan en la presentación de información sino en la posibilidad de procesar información y resolver problemas.

“La diferencia entre **recursos informativos** y **herramientas digitales** radica en que los primeros **presentan información** y las **segundas** no tienen contenido predeterminado, **son medios para procesar la información y transformarla en conocimiento**. Los recursos informativos proveen contenidos aprovechando al máximo el potencial de la tecnología, pero no generan interacción con los usuarios. Las herramientas digitales posibilitan la resolución de problemas de diferentes formas, ofreciendo a los estudiantes la exploración de diferentes procedimientos, el reconocimiento de errores, la elaboración de hipótesis y su comprobación. Tienen un grado alto de interacción y requieren de la intervención docente y la colaboración entre pares para sacar el máximo

provecho para el aprendizaje.” (Kriscautzky, M. 2025, p. 7. Recuperado de <https://educatic.unam.mx/sapdi/index.html>)

Como puede observarse, los recursos informativos se utilizan de forma individual o colectiva, dentro y fuera del aula, y constituyen fuentes confiables de información que complementan las actividades de aprendizaje. Las herramientas digitales también pueden utilizarse de forma individual o colectiva, dentro y fuera de clase, y permiten resolver problemas diversos que diseñan los docentes.

En las entrevistas con el director del Museo de la Luz, Ricardo Rubiales, identifiqué la necesidad de generar un tipo de material cercano a las herramientas digitales pero restringido a un problema concreto y factible de utilizar especialmente fuera del aula y de forma individual. Así, definí el concepto de *experiencia interactiva de aprendizaje* como respuesta a los requerimientos del Museo. Esta se concibió como un sistema interactivo en entorno web que permite al usuario explorar y experimentar libremente un contenido específico, sin la mediación de un docente. El objetivo no es la definición formal de un concepto, sino su comprensión mediante la práctica. La experiencia propone un reto progresivo, brinda retroalimentación sin emitir calificaciones y se estructura de manera similar a los niveles de un videojuego.

Propuesta didáctica del problema

Con esta definición, exploré los temas relacionados con la luz que podrían abordarse. Para esto, busqué la asesoría de la Dra. Andrea Aburto Espina, coordinadora de Física de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Realicé dos entrevistas a la Dra. Aburto y revisé sus materiales de clase. Junto con ella, seleccioné el tema de la reflexión de la luz a partir de una actividad que ella realiza frecuentemente en clase. Se trata de la Actividad de la cuchara. Presenta una cuchara de metal a sus estudiantes y les pide que observen su reflejo en el lado cóncavo y luego en el convexo. A partir de allí, realiza diversas preguntas que orientan la reflexión hacia la formulación de hipótesis acerca de por qué de un lado se ven “de cabeza” y del otro no. A continuación, les solicita que busquen información y traten de comprobar sus hipótesis, finalizando con una explicación formal sobre la reflexión de la luz.

Adapté esta actividad para que pudiera presentarse como una experiencia interactiva de aprendizaje. La propuesta no fue aceptada por el Mtro. Rubiales porque contenía información y explicaciones “escolares”.

Entonces, propuse la situación del concierto y la necesidad de construir un periscopio

para poder ver el escenario, propuesta que fue aceptada y constituye el contenido del desarrollo que se realizó.

Revisión del desarrollo en diferentes etapas

Participé en el primer ejercicio de prueba, armando el periscopio con los materiales reales que diseñó la Mtra. Araceli Casas. Participaron todos los integrantes del equipo. A partir de las estrategias desarrolladas por cada participante para solucionar el reto pude constatar que realmente fue un problema productivo. No pudieron resolverlo con la primera estrategia. Todos probaron varias configuraciones de módulos hasta lograr ver el escenario. Incluso dos compañeras no pudieron resolver el problema. En las pruebas intermedias, antes de encontrar la solución, de los 10 participantes 8 construyeron el periscopio de manera que enfocaron la parte trasera del recinto en lugar del escenario, y 6 lo construyeron obteniendo su propia vista “de cabeza”. Al constatar que el reto sí plantea dificultad y que hay varias maneras de solucionarlo, confirmé que era viable desarrollar la experiencia interactiva de aprendizaje (EIA) con esta base.

Durante el desarrollo, participé en reuniones donde se presentaron avances para verificar y reorientar el desarrollo conforme al objetivo de la EIA. Cuando se presentó la página web desde donde se accede a la EIA solicité que se quitara toda la información introductoria (explicación del periscopio del submarino, explicación de la reflexión de la luz etc.) dado que fue una solicitud explícita del Mtro. Rubiales que no se integrara información “académica”. La información, elaborada por la Mtra. Alma García, quedó disponible en un botón llamado “Para saber más”. Asimismo, solicité que se elaborara un video sencillo para presentar el problema, donde dos jóvenes aparecieran corriendo para llegar a un concierto y, al llegar, se dieran cuenta de que ya no habían alcanzado buena ubicación y no veían el escenario.

Finalmente, propuse el segundo nivel de la EIA, donde la situación tuviera mayor dificultad: no sólo no se ve el escenario por la gente que lo obstruye, sino que hay un objeto que impide ver. Esto requiere, para la solución, armar el periscopio de otra manera y con más módulos.

Reporte técnico de actividades

Ma. Alma García García

Contenido

- Propuesta didáctica del problema.
- Redacción de contenidos.

Propuesta didáctica del problema

Propuse como un reto a desarrollar, en el marco del estudio de la reflexión de la luz, el caso de un periscopio, dispositivo que suele utilizarse en los submarinos para observar sin necesidad de emerger, mediante el uso de espejos y el efecto de la reflexión de la luz, lo que se encuentra sobre el nivel del mar y alrededor del submarino. El tema del periscopio no sólo es útil para ver por encima de cierta altura, sino que además es factible que el propio público construya uno, con el fin de ver por encima de otras personas durante un desfile, un concierto u otro evento en el que la estatura de la gente impide apreciar lo que sucede.

La propuesta del periscopio resulta atractiva para personas estudiantes o público en general, ya que permite explicar su origen y aplicación; sin embargo, éste no constituye el eje central del desarrollo. La perspectiva didáctica parte de que el público que ingrese a la página WEB no reciba una explicación teórica directa sobre el funcionamiento del periscopio, sino que lo comprenda de manera gradual, a partir de la construcción digital de uno que le permita ver un concierto de música en el que la cantidad de personas de pie frecuentemente con manos levantadas, bloquea la visión de un espectador ubicado detrás de varias filas.

La propuesta que expuse se compone de una secuencia inicial en la que se muestra el submarino y la utilidad del periscopio, para luego plantear el problema del concierto que sugirió la Dra. Kriscautzky por ser una situación real, en el cual la multitud impide la visualización. Se proporcionan al público los elementos necesarios para la construcción de un periscopio digital: espejos que permiten la reflexión de la luz y extensiones para modificar la altura del periscopio. Con estos recursos, los participantes pueden solucionar el problema, descubriendo progresivamente el funcionamiento del dispositivo.

Durante la construcción del periscopio digital aparecerán preguntas del tipo “¿Qué

pasaría si ...?”, cuya intención es que la persona que construye reflexione sobre sus decisiones al colocar uno, dos o tres espejos, una, dos o más extensiones y sobre todo la rotación de los espejos, de tal manera que analice las consecuencias de cada acción y descubra, de manera inductiva, el efecto de la reflexión de la luz.

Redacción de contenidos

Redacté una serie de preguntas con la finalidad de provocar la reflexión y guiar el proceso de desarrollo del periscopio digital, tales como: ¿Cuántos espejos necesitas?, ¿qué pasaría si agregas un espejo?, ¿qué pasaría si agregas un extensor?, ¿qué pasaría si rotas un espejo? y ¿qué pasaría si cambias el modo de la vista? Estas preguntas buscan que la persona que construye el periscopio digital, explore distintas posibilidades, analice sus decisiones y comprenda poco a poco el funcionamiento del dispositivo.

De igual manera, propuse el siguiente texto para un apartado titulado “Para saber más”, en el cual se incluye la explicación teórica del periscopio sin tecnicismos y otros retos relacionados con la reflexión de la luz que el participante puede realizar con facilidad.

Para saber más

Descripción de la reflexión de la luz en un periscopio

La reflexión de la luz en un periscopio se basa en el principio fundamental de la reflexión (*Submarine Periscope Manual - Chapter 1, 2013*), que establece que cuando un rayo de luz incide sobre una superficie reflectante, el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión, ambos medidos con respecto a la normal (línea perpendicular) a la superficie, por eso en un periscopio, este principio se aprovecha mediante dos espejos planos dispuestos en paralelo y orientados a 45 grados respecto a la horizontal. El funcionamiento se produce de la siguiente manera:

La luz proveniente del objeto que deseamos observar (por ejemplo, el escenario del concierto) incide sobre el espejo superior con un ángulo determinado. Este primer espejo, al estar inclinado a 45 grados, refleja la luz en un ángulo de 90 grados, redirigiendo los rayos hacia abajo por el tubo o caja del periscopio. Los rayos de luz viajan en línea recta por el interior del periscopio hasta alcanzar el segundo espejo, también orientado a 45 grados pero en dirección opuesta al primero.

El segundo espejo refleja nuevamente la luz, cambiando su dirección otros 90 grados, esta vez hacia el ojo del observador.

Este doble sistema de reflexión permite mantener la imagen derecha (no invertida), aunque experimenta una inversión lateral (izquierda-derecha). La calidad de la imagen observada dependerá directamente de la calidad de los espejos utilizados y de la precisión en sus ángulos de colocación.

La reflexión en el periscopio es un excelente ejemplo práctico de la aplicación de las leyes de la óptica geométrica, específicamente la ley de reflexión, que ha permitido desarrollar este instrumento con aplicaciones que van desde submarinos militares hasta juguetes educativos (Mediavilla & Genda, 2008).

Retos sobre reflexión de la luz

Aquí te presento varios experimentos educativos efectivos para mostrar y explicar el fenómeno de la reflexión de la luz (Fellers & Davidson, 2026) a manera de retos para reflexionar sobre la reflexión de la luz.

1. Cámara oscura

Construir una cámara oscura simple con una caja de cartón, papel vegetal y un pequeño orificio. Este dispositivo muestra cómo la luz viaja en línea recta y cómo se forma una imagen invertida debido a la reflexión de los rayos de luz.

2. Caleidoscopio

La construcción de un caleidoscopio utilizando espejos en forma triangular permite observar múltiples reflexiones que crean patrones simétricos, demostrando la reflexión múltiple de la luz.

3. Láser y espejos

Usar un puntero láser y varios espejos planos para crear un recorrido de luz. Se puede demostrar visualmente que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión marcando los ángulos con un transportador.

4. Reflejo en el agua

Llenar un recipiente con agua y observar cómo se reflejan diferentes objetos en la superficie. Al agitar suavemente el agua, se puede observar cómo cambia la reflexión cuando la superficie reflectante no es perfectamente plana.

5. Formación de imágenes con espejos cóncavos y convexos

Utilizar cucharas pulidas (lado cóncavo y convexo) como espejos para observar cómo cambia la imagen reflejada según la curvatura de la superficie reflectante.

6. Teatro de sombras

Crear un teatro de sombras utilizando una fuente de luz y figuras recortadas, demostrando cómo la luz viaja en línea recta y cómo los objetos opacos bloquean su paso creando sombras.

7. Periscopio de tres dimensiones

Una variación del periscopio tradicional que permite ver no solo por encima de obstáculos sino también alrededor de las esquinas, utilizando más espejos estratégicamente colocados. ¿Te gustaría probarlo con el digital o construyendo uno?

8. Fibra óptica casera

Demostrar el principio de reflexión total interna utilizando un chorro de agua y una linterna, simulando cómo funciona la fibra óptica al "atrapar" la luz dentro del agua debido a reflexiones internas.

Estos experimentos son particularmente efectivos en entornos educativos porque permiten la observación directa de los fenómenos ópticos y fomentan el aprendizaje activo mediante la experimentación práctica.

Referencias

- Fellers, T., & Davidson, M. (2026, enero). Introducción a la reflexión de la luz.
Introducción a la reflexión de la luz.
<https://evidentscientific.com/es/microscope-resource/knowledge-hub/lightandcolor/reflectionintro>
- Mediavilla, J. A., & Genda, M. (2008). Periscopios. U-Historia.
<https://www.u-historia.com/uhistoria/tecnico/articulos/periscopios/periscopios.htm>
- Submarine Periscope Manual—Chapter 1. (2013).
<https://maritime.org/doc/fleetsub/pscope/chap1.php>

Reporte técnico de actividades

Araceli Casas Cordero

Contenido

- Desarrollo de propuesta sobre la reflexión de la luz - [propuesta 2](#) -.
- Desarrollo de prototipo de un periscopio físico - [propuesta 3](#) -.

Desarrollo de propuesta sobre reflexión de la luz - [propuesta 2](#) -.

A partir de las reuniones de trabajo en las cuales se expresó el interés de trabajar un sistema desde el cual se manipulara una fuente luminosa para dirigir un haz luminoso a un punto específico, realicé la propuesta que se observa en la siguiente gráfica. La interacción propuesta es manipular la dirección de la lámpara virtual y las superficies en las que el rayo se refleja para darle una correcta dirección al haz luminoso con la finalidad de que el destino final sea la base del foco, cuando se logra, lo que debe ocurrir es que encienda la bombilla.

Para ofrecer experiencias adicionales, se propuso que los usuarios seleccionaran materiales con diferentes índices de reflexión, con la finalidad de conocer el comportamiento del haz luminoso cuando se utilizan diferentes materiales, así también superficies con diferentes geometrías, planas, curvas, con textura.

Se realizó una evaluación de recursos en línea interactivos sobre esta temática y se encuentra que existe material que tiene la misma función por lo que se descartó esta propuesta.

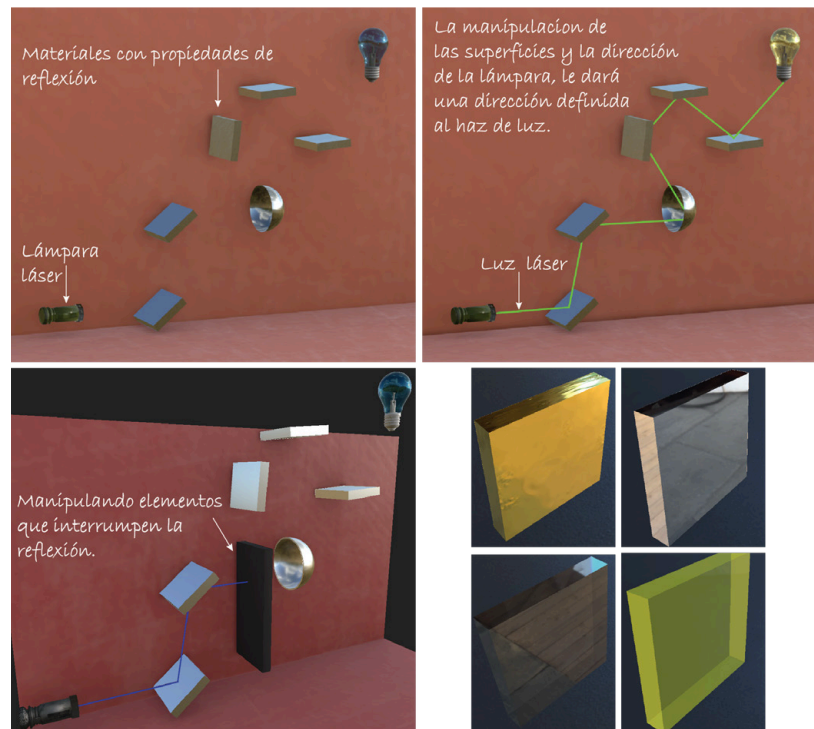


Figura 4. Imágenes del escenario 3D desde el cual se controlaría la posición de la lámpara para dirigir el haz, reflejándose en las diferentes superficies propuestas. A la derecha y abajo se observan los diferentes materiales a elegir.

Desarrollo del prototipo del periscopio físico - [propuesta 3](#) -.

El tema a trabajar fue un periscopio virtual y para ello se evaluó que resultaría importante experimentar con un periscopio real con la finalidad de evaluar el alcance en su realización. Una de las características para que funcione propiamente este dispositivo óptico, es procurar una buena alineación en los ejes en donde se forma la imagen, por lo que realicé un modelo 3D preciso, con superficies planas debido a que las piezas las cortaré en MDF con láser y posteriormente las armaré. Adicionalmente realicé tres módulos con los cuales se puede probar diferentes alineaciones y permite ver cómo se distorsiona la imagen que se proyecta en los espejos. En la imagen se muestra un corte del elemento principal y cada uno de los módulos.

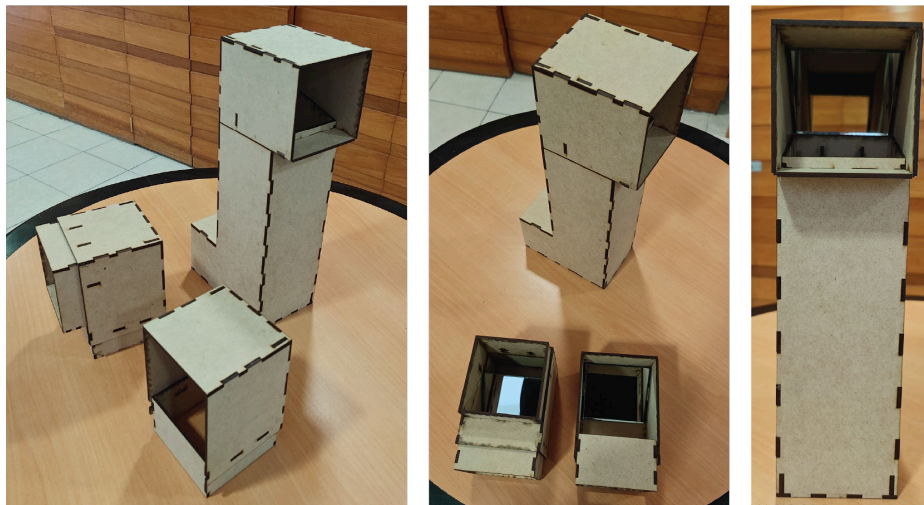
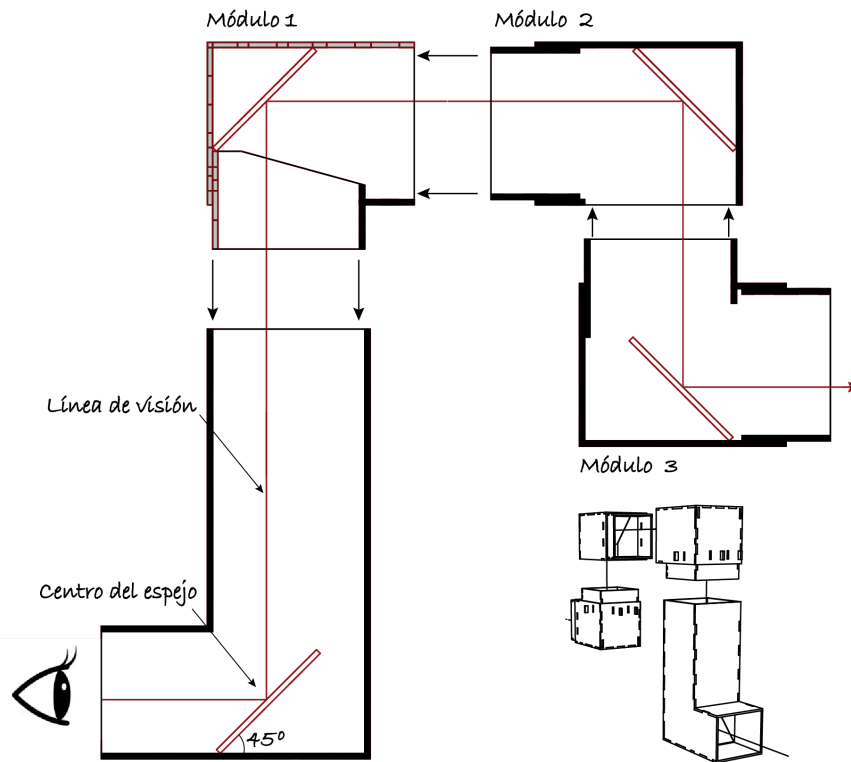


Figura 5. La línea de visión tiene una ubicación precisa en el centro del espejo que se encuentra con un giro de 45 grados, los módulos se pueden combinar entre ellos para modificar la orientación del espejo. En la parte inferior se observa el periscopio terminado.

Reporte técnico de actividades

Victor Hugo Franco Serrano

Contenido

- Búsqueda y selección de sitios interactivos con el tema de “reflexión de la luz”.
- Actividades relacionadas con el prototipo del armado del periscopio digital.
- Creación de la identidad visual.
- Creación de la interfaz gráfica.
- Propuestas de apariencia de personajes y escenario.
- Diseño sonoro y composición usando IA.
- Modelado y animación tridimensional de escenario y avatares.
- Conceptualización de avatares 3d y arte conceptual.
- Creación de secuencias animadas bidimensionales.
- Diseño de identidad gráfica y aplicaciones.
- Conceptualización y prototipado de sitio web e interactivo 3D.

Búsqueda y selección de sitios interactivos con el tema de “reflexión de la luz”.

Presenté, con base en referencias encontradas, ejemplos de aplicaciones interactivas similares y una serie de videos que capturan la esencia de lo que se quiere trabajar en el proyecto: Dynamic Labs LIGHT, laboratorio de simulación de luz y sus propiedades físicas básicas. PhET project - Interactive Simulations for Science and Math, laboratorio de simulación de luz y sus propiedades físicas básicas. Mozaik - Daltonismo, en él se observa qué es lo que ocurre a la visión humana con ese padecimiento. Sombras proyectadas, simulación de sombras proyectadas desde una fuente de luz a un objeto y paredes dentro de un sistema coordinado de 3 ejes. Mozaik - Reflexión-refracción, simulación de reflexión refracción y Mozaik - El mecanismo de la visión que muestra cómo funciona el enfoque de objetos lejanos y cercanos.

Actividades relacionadas con el prototipo del armado del periscopio digital

Una vez planteado el tema principal exploré soluciones de representación tridimensional, basadas en el prototipo físico realizado con anterioridad. Para ello realicé el modelado tridimensional de 2 periscopios para su uso en el prototipo de aplicación, así como la generación de una imagen panorámica que representa un escenario de concierto en el que se puede observar un grupo musical tocando y varias filas de personas. A su vez, creé un modelo 3d de un cilindro con una textura que representa hombres fornidos de gran altura que bloquean la visión en 360 grados del

usuario de la aplicación y que motiva a resolver el primer reto para poder observar al grupo tocando a la distancia.

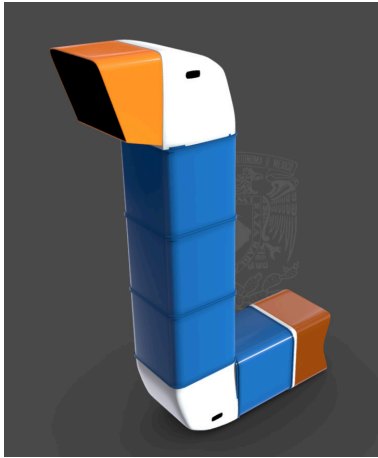


Figura 6. Periscopio modular inicial.
Disponible en:
<https://skfb.ly/pvlpZ>

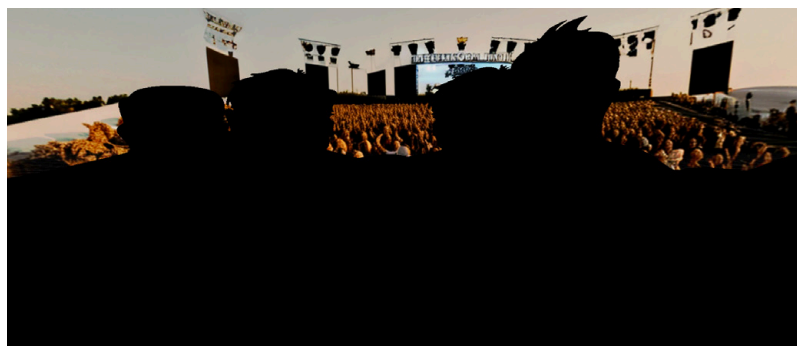


Figura 7. Periscopio modular final con
base de posición. Disponible en:
<https://skfb.ly/pxMGZ>



Figura 8. Imagen panorámica 360
grados de entorno.





Figuras 9 - 12. Muestra las siluetas y el cilindro de personas, el cielo infinito y la proyección conjunta en la escena de Unity.

Creación de la identidad visual

Como primera etapa busqué que la identidad respondiera a las necesidades del museo, las cuales consisten en propuestas libres de identidad gráfica que pueden verse en la Figura 13.



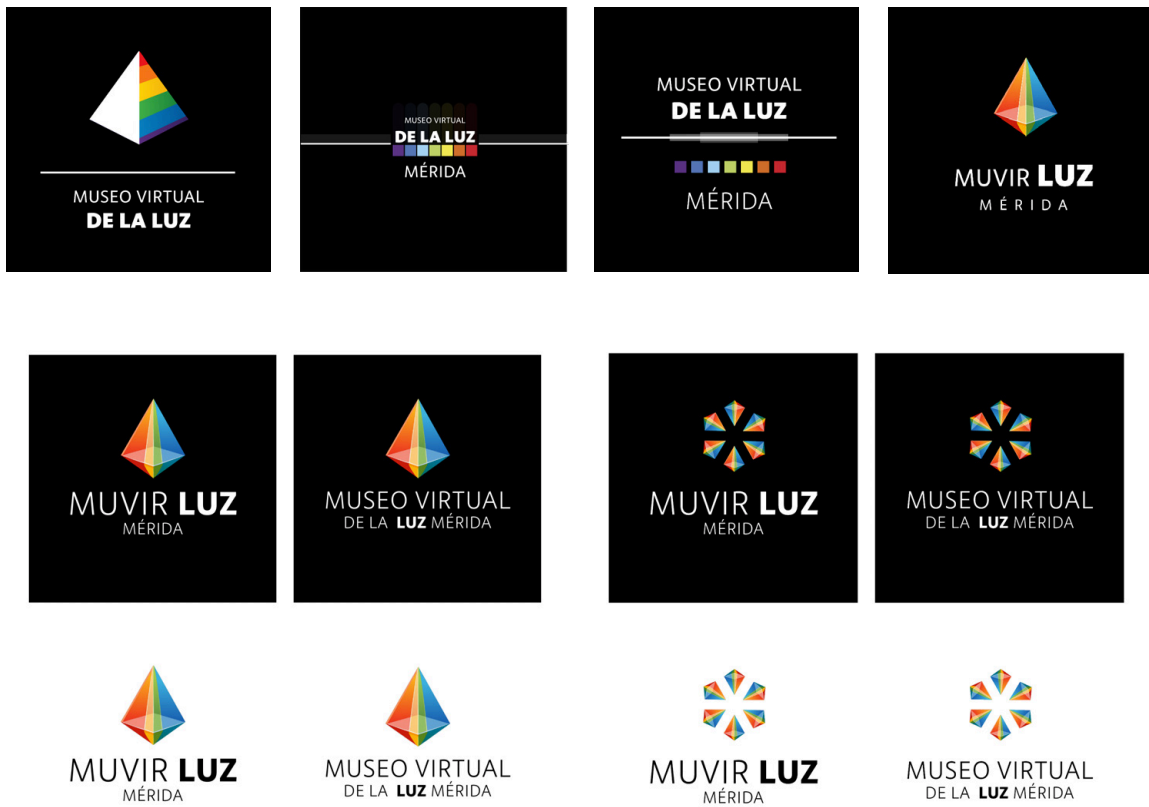


Figura 13. Propuestas de identidad visual.

Búsqueda de la identidad y la similitud

En esta etapa busqué dotar a la identidad de individualidad pero con reminiscencias a la identidad que el museo utiliza. Por eso se construyó en su mayoría enfocado en los 7 cuadros de color como base central y se experimentó con posición, forma y figura para tener una serie de variantes útiles para el proyecto (Figura 14).





Figura 14. Versiones preliminares.

Creación de la interfaz gráfica

Esta identidad, que realicé, fue seleccionada por las posibilidades de uso así como su similitud con las aplicaciones que tiene el museo físico; con su identidad pero permitiendo tener una versión que identifique de forma única al espacio virtual que se está trabajando en el proyecto.



Figuras 15. Versión final

Propuestas de interfaz gráfica de usuario

Para el primer reto que consiste en el armado de un periscopio se requiere que la interfaz gráfica de usuario sea limpia y fácil de usar, que no ocupe demasiado espacio en pantalla pero que a su vez sea fácil de seleccionar en dispositivos móviles.

Primera versión de interfaz

Esta versión captura la esencia de lo planteado para el reto, un escenario con músicos en un concierto que es bloqueado por asistentes y le presenta al usuario los elementos que le servirán para el armado del periscopio, si bien es una versión preliminar con poca definición [low def] permite identificar las regiones de interés y explorar las zonas que podrán fungir como elementos interactivos, de visión o de referencia (Figura 16).



Figura 16. Primera versión de baja definición.

Segunda versión de interfaz

Esta versión de definición media presenta los elementos interactivos principales, botones, menú, región 3d interactiva, así como los estados de la interfaz dependiendo si está en modo armado o modo visualización (Figura 17).

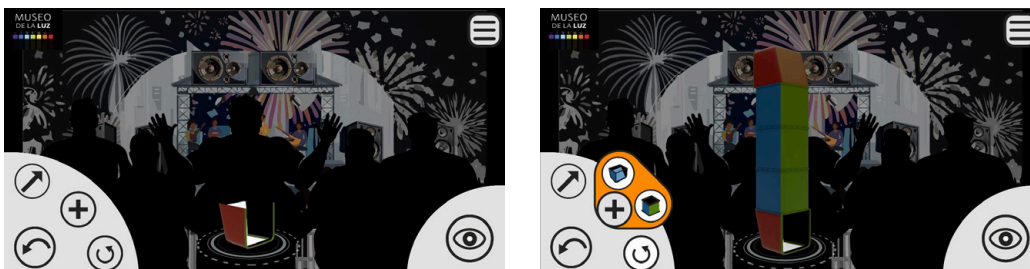


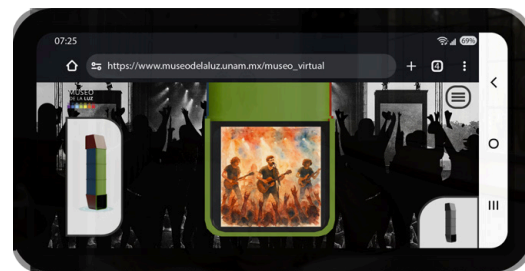
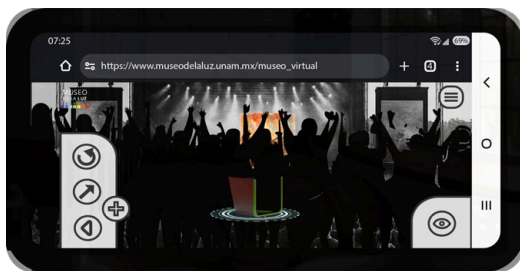


Figura 17. Segunda versión de interfaz que presenta regiones y elementos de interacción.

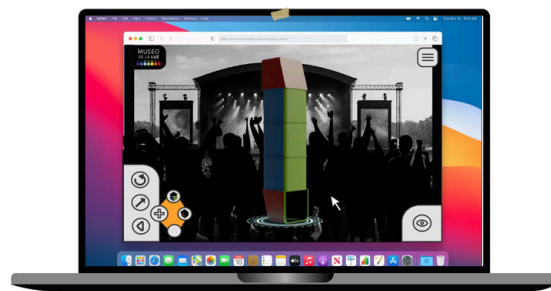
Propuesta final de interfaz y ejemplos de aplicación en dispositivos

Esta versión presenta el acabado final de botones, menús y zonas de interacción presentado como se verá en dispositivos móviles y en computadora, presentando también una propuesta del modelo tridimensional del periscopio y del modo visualización (Figura 18).

Smartphone



Computadora de escritorio



Tablet

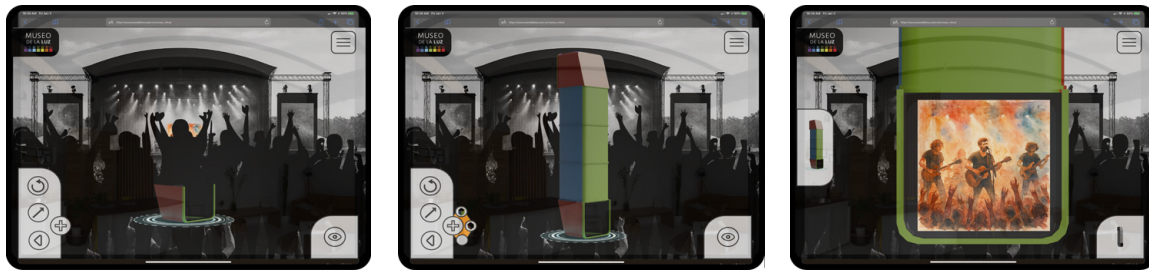


Figura 18. Interfaz mostrada en dispositivos.

Propuestas de apariencia de personajes y escenario

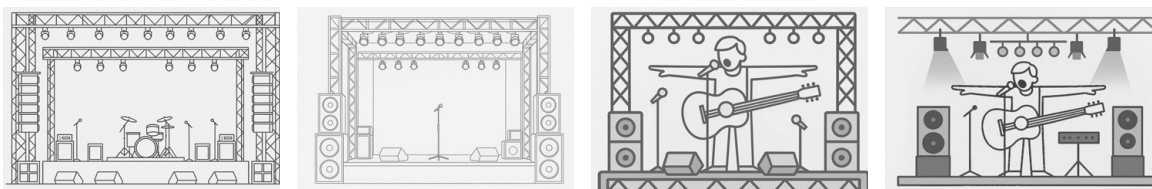
Con base en la aplicación referencia llamada Hidden Folks, que el director *Ricardo Rubiales* nos presentó en la sesión de zoom, se establece un referente de estilo, color y forma que será aplicado a los elementos de personajes y escenarios. Esta aplicación presenta ausencia de color y manejo de línea simple para definir formas también simples que serán la base para el diseño general de los contenidos.

Escenario

Las imágenes realizadas para el escenario presentan la ruta de diseño establecida con líneas simples y ausencia de color representando los elementos esenciales para el escenario.

Personajes

El diseño de personajes comprende una serie de trazos sencillos que representan las formas de músicos de una banda, guitarristas, bajista, tecladista y vocalista que compondrán la banda que estará tocando durante el tiempo de ejecución de la aplicación (Figura 19).



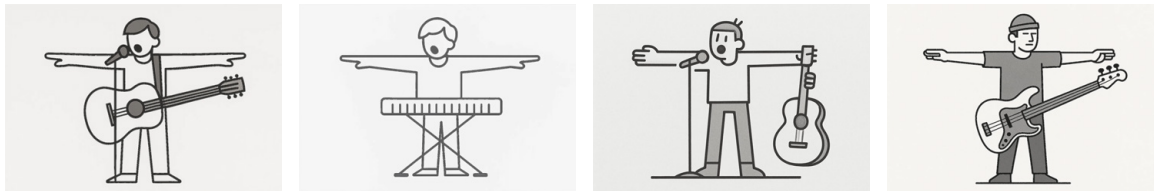


Figura 19. Propuestas de escenario y diseño de personajes.

Diseño sonoro y composición usando IA

Realicé la composición musical para establecer el estilo y forma en cómo se escuchará la música del concierto. Para ello, utilicé la herramienta SUNO para la creación y composición musical y de la letra de la pieza.

Letra canción Museo de la luz	Música
<p>En Mérida la blanca ciudad Hay un lugar especial Un templo de la luz verdad Que te va a fascinar</p> <p>Ven conmigo vamos ya A este mundo singular</p> <p>Museo de la Luz Un viaje increíble es Museo de la Luz La ciencia te va a sorprender</p> <p>El color se transforma En un juego sin igual La luz todo lo conforma Es algo fenomenal</p> <p>Ven conmigo vamos ya A este mundo singular</p> <p>Museo de la Luz Un viaje increíble es Museo de la Luz La ciencia te va a sorprender</p>	<p>Versión 1 disponible en:</p> <p>https://youtu.be/n5hgpm454UY?si=Pke1tYaED-c486TK</p> <p>Versión 2 disponible en:</p> <p>https://youtu.be/_L4FpRU56e8?si=i2Tghra5uLgWM5eG</p>

Modelado y animación tridimensional de escenario y avatares

Realicé los modelos 3d requeridos para escenario de concierto del proyecto museo de la luz virtual (Figura 20).

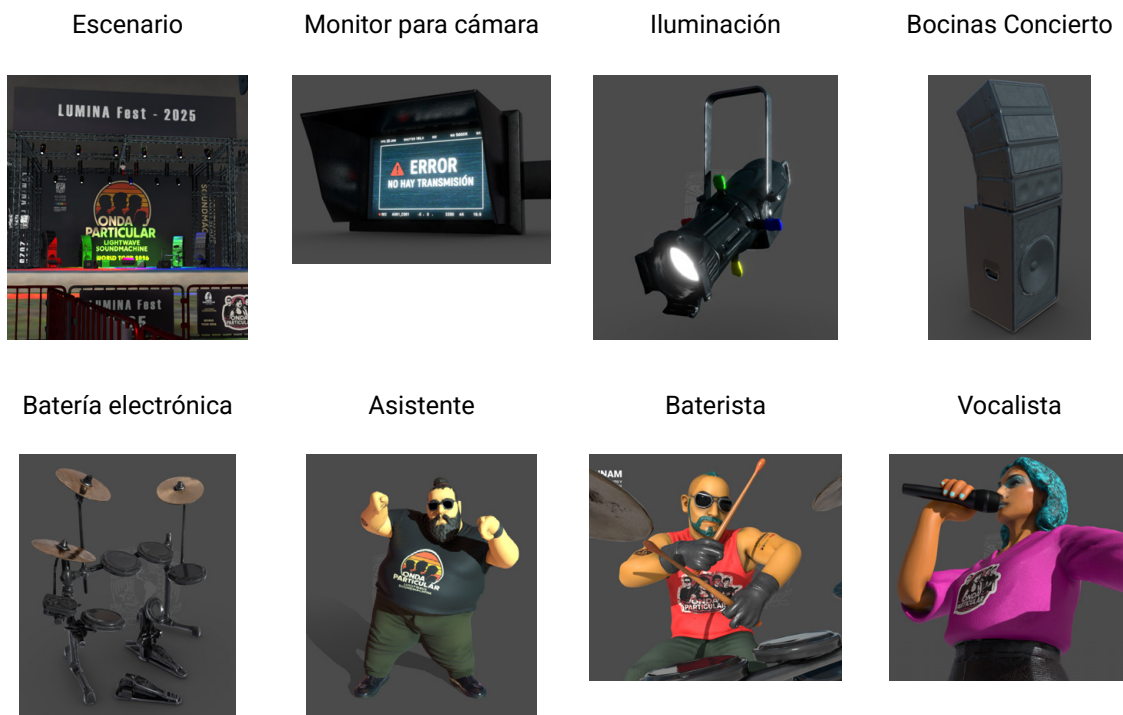


Figura 20. Muestra de modelos 3D generados.

Conceptualización de avatares 3D y arte conceptual:

Realicé el trabajo de diseño de arte conceptual de los avatares que estarán involucrados en el proyecto, desde avatares genéricos que servirán de público en general, así como de los músicos y de los avatares o asistentes principales que servirán para bloquear la visión del usuario (Figura 21).

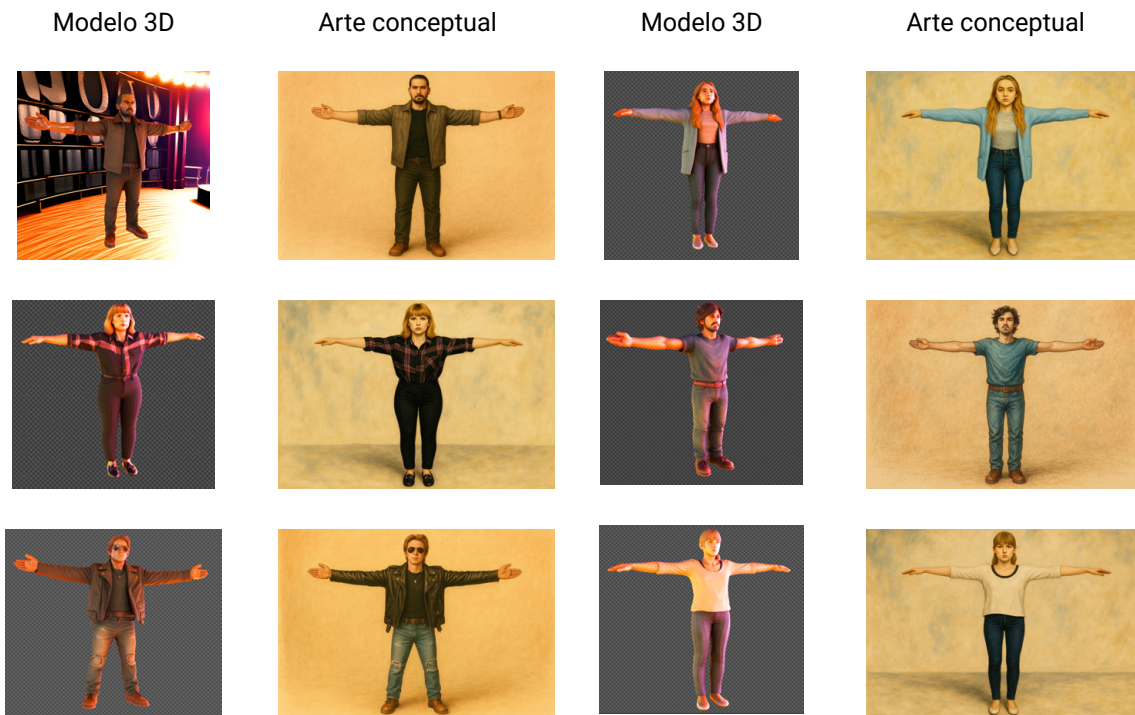


Figura 21. Muestra del arte conceptual de los avatares.

Creación de secuencias animadas bidimensionales

Realicé la animación tridimensional de los músicos de la banda Onda Particular y en cada caso realicé renders bidimensionales que servirán de secuencias que sustituirán a los modelos tridimensionales en la versión optimizada para web del proyecto (Figura 22).



Figura 22. Muestra de la secuencia animada 2D de la vocalista.

Diseño de identidad gráfica y aplicaciones

Realicé el diseño gráfico de la identidad visual del grupo Onda Particular (Figura 23) cuyo nombre elegí de una serie de nombres que propuse. El término Onda Particular se refiere a las propiedades físicas de la luz que se comporta como Onda y Partícula y decidí que era la mejor propuesta de nombre para el grupo.



Figura 23. Prototipos de diseño de identidad gráfica.

Listado de nombres propuestos para agrupación			
Neon 9	AURORA	Lightbulbs	Onda Particular
Luxerito	ALIANA	Magnetrixia	Onda Grupal
Lightrix	Lumina	WAVE PARTICLE LIGHT	Claridad
Luminae	Lightwave	Entre sombras	Solare
Sailor Twift	Glow mind	Ecos de luz	Heilu
Rainbow rose	Radiant	Circulo solar	

Esta base me sirvió para realizar la propuesta de aplicaciones de la marca dentro del escenario y de la ropa de los asistentes, así como proponer el nombre del festival y de las bandas que lo integran siendo Onda Particular la banda estelar (Figura 24).

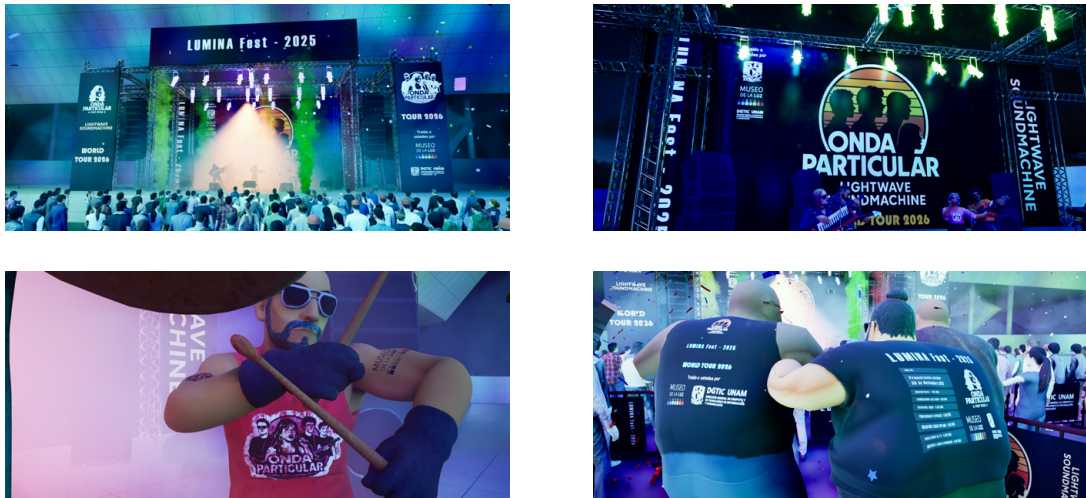
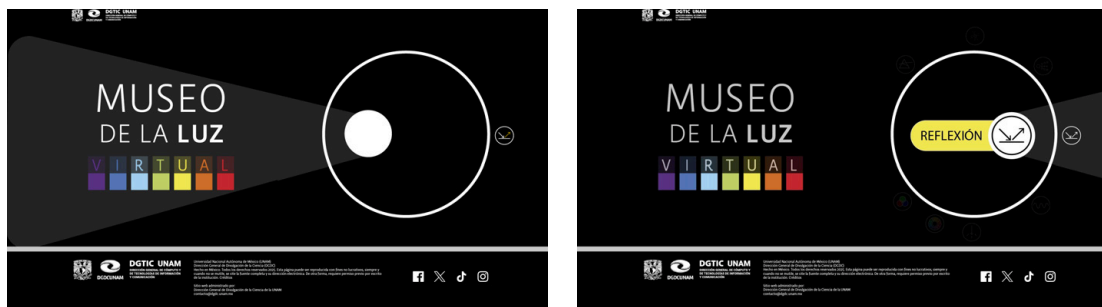


Figura 24. Ejemplos de aplicaciones de la identidad gráfica.

Conceptualización y prototipado de sitio web e interactivo 3D

Realicé el diseño de la interfaz gráfica del sitio web y el prototipo digital de interacciones, también del interactivo 3D de Unity, así como la definición de la interacción con los menús y botones (Figura 25).



Mapa de interacciones del prototipo digital

En la imagen es posible observar las relaciones de interacción del prototipo, así como los caminos que pueden ser recorridos por el usuario dentro de la aplicación.

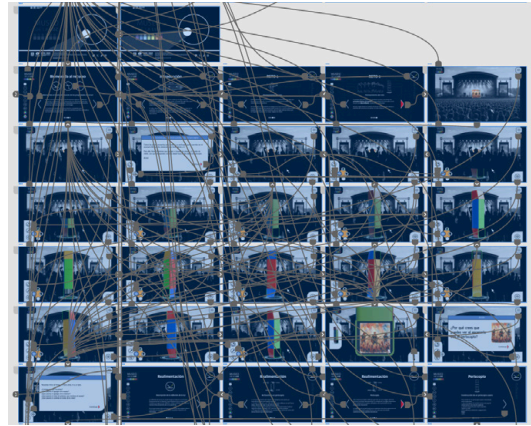


Figura 25. Interfaz gráfica del sitio web y prototipo digital de interacciones.

Reporte técnico de actividades

Daniel González Lorenzo

Contenido

- Definición de la experiencia interactiva de aprendizaje.
- Creación de la identidad visual.
- Diseño de la interfaz gráfica.
- Definición de la paleta de color para realizar las propuestas de diseño.
- Propuesta de diseño gráfico y funcional para la interacción y navegación del usuario.
- Diseño Gráfico para la Portada de la Página Web.
- Propuestas de apariencia de personajes y escenario.
- Modelado 3D del teatro La Plancha, Mérida, Yucatán.
- Modelado de multitudes y personajes 3D.

Definición de la experiencia interactiva de aprendizaje.

Derivado de una visita al Museo de la Luz, realizada por la jefa de departamento para comprender fenómenos relacionados con la luz, complementada con análisis de fuentes electrónicas y reuniones de trabajo; se definió una propuesta inicial del proyecto. Participé en el armado de un periscopio físico, diseñado e impreso en 3D por una compañera.

Creación de la identidad visual.

Con el propósito de establecer una identidad visual distintiva para el espacio virtual del museo, diseñé un logotipo que integra ciencia y tecnología mediante un prisma que descompone la luz en colores vibrantes. El contorno curvo se inspira en las gafas de realidad virtual Meta Quest, reforzando la identidad digital. Empleé tipografía sans serif por su legibilidad y estética moderna, junto con una paleta cromática de alto contraste para transmitir innovación y dinamismo.

La identidad visual la desarrollé en Adobe Illustrator, garantizando precisión en la construcción vectorial y adaptabilidad en diferentes formatos. Además, trabajé cuatro variantes adicionales explorando combinaciones cromáticas y la disposición tipográfica, con el objetivo de evaluar diferentes enfoques visuales y su aplicación en distintos medios (Figura 26).

Cabe mencionar que esta propuesta no fue seleccionada, ya que se eligió una de las otras dos propuestas realizadas por mis compañeros Víctor Franco y Emilio Quiróz.



Figura 26. Diseño de logo.

Diseño de la interfaz gráfica.

Primer acercamiento

En la primera etapa del proyecto, trabajé en el diseño de la interfaz y la interacción para manipular y ensamblar un periscopio de manera virtual. El objetivo fue permitir al usuario comprender el fenómeno de la reflexión mientras construye el dispositivo. Inicialmente contemplé el uso de tres materiales para las superficies reflectantes: cromo, espejo y aluminio (Figura 27), con el fin de explorar cómo cada uno afecta la calidad de la imagen reflejada.

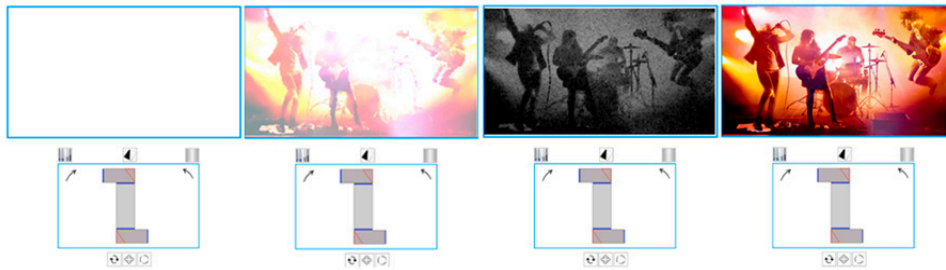


Figura 27. Superficies reflectantes, cromo, aluminio y espejo.

La interfaz incluía controles para rotar y posicionar las piezas, así como indicadores visuales que muestran el progreso del armado (Figura 28). Las imágenes evidencian el flujo, desde la selección de materiales, la colocación de espejos en ángulo, hasta la visualización final de la imagen reflejada a través del periscopio sorteando el obstáculo representado por personas robustas obstaculizando la visión del usuario (Figura 29).



Figura 28. Controles para girar, rotar y posicionar las piezas.



Figura 29. Personas obstaculizando la visión y periscopio desarmado.

Definición de la paleta de color para realizar las propuestas de diseño.

Durante el proceso y antes de empezar a diseñar realicé un análisis de diversos sitios sugeridos por el cliente, por mis compañeros, Emilio Quiroz y Víctor Franco y por mí, con el objetivo de definir la paleta de colores para la interfaz. A partir de esta

investigación, elaboré una propuesta cromática utilizando la herramienta *Color Hunt*, asegurando coherencia visual y alineación con la identidad conceptual del proyecto (Figura 30).

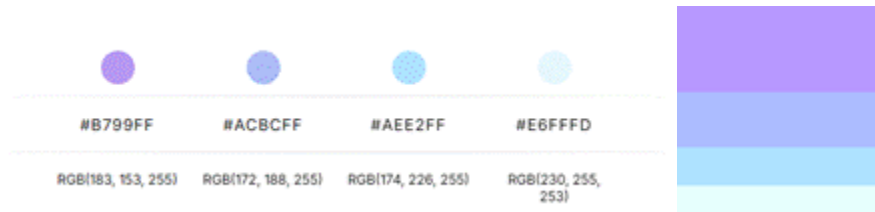


Figura 30. Propuesta de paleta de color.

Propuesta de diseño gráfico y funcional para la interacción y navegación del usuario.

En una primera etapa, desarrollé una propuesta inicial de interfaz orientada a generar una experiencia inmersiva para el usuario. El diseño plantea una dinámica interactiva en la que figuras humanas en primer plano obstruyen la visión del escenario, lo que genera la necesidad de que el usuario ensamble un periscopio virtual para poder observar el concierto (Figura 31). Para garantizar coherencia visual, utilicé la paleta cromática definida en la fase de investigación, aplicada a íconos y elementos de navegación.

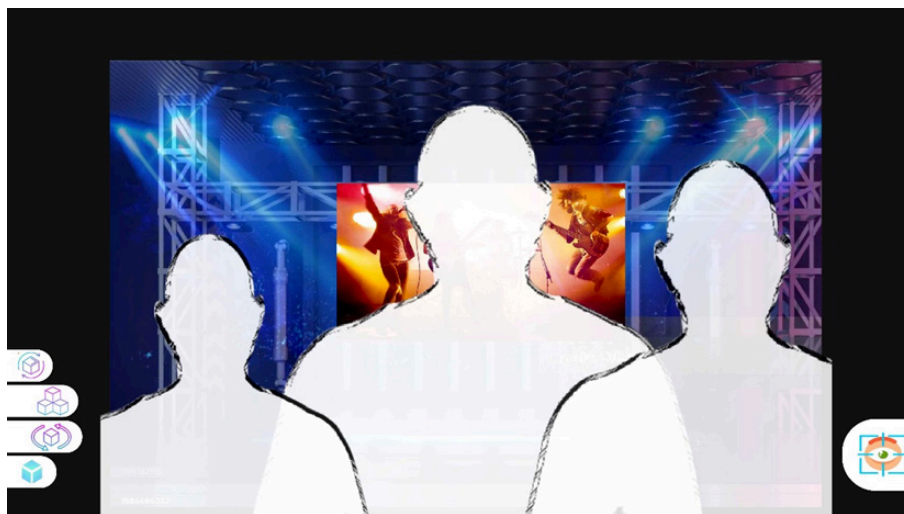


Figura 31. Primera Etapa de la propuesta de diseño.

En la segunda etapa: realicé ajustes en los controles y botones para mejorar la manipulación del periscopio, optimizando la interacción y la usabilidad (Figura 32).

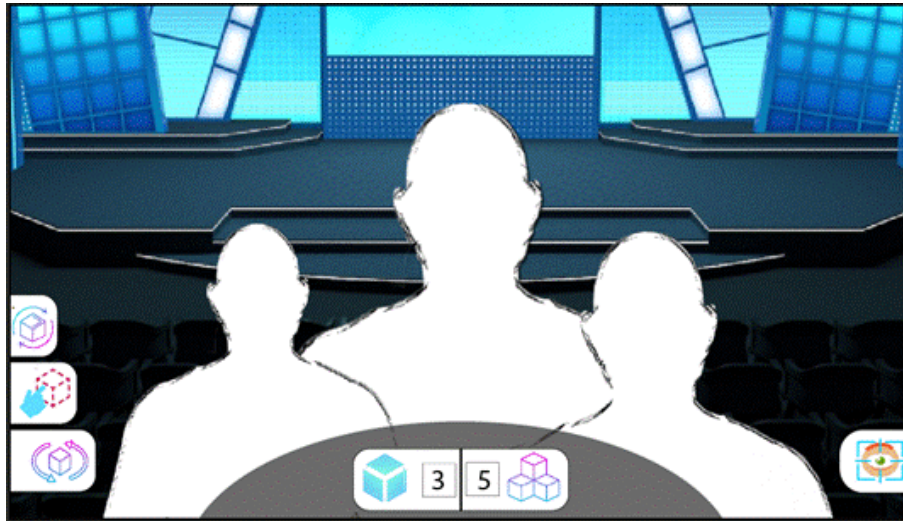


Figura 32. Segunda etapa de la propuesta de diseño, reasignación de botones y otro escenario.

En la tercera etapa: modifiqué el diseño de las figuras que bloquean la visión e incorporé un menú tipo hamburguesa para facilitar la navegación además integré el periscopio dentro de la interfaz. Además, desarrollé el segundo módulo denominado "Visión", en el cual el usuario, tras completar el armado del periscopio, puede visualizar el concierto desde la perspectiva lograda (Figura 33).

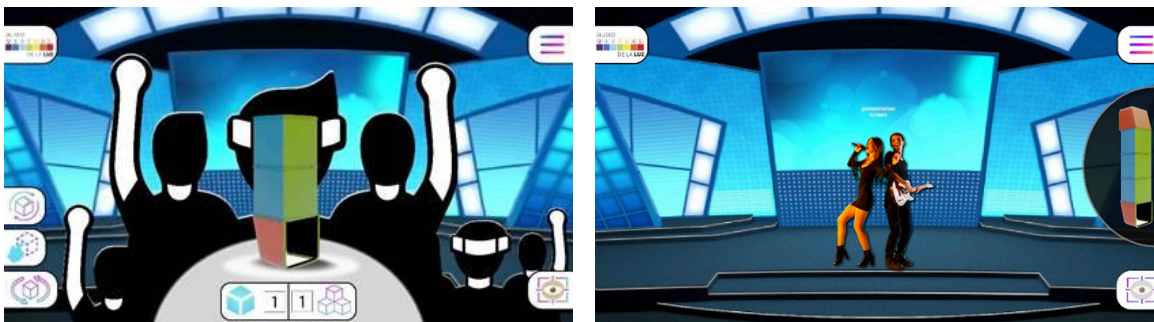


Figura 33. Tercera etapa de la propuesta de diseño, nuevos personajes y módulo de visión.

La interfaz combina elementos gráficos y funcionales que permiten la manipulación de piezas, agregar módulos y espejos y una navegación intuitiva, reforzando el concepto de interacción activa y aprendizaje sobre el fenómeno de la reflexión. La paleta de diseño empleada asegura consistencia estética entre los diferentes estados de la interfaz (selección, armado y visualización), mejorando el reconocimiento de acciones y la accesibilidad visual.

Diseño Gráfico para la Portada de la Página Web.

Una vez que el Director del Museo de la Luz seleccionó una de las propuestas de diseño, se me solicitó desarrollar una propuesta gráfica para la portada de la página web que albergaría el Museo Virtual Digital, incorporando el primer módulo dedicado al fenómeno de la luz: “Reflexión”.

Proceso de diseño: Generé seis diseños de portada con diferentes composiciones y jerarquías visuales. Exploré el uso de círculos y cuadrados, tanto sólidos como con contorno, organizados alrededor de un eje central para resaltar el ícono y el título “Reflexión”. Con cada propuesta busqué un equilibrio entre claridad en la información y atractivo visual, ajustando el tamaño de los elementos y facilitando la navegación inicial del usuario. El diseño mantiene como tema principal el fenómeno “Reflexión”, asegurando que el título fuera fácil de leer (Figura 34).

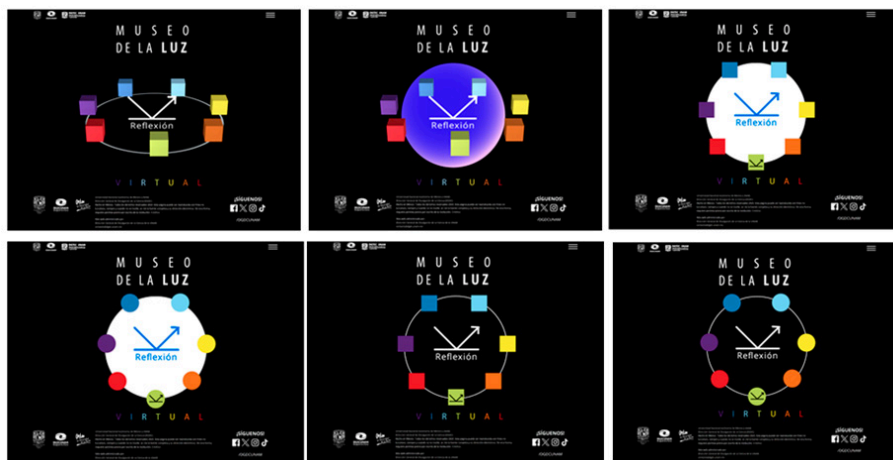


Figura 34. Propuestas de diseño para portada de página Web.

Propuestas de apariencia de personajes y escenario.

Generé una propuesta de personajes en formato 2D utilizando herramientas de Inteligencia Artificial (IA). Para ello, empleé la funcionalidad de *Chat GPT* con el objetivo de definir las características visuales y conceptuales, tanto de los integrantes del grupo como del público presente en el concierto (Figura 35). Esta etapa me permitió crear una base visual clara para representar el proyecto.

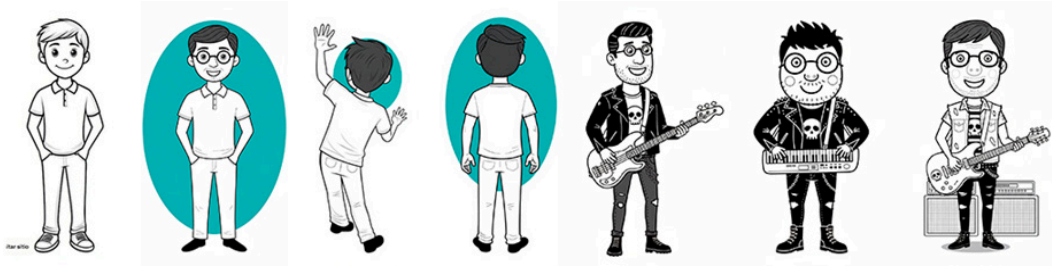


Figura 35. Propuestas de diseño 2D de personajes.

Adicionalmente, al definirse el segundo reto del proyecto que consistía en la incorporación de un obstáculo representado por un brazo de grúa que sostiene una cámara, el cual interfiere con la vista del usuario, generé una imagen simulando las condiciones reales de obstrucción en el entorno (Figura 36).

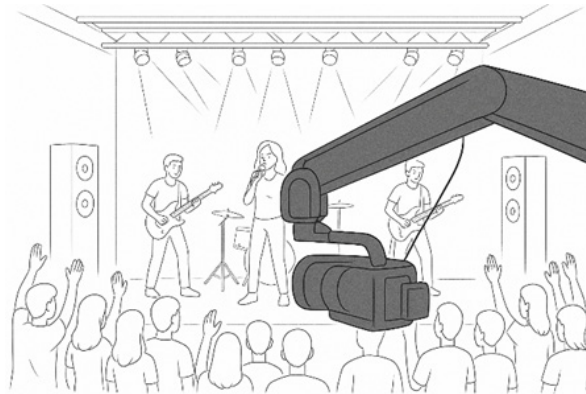


Figura 36. Propuesta de segundo reto.

Modelado 3D del teatro La Plancha, Mérida, Yucatán.

Realicé el modelado 3D del teatro ubicado en el parque La Plancha, Mérida, Yucatán, utilizando imágenes de referencia reales y planos de construcción del recinto. Para esta tarea utilicé la herramienta *3D Studio Max*, logrando un modelo preciso que sirvió como base para montar el escenario requerido en el proyecto (Figura 37).

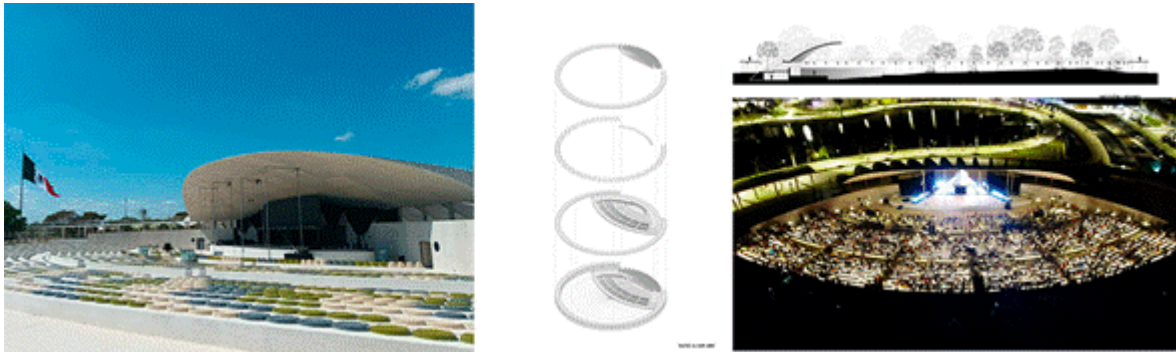


Figura 37. Imágenes de referencia del teatro La Plancha, para modelado 3D.

El objetivo de esta etapa fue recrear el entorno para simular la experiencia de asistir a un concierto, donde el usuario principal enfrenta una obstrucción visual causada por personas robustas que se colocan frente a él. Este escenario marca el inicio del primer reto del proyecto: el uso de un periscopio para apreciar el fenómeno de reflexión (Figura 38). Disponible en: <https://skfb.ly/pFwQW>

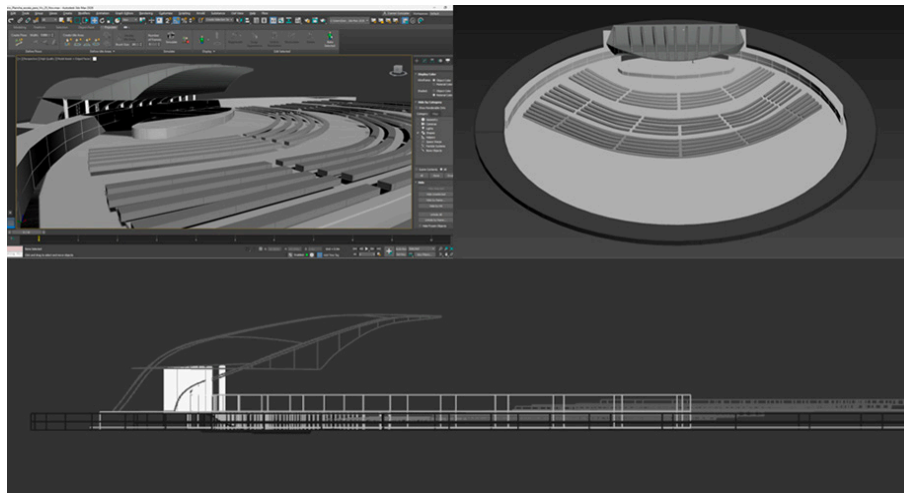


Figura 38. Modelado 3D del teatro La Plancha.

Modelado de multitudes y personajes 3D.

Trabajé en el diseño y modelado 3D de dos propuestas para representar las multitudes dentro del concierto, con el objetivo de llenar el espacio del teatro “La Plancha” y garantizar un rendimiento óptimo en entornos 3D en tiempo real.

En la primera propuesta, combiné elementos 3D renderizados y mapeados sobre superficies cilíndricas para simular la presencia de multitudes, logrando una solución visual eficiente y de bajo consumo de recursos (Figura 39).



Figura 39. Modelos 3d renderizados para ser mapeados en superficies cilíndricas.

Además, coloqué seis modelos 3D que obstruyen la vista del usuario y nueve modelos adicionales ubicados alrededor de él para recrear la interacción en el entorno. En la parte frontal agregué un grupo mayor de aproximadamente 50 personajes estáticos, con el fin de dar realismo a la escena. Para esta etapa utilicé las herramientas *3D Studio Max* (con el módulo *Populate*) y *Adobe Photoshop* para la edición y optimización de texturas (Figura 40).

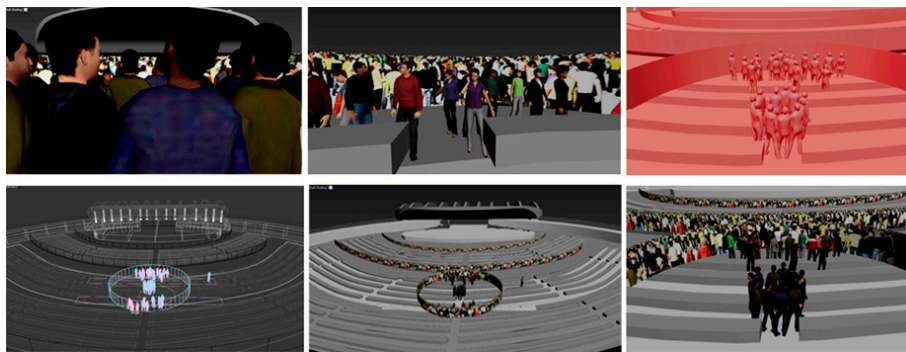


Figura 40. Modelos 2D y 3D montados en el escenario 3D del teatro La Plancha.

En la segunda etapa del proyecto integré únicamente personajes 3D con movimiento, simulando el comportamiento real de una multitud en un concierto. Para lograr un efecto dinámico y no repetitivo, ajusté y animé las posiciones y movimientos de cada personaje, alcanzando un total aproximado de 120 modelos para representar la multitud.

Animé grupos específicos de seis personajes con movimientos de baile más complejos, ubicándolos alrededor del personaje principal (usuario) para generar una

experiencia inmersiva en el entorno 3D más eficiente (Figura 41).

Para esta etapa utilicé las siguientes herramientas:

- *3D Studio Max* con el módulo *Populate* para la creación y animación de multitudes.
- *Mixamo* de Adobe para asignar movimientos personalizados a los personajes.
- *Imagetostl* para la depuración y optimización de modelos 3D animados.



Figura 41. Modelos 3D animados bailando.

Reporte técnico de actividades

José Larios Delgado

Contenido

- Simulación de reflejos anidados en tiempo real.
- Implementación de la Interfaz Gráfica de la aplicación.
- Programación del funcionamiento y modos de operación de la cámara.

- Sistema de construcción del periscopio virtual.
- Pruebas de rendimiento y exactitud de la implementación.

Simulación de reflejos anidados en tiempo real

Para la simulación de reflejos en tiempo real consideré diversas técnicas, algunas como el trazado de rayos presentan limitaciones cuando el rendimiento y la compatibilidad multiplataforma son prioritarios, ya que se depende de hardware especializado, por lo que no es viable en entornos como WebGL.

Como alternativa, para el proyecto opté por la técnica de Render to Texture (RTT), ya que permite generar reflejos visualmente coherentes en tiempo real sin depender de aceleración por hardware. RTT consiste en renderizar la escena desde una cámara extra, almacenar la imagen generada en una textura y aplicarla dinámicamente sobre una superficie para simular un reflejo.

Para implementar esta técnica, utilicé una cámara colocada de forma simétrica al plano del espejo y calculé el vector de vista reflejado, proyecté la textura resultante sobre el objeto que representa el espejo en la simulación. Finalmente, para completar la simulación del periscopio digital, extendí este enfoque mediante el anidamiento de reflejos, donde cada espejo utiliza como entrada el vector reflejado del espejo anterior, permitiendo representar correctamente múltiples reflexiones encadenadas en tiempo real.

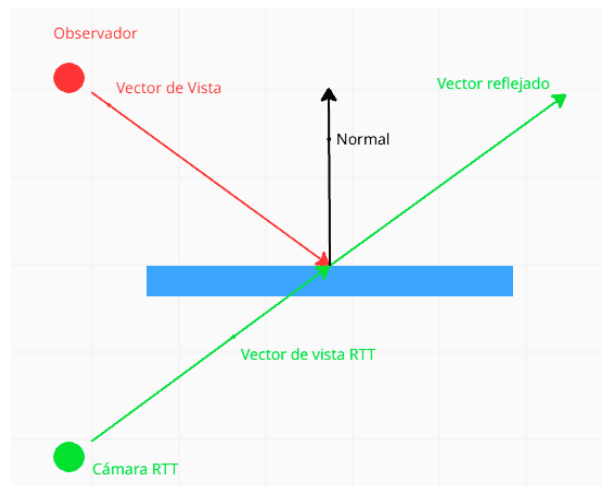


Figura 42. Esquema de Render to Texture.

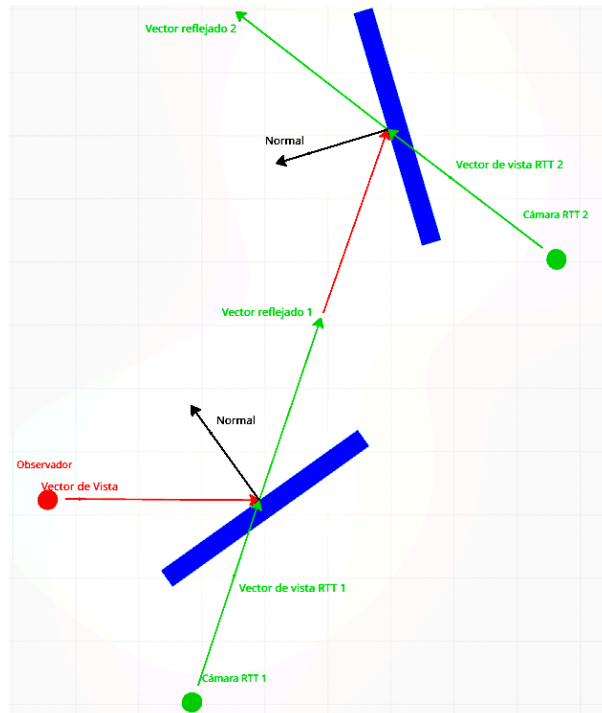


Figura 43. Esquema reflejos anidados.

Para implementar el Render to Texture (RTT) en Unity creé una RenderTexture (MirrorRT_A), la configuré con una resolución de 1024×1024, buffer de profundidad de 24 bits y formato de color RGBA. Asigné esta textura como TargetTexture a una cámara que representa lo que se debe ver reflejado en el espejo (RTCámaraA), de esta forma almacené su renderizado en lugar de mostrarlo directamente en pantalla.

Para aplicar el reflejo, creé un material con el shader estándar de Unity y utilicé la RenderTexture como textura base, asignándola al plano que simula el espejo. Durante la ejecución, la textura se actualiza en tiempo real, mostrando la vista reflejada de la escena.

La posición y orientación de la cámara de reflejo la calculé reflejando la posición y el vector de vista de la cámara principal respecto al plano del espejo, utilizando la ecuación del vector reflejado. Así, garantizo que la perspectiva del reflejo sea coherente con la posición del observador.

Para simular reflejos anidados, desarrollé un código encargado de actualizar dinámicamente la posición y orientación de cada cámara encargada de un reflejo. El anidamiento lo implementé encadenando cámaras y espejos, donde cada cámara

toma como referencia la salida del reflejo anterior. Finalmente, el orden correcto de renderizado lo aseguro configurando la prioridad de las cámaras, de modo que los reflejos más profundos se dibujen antes que los más cercanos al observador.

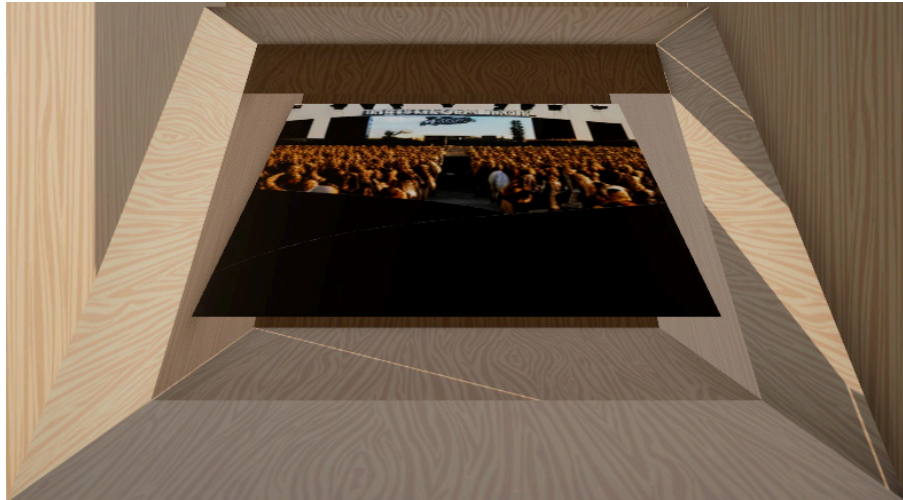


Figura 44. Simulación del reflejo en tiempo real.

Implementación de la Interfaz Gráfica de la aplicación

Programé la aparición y desaparición automática de un panel informativo y su comportamiento. Cuando este se activa, el panel aparece gradualmente (fade in), permanece visible durante un tiempo definido y luego se desvanece (fade out) y finalmente se desactiva automáticamente.

Primero, añadí un componente CanvasGroup para poder controlar la transparencia del panel e inicialicé la opacidad del panel en 0, el panel empieza invisible.

Después, cuando el panel se activa, dependiendo de la interacción con el usuario, inicia una corrutina de Unity, la función de la corrutina es:

- Fade in: incremento progresivamente el valor de alpha desde 0 hasta 1 durante un tiempo (fadeInTime).
- Tiempo visible: mantengo el panel completamente visible durante el tiempo definido.
- Fade out: reduzco gradualmente la transparencia de 1 a 0 durante el tiempo (fadeOutTime).
- Al finalizar, desactivo el GameObject.

Programé el control de los elementos de la interfaz relacionados con el proceso de construcción del periscopio, esto implicó:

- Actualizar el panel de herramientas (eliminar, rotar) para posicionarlo en pantalla proyectado en la posición del segmento del periscopio seleccionado.
- Respuesta de la interacción con los botones de la interfaz para: cambiar entre modo edición y modo visualización, rotar, añadir o eliminar piezas del periscopio y mostrar u ocultar paneles de ayuda y mensajes.
- Actualización de textos informativos (número de extensiones y espejos restantes, objeto seleccionado, etc.).
- Cambiar dinámicamente los sprites de los botones según el modo activo.
- Gestionar los estados de la aplicación para la presentación de preguntas detonadoras, implementé una serie de condiciones lógicas que determinan cuándo mostrar mensajes de ayuda o retroalimentación, dichos mensajes se activan sólo una vez y acompañan al usuario paso a paso durante la construcción.

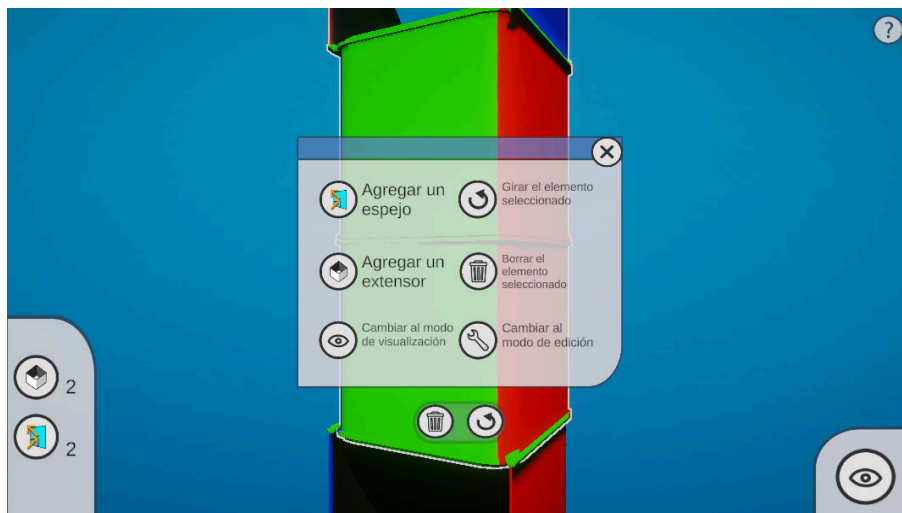


Figura 45. Implementación de la interfaz gráfica de usuario.

Programación del funcionamiento y modos de operación de la cámara

Implementé el control de la cámara de la aplicación y sus dos modos de operación: un modo de edición/orbital y un modo de visualización del resultado del periscopio ensamblado. Además, integré controles de entrada tanto para ratón como para

dispositivos táctiles (zoom, movimiento vertical y rotación), así como una transición visual al cambiar entre modos.

El comportamiento de la cámara se puede resumir como:

Modo edición/orbital: la cámara rota alrededor de un punto y un eje, limitando el movimiento vertical y el zoom de la cámara por distancias máximas y mínimas que se calculan en tiempo de ejecución en función del tamaño del periscopio que está construyendo el usuario.

Modo visualización del periscopio: la cámara gira horizontalmente alrededor de un punto fijo y se sincroniza la rotación de la cámara con la del objeto base para simular el giro del periscopio.

Di soporte a entradas táctiles (arrastre y pinch) y del ratón (arrastre y scroll) para el control de la cámara.

Como parte de las funciones relacionadas con la cámara de la aplicación realicé el cálculo de la orientación del reflejo final del sistema de espejos ensamblado. Programé una función que evalúa la orientación resultante de la configuración de los espejos realizada por el usuario, con la finalidad de poder determinar si dicha configuración produce un resultado correcto, es decir, si el reflejo que ve el usuario está orientado correctamente.

Sistema de construcción del periscopio virtual

Para que la aplicación le permita al usuario gestionar la construcción del periscopio, programé un sistema el cual permite:

- Añadir y eliminar segmentos del periscopio, tanto extensiones rectas como codos con espejo.
- Controlar el número máximo de elementos que se pueden agregar (cuatro) y mantiene el registro de extensiones y espejos usados.
- Organizar jerárquicamente los segmentos dentro de un arreglo, para asegurar una construcción secuencial correcta.
- Evitar autointersecciones al comprobar si un nuevo segmento colisiona con un segmento previamente colocado.

Para que el sistema evite autointersecciones del periscopio, programé un script para calcular la caja envolvente (bounding box) de un objeto incluyendo todos sus hijos,

para obtener las dimensiones y el centro del volumen que ocupa el conjunto del modelo, lo que permite detectar intersecciones o colisiones entre los componentes del periscopio cuando se ensambla.

A partir del GameObject raíz, localizo todos los componentes Renderer del objeto y sus hijos, incluso si están desactivados, inicializo un objeto Bounds a partir del primer renderer encontrado y recorro el resto de los renderers expandiendo progresivamente los límites mediante la función Encapsulate, creando una bounding box global que contiene a todos.

Otro aspecto encargado del sistema de construcción es controlar la selección y resaltado de segmentos del periscopio virtual, para lo que implementé:

- Un raycasting (con ratón o toque) para seleccionar elementos del periscopio en modo edición.
- Resaltar visualmente el objeto seleccionado y los segmentos dependientes mediante la librería QuickOutline.

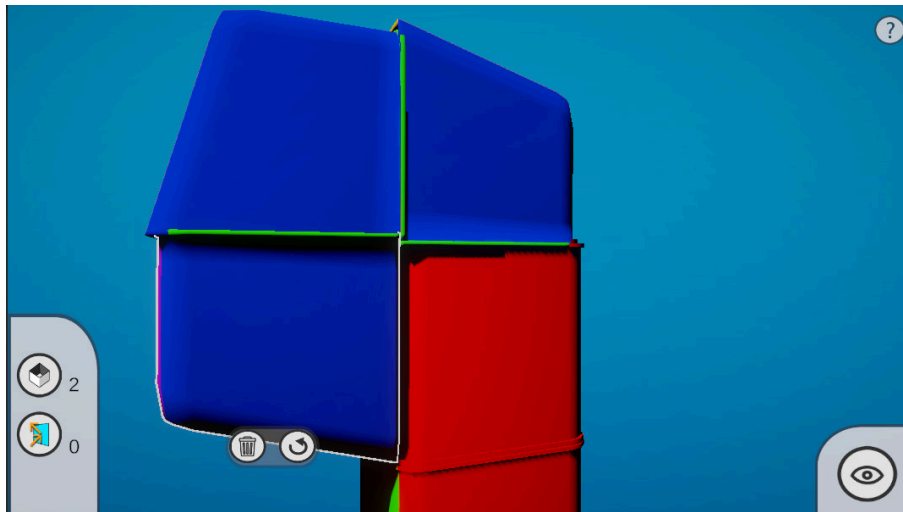


Figura 46. Sistema de construcción del periscopio detectando intersección consigo mismo.

Pruebas de rendimiento y exactitud de la implementación

Realicé pruebas para evaluar dos aspectos principales: el rendimiento del sistema y la exactitud del modelo de reflexión.

Primero realicé pruebas de rendimiento para analizar el impacto de agregar múltiples

espejos a la simulación usando cámaras con *Render to Texture*. Para ello, utilicé una escena prototipo en la que medí los FPS, el uso de CPU y memoria al activar progresivamente uno, dos, tres y cuatro espejos. mostrando una disminución constante del rendimiento conforme se incrementó el número de espejos, evidenciando que cada espejo adicional implica un costo significativo de renderizado. A partir de estos datos estimé un límite práctico en el número de espejos antes de que el desempeño se degrade notablemente.

N° de RTT	FPS promedio	CPU ms/frame	Uso de memoria (RTT) mb
1	246	4.05	341.5
2	195	5.12	395
3	159	6.27	446
4	126	7.9	497.5

Posteriormente, evalué la exactitud de la simulación comparando el comportamiento del periscopio virtual con un periscopio real. Se probaron distintas configuraciones de dos espejos y analicé la orientación del reflejo final. Las mismas configuraciones se reprodujeron en la aplicación, obteniendo resultados equivalentes a los observados en el sistema físico.

Con estas pruebas concluí que la implementación logra un comportamiento visual coherente con el fenómeno real de reflexión y que, aunque el rendimiento se ve afectado al incrementar el número de espejos, el modelo es válido dentro de los límites de desempeño identificados.

Reporte técnico de actividades

Tayde Martín Cruz Lovera

Contenido

- Colaboración en la revisión del diseño de interacción y validación de la experiencia de usuario.
- Configuración de un servidor de pruebas para el primer prototipo.
- Apoyo técnico durante las fases de pruebas.

Colaboración en la revisión del diseño de interacción y validación de la experiencia de usuario

Participé en la revisión del diseño de interacción de la aplicación junto con el equipo de trabajo, con el fin de validar su funcionamiento y experiencia de uso en el entorno web. La colaboración se enfocó en revisar aspectos de navegación, el flujo de interacción y la claridad de la interfaz, realizando observaciones y sugerencias para mejorar la usabilidad general de la aplicación.

Configuración de un servidor de pruebas para el primer prototipo

Con el objetivo de poder probar la aplicación en el equipo de trabajo, mostrar avances fuera del equipo de desarrollo y realizar pruebas de usabilidad con usuarios, configuré un servidor de pruebas para el primer prototipo utilizando Node.js y Express para el despliegue web de la aplicación interactiva desarrollada en Unity por José Larios y exportada a WebGL. Este servidor permitió alojar temporalmente la aplicación en un entorno controlado, facilitando su revisión y pruebas de funcionamiento durante las primeras iteraciones de desarrollo.

La Figura 47 muestra la estructura general del servidor de pruebas para el primer prototipo y la relación entre el navegador del usuario, el servidor web y los archivos estáticos generados por Unity WebGL, lo que permite visualizar el flujo básico de solicitud y respuesta durante el acceso a la aplicación.

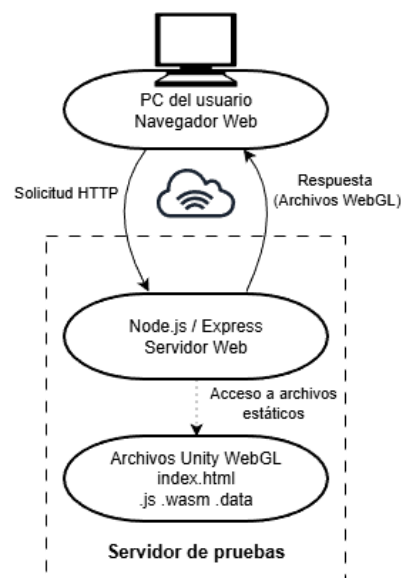


Figura 47. Estructura general del servidor de pruebas para el despliegue web de la aplicación.

Durante la configuración del servidor se utilizó un esquema básico para servir los archivos estáticos de la aplicación. En la Figura 48 se presenta un fragmento representativo del código empleado para esta configuración, el cual permitió habilitar el acceso a la aplicación desde el navegador durante la fase de pruebas.

```
const express = require('express');
const app = express();

app.use(express.static('build'));

app.listen(8010, () => {
  console.log('Servidor de pruebas activo
en http://localhost:8010');
});
```

Figura 48. Fragmento de código para la configuración básica del servidor de pruebas.

Apoyo técnico durante las fases de pruebas

Brindé apoyo técnico durante las fases de pruebas de la aplicación, enfocado en la identificación de incidencias relacionadas con el despliegue web, la revisión de errores de carga y de comportamiento general de la aplicación interactiva, así como en la comunicación de observaciones técnicas al equipo de desarrollo para su atención o corrección.

Reporte técnico de actividades

César Ordoñez Rodríguez

Contenido

- Prototipos y pruebas de interacción.
- Integración del sitio Museo de la Luz - Front end.
- Implementación del servidor temporal del sitio WEB - Back end
- Control de versiones del proyecto

Prototipos y pruebas de interacción.

Partiendo de los conceptos visuales diseñados por Emilio Quiroz, Víctor Franco y Daniel González, desarrollé una serie de interacciones para la portada. Estas fueron implementadas mediante JavaScript en el menú principal bajo un enfoque responsivo,

destacando una esfera interactiva que reacciona al movimiento de un haz de luz. (Figura 49)

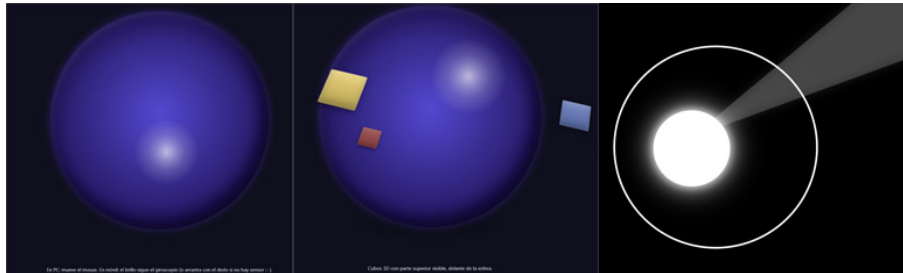


Figura 49. Propuestas de interacciones para el menú principal.

Tras la validación del diseño del menú, desarrollé un prototipo basado en una estructura semántica de HTML5 (Figura 50), la cual organiza el título principal en el header, el menú interactivo en la sección de contenido y los identificadores institucionales en el footer.

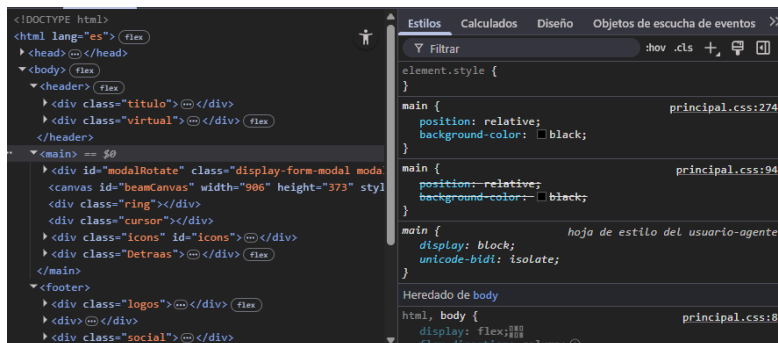


Figura 50. Estructura del sitio del HTML5

Complementariamente, realicé pruebas del módulo WebGL de Unity para el sitio final, desarrollado por José Larios. Esta implementación permite la visualización de contenido en video y la funcionalidad interactiva de un periscopio dentro del entorno web. Finalmente, en esta etapa elaboré la estructura de archivos del sitio para poder integrar los elementos de diseño, medios y archivos de programación. (Figura 51)

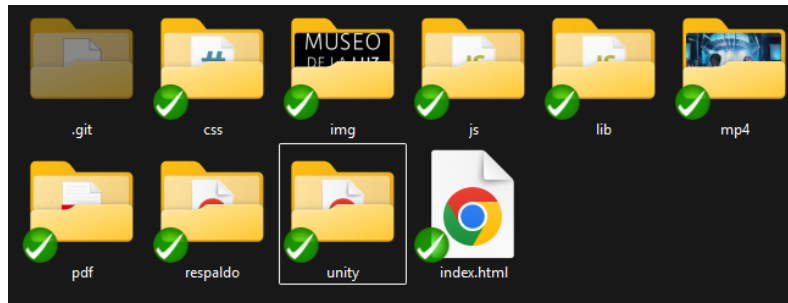


Figura 51. Estructura de archivos del sitio.

Integración del sitio Museo de la Luz - Front end.

En el ámbito de la integración y programación, ejecuté una reestructuración integral de la arquitectura del sitio para implementar de forma directa la propuesta de diseño final (Figura 52). En este proceso, establecí una jerarquía de carga que prioriza la portada y, posteriormente, el visor de Unity, actualizando los archivos de recursos y bibliotecas de enlace para consolidar un enfoque institucional. En cuanto a la funcionalidad de la interfaz, incorporé tres enlaces web dentro del footer de la portada y programé un botón de navegación hacia la aplicación de Unity, facilitando así un flujo de usuario entre las distintas secciones del proyecto.



Figura 52. Portada final integrada con la propuesta gráfica.

Como parte de esta fase de refinamiento, apliqué diversos ajustes técnicos en la interfaz de usuario basándose en la propuesta de diseño original. Estos ajustes incluyen la programación y precisión en la ubicación del botón de menú, el perfeccionamiento en base al prototipo de la interacción del haz de luz y la optimización del foco central. Paralelamente, gestioné la actualización del archivo de vídeo de Unity para la transición. Asimismo, desarrollé e integré un menú lateral derecho diseñado específicamente para la

sección del periscopio (Figura 53), el cual complementé con la implementación de una ventana emergente. Este menú también incorpora un control que permite la apertura y consulta de un archivo en formato PDF.

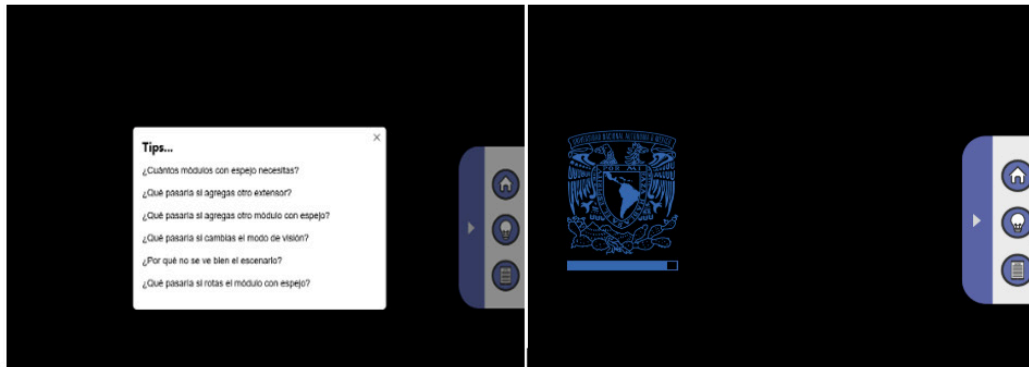


Figura 53. Menú lateral dentro de la sección del periscopio y carga personalizada de Unity con logo de la UNAM

Para garantizar la compatibilidad y estabilidad del sistema, implementé una lógica de detección de dispositivos móviles mediante JavaScript, la cual activa una animación de rotación para la visualización correcta del sitio en dispositivos móviles (Figura 54). Finalmente, realicé ajustes en las hojas de estilo CSS para asegurar el correcto comportamiento responsivo.



Figura 54. Detección de dispositivos móviles para la rotación del sitio.

Realicé protocolos de pruebas de funcionalidad en diversos navegadores y dispositivos, validando la estabilidad técnica y la integridad del sistema bajo distintos entornos de ejecución.

Control de versiones del proyecto

Como base fundamental para la gestión del desarrollo del sitio WEB, que aloja el interactivo, gestioné la creación y configuración del repositorio para el control de versiones mediante Git. (Figura 55) Esta implementación no solo permitió mantener un historial detallado de los cambios y la integridad del código fuente, sino que también facilitó la administración de ramas para iteraciones específicas, asegurando un entorno de trabajo organizado y protegido ante posibles regresiones técnicas.

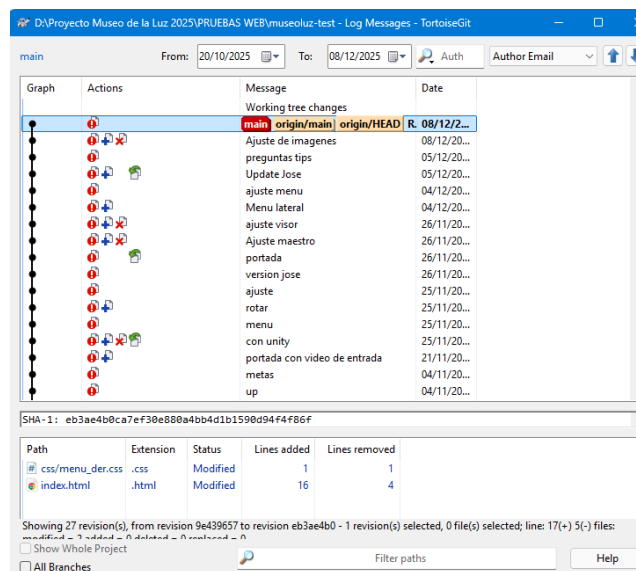


Figura 55. Control de versiones con GIT del proyecto.



Implementación del servidor temporal del sitio WEB - Back end

Paralelamente, establecí y configuré el servidor de pruebas finales sobre Linux con el servidor Apache, definiendo los puertos de comunicación y los archivos de control necesarios para el despliegue del sitio. Esta configuración técnica fue esencial para emular el entorno de producción, permitiendo la validación de scripts de servidor, la gestión de rutas y la verificación de permisos de acceso. Gracias a este entorno controlado, supervisé el comportamiento del sistema en tiempo real y realizar ajustes de configuración críticos en la fase de implementación final. Este servidor será duplicado en la entrega final del proyecto donde el usuario lo especifique.

Resultados

- Prototipo funcional del primer reto.
- Identidad e interfaz gráfica.
- Pruebas de rendimiento del prototipo.
- Planteamiento del segundo reto.
- Evaluación de usabilidad del prototipo.
- Sitio provisional del Museo de la Luz Virtual:
<https://herramientas.educatic.unam.mx/museo/>

Aprobaciones

	Fecha	Firma
Dra. Marina Kriscautzky Laxague <i>Directora de Innovación en Tecnologías para la Educación</i>	Enero 2026	
Mat. Ma. del Carmen Ramos Nava <i>Jefa del Departamento de Recursos Digitales para la Educación</i>	Enero 2026	
Mtro. Emilio José Quiroz Galván <i>Responsable del proyecto</i>	Enero 2026	