

Proyección de fondos virtuales mediante perspectiva por medio de 6dof



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería



**Proyección de fondos virtuales mediante perspectiva por  
medio de 6dof**

Trabajo de graduación presentado por Javier Andrés Ramos Gálvez  
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en Ciencias  
de la Computación y Tecnologías de la Información

Guatemala,

2020




Vo.Bo.:

(f)   
Ing. Alhvi Romancina Balcarcel Rodas

Tribunal Examinador:

(f)   
Ing. Alhvi Romancina Balcarcel Rodas

(f)   
Ing. Tomás Gálvez

(f)   
Ing. Douglas Leonel Barrios Gonzalez

Fecha de aprobación: Guatemala, 11 de diciembre de 2020.



La elaboración de este trabajo de graduación surge de la identificación de los diferentes tipos de fondos virtuales utilizados en la cinematografía. Donde películas de alto presupuesto, como *Oblivion*, vuelven a utilizar técnicas obsoletas como la proyección trasera en el desarrollo de fondos virtuales. Con el fin de reducir el tiempo de post producción y crear ambientes virtuales más realistas.

El mayor reto fue la situación actual con el COVID-19, ya que este restringe las reuniones y limita el apoyo de la universidad. Originalmente se tenía planeado realizar un pequeño corto de miedo para medir la efectividad del efecto especial desarrollado, sin embargo, las limitaciones volvieron este plan imposible. Esta fue la razón por la que el vídeo realizado solamente muestra una demostración de cómo funciona el fondo virtual.

El enfoque del proyecto es para filmes independientes y con bajo presupuesto. Proponiendo una alternativa a la pantalla verde que conserva sus beneficios, pero reduciendo el tiempo de post producción que este conlleva. Utilizando dispositivos y herramientas accesibles para una implementación práctica.

Agradezco a Dios por darme la sanidad mental para poder no solo realizar este trabajo, sino también en los años de la carrera. De igual manera a mi familia por apoyarme incondicionalmente durante toda mi vida; a mis amigos por hacer la vida universitaria más que solo estudios. A mi asesora que siempre me apoyó y guio a lo largo de este trabajo sin esperar nada a cambio.



<b>Prefacio</b>	<b>v</b>
<b>Lista de figuras</b>	<b>xii</b>
<b>Lista de cuadros</b>	<b>xv</b>
<b>Resumen</b>	<b>xvii</b>
<b>Abstract</b>	<b>xix</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Antecedentes</b>	<b>3</b>
<b>3. Justificación</b>	<b>5</b>
<b>4. Objetivos</b>	<b>7</b>
4.1. Objetivo general . . . . .	7
4.2. Objetivos específicos . . . . .	7
<b>5. Alcance</b>	<b>9</b>
<b>6. Marco teórico</b>	<b>11</b>
6.1. Efectos especiales en cinematografía . . . . .	11
6.1.1. Efectos prácticos . . . . .	11
6.1.2. Efectos digitales . . . . .	12
6.2. Métodos de proyección de fondos virtuales . . . . .	12
6.2.1. Pantalla verde . . . . .	13
6.2.2. Proyección trasera . . . . .	14
6.3. Efectividad en efectos especiales . . . . .	15
6.4. Perspectiva . . . . .	16
6.4.1. Perspectiva cónica . . . . .	16
6.4.2. Perspectiva axonométrica . . . . .	17
6.5. Proyección . . . . .	17
6.6. Sistemas de seguimiento en un espacio 3D . . . . .	18

<b>7. Marco metodológico</b>	<b>21</b>
7.1. Tipo de investigación . . . . .	21
7.2. Investigación . . . . .	21
7.3. Decisiones . . . . .	22
7.3.1. Motor gráfico . . . . .	22
7.3.2. Comunicación entre programas . . . . .	23
7.3.3. Sistema de seguimiento . . . . .	23
7.3.4. Sistema de proyección . . . . .	24
7.4. Desarrollo . . . . .	24
7.4.1. Comunicación . . . . .	24
7.4.2. Sistema de seguimiento . . . . .	25
7.4.3. Perspectiva . . . . .	26
7.4.4. Pruebas . . . . .	27
<b>8. Resultados</b>	<b>29</b>
8.1. Encuesta inicial . . . . .	29
8.2. Encuesta final . . . . .	32
<b>9. Discusión</b>	<b>39</b>
9.1. Encuesta inicial . . . . .	39
9.2. Encuesta final . . . . .	40
<b>10. Conclusiones</b>	<b>43</b>
<b>11. Recomendaciones</b>	<b>45</b>
<b>12. Bibliografía</b>	<b>49</b>
<b>13. Anexos</b>	<b>53</b>
13.1. Proyecto . . . . .	53
13.1.1. Repositorios . . . . .	53
13.1.2. Librerías . . . . .	53
13.2. Equipo de prueba . . . . .	54
13.3. Encuesta inicial . . . . .	55
13.3.1. Resultados de preguntas directas de la encuesta inicial . . . . .	56
13.4. Encuesta final . . . . .	59
13.4.1. Resultados de preguntas directas de la encuesta final . . . . .	62





1.	Clave de color, cambiando el fondo verde a rojo utilizando una máscara. . . .	13
2.	Patrón de Bayer para sensores digitales. . . . .	14
3.	Chaplin patinando cerca de una caída en la película <i>Modern Times</i> . . . . .	14
4.	Posicionamiento de los elementos en la aplicación del efecto de proyección trasera. . . . .	15
5.	Es la proyección de $\vec{v}$ donde $T(\vec{v})$ es la proyección y $\vec{v}_u$ es el vector ortogonal al plano. . . . .	18
6.	El tronco de vista de una cámara. . . . .	18
7.	En la primera representación se ve la proyección normal. En la segunda se ve la representación ortogonal de una proyección de una perspectiva acoplada a la cabeza. En la tercera se ve la proyección de una perspectiva acoplada a la cabeza desde el punto de vista de la proyección. . . . .	19
8.	Son los ejes de translación y rotación que utiliza los 6 grados de libertad (6DOF)	20
9.	Comparación de los resultados de la pregunta: <i>¿Qué tan realista te pareció?</i> Con una distribución normal. . . . .	30
10.	Gráfica Q-Q entre el resultado de la pregunta: <i>¿Qué tan realista te pareció?</i> Y la distribución normal. . . . .	30
11.	Resultado de la segunda pregunta: <i>¿Puede ser una alternativa a la pantalla verde?</i> . . . . .	31
12.	Cantidad de opiniones en las categorías de la tercera pregunta: <i>Opinión de cómo podría mejorar</i> . . . . .	31
13.	Comparación de los resultados de la tercera pregunta: <i>Opinión de cómo podría mejorar</i> con una distribución uniforme, respuestas en la sección 13.3. . . . .	32
14.	Comparación de opiniones de perspectiva contra otras, tercera pregunta: <i>Opinión de cómo podría mejorar</i> . . . . .	32
15.	Histograma de la primera pregunta: <i>Qué tan bien se ve el cambio de la perspectiva en la pantalla de la escena</i> . . . . .	33
16.	Histograma de la segunda pregunta: <i>Califica la velocidad de respuesta al ajuste de perspectiva según el movimiento de la cámara</i> . . . . .	34
17.	Gráfica de pie de la tercera pregunta: <i>¿Crees que la utilería en las escenas parece estar en el mismo lugar que el fondo?</i> . . . . .	34
18.	Gráfica de pie de la quinta pregunta: <i>¿Crees que los objetos de utilería se ven afectados por la iluminación del fondo?</i> . . . . .	35

19.	Comparación entre las tecnologías elegidas en la sexta pregunta: <i>¿Cuáles de las siguientes tecnologías crees que son necesarias para lograr este efecto?</i> . . .	35
20.	Gráfica de pie de la séptima pregunta: <i>¿Crees que este efecto puede ser implementado sin el presupuesto de un proyecto profesional?</i> . . . . .	35
21.	Comparación de las distintas industrias elegidas en la novena pregunta: <i>¿Dónde se podría usar este fondo virtual? Como lo que se ve en el vídeo.</i> . . . . .	36
22.	Histograma de los resultados de la décima pregunta: <i>Califique qué tan útil sería este tipo de fondo en la cinematografía.</i> . . . . .	36
23.	Comparación entre los géneros elegidos para la onceava entrada de la encuesta, <i>En qué tipos de filmes crearías que te gustaría ver este efecto.</i> . . . . .	37
24.	Gráfica de pie de la doceava pregunta: <i>¿Considera que esta podría ser una alternativa al uso de pantalla verde para filmes?</i> . . . . .	37
25.	Vista previa de la encuesta inicial. . . . .	55
26.	Vista previa de la encuesta final, parte uno. . . . .	59
27.	Vista previa de la encuesta final, parte dos. . . . .	60
28.	Vista previa de la encuesta final, parte tres. . . . .	61





1.	Resultados de la prueba Shapiro-Wilk de la primera pregunta: <i>¿Qué tan realista te pareció?</i> . . . . .	30
2.	Resultados de la prueba Kolmogorov-Smirnov de la primera pregunta: <i>¿Qué tan bien se ve el cambio de la perspectiva en la pantalla de la escena?</i> . . . . .	33
3.	Resultados de la prueba Kolmogorov-Smirnov de la segunda pregunta: <i>Califica la velocidad de respuesta al ajuste de perspectiva según el movimiento de la cámara.</i> . . . . .	33
4.	Resultados de la prueba Kolmogorov-Smirnov de la décima pregunta: <i>Califique que tan útil sería este tipo de fondo en la cinematografía.</i> . . . . .	37
5.	Versiones de recursos implementados en el proyecto. . . . .	53
6.	Integrantes del grupo de pruebas que evaluó las pruebas previas a las encuestas. . . . .	54
7.	Opiniones sobre la iluminación. . . . .	56
8.	Opiniones sobre la pantalla. . . . .	56
9.	Opiniones sobre la utilería. . . . .	57
10.	Opiniones sobre las texturas. . . . .	57
11.	Opiniones sobre la perspectiva. . . . .	57
12.	Opiniones sobre la calidad del vídeo. . . . .	58
13.	Opiniones sobre el fondo. . . . .	58
14.	Opiniones sobre el proyecto. . . . .	58
15.	Resultados a la cuarta pregunta de la encuesta final. . . . .	62
16.	Resultados a la octava pregunta de la encuesta final. . . . .	64
17.	Resultados a la treceava pregunta de la encuesta final. . . . .	66
18.	Registros de la treceava pregunta donde los participantes eligieron no en la pregunta doce. . . . .	67



Este trabajo discute la viabilidad de una nueva metodología para generación de fondos virtuales en filmes independientes. Utilizando proyección trasera, o frontal, y un sistema de seguimiento para generar un fondo con la perspectiva de la cámara que graba. Con la finalidad de proponer una alternativa a la pantalla verde que requiera menos tiempo de implementación y sin la necesidad de post producción para añadir reflejos en la utilería, sin perder el realismo. Utilizando dos dispositivos, un dispositivo móvil que se encargará de aproximar la posición relativa de la cámara con el plano de proyección y un dispositivo *display* que mostrará en el plano de proyección la perspectiva de la cámara. Siguiendo el diseño cliente-servidor donde el dispositivo móvil envía la posición de la cámara al servidor, dispositivo *display*, para que este muestre la imagen desde la perspectiva de la posición recibida. Se encontró que más del 70% de los participantes creen que esta metodología puede ser una alternativa a la pantalla verde, con una calificación aproximada sobre la perspectiva de 3.73077 en una escala de 1 a 5. Reconociendo esta metodología como una posible alternativa para el desarrollo de fondos virtuales mediante una perspectiva acoplada a la cámara.



This paper discusses the viability of a new methodology for generating virtual backgrounds in independent films. Using rear or front projection and a tracking system to generate a background with the perspective of the recording camera. To propose an alternative to green screen that requires less implementation time and without the need for post-production to add reflections in the props, without losing realism. Using two devices, the mobile device that will oversee approximating the relative position of the camera with the projection plane and the display device that shows the perspective of the camera on the plane. Following the client-server design where the mobile device sends the position of the camera to the server, display device, so that it shows the image from the perspective of the received position. It was found that more than 70 % of the participants believe that this methodology can be an alternative to the green screen, with an approximate rating on the perspective of 3.73077 on a scale of 1 to 5. Recognizing this methodology as a possible alternative for the development of virtual background through a camera coupled perspective.



Este trabajo consiste en el desarrollo de una solución práctica para generar fondos virtuales con perspectiva en filmes independientes, con la intención de proveer una alternativa a la pantalla verde que se utiliza en la producción de videos e industria cinematográfica. Estudiando los efectos especiales utilizados desde el comienzo del cine y el teatro y analizando las implicaciones de la implementación específica de los efectos prácticos y digitales en un filme, con enfoque sobre la generación de fondos virtuales. Actualmente se utiliza la pantalla verde (efecto digital) para generar el fondo virtual de un set de grabación, sin embargo, esta genera problemas en coherencia de iluminación, ya que el fondo no se encuentra durante la grabación.

La solución consta de un sistema cliente-servidor donde un dispositivo móvil envía la posición de la cámara al servidor, dispositivo *display*, para que este muestre la imagen desde la perspectiva de la posición recibida. El dispositivo móvil aproximará su posición relativa a la pantalla de proyección. El dispositivo *display* generará el fondo virtual con la perspectiva en tiempo real de la posición del dispositivo móvil. Utilizando el dispositivo móvil como un punto adyacente a la cámara de grabación. Tomando como inspiración el método 6DOF, que utiliza la realidad virtual, para generar su entorno. Produciendo un espacio de realidad aumentada por medio del fondo virtual generado.

Siendo así una alternativa viable a la pantalla verde sin los problemas que esta conlleva. Que se resumen en problemas de congruencia debido a que el fondo no se encuentra cuando se realiza la grabación. Introducir el fondo en el set al mismo tiempo en el cual se realiza la grabación permite a los actores tener un margen de referencia y que la utilería refleje el fondo.



En primer lugar, se detalla la investigación que se desarrolló por medio del método cualitativo descriptivo, para identificar las necesidades y aptitudes que conlleve el desarrollo e implementación de efectos especiales. Reconociendo una métrica de calificación sobre realismo en efectos visuales.

En la que se estudió el propósito de los efectos especiales en la industria del entretenimiento y sus beneficios. Como los tipos que existen, efectos digitales y prácticos, que se distinguen por la manera en la que son implementados. Como también qué implicaciones tiene el uso de estas técnicas para el equipo de filmación como también para los espectadores.

Se investigó el estado de arte de la generación de fondos virtuales a lo largo del tiempo y las consideraciones para el cambio. Anteriormente se utilizaban fondos, como pintura o proyección trasera. Principalmente hoy en día se realizan estos fondos mediante efectos digitales, como la pantalla verde, para aprovechar la tecnología. Pese a los beneficios de la pantalla verde *Industrial Light & Magic* opta por una integración de proyección trasera en pantallas curvas con un sistema de perspectiva. Lastimosamente la metodología que usan no es pública, lo que lleva a varios estudios a contratarlos por estos servicios.

Posteriormente se realizó el sistema, que consiste en dos programas, que genera fondos virtuales por medio de perspectiva. Calculando la posición relativa de la cámara con respecto al fondo y mostrando en el fondo la imagen con la perspectiva de la cámara. Proveyendo un fondo en tiempo real que se asemeja a una ventana o portal en la escena. El sistema tiene una arquitectura cliente-servidor en la que el dispositivo móvil funciona como cliente y el dispositivo *display*, que genera la imagen, como servidor.



El uso de pantallas verdes en el cine ha introducido varios problemas, tanto para los actores como para la producción. Los actores pierden el contexto de su alrededor, al no poder ver el fondo. Por otra parte, los objetos físicos dentro de la escena, como actores y utilería, no se ven afectados por la luz del fondo, ya que este no se encuentra físicamente. Estos inconvenientes presentan dos soluciones que mitigan un problema, pero empeoran el otro. Ya que para proveer un punto de referencia se agregan más objetos a la escena, lo que aumenta la cantidad de retoques visuales para los efectos de la luz del fondo. En contradicción si se reducen los elementos en la escena se disminuye la necesidad de retoques visuales, pero se eliminan posibles puntos de referencia.

En la actualidad directores que buscan escenarios más realistas utilizan proyección trasera para generar fondos virtuales. Esto provee que los elementos dentro de la escena se vean afectados por la luz del fondo, y que este se puede ver en tiempo real. Utilizando pantallas de proyección cóncava para generar una perspectiva falsa sobre la cámara y proyectores de alta definición para generar imágenes realistas [1].

Sin embargo, esto provee una imagen sin perspectiva real. Por lo que solo son usadas para representar fondos lejanos a la escena. Como en la película *Oblivion* que fue usado para horizontes [2], o en *Solo: A Star Wars Story* para la generación del espacio [1].

La combinación de tecnologías de seguimiento de objetos y proyección de imágenes, permiten generar imágenes desde la perspectiva de un punto en el espacio. Utilizando proyecciones para generar un fondo virtual y un sistema de seguimiento, se puede proveer una imagen sobre el proyector con la perspectiva de un punto móvil (la cámara). Esto permite que los objetos dentro de la escena reflejen la luz del fondo y que los actores reciban retroalimentación del fondo en tiempo real.

*Industrial Light & Magic* (ILM) es una empresa dedicada a la producción de efectos visuales y gráficos para películas y series. ILM utiliza este concepto de desarrollar los fondos virtuales mediante proyección trasera para generar un “espacio de realidad virtual”. Donde se construye un semicírculo de pantallas que proyectan la imagen del fondo con la perspectiva de la cámara. Utilizando conceptos de realidad virtual y aumentada para producir la pers-

pectiva. Sin embargo, a pesar de eliminar los problemas de las pantallas verdes, esta solución no provee una alternativa ni barata ni fácil de implementar para estudios o filmaciones con pequeño presupuesto.

Teniendo acceso a dispositivos como smartphones, cámara y un proyector o pantalla se puede recrear un “espacio de realidad virtual”. Utilizando la perspectiva de la cámara mediante los sensores de un smartphone para aproximar su posición. Para luego ser procesada por un programa y calcular la proyección del punto de vista de la cámara. Generando el ambiente virtual con la perspectiva de la cámara. Esto permitirá disminuir el tiempo de post producción, ya que no será necesario agregar reflejos; sin perder todos los beneficios de la proyección trasera.

### 4.1. Objetivo general

Crear una nueva alternativa de fondos virtuales en filmaciones sin reducir la inmersión del espectador mediante proyección trasera y perspectiva. Eliminando la necesidad de post producción para iluminación realista en utilería con respecto a un fondo virtual. Generando un espacio de realidad virtual adecuado para un set de grabación independiente, con elementos accesibles, como teléfonos, cámaras y proyectores o pantallas.

### 4.2. Objetivos específicos

1. Implementar proyección trasera con seguimiento de cámara para proveer iluminación realista en la escena y un ambiente más inmerso para los actores.
2. Utilizar tecnología de AR y VR para calcular un estimado de la posición de un punto móvil en un espacio.
3. Generar una imagen sobre un proyector o pantalla que emule la perspectiva de un punto en el espacio.



El proyecto realizado es una propuesta de generación de fondos virtuales mediante perspectiva, para filmes independientes. Limitado a una prueba de concepto para validarlo como alternativa a la pantalla verde. Generando el fondo mediante un ambiente en tres dimensiones sobre un plano de proyección, ya sea frontal o trasero, creando en tiempo real la perspectiva de la cámara. Simulando el fondo generado como un portal o ventana hacia el ambiente 3D. Utilizando teléfonos, computadoras y proyectores o pantallas para generar el efecto. Con el fin de eliminar la necesidad de post producción para agregar reflejos sobre los actores y utilería.



Dado que la naturaleza del trabajo se centra en mejorar la experiencia de filmaciones con fondos virtuales; utilizando técnicas de seguimiento y generación de perspectiva a partir de un punto determinado; como también poder medir la eficacia de métodos de generación de fondos virtuales en contexto a efectos especiales es necesario definir conceptos y metodologías que sirvan como base para la realización del trabajo.

### 6.1. Efectos especiales en cinematografía

Los efectos especiales son el conjunto de técnicas o elementos que manipulan un evento con el fin de crear una escena ficticia haciéndola parecer real.[3] Tanto para generar situaciones inexistentes, facilitar la grabación o mejorar la experiencia del público.

Existen tres categorías de manipulación en los efectos especiales: visuales, auditivas y físicas. [4] Formando dos escuelas que definen de qué manera se realizan las manipulaciones o efectos: de manera práctica o digital. Los efectos prácticos crean sus manipulaciones mediante elementos físicos y mecánicos, mientras que los efectos digitales los hacen mediante la virtualización o digitalización. [5]

#### 6.1.1. Efectos prácticos

Los efectos prácticos son una rama de los efectos especiales enfocada en crear efectos con elementos físicos.[4] Desde los comienzos del teatro los efectos prácticos fueron utilizados para llamar la atención del público. Utilizando utilería como pinturas para representar un fondo, esculturas que representaban criaturas fantásticas o sistemas mecánicos para mover objetos inanimados para simular movimientos. [6]

El surgimiento de los efectos prácticos en el cine se debe gracias a Marie Georges Jean Méliès , un conocido ilusionista y cineasta. Su película, *Viaje a la luna*, se considerada

como el primer ejemplo de efectos prácticos. [7] Méliès utilizaba el teatro y otras artes de entretenimiento como inspiración para sus películas, desde usar fuegos artificiales y humo para efectos de explosiones hasta utilizaría para representar objetos lejanos o irreales.

Gracias a Méliès y otros cineastas franceses el cine evolucionó a lo que conocemos hoy, sin embargo, no fue hasta que George Lucas se planteó la idea de *The Star Wars* que técnicas de efectos prácticos fueron utilizadas a gran escala.[7] Cuando 20th Century Fox aprobó la idea de la película el estudio no contaba con un departamento de efectos especiales. Lo que llevó a Lucas a formar su propio equipo, que en unos años sería conocido como *Industrial Light & Magic*. Este nuevo equipo se encargó de realizar maquetas, esculturas, maquillaje, cámaras, animación *stop-motion* e incluso efectos digitales. [8]

### 6.1.2. Efectos digitales

Es el proceso de generar efectos mediante la manipulación digital de algún entorno o archivo. Agregando los efectos en post producción, por lo que no existe ninguna interacción final entre el personal en el set de grabación y los efectos. [4] Lo que ha provocado problemas en el realismo y la experiencia final.

A diferencia de los efectos prácticos, los digitales fueron desarrollados con la idea de ser reproducidos en vídeos, específicamente en el cine y la televisión. Debido a esto los efectos realizados con este proceso suelen ser más prácticos y fáciles de implementar. Haciéndolo una de las técnicas de efectos más utilizadas en la industria, a pesar de que para lograr buenos resultados se requiere de conocimientos técnicos y tiempo.

La separación física entre el efecto y los elementos dentro del set de grabación generan problemas de coherencia. Que pueden y son corregidos en post producción para simular la integración de los elementos virtuales con los reales dentro de la grabación. En la actualidad se utiliza una combinación de los ambos efectos (prácticos y digitales) para reducir la brecha entre los efectos y la utilería.

## 6.2. Métodos de proyección de fondos virtuales

La creación y recreación de ambientes son los efectos más utilizados en la industria del entretenimiento. Tanto para simular un entorno irreal o inalcanzable, por diversas razones, hasta como medida de seguridad para los actores. Separando a los elementos en la escena del ambiente para asegurar el realismo, reducir costos o incluso por seguridad. [9]

La proyección mediante filtros de alto contraste fue el escalón sobre el cual varias efectos digitales y prácticos se basaron. Utilizando capas llamadas máscaras que permiten separar una imagen en dos diferentes elementos. Con estas máscaras se revelaban las grabaciones o fotografías, en blanco y negro, utilizando colores oscuros como azul y negro para generar una imagen con parches negros en las áreas que se deseaba reemplazar por otra imagen, el fondo.

Al introducirse la cámara de color se siguió utilizando el color azul extrayendo el canal de color azul para generar parches negros que denotaban las áreas a cambiar.[10]

Uno de los procesos más utilizados para la proyección de fondos es el croma o clave de color (*chroma key*). Es un proceso de post producción que construye una imagen por medio de dos imágenes. Extrayendo un rango de matices de color de una imagen y reemplazándolos con los píxeles de la segunda imagen, para generar una sola. Este proceso es el que se implementa para cambiar el fondo de una pantalla verde [10]. El uso de esta técnica de post producción genera problemas de inconsistencia entre el fondo generado y los elementos reales en la escena, debido a la falta de interacción entre ambas [9].

A raíz de este problema el uso de pantallas verdes, y otros efectos que usan clave de color, están siendo reemplazados por un método más antiguo llamado proyección trasera. En este efecto se utiliza un dispositivo de proyección de alta definición, proyectores o pantallas, para mostrar el fondo virtual. [1], [2]

### 6.2.1. Pantalla verde

La pantalla verde consta de una técnica de post producción llamada clave de color. En la que se toman dos imágenes como entrada, pueden ser fotogramas de un vídeo, y genera una imagen nueva. Como se habló anteriormente esta técnica consta en reemplazar los píxeles de la imagen 1 que se encuentre dentro de un rango de matices de color, configurado, por los píxeles de la imagen 2.

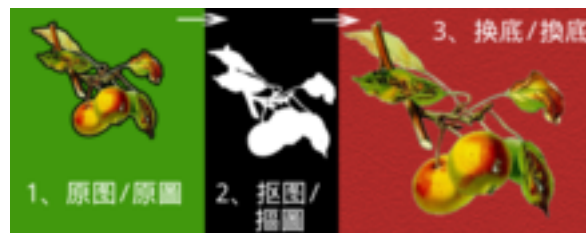


Figura 1: Clave de color, cambiando el fondo verde a rojo utilizando una máscara.

Los factores más importantes son los sujetos (elementos dentro de la escena), el fondo (pantalla o telón de un color) y la imagen de reemplazo. Donde el color del fondo se encuentra dentro de los matices de color de la clave de color. [10]

Gracias a la clave de color este método de proyección no se limita al color verde. Al principio se utilizaba el color azul debido a que ya se usaba este color para denotar fondos que debían de ser reemplazados. También permitía, en la revelación, un mayor contraste con este color. [10]

El color suele cambiar dependiendo de los colores que contengan los elementos a grabar, para no generar falsos positivos en las áreas de reemplazo. Un cambio importante fueron los sensores digitales, ya que son más sensibles a los colores verdes por el patrón de Bayer [11]. Donde el 50% de sus sensores son verdes y el resto es equitativamente para filtros azules y rojos. [9]

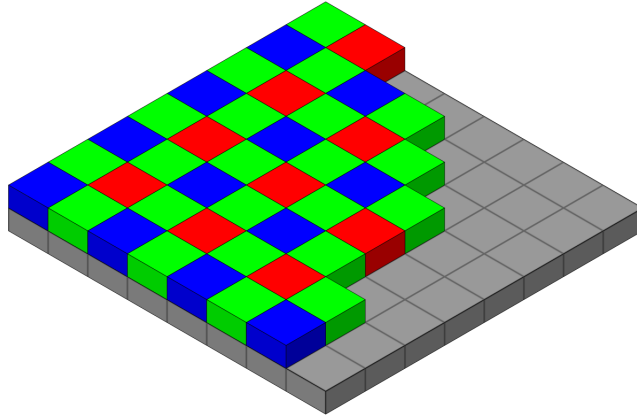


Figura 2: Patrón de Bayer para sensores digitales.

### 6.2.2. Proyección trasera

La proyección de fondos virtuales por medio efectos prácticos fue de las primeras técnicas utilizadas en la industria del entretenimiento [10]. Usando paneles pintados para representar paisajes o lugares. Utilizando vidrio pintado para poner entre la escena y la cámara para que la imagen en el vidrio cubriera sectores en la escena. Creando una clase de mascara física sobre la imagen grabada. Esta técnica se le conoce como *matte painting* [4].

El *matte painting* consiste en pintar un paisaje u objeto realista sobre un panel de material transparente. Posicionando el panel estratégicamente entre la cámara y la escena para generar la ilusión óptica de que la pintura pertenece a la escena. [12]

El gran actor inglés Charlie Chaplin popularizó el uso de efectos prácticos a lo largo de su carrera. Aparte de ser un conocido actor era también un pionero de los efectos especiales. Utilizando varias técnicas del ilusionismo, tal como Méliès , para crear ambientes seguros para la filmación [13]. Como se puede ver en la siguiente imagen de una escena de la película *Modern Times* el personaje de Chaplin patinaba cerca de una orilla, sin embargo, en el set el piso era continuo y lo que se ve en la imagen está proyectado por medio de *matte painting*. [14]



Figura 3: Chaplin patinando cerca de una caída en la película *Modern Times*.

La proyección trasera no fue implementada en el cine hasta que *Fox Film Corporation*, ahora conocida como 20th Century-Fox, utilizó una pantalla de proyección de cine para generar fondos animados en la película *Liliom*. Tomando la idea del *matte painting* y modificándolo para que la proyección se encontrara detrás de los elementos y actores. Se le conoce como proyección trasera porque el proyector se encuentra del lado contrario del panel del que se proyecta. Agregando un cuarto elemento a la formación, ahora se encuentra la cámara luego los elementos y actores seguidos del plano de proyección y, por último, el proyector.

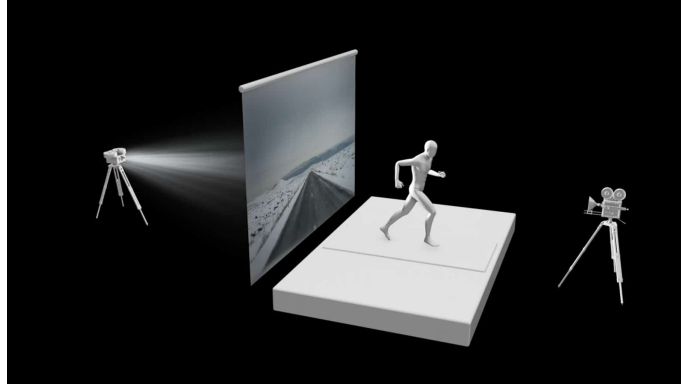


Figura 4: Posicionamiento de los elementos en la aplicación del efecto de proyección trasera.

Debido al arreglo de los elementos y que estos se encuentran en el mismo tiempo y lugar durante la grabación, el fondo, la utilería y actores pueden interactuar entre sí. Esto permite eliminar la necesidad de post producción para agregar el fondo, ya que este se encuentra presente en la grabación [1]. Aparte de proveer un ambiente con interacciones de luz con fondo y la utilería. La efectividad de esta técnica depende directamente de las capacidades tecnológicas de la cámara como de los dispositivos de proyección, por esta razón se abandonó rápidamente por la pantalla verde. [2]

En la actualidad la tecnología permite que la proyección trasera no solo vuelva a ser considerada como opción, sino que es deseada sobre la pantalla verde. Con los nuevos proyectores y pantallas de 8K y 16K se puede generar imágenes virtuales realistas, sin embargo, el costo de estos suele sobre pasar los costos de post producción de las pantallas verdes. Esta es la razón por la que empresas como *Industrial Light & Magic*, que proveen servicios de efectos especiales, han incorporado estos métodos como parte de su portafolio. [15]

*Industrial Light & Magic* cuenta con dos servicios de proyección trasera. El primero permite a los clientes poder utilizar sus pantallas, cámaras y otras herramientas para generar el fondo virtual. El segundo ofrece todo lo anterior más un sistema añadido de punto de perspectiva, que genera una simulación del fondo con la perspectiva de la cámara que está grabando. Proveyendo un ambiente virtual dentro del set de grabación que permite interacciones de reflejos de luz realistas entre los elementos y la virtualización. [15]

### 6.3. Efectividad en efectos especiales

Dada la naturaleza de los efectos especiales, la métrica para medir su efectividad es equivalente a medir el realismo en una escena [5], [16]. Para esto se han presentado varias teorías

sobre la percepción de medios visuales, todas basadas en el análisis cognitivo. Definiendo que una calificación depende del individuo y sus previas experiencias.

Un acercamiento para comprender la métrica se encuentra en la Teoría de los Medios Cognitivos. En el libro *Cognitive Media Theory*, se analizan varios artículos que implementaron neurociencia con el fin de comprender como un filme afecta a su audiencia. Proponiendo que la interpretación de un espectador ante un estímulo genera una respuesta emocional. [16]

La Teoría de los Medios Cognitivos nos dice como la información visual es interpretada, pero no explica lo que pasa dentro del cerebro para llegar a un resultado, esto es explicado en la investigación de *Cognitive Media Theory* por Nannicelli y Taberham. En el libro *Sensation and Perception*, los autores explican los siete pasos del proceso perceptivo. Primero el estímulo sucede dentro del ambiente, en nuestro caso el fondo virtual es generado. El segundo y tercer paso es cuando los rayos de luz entran al ojo y son procesados por los receptores ópticos. Cuarto, en este paso el cerebro está convirtiendo la imagen recibida a una percepción. Quinto y sexto paso es cuando se forma la percepción y se reconoce. Y por último el séptimo paso se realiza una acción (reacción), en este caso una respuesta emocional. [17]

Una manera de medir la efectividad de los efectos especiales es mediante las emociones que son transmitidas. En la tesis *The Effectiveness of Special Effects: Practical Effects vs. Digital Effects*, Vanessa Ciccone propone realizar una encuesta basada en emociones, para medir la efectividad de efectos especiales. Los sujetos en el estudio verán la misma escena de miedo, una con efectos prácticos y otra con efectos digitales. Luego serán entrevistados para medir en una escala el miedo que les provocó el filme. Debido a que el miedo es provocado ante la percepción de peligro, si este no es considerada real entonces el miedo no existe; definiendo por transición el realismo del efecto. [5]

## 6.4. Perspectiva

La perspectiva es un sistema de representación que intenta reproducir en una superficie la profundidad del espacio y la imagen tridimensional con que aparecen las formas a la vista. También conocido como sistemas de representación gráficos. Geométricamente la representación se genera a través de la intersección de un plano con un conjunto de visuales (líneas rectas que unen los puntos del objeto representado con el punto de vista) [18].

En este sentido, existen dos tipos de perspectiva, en medida de la distancia relativa entre el punto de vista y el modelo a representar [19]. Perspectiva cónica y axonométrica donde la principal diferencia es que la posición del punto de vista en la cónica se encuentra en una distancia concreta del objeto, mientras que en la axonométrica tiende al infinito [18].

### 6.4.1. Perspectiva cónica

Conocida también como perspectiva central, su característica más evidente es como la representación de los objetos es más chica entre más lejos se encuentre del punto de vista; y como líneas paralelas del modelo en su representación convergen a un punto, llamado punto

de fuga.

Un punto de fuga es un lugar geométrico en el cual las proyecciones de rectas paralelas en una dirección definida en el espacio convergen. Es un punto que se encuentra en una posición que tiende al infinito. Existen tantos puntos de fuga como direcciones. [20]

Este tipo de sistema fue adoptado por los arquitectos, artistas y algunos matemáticos para estudiar y experimentar con las representaciones de aspectos de objetos existentes o inexistentes. Implementándolo para representar planos de construcciones u otros objetos, facilitando la transmisión de la información en los planos para agilizar la construcción y proveer una representación de cómo se vería. [18], [19]

Estas experimentaciones permitieron el surgimiento de subtipos de perspectivas que nacen de la perspectiva cónica en la que su principal y única diferencia es la cantidad de puntos de fuga que existen en la representación [18]. Que son perspectiva frontal, con un punto de fuga, perspectiva oblicua, con dos puntos de fuga, y perspectiva de área, con tres puntos de fuga [20].

#### 6.4.2. Perspectiva axonométrica

Su principal característica es que todas las visuales son paralelas entre sí, debido a que el punto de vista se encuentra a una distancia infinitamente lejos del objeto a representar. Por lo que las líneas del objeto conservan el paralelismo en la representación y conservan su tamaño sin importar la distancia en la que se encuentre. Tampoco contiene ningún punto de fuga a donde las líneas converjan. [18]

Este provee representaciones prácticas de objetos, ya que no distorsiona la escala de las líneas o curvas del objeto. Sus orígenes no están claros, ya que se han encontrado planos del siglo 20 A.C. que utilizan este sistema. En la modernidad se atribuye a Gaspard Monge la generalización del sistema como un sistema de coordenadas cartesianas [18]. Esta representación permite visualizar relativamente fácil y eficaz, planos u objetos complejos, porque permite al observador ver los elementos completos y sin distorsión.

Debido a estas características es muy común utilizarlo para el diseño de artefactos complejos o científicos. Puesto que es fácil de determinar y comprender medidas en esta representación. [19]

### 6.5. Proyección

En la matemática la proyección es una transformación idempotente de un conjunto a un subconjunto o subestructura. En álgebra lineal la proyección de un vector  $\vec{v}$  es  $T(\vec{v})$  que se encuentra dentro del plano de proyección. Donde la suma de  $T(\vec{v})$  y un vector ortogonal al plano de proyección  $\vec{v}_u$  es igual a  $\vec{v}$ .

Esta es la principal herramienta utilizada en las gráficas por computadora para la representación de objetos en tres dimensiones sobre un plano, o pantalla. Ya que al igual que la perspectiva permite de manera computacional crear representaciones de objetos en planos.

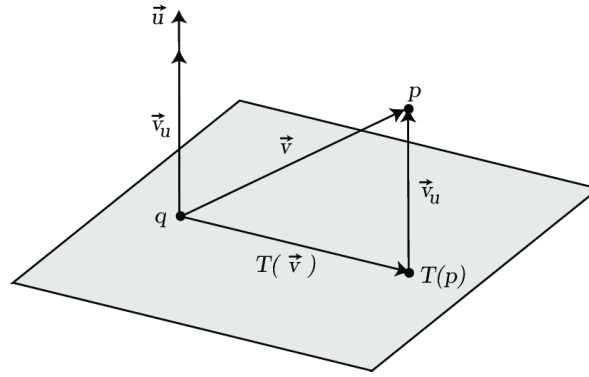


Figura 5: Es la proyección de  $\vec{v}$  donde  $T(\vec{v})$  es la proyección y  $\vec{v}_u$  es el vector ortogonal al plano.

A estos planos se le conoce como planos de proyección. [21]

La proyección 3D o proyección gráfica es la técnica de diseño en la que se transforman objetos en 3D a objetos 2D. Que se basa en la perspectiva visual y el análisis de aspecto por medio de un método de proyección matemática. [22] Siendo la proyección una herramienta para la generación de perspectiva por computadora. Implementando diferentes tipos de proyecciones gráficas para generar distintas perspectivas.

En la construcción de proyecciones de perspectiva, para perspectiva cónica, se utiliza un volumen llamado *frustum* o tronco [22]. El tronco actúa como la idealización del cono de visión de la perspectiva, sin embargo, este tiene una forma de pirámide truncada. El tronco cuenta con 6 planos, como se puede ver en la Figura 6, que limitan la proyección. [23]

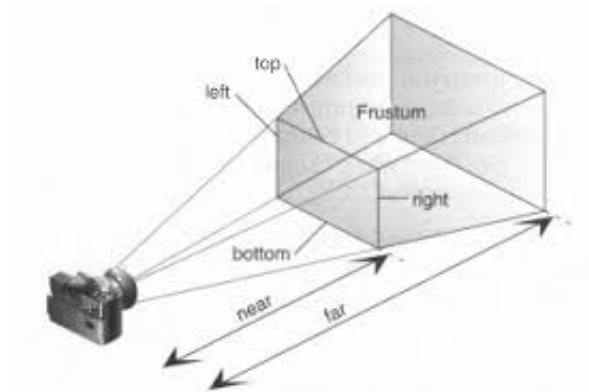


Figura 6: El tronco de vista de una cámara.

## 6.6. Sistemas de seguimiento en un espacio 3D

Un sistema de seguimiento o sistema de locación se usa para observar objetos en movimiento a través del tiempo [24]. Proporcionando una secuencia de información de posiciones para procesamiento. Aproximando la posición de uno o más objetos en un espacio euclidiano determinado [25].

Estos sistemas utilizan diversos sensores y algoritmos para poder estimar la posición de

los objetos. El tipo de sistema que se utiliza se define por el tipo de espacio en el que se encuentra o en el que se desea medir, es decir en que dimensión se espera la posición. Las más utilizadas son en dos dimensiones (2D) o tres dimensiones (3D). [24]

Los sistemas de posicionamiento permiten determinar una aproximación, y en algunos casos predecir, la posición de uno o más objetos en un tiempo determinado. Suele ser utilizada para generar perspectivas y proyecciones en videojuegos [26]. Transformando la posición del punto de vista con la posición del jugador, para generar perspectivas realistas.

En los últimos años la industria de videojuegos y motores gráficos han puesto un gran interés en la generación de perspectivas personales. Esto ha permitido los grandes avances en la construcción de sistemas de realidad virtual (VR) y realidad aumentada (AR) [26]. Utilizando los sistemas de locación para determinar la posición de los paneles visuales, para VR, o de la cámara, para AR, para generar una perspectiva acoplada a la cabeza (*head-coupled perspective*) [22].

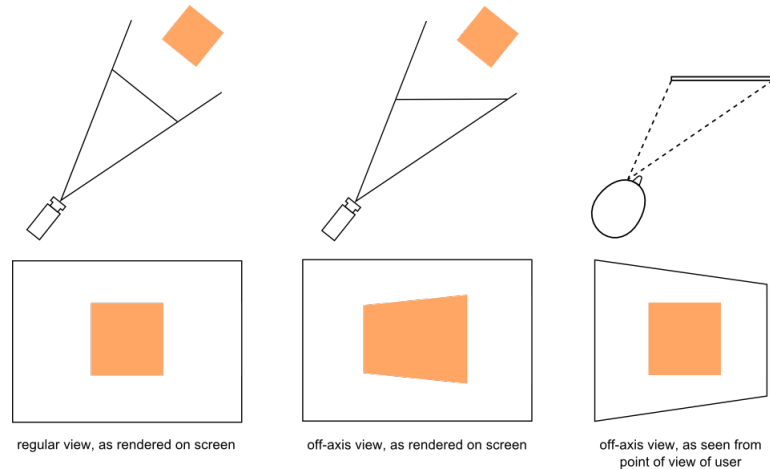


Figura 7: En la primera representación se ve la proyección normal. En la segunda se ve la representación ortogonal de una proyección de una perspectiva acoplada a la cabeza. En la tercera se ve la proyección de una perspectiva acoplada a la cabeza desde el punto de vista de la proyección.

Para este tipo de perspectivas personales se utiliza posicionamiento de 6 grados de libertad (6DOF). Ya que este provee 6 mediciones distintas para un objeto en un espacio tridimensional, tres para traslaciones o posicionamiento y tres para la rotación. [27] Esto le permite saber a los motores gráficos en donde se encuentra la cámara y hacia donde está viendo [26].

A la combinación de los datos de múltiples tipos de sensores se le conoce como fusión de sensores (*Sensor fusion*) [28]. Que proveen una mejor aproximación de la locación que un sistema con solo un tipo de sensor. El caso más común es unir sensores ópticos con cualquier otro como: acelerómetros o giroscopios. Esto se debe a la nueva tecnología disponible para cámaras y algoritmos de reconocimiento de imagen. Los distintos sensores en el sistema sirven como corrección de los otros para generar predicciones más precisas y sin tanto ruido en la medición. [25]

Utilizando los principios de la vista acoplada a la cabeza, se puede generar un sistema que dé seguimiento acoplado a otro objeto. Utilizando un dispositivo móvil con capacidades

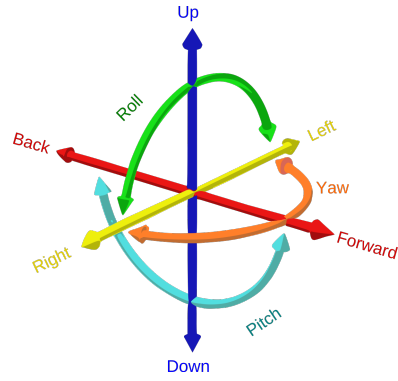


Figura 8: Son los ejes de translaci3n y rotaci3n que utiliza los 6 grados de libertad (6DOF)

de realidad aumentado o realidad virtual, para registrar el posicionamiento de este en el espacio.[26], [28]

## 7.1. Tipo de investigación

La investigación que se llevó a cabo para el desarrollo de este proyecto fue una **investigación aplicada**, debido que el propósito es complementar los conocimientos teóricos para generar una alternativa a los métodos de proyección de fondos virtuales. Recolectando información sobre diferentes disciplinas para la propuesta e implementación de una solución o alternativa.

## 7.2. Investigación

Para este proyecto es importante comprender los campos y técnicas que son implementados o se quieren implementar para el desarrollo de fondos virtuales y generación de perspectiva. Comenzando con el contexto del trabajo, la cinematografía, para comprender las decisiones que toman los directores respecto a efectos especiales y como los espectadores perciben estos.

Conociendo la historia de los efectos especiales, desde sus comienzos en el teatro hasta la actualidad. Definiendo y categorizando los dos tipos de efectos (digitales y prácticos) y que beneficios brindan al set de grabación. Como las reacciones de los espectadores ante los diferentes tipos de efectos con la finalidad de encontrar una metodología para la medición de efectividad de efectos especiales. Calificando el realismo como una medida de que tan bueno es para transmitir emociones.

Vanessa Ciccone en su investigación propone utilizar como emoción el miedo, ya que este es la emoción que se relaciona con la realidad [5]. El miedo es una de las cinco emociones básicas que es provocada por un riesgo real o imaginario [29]. Entre mayor es la percepción

de que el riesgo es real o puede volverse real, más intensa es la emoción.

En la siguiente fase de investigación el enfoque fue en la generación de fondos virtuales. Que se puede dividir en dos partes, investigación de teoría e investigación de implementación. En la primera parte se define la teoría necesaria para comprender como un objeto en tres dimensiones es proyectado por una computadora en un plano. Mientras que en la segunda nos enfocamos en los algoritmos y métodos que son utilizados en la matemática y computación para generar estas proyecciones.

Por último, se investigó sobre sistemas de posicionamiento, o sistemas de seguimiento. Con el fin de encontrar y diferenciar los sistemas para la estimación de la posición de la cámara en el set.

### 7.3. Decisiones

Para el desarrollo de este trabajo se utilizó toda la información recolectada en la investigación para tomar distintas decisiones sobre la implementación. Sobre todo, en la generación de perspectiva y el sistema de seguimiento. Para los cuales se realizaron pruebas y nuevos enfoques que complementaron la investigación.

El diseño del proyecto que se planteó fue un sistema que se conforma de dos programas en distintos dispositivos. Un programa que estará en un dispositivo móvil, *smartphone*, que siempre estará junto a la cámara a este programa lo llamaremos programa móvil. Otro programa que proyectará el fondo virtual al que llamaremos programa *display*.

El programa móvil se encargará de implementar un sistema de seguimiento para estimar su posición dentro de un espacio determinado. Donde la posición será una estimación de la posición de la cámara. La que luego será enviada hacia el programa *display* que se encargará de generar la proyección con la perspectiva de la cámara.

Con la información recolectada se tomaron decisiones de la manera en la que los programas realizaran sus tareas. Para el programa móvil se decidió qué sistema de seguimiento se usará y para el programa *display* qué tipo de proyección y perspectiva se generará. Como también de qué manera se comunicarán ambos programas.

#### 7.3.1. Motor gráfico

Un motor gráfico es un ambiente de trabajo que proporciona las herramientas necesarias para el *renderizado* de gráficas en 2D y 3D. Que puede contar con algoritmos para iluminación y colisiones. Generalmente se utilizan motores de videojuegos, ya que incluyen el motor gráfico y otros motores como físicos.

Para el motor gráfico del proyecto se usó *Unity* dada a la gran versatilidad de sus dispositivos objetivos. Es un motor de videojuego que cuenta con funcionalidades extensas para desarrollar proyectos independientes y profesionales [30]. Cuenta con una licencia gratis y con una documentación amplia. Tiene varios *plugins* y *assets* para la implementación de dispositivos en realidad aumentada y virtual que facilitan el uso de tecnologías de seguimiento

[31].

Los programas móvil y *display* fueron desarrollados en Unity por la facilidad de construcción de conceptos, como su integración con el lenguaje C#, aparte de todos los beneficios listados anteriormente. Gracias a esto se pudo programar y generar una aplicación para *Android*, que fácilmente puede ser migrada para *iOS*, como el programa móvil [31]. Y la generación e integración de fondos virtuales 3D para el programa *display*.

### 7.3.2. Comunicación entre programas

El sistema utiliza comunicación por medio de *sockets*, que provee una conexión bidireccional por medio de una sola conexión TCP. Esto permite la comunicación fluida entre dos dispositivos, en este caso el programa móvil y *display*. Aunque para este trabajo la conexión es unilateral desde el programa móvil al *display*, y el *display* solamente realiza acciones con esta información como el modelo cliente-servidor. [32]

### 7.3.3. Sistema de seguimiento

Durante la evaluación comparativa sobre el proyecto se tomaron en cuenta varias tecnologías y proyectos, en diferentes campos. Se encontró varios proyectos, o metodologías, que permiten aproximar la posición en un espacio tridimensional. De las cuales se consideraron usar las siguientes:

- Triangulación
- Cámara infrarroja
- Tango
- ARcore

Los primeros dispositivos de realidad virtual utilizaban dos sensores externos y un sensor interno sobre el *headset*, que en conjunto calculaban la posición de la cabeza [26]. Utilizando la distancia entre los tres sensores para encontrar una estimación de la posición. En *Unity* los SDK (kit de desarrollo de software) para cada distinto dispositivo de realidad virtual no cuentan con interfaces para extraer solo la posición [31]. Ya que el público objetivo es para producciones independientes no se puede asumir que cuenten con dispositivos de realidad virtual.

Las cámaras de profundidad son cámaras infrarrojas que dependiendo de la coloración en la imagen recibida se puede aproximar a que distancia se encuentra píxel de la cámara [24]. Esta es la manera en la que *Xbox Kinect* genera modelos de los jugadores. Esto cuenta de dos partes, el dispositivo *Kinect* y el SDK de *Microsoft*. Que cuenta con varios módulos para el seguimiento específico de partes anatómicas como manos, cara y cuerpo [33]. Para que el SDK siga otro tipo de elementos, como una cámara, se requiere implementaciones de código adicional [31].

*Tango* fue el primer proyecto de Google para la virtualización de ambientes [34]. Lastimosamente el alcance del proyecto evoluciono mucho durante el desarrollo. Hasta el punto de la creación de dispositivos especiales para utilizar el proyecto. Por razones no conocidas el proyecto fue cancelado. Los últimos SDK disponibles para Unity no son oficiales y solamente útiles en versiones obsoletas del mismo. [35]

*ARcore* es el nuevo proyecto de realidad aumentada de Google que utiliza como base dos proyectos: *Tango* y *Google Cardboard*. Es un sistema de seguimiento de fusión de sensores porque utiliza el acelerómetro, giroscopio y cámara del dispositivo, *smartphone*, para estimar la posición de este [36]. Se encuentra disponible solamente para algunos dispositivos *Android* y la mayoría de los dispositivos móviles *Apple*, esto se debe a la calidad de la cámara como la integración de múltiples cámaras en los teléfonos [37]. Cuenta con integración a Unity que nos permite calcular el movimiento del teléfono en cada *frame*.

Debido a que la mayoría de las opciones alternas a *ARcore* implicaban volver a implementar o modificar el sistema de seguimiento, se decidió usar *ARcore*. Ya que aparte de ser una tecnología nueva cuenta con todas las herramientas que se pueden necesitar para el sistema de seguimiento. Y la mayoría de los dispositivos disponibles son de los modelos más utilizados, especialmente porque cuenta con iPhone 6 hasta el último (iPhone 11). [37]

### 7.3.4. Sistema de proyección

Durante la investigación y la exploración del motor gráfico se encontró que la única manera de modificar la proyección de la perspectiva de la cámara es mediante transformaciones sobre la matriz de proyección. Dicha matriz maneja las transformaciones del *frustum* de la cámara. Utilizando conceptos básicos de perspectiva acoplada a la cabeza para las transformaciones de la matriz [20].

Lo que permite que se transforme el *frustum* por medio de operaciones matriciales sobre la matriz de proyección. Haciendo que la perspectiva cambie con las diversas operaciones. Las operaciones que se pueden aplicar son: rotación, traslado, estiramiento, reflejo y por último proyección ortogonal.

## 7.4. Desarrollo

### 7.4.1. Comunicación

Se utilizó el diseño cliente-servidor, implementando el cliente en el dispositivo móvil que cuenta con una funcionalidad de enviar mensajes hacia un receptor, en este caso el dispositivo *display*. Utilizando como guía la documentación de Microsoft sobre conexiones TCP en C#. Este cliente envía la posición en la que se encuentra el dispositivo móvil según el estimado ARcore.

En la implementación del servidor en el dispositivo *display* se tomó como base el ejemplo de un servidor de mensajes TCP extraído de *github*, del repositorio de Daniel Bierwirth [38]. El cual tiene un funcionamiento muy parecido al del móvil sin embargo este maneja

conexiones de dispositivos. Actualmente solo se acepta una conexión a la vez, pero puede ser modificado para aceptar varias.

Se creó un protocolo de comunicación entre ambos programas para él envió de información. Ya que esta implementación solamente permite él envió de texto plano, se optó que el mensaje fuera un JSON. Este mensaje contendría la posición y rotación en 3 dimensiones del dispositivo móvil. El cual es representado por una clase la cual se serializa para ser enviada y al ser recibida se deserializa dentro de una clase compatible para ser debidamente manipulada.

Para comprobar la funcionalidad de la comunicación se realizó una prueba en la que el dispositivo móvil enviaría posiciones aleatorias y el dispositivo *display* movería la cámara a dichas posiciones. La cámara del dispositivo *display* se movía en las direcciones correctas. Con lo que se concluyó y se aceptó que la comunicación era exitosa.

#### 7.4.2. Sistema de seguimiento

Teniendo el sistema de comunicación en funcionamiento se comenzó con la implementación del sistema de seguimiento. El sistema contaba con la lectura del acelerómetro y giroscopio del dispositivo. La rotación adquirida por el giroscopio era precisa, sin embargo, la lectura del acelerómetro no era lo suficientemente sensible para calcular un posicionamiento. Se necesitaban de movimientos muy bruscos para que el acelerómetro diera datos de cambios en alguno de sus ejes, y el cambio en la aceleración generaba un efecto de resorte en las lecturas. Este rebote generaba ruido indeseado dentro del sensor.

Por los problemas con la lectura del acelerómetro se analizaron alternativas, cambiando el enfoque de investigación a objetos que ya utilizaban los sistemas de seguimiento con similares propósitos como realidad virtual. Encontrando la teoría de sensores de grados de libertad y su implementación en la industria virtual. Hasta encontrar implementaciones de proyectos de Google como *Tango*, *Cardboard* y *ARcore*. Del cual se implementó *ARcore*, como se mencionó en la sección de decisiones. Con el proyecto de *ARcore* obtenido se utilizaron los *prefabs*, elementos preconstruidos que pueden ser instanciados dentro de una escena de Unity, de la cámara de realidad aumentada. Añadiéndole un *script* que manda a llamar la función *sendMessage* del cliente TCP para enviar los mensajes de la posición de la cámara.

Durante la primera prueba con datos reales hubo problema de lectura en algunos mensajes, esto se debió a que no llegaba el mensaje en un solo paquete sino en varios. La raíz de esto fue el tipo de dato, *float*, con el que se contaba para almacenar las posiciones y rotaciones podía alcanzar 9 dígitos después del punto más los dígitos enteros. Debido a esto el tamaño del mensaje sobrepasaba el del paquete, por lo que el mensaje se enviaba en más de un paquete. Esta fue la razón por la que el servidor mediante expresiones regulares analice si dentro del paquete se encuentra un JSON completo, en nuestro caso que cuente con las llaves de inicio y de cerrado. De no ser así se concatena a un *buffer* hasta que se complete el un mensaje. Cuando se completa este paquete pasa a ser deserializa.

Para reducir la cantidad de dígitos enviados a través de los mensajes se redondeó los valores, tanto de las rotaciones como la posición, a 6 dígitos. Permitiendo que el caso de que el paquete llegue en más de un mensaje sea menos probable.

Para facilidad de pruebas y uso de usuarios externos se agregaron dos botones al dispositivo móvil que permiten volverse conectar al servidor y recalibrar la posición del dispositivo. El botón de “reconexión” elimina la conexión previa, de existir, y genera una nueva a la misma dirección IP. El botón “reset” elimina el componente ARcamera, que es componente de ARcore destinado como sistema de seguimiento, y lo vuelve a crear dentro de la escena. Este último proceso genera problemas temporalmente en sincronización.

Cumpliendo así el objetivo específico 2 porque nos permite calcular el posicionamiento del dispositivo móvil dentro de un espacio de tres dimensiones. Para luego ser generada la perspectiva de este punto.

### 7.4.3. Perspectiva

Con la posición del dispositivo se pueden usar diferentes metodologías para la generación de perspectiva. Utilizando un plano de proyección que despliega el punto de vista de la cámara virtual para generar una proyección trasera, cumpliendo con el objetivo específico 1. Inicialmente se probó con una perspectiva personal, o la misma que en la realidad virtual. Moviendo la cámara virtual a la misma posición y rotación aproximada del dispositivo móvil. A pesar de que la pantalla daba una salida satisfactoria y con mucha retroalimentación del posicionamiento del dispositivo, esta perspectiva no era la deseada.

Durante esta fase se reunió a un pequeño grupo de personas que sirvieron como sujetos para la crítica y evaluación del proyecto. Este constaba de tres personas de diferentes perfiles: una licenciada en cinematografía, una estudiante de ciencia de datos y escritora y el autor de este trabajo. Las especificaciones de los integrantes se pueden ver en el Cuadro 6 o en los anexos.

En este momento empezó la manipulación del *frustum* de la cámara virtual, para emular las distorsiones de la perspectiva acoplada a la cabeza. Creando 4 puntos (a, b, c y d) que generan el plano cercano del *frustum* y trasladándose, emulando el movimiento de la cámara. Durante las pruebas con el grupo de pruebas, se reconoció que a pesar de que la perspectiva generada parecía responsiva no era realista. Luego de un análisis se reconoció que se debía a que el movimiento del plano cercano realmente realizaba lo mismo que una perspectiva personal desplazada.

Modificando el *frustum* para que el plano cercano sea una representación virtual de la pantalla o proyección en el set de grabación. Haciendo que este plano fuera estático, ya que igual que la pantalla o plano de proyección este no se mueve. Siendo el único punto móvil la cámara, o punto de vista. Para esta manipulación se usó el ejemplo de la documentación de *frustum* de Unity.

Como último paso se realizó una prueba en la que se implementó una nueva manera de rotación de la cámara virtual. La rotación se define por el ángulo del vector de la cámara hacia el punto central del *frustum*. Esto permite que la cámara virtual no emule la rotación de la cámara real, ya que se asume que la cámara siempre está viendo hacia el plano de proyección. Esto se debe a que, sin importar a que ángulo se encuentre el observador la perspectiva proyectada depende solamente de su posición relativa.

En la finalización se completa de manera exitosa el objetivo específico 3 porque se logra

generar una perspectiva de un punto, cámara en el set. Proveyendo una proyección en el plano de proyección que servirá como fondo virtual.

#### 7.4.4. Pruebas

A lo largo del desarrollo del trabajo se realizaron tres pruebas que determinaron decisiones como soluciones a problemas. Una para cada etapa importante del proceso, para verificar su funcionamiento correcto. Estas pruebas fueron realizadas con el grupo de pruebas que consistía en tres personas, que se describen en el Cuadro 6.

De estas pruebas iniciales se realizaron varios supuestos como:

- Ver el marco o límite de la pantalla dentro de la grabación interrumpe la inmersión del espectador
- Integrar objetos dentro de la escena no afecta negativamente el realismo.
- Un tiempo de respuestas lento de la perspectiva rompe la inmersión del espectador.

Antes de realizar la última prueba para generar los resultados se realizaron pequeños demos en los que se verificó la funcionalidad. Luego se experimentó con dos métodos de proyección para el fondo virtual, a falta de recursos no se probó una proyección trasera, proyección frontal y por medio de pantalla.

Lastimosamente debido a la escasez de recursos la proyección frontal no fue implementada correctamente. Ya que solo se contaba con un proyector, y sin un fondo liso ni blanco en el cual proyectar. Los vídeos se realizaron tanto con utilería como sin, con el fin de mostrar el funcionamiento del proyecto y de observar la interacción de los objetos reales con el fondo virtual. Eliminando las tomas de la proyección trasera por la mala calidad de la imagen producida.

Se realizó una encuesta inicial, sección 13.3, a 53 sujetos con el vídeo final para calificar la viabilidad de este proyecto como alternativa a la pantalla verde, se puede encontrar en la sección 13.3. A diferencia de lo realizado por Vanessa Ciccone, nuestra prueba no dependerá del análisis de sentimientos por las dificultades actuales (COVID-19) para producir un filme, se enfocará en calificar cualitativamente el realismo del fondo virtual mediante dos preguntas. La encuesta se encuentra la sección de anexos la Figura 25.

Dicha encuesta fue contestada por 53 sujetos de prueba. La cual fue construida en Formularios de Drive y compartida por redes sociales. Cuenta con tres preguntas que evalúan diferentes aspectos del proyecto como también sugerencias. La primera pregunta: *¿Qué tan realista te pareció?* Espera una respuesta entre 1 y 10 que representa de manera cuantitativa el realismo del proyecto. La segunda pregunta: *¿Puede ser una alternativa a la pantalla verde?* Es una pregunta binaria, si o no como opciones, para determinar si el trabajo es percibido por la audiencia como competencia real de la pantalla verde. Y la última pregunta: *Opinión de cómo podría mejorar* sirve como sugerencias y recomendaciones para la continuación del proyecto.

Como resultado final y complementario a la encuesta inicial se generó una nueva encuesta, encuesta final. La que tiene como propósito eliminar las ambigüedades que generaban las preguntas de la encuesta inicial. Se diseñó con la ayuda de Alhvi Balcarcel y Tomás Gálvez, asesores del proyecto. La encuesta se encuentra en la sección 13.3.1.

## 8.1. Encuesta inicial

Los resultados analizados fueron obtenidos en la encuesta inicial, en la que se evalúa el vídeo final generado. Que cuenta con el proyecto funcionando, es decir generando la perspectiva de la cámara en el fondo virtual. También cuenta con utilería reflectiva enfrente del fondo para observar la interacción.

La primera pregunta: *¿Qué tan realista te pareció?* Cuenta con 53 registros. En la que los resultados posibles se encuentran entre 1 y 10. Donde entre mayor sea la calificación mayor es el realismo percibido por el sujeto.

El análisis de normalidad de la primera pregunta Shapiro-Wilk determinó un valor-p de **0.000484260**, concluyendo que existe una diferencia significativa entre los resultados y la distribución normal. Mientras que la prueba Kolmogorov-Smirnov tiene un valor-p de **0.00922** y un valor D de **0.222**, donde ambos rechazan la hipótesis nula de que sea una distribución normal. Pese a que en la Figura 9 se observa semejanza entre los resultados y la distribución normal. Como última prueba de normalidad la gráfica q-q, Figura 10, parece evidenciar una tendencia a distribución normal.

La segunda pregunta: *¿Puede ser una alternativa a la pantalla verde?* Cuenta con 53 registros. El resultado esperado es sí o no, en lo que determina la opinión del sujeto si el proyecto es una posible alternativa a la pantalla verde.

En la Figura 11 se puede apreciar los resultados a la segunda pregunta: *¿Puede ser una alternativa a la pantalla verde?* El **90.7%** de los participantes creen que el proyecto puede llegar a ser una alternativa a la pantalla verde y solamente 4 o **9.3%** no les parece una alternativa viable.

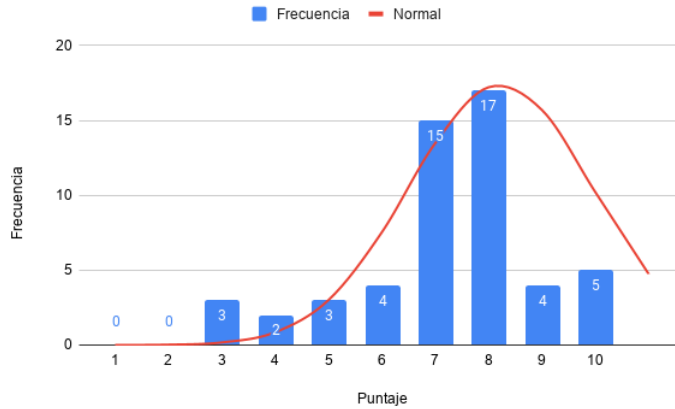


Figura 9: Comparación de los resultados de la pregunta: *¿Qué tan realista te pareció?* Con una distribución normal.

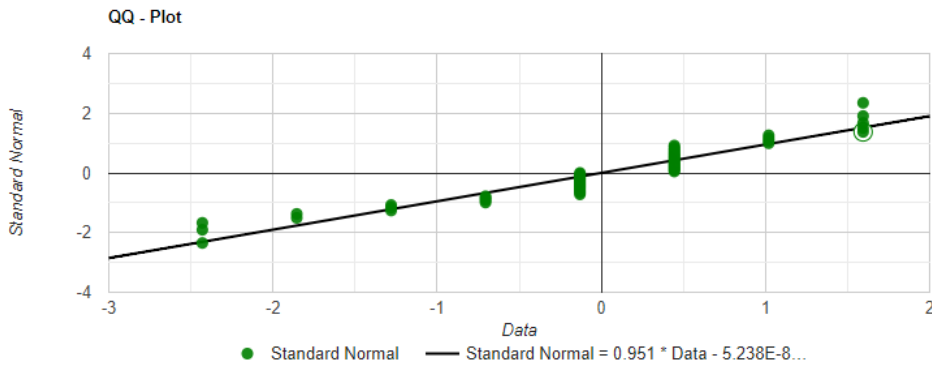


Figura 10: Gráfica Q-Q entre el resultado de la pregunta: *¿Qué tan realista te pareció?* Y la distribución normal.

Resultados de Shapiro-Wilk	
Tamaño de muestra (n)	53
Promedio	7.226415
Mediana	7
Desviación estándar (S)	1.739159
Nivel asimétrico	-0.750135
Curtosis	0.589582
Valor-P	0.000484260

Cuadro 1: Resultados de la prueba Shapiro-Wilk de la primera pregunta: *¿Qué tan realista te pareció?*

Para los resultados de la tercera y última pregunta: *Opinión de cómo podría mejorar* se categorizaron las respuestas en ocho apartados. Cada categoría determina el enfoque de la opinión que se presenta. Solamente dos respuestas no fueron propuestas a mejorar o errores en el proyecto. Al ser opcional esta entrada solamente cuenta con 31 registros. Para la categorización se leyó cada uno de los resultados y se separó en el grupo la sugerencia o problema que encontraba el sujeto. Mientras que las entradas que no presentaban ninguna

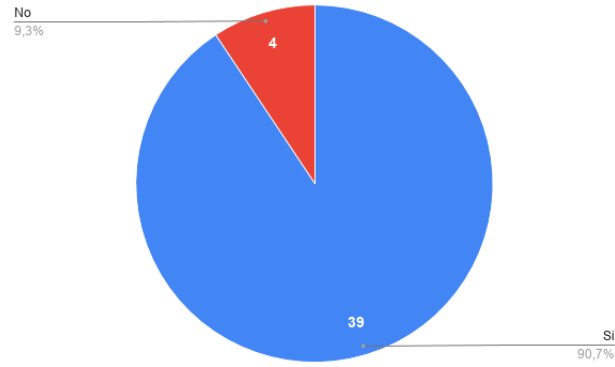


Figura 11: Resultado de la segunda pregunta: *¿Puede ser una alternativa a la pantalla verde?*

queja o falta se agregaron a la categoría “Opinión”.

Las categorías son: Iluminación, pantalla, utilería, texturas, perspectiva, calidad del vídeo, fondo y opinión. La categoría más importante es la de perspectiva, ya que aquí se catalogan todas las respuestas que proponen o resaltan errores con respecto a la perspectiva. En la Figura 12 se encuentra la cantidad de respuestas en cada categoría.

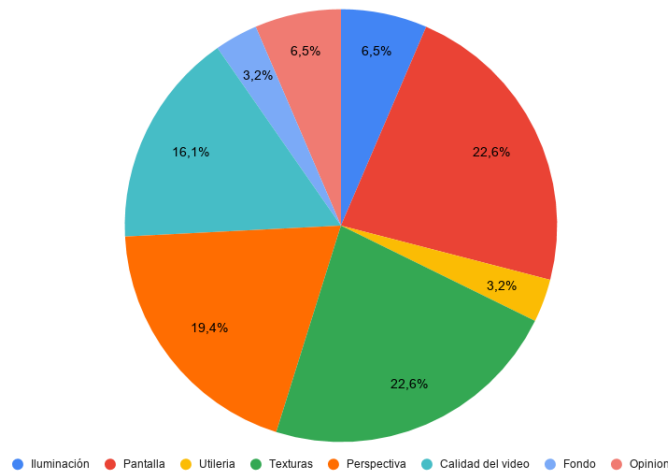


Figura 12: Cantidad de opiniones en las categorías de la tercera pregunta: *Opinión de cómo podría mejorar.*

Mientras que en la Figura 14 se puede observar la proporción de las opiniones de la tercera pregunta sobre la perspectiva contra las demás. Contrastando que esta categoría representa casi un quinto de las opiniones recibidas. También que el porcentaje de **19.4%** sobre pasa el porcentaje esperado en una distribución uniforme de **12.5%**, Figura 13.

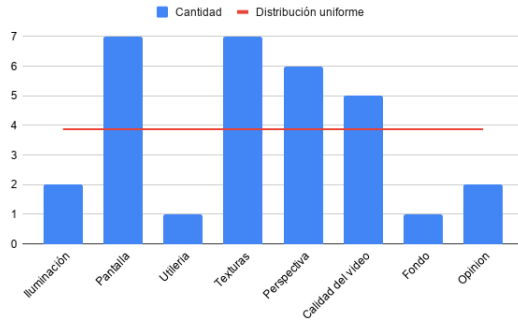


Figura 13: Comparación de los resultados de la tercera pregunta: *Opinión de cómo podría mejorar* con una distribución uniforme, respuestas en la sección 13.3.

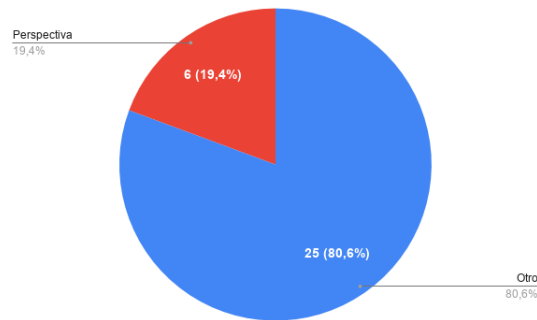


Figura 14: Comparación de opiniones de perspectiva contra otras, tercera pregunta: *Opinión de cómo podría mejorar*.

## 8.2. Encuesta final

Posteriormente se diseñó una nueva encuesta para complementar y formalizar la recolección de datos con la ayuda de Alhvi Balcarcel y Tomás Gálvez, asesores del proyecto. Utilizando esta encuesta para reunir los resultados finales siempre utilizando el mismo vídeo final para ambas encuestas. Esta encuesta cuenta con 13 preguntas, en las figuras 26 y 27 se encuentra la vista previa, que tiene como objetivo calificar la perspectiva generada y la viabilidad del proyecto en filmes. Fueron recolectados 52 registros como parte de los resultados finales por medio de un formulario creado en Drive y compartido a diversos estudiantes y catedráticos.

La primera pregunta: *¿Qué tan bien se ve el cambio de la perspectiva en la pantalla de la escena?* Califica la perspectiva que genera la pantalla en el vídeo en una escala de 1 a 5 inclusivos. Como se puede observar en el Cuadro 2 la media es de **3.73077** y una desviación estándar de **0.888166**. El 63.46% de los resultados se encuentran entre los valores 4 y 5. Los resultados cuentan con una similitud en forma a la de una distribución normal Figura 15, a pesar de que en la prueba de Kolmogorov-Smirnov el valor-p sugiere que no lo es.

En la segunda pregunta: *Califica la velocidad de respuesta al ajuste de perspectiva según el movimiento de la cámara.*, resultados en la Figura 16. Se califica la respuesta del proyecto para generar la nueva perspectiva en una escala del 1 al 10. En el Cuadro 3 se encuentra

Resultados de Kolmogorov-Smirnov	
Tamaño de muestra (n)	52
Promedio	3.73077
Mediana	4
Desviación estándar (S)	0.888166
Nivel asimétrico	-0.305354
Curtosis	-0.528868
Valor-P	0.00181

Cuadro 2: Resultados de la prueba Kolmogorov-Smirnov de la primera pregunta: *¿Qué tan bien se ve el cambio de la perspectiva en la pantalla de la escena?*

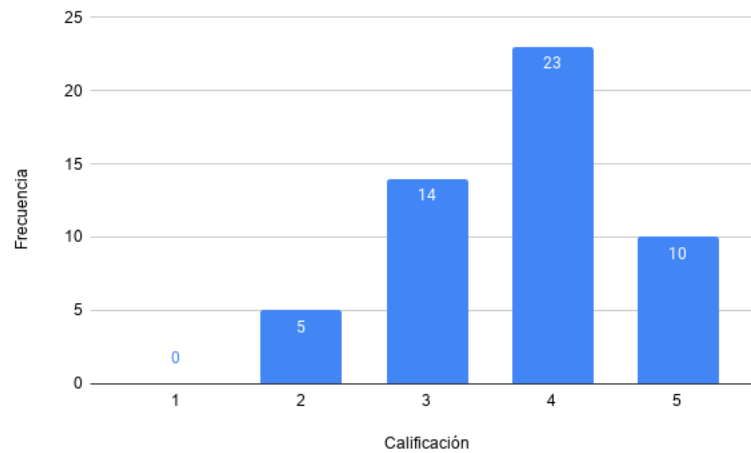


Figura 15: Histograma de la primera pregunta: *¿Qué tan bien se ve el cambio de la perspectiva en la pantalla de la escena*

Resultados de Kolmogorov-Smirnov	
Tamaño de muestra (n)	52
Promedio	6.96154
Mediana	7.5
Desviación estándar (S)	1.888682
Nivel asimétrico	-0.850555
Curtosis	-0.528868
Valor-P	0.173033

Cuadro 3: Resultados de la prueba Kolmogorov-Smirnov de la segunda pregunta: *Califica la velocidad de respuesta al ajuste de perspectiva según el movimiento de la cámara.*

el resultado de la prueba de normalidad se obtuvo un promedio de **6.96154** con una desviación estándar de **1.888682**. Estos resultados muestran una mayor dispersión entre ellos, asumiendo un comportamiento normal la mayoría de los resultados se encuentra cercanos a la media en un intervalo de más o menos dos calificaciones de la media.

Los resultados de la tercera pregunta: *¿Crees que la utilería en las escenas parece estar en el mismo lugar que él fondo?*, Figura 17. Donde el **73.1 %** o 38 de las respuestas son *Sí*.

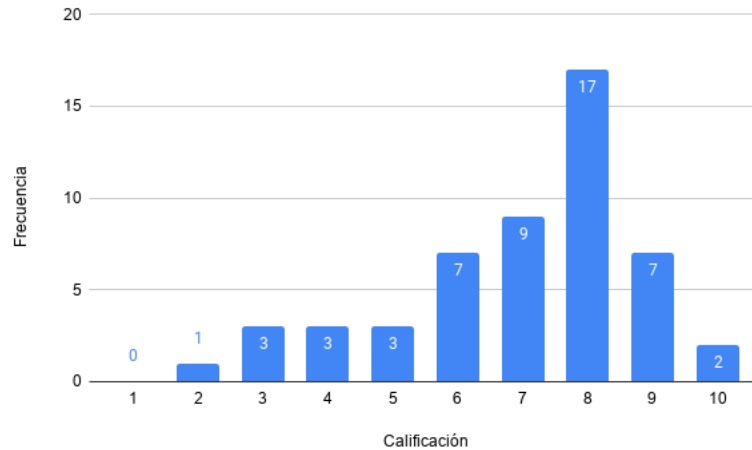


Figura 16: Histograma de la segunda pregunta: *Califica la velocidad de respuesta al ajuste de perspectiva según el movimiento de la cámara.*

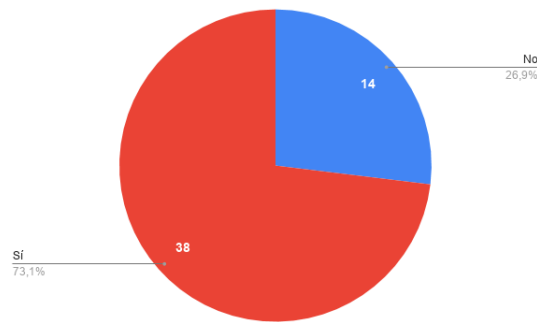


Figura 17: Gráfica de pie de la tercera pregunta: *¿Crees que la utilería en las escenas parece estar en el mismo lugar que el fondo?*

Cerca de 3/4 de los participantes afirman que la utilería en el vídeo parece pertenecer al fondo generado por el proyecto.

La siguiente pregunta: *Si la respuesta fue no. ¿Por qué no?* complementa la tercera para identificar las razones de una respuesta negativa, respuestas en Cuadro 15. Para reconocer posibles recomendaciones y mejores al trabajo.

Las respuestas recolectadas de la quinta pregunta: *¿Crees que los objetos de utilería se ven afectados por la iluminación del fondo?*, Figura 18. El **82.7%** afirman que la utilería se ve afectada por la iluminación del fondo.

La sexta pregunta: *¿Cuáles de las siguientes tecnologías crees que son necesarias para lograr este efecto?* Presenta siete diversas posibles tecnologías donde el participante puede escoger múltiples. Los resultados se encuentran en la Figura 19, donde la tecnología con mayor frecuencia es *Realidad Virtual* con 32 y *Dispositivo de proyección* con 27 registros. Mientras que las que cuentan con la menor cantidad fueron *Smartphone* con 14 y *Ecolocación* con 11 registros.

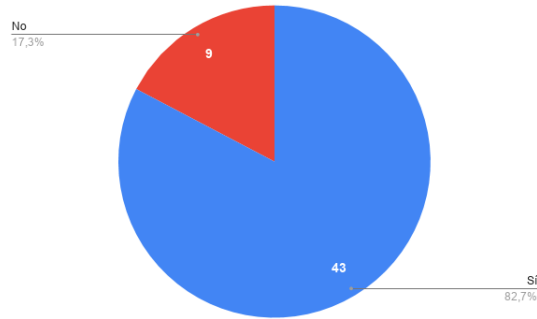


Figura 18: Gráfica de pie de la quinta pregunta: *¿Crees que los objetos de utilería se ven afectados por la iluminación del fondo?*

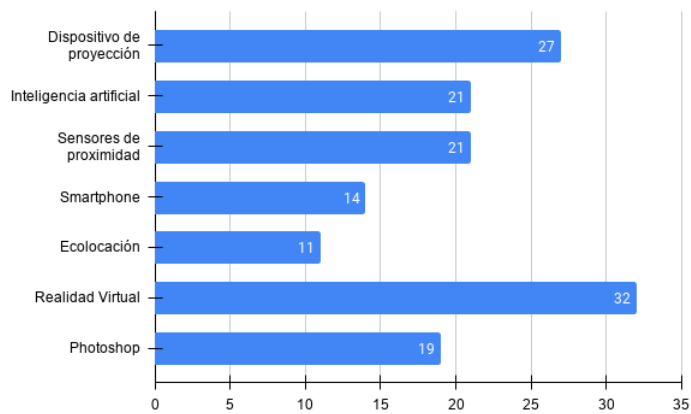


Figura 19: Comparación entre las tecnologías elegidas en la sexta pregunta: *¿Cuáles de las siguientes tecnologías crees que son necesarias para lograr este efecto?*

En los resultados de la séptima pregunta: *¿Crees que este efecto puede ser implementado sin el presupuesto de un proyecto profesional?* En la Figura 20 se puede apreciar que el **84.6%** de los participantes afirman positivamente. Dejando solamente a **8** participantes que creen que un profesional es necesario para la implementación de este proyecto.

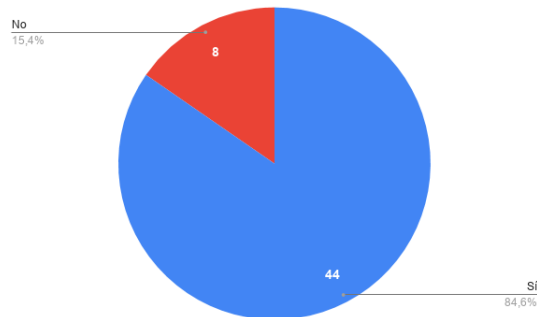


Figura 20: Gráfica de pie de la séptima pregunta: *¿Crees que este efecto puede ser implementado sin el presupuesto de un proyecto profesional?*

La octava pregunta de la encuesta, *¿Qué beneficios crees que tiene el uso de este método*

en comparación a la pantalla verde?, es abierta y obligatoria, sin embargo, solamente se cuenta con 46 registros válidos, Cuadro 16. Los 6 registros que no se encuentran en el cuadro fueron eliminados al no contener ninguna información.

La novena pregunta: *¿Dónde se podría usar este fondo virtual? Como lo que se ve en el vídeo* cuenta con siete opciones de diferentes disciplinas e industrias a las que el participante puede escoger múltiples. En la Figura 21 se pueden apreciar la frecuencia de cada una de las opciones. Tomando en cuenta que existen 52 respuestas *Anuncios*, *Videojuegos* y *Educación* participaron en un **80.8%**, **78.8%** y **76.8%** de cada registro, respectivamente. Mientras que la opción *Cine* cuenta con **34** registros siendo la tercera opción más baja.

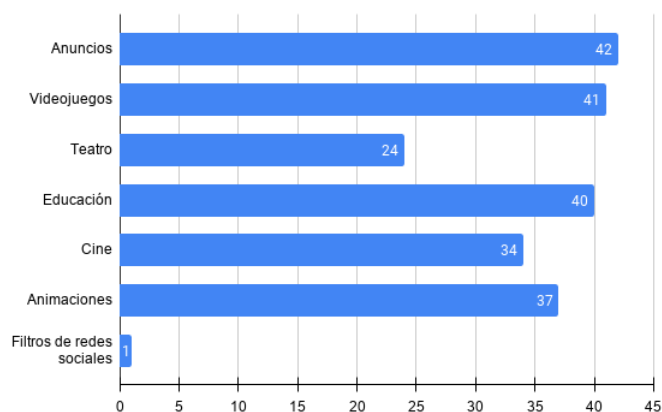


Figura 21: Comparación de las distintas industrias elegidas en la novena pregunta: *¿Dónde se podría usar este fondo virtual? Como lo que se ve en el vídeo.*

La décima pregunta: *Califique qué tan útil sería este tipo de fondo en la cinematografía* cuenta con una escala de calificación de 1 a 5, inclusivos. El histograma, en la Figura 22, muestra que la mayor concentración de calificaciones se encuentra en el intervalo de 3 a 4 que comprenden el **63.5%** de las calificaciones. Estos resultados tienen un promedio de **3.65385** con una desviación estándar de **1.02679**, como se ve en el Cuadro 4.

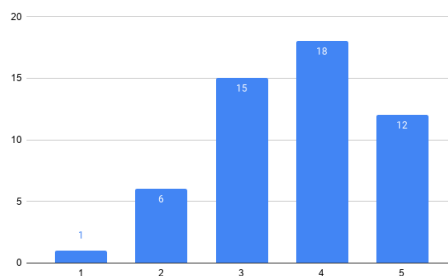


Figura 22: Histograma de los resultados de la décima pregunta: *Califique qué tan útil sería este tipo de fondo en la cinematografía.*

La décima primera pregunta: *En qué tipos de filmes creerías que te gustaría ver este efecto* cuenta con seis géneros de películas como posibles respuestas. Los en la Figura 23 muestran la frecuencia en la que fueran elegidas. Donde los cuatro géneros con más registros están en un intervalo de solo 4, que son *Terror*, *Ciencia ficción*, *Animaciones* y *Suspense*.

Resultados de Kolmogorov-Smirnov	
Tamaño de muestra (n)	52
Promedio	3.65385
Mediana	4
Desviación estándar (S)	1.02679
Nivel asimétrico	-0.376857
Curtosis	-0.468412
Valor-P	0.01709

Cuadro 4: Resultados de la prueba Kolmogorov-Smirnov de la décima pregunta: *Califique que tan útil sería este tipo de fondo en la cinematografía.*

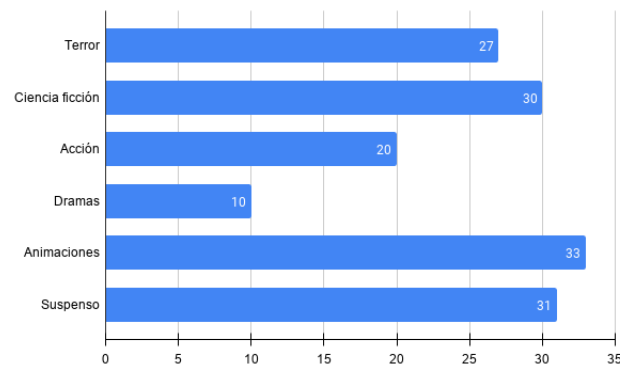


Figura 23: Comparación entre los géneros elegidos para la onceava entrada de la encuesta, *En qué tipos de filmes creerías que te gustaría ver este efecto.*

La comparación de los resultados de la doceava pregunta: *¿Considera que esta podría ser una alternativa al uso de pantalla verde para filmes?* Se puede apreciar en la Figura 24. El **71.2%** de los resultados afirman que el proyecto puede ser una alternativa viable a la pantalla verde.

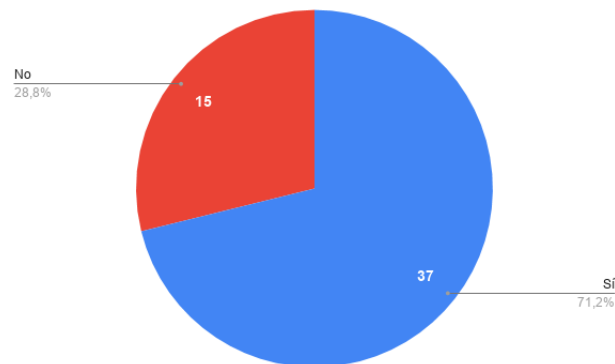


Figura 24: Gráfica de pie de la doceava pregunta: *¿Considera que esta podría ser una alternativa al uso de pantalla verde para filmes?*

La última pregunta: *Explicar por qué sé o por qué no* complementa la pregunta anterior para recolectar información acerca de la opinión del participante. Solamente se cuentan con

48 registros válidos, ya que 4 de ellos están vacíos. Estos resultados pueden verse en el Cuadro 17.

Durante la realización del trabajo se realizaron varias suposiciones que fueron desarrolladas mediante investigación y demostraciones. Las cuales se confirmaron o se refutaron con los resultados finales.

Los supuestos más grandes que pudieron afectar el funcionamiento del proyecto fueron: el posicionamiento del punto de vista y el tamaño de la pantalla del fondo virtual. El punto de vista se configuró no como el vector frontal de la cámara, hacia donde ve, sino como el vector que se genera desde la cámara hacia un punto ortogonal al plano cercano desplazado 1000 unidades o en nuestro caso la distancia entre la cámara y su plano lejano. Se tomó la decisión de hacerlo así después de hacer pruebas con una cámara y una ventana, donde la ventana emula el fondo virtual, se observó que el punto de vista no era definido por la rotación en la que se encontraba la cámara sino por su posición relativa.

Los resultados para este trabajo se dividen en dos secciones la encuesta inicial, sección 9.1, y encuesta final, sección 9.2. La encuesta inicial sirve como guía para el planteo y enfoque de las preguntas de la encuesta final. Originalmente la encuesta inicial sería los únicos resultados, sin embargo, se consideró que las preguntas eran ambiguas y vagas, debido a esto se decidió generar una nueva encuesta.

## 9.1. Encuesta inicial

En los resultados de la primera pregunta, como se ve en la Figura 9, la mayoría de las calificaciones se encuentran entre 7 y 8. En el Cuadro 1 la calificación promedio es de 7.226415 y con una desviación estándar de 1.739159, por lo que la mayor concentración de puntajes es cercana a 7. Esto significa que el promedio es un buen valor representante de los resultados. El **60.38** % de los datos se encuentran entre el intervalo inclusivo de 7 a 8. En la prueba de Shapiro-Wilk como se observa los datos presentan un sesgo a la derecha, nivel

de asimetría, por lo que cuenta con una cola a la izquierda alargada. Esto nos dice que los datos se encuentran acumulados a la derecha.

Los resultados de las pruebas de normalidad, gráfica Q-Q y Shapiro-Wilk, niegan que sea una distribución normal. A pesar de que en la Figura 9 los datos parecen tender a acomodarse bajo la curva normal. Esto se debe que los datos analizados son discretos ordinales y la distribución asume datos continuos [39]. Debido a esta razón solo se realizarán pruebas de normalidad para analizar valores estadísticos, aunque si se discutirá la semejanza con la forma de una distribución normal.

El resultado esperado es que los datos sobrepasaran la mitad de la escala, es decir que estadísticamente se encuentre en la segunda mitad. Los resultados del Cuadro 1 nos permiten afirmar que el resultado en efecto es positivo. También podemos concluir que el proyecto generó un fondo virtual realista para los participantes.

En la segunda pregunta los resultados obtenidos, Figura 11, muestra que más del 90 % de los participantes consideran el proyecto como una alternativa viable a la pantalla verde. Lo que confirma nuestro objetivo de generar fondos virtuales sin post producción. Siendo una opción factible para filmes con presupuesto o tiempo limitado.

Por último, los resultados de la tercera pregunta, Figura 12 y Figura 14, no fueron los esperados. Con los resultados anteriores se esperaba que las opiniones de la categoría *Perspectiva* fueran menores al menos del porcentaje de una categoría en una distribución uniforme Figura 13. Sin importar que solamente se excede por dos opiniones o 6.9% los resultados son significativamente mayores como para considerar una mejorar en la implementación de perspectiva. Sobre todo, porque 3 de 6 dichas opiniones están bien argumentadas, Cuadro 11.

Las dos categorías con la mayor cantidad de opiniones fueron Texturas y Pantalla. Las que se pueden resumir en mejoramiento de texturas o modelos 3D e implementación de pantallas más grandes y sin reflejo, cuadros 10 y 8. Dada la naturaleza del proyecto estos son factores que pueden ser cambiados a voluntad y capacidad del usuario. El motivo por el cual no se implementaron mejores modelos 3D o texturas fue que esto se encontraba fuera del alcance del trabajo y que todos los recursos usados son gratis. Para la grabación se probó utilizar un proyector, sin embargo, debido a la situación los lugares para filmar eran limitados y no se encontró ningún lugar apto para el uso del proyector.

En la categoría de Pantalla se sugiere utilizar pantallas más grandes o que el en el vídeo final no se vean los márgenes o finales de la pantalla, Cuadro 8. Ya que los participantes dicen que ver los contornos de la pantalla rompe el efecto visual. Por lo que la implementación de pantallas grandes o incluso de un mejor marco de grabación puede influir positivamente en el resultado final.

## 9.2. Encuesta final

El propósito de esta encuesta consta en complementar y solidificar los resultados obtenidos en la encuesta inicial. Con el fin de poder calificar el realismo del efecto especial generado, fondo virtual, y validar el trabajo como una posible alternativa. También incluyendo algunas

preguntas para analizar que piensan los participantes del efecto especial.

Los resultados de la primera pregunta, como se ve en la Figura 15, muestran que la mayoría de los participantes creen que la generación de perspectiva es buena. Ya que el promedio es de **3.73077** con una desviación menor a uno, lo que nos dice que la mayoría de los datos se encuentra cercanos al promedio, y la media y moda tienen un valor de 4. Al estar la moda y el promedio a una diferencia de **0.26923** se puede afirmar que la moda es un valor que representa los resultados obtenidos. Siendo una calificación mayor a 3 que es el valor medio de la escala.

La segunda pregunta presenta de nuevo una calificación esta vez sobre la respuesta en la que el proyecto genera la nueva perspectiva. Como se puede ver en la Figura 16 la única calificación que no cuenta con una entrada es 1, o la calificación más baja. La concentración de las calificaciones se encuentra en el intervalo de 6 a 9, inclusivos, que representan el **76.9%** de los datos y las calificaciones mayores a 6 representan el **67.3%** de los resultados obtenidos. Con este análisis se puede decir que los resultados son favorables hacia el tiempo de respuesta del proyecto, sin embargo, se cree que el tiempo de respuesta aun es demasiado bajo para un uso comercial.

En las pruebas de normalidad, Cuadro 3, se puede ver que el promedio es de **6.96154** con una desviación estándar de **1.888682**. Significando que la mayoría de los datos aproximadamente se encuentran 2 calificaciones de 7. También con los valores de asimetría y curtosis se puede confirmar que existe una cola alargada por la izquierda, existiendo calificaciones bajas, pero en menor cantidad.

En la tercera pregunta se intenta medir la inmersión que genera el efecto especial en la grabación preguntando si la utilería parece estar en el mismo lugar que el fondo. El **73.1%** de los resultados fueron positivos, es decir que en la percepción de estos espectadores la utilería parece pertenecer al fondo virtual. En la cuarta pregunta se pregunta la razón del no, en la pregunta anterior, que se puede ver en el Cuadro 15. La mayoría de las razones residen sobre problemas en la producción del vídeo como diferente iluminación entre el set y el fondo y en movimientos bruscos de la cámara. Estos errores nacen de la pobre producción del vídeo final con el que se realizó la encuesta.

La quinta pregunta intenta validar la propuesta a la solución de reflejos de utilería con el fondo virtual. Donde el **82.7%** de los participantes responden que en efecto la utilería se ve afectada por la iluminación del fondo. Esto prueba que el uso de proyecciones puede eliminar el proceso de post producción para agregar reflejos del fondo en utilería. Solucionando uno de los mayores problemas que provee el uso de pantallas verdes.

El objetivo de la sexta pregunta es identificar que tan complejo piensa el espectador que es generar este efecto. Proveyendo varias opciones de diferentes tecnologías que pueden o son usadas para la generación de fondos y perspectiva. Las tecnologías que usa el proyecto son: Realidad Virtual, Dispositivo de proyección y Smartphone. Podemos ver en la Figura 19 que las dos tecnologías más comunes son Realidad Virtual y Dispositivo de proyección que en efecto son usadas para realizar este efecto, sin embargo, el Smartphone es la penúltima. Esto nos hace creer que los espectadores creen que el efecto es más complejo de lo que parece, hasta el punto de que el uso de Photoshop es más alto que el de Smartphone.

Los datos de la séptima pregunta, Figura 20, sugieren que la mayoría de los espectadores

afirman que el efecto puede ser usado sin un presupuesto profesional. Con este resultado y los de la pregunta anterior podemos asumir que los participantes creen que es lo suficientemente complejo para que no cualquiera lo pueda hacer, pero no lo tan complejo como para necesitar de profesionales.

Con la octava pregunta fue diseñada para reconocer los beneficios que provee esta metodología de generación de fondo virtual. En los resultados obtenidos en el Cuadro 16 se puede observar que los datos se dividen en dos, ventajas y desventajas. La mayor parte de las ventajas son sobre los beneficios que se presentan en la introducción del trabajo como: reducción de costos, más rápido, mayor producción y fondos en tiempo real. Mientras que, en las desventajas, aunque son pocas, se basan en la desinformación sobre lo que está sucediendo en el vídeo.

En la Figura 21 se puede ver los resultados, de la novena, sobre las industrias en las que los participantes creen que podría ser de utilidad el uso de este fondo virtual. Donde sorprendentemente el Teatro y Cine son las industrias con penúltima y ante penúltima, respectivamente. Estos resultados son sorprendentes ya que el enfoque es sobre cinematografía y filmes como anuncios o cortos.

Dos de las categorías inesperadamente altas, en la novena pregunta, fueron Videojuegos y Educación ya que no fueron ni consideradas para el uso de fondos virtuales. Es interesante ver el potencial que le dan los participantes al proyecto, especialmente dada la situación actual con el COVID-19. Ya que la mayoría de los participantes son estudiantes que reciben clases en línea. Es importante considerar en que otras industrias sería útil el uso de fondos virtuales.

La calificación promedio de la utilidad del trabajo en el cine, resultados de la décima pregunta en la Figura 22 y Cuadro 4, es de **3.65385** con una desviación estándar de **1.02679**. Más de la mitad de los resultados se concentran, el **57.7%**, en las calificaciones 4 y 5. Lo que significa que más de la mitad de los espectadores califican positivamente la utilidad que tiene esta generación de fondo virtual en la cinematografía.

Los resultados obtenidos en la onceava pregunta son los esperados, Figura 23. Los géneros de películas más escogidos fueron los que utilizan más efectos especiales y/o existen en un contexto de fantasía como Terror, Suspenso y Ciencia ficción. A pesar de obtener los resultados esperados sorprende que el género de Animaciones sea el más elegido, ya que estos filmes no suelen ser grabados sino generados por computadora o dibujados.

El **71.2%** de los entrevistados afirma que el proyecto es una alternativa viable a la pantalla verde. Sin embargo, existen 15 o **28.8%** de los resultados que lo niega. La razón de esta decisión se encuentra en el Cuadro 18. Las cuales se pueden dividir en seis razones: *Depende del uso*, *A favor de la pantalla verde*, *Recursos monetarios*, *Metodología del fondo virtual*, *Implementación del fondo virtual* y *Control*. Donde las siguientes categorías son problemáticas sobre el proyecto: *Metodología del fondo virtual*, *Recursos monetarios* y *A favor de la pantalla verde*. Que consisten en 9 de los 15 registros, o **60%**, siendo los otros 6 resultados sobre opiniones o creencias.

- Fue posible generar fondos virtuales realistas mediante proyección trasera con la perspectiva de una cámara real. Con los resultados obtenidos en la encuesta la calificación promedio de la generación de perspectiva fue de 3.73077, en una escala de 1 a 5, con una desviación estándar de 0.888166. El 63.46 % de las calificaciones se encuentran en el intervalo de 4 a 5.
- El proyecto genera fondos virtuales mediante proyección trasera o frontal proyectando fondos en 3D. Siendo una alternativa viable para la pantalla verde. El 71.2 % de los participantes creen que el proyecto puede ser una alternativa a la pantalla verde, Figura 24.
- Se requiere una nueva implementación de generación de perspectiva. Dado los resultados obtenidos en la encuesta inicial y final no se puede afirmar que la perspectiva proyectada es la correcta. El 19.4 % de las opiniones obtenidas en la encuesta inicial eran sobre mejoras o recomendaciones sobre la perspectiva generada.
- El tamaño y resolución del fondo virtual proyectado afecta de manera directa la percepción de realismo de los observadores. Entre menos errores o elementos que puedan sugerir que el fondo es una proyección, como bordes de la pantalla, reflejos o elementos virtuales poco realistas, mejor será la integración con el set de grabación.



---

## Recomendaciones

---

- Realizar una prueba con las recomendaciones que propone Vanessa Ciccone, en su paper *The Effectiveness of Special Effects: Practical Effects vs. Digital Effect*, filmando un corto de miedo para observar la reacción de los espectadores. Midiendo el realismo del efecto espacial, fondo virtual, por medio de la transmisión emocional del filme al espectador. Esto permite adquirir resultados más precisos sobre el realismo del fondo virtual.
- Filmar el vídeo a evaluar con los recursos adecuados. Utilizar cámaras de grabación, utilería, luces y actores. También que el fondo virtual cuente con modelos 3D realistas y con texturas con mayor resolución. Tomando en cuenta la iluminación del set para imitarla en el fondo virtual para no generar incongruencias.
- Se recomienda cambiar el punto de vista de la perspectiva utilizada. Pasar de calcularlo como el vector desde la cámara hacia la pantalla a el vector hacia donde ve la cámara real. Esto genera una perspectiva más responsiva a rotaciones y distorsiones.
- Cuando se configure la cámara virtual dentro de la escena verificar que el lente concuerde con el mismo lente con el que se realiza la grabación. Para que la perspectiva de la imagen generada contenga similares distorsiones.
- Utilizar un teléfono como el dispositivo móvil que cuente con al menos dos cámaras y que una de ellas sea o pueda ser utilizada como una cámara de profundidad.
- Se recomienda también usar un motor gráfico distinto, el cual cuente con una mayor configuración para el manejo de perspectiva o que permita modificar el frustum de manera más personalizada. Con el fin de tener un mejor control sobre la perspectiva que la cámara genera.
- Experimentar con otros sistemas de seguimiento para una mejor aproximación. ARcore utiliza análisis de imágenes para recalibrar y auto corregirse, dado a esto suele generar ruido y en algunos casos saltos grandes en la secuencia de posicionamiento.
- Entrevistar a más participantes para contar con más resultados, de 100 a 200 personas. Con más datos podemos asegurar si en verdad existe una diferencia significativamente

mayor en la categoría de Perspectiva en las opiniones. Para volver a evaluar la necesidad de volver a implementar el generador de perspectiva.

- Considerar en que otras industrias se puede aprovechar los beneficios de generación de fondos virtuales por medio de proyección trasera o frontal. Que otras ventajas o desventajas podrían conllevar y evaluar la viabilidad de esta.





- [1] Foundry. (2018). Rear projection on Solo: A Star Wars Story, dirección: <https://www.foundry.com/insights/film-tv/rear-projection-on-solo-a-star-wars-story> (visitado 27-05-2020).
- [2] T. Cheek. (2013). Projection Mapping in Oblivion (starring Tom Cruise), dirección: <https://articles.triplewidemedia.com/projection-mapping-in-the-making-of-oblivion-starring-tom-cruise/> (visitado 25-05-2020).
- [3] D. Das, Y. Chauhan y A. Tikkanen, *Special effect*. Encyclopedia Britannica, 2013. dirección: <https://www.britannica.com/art/special-effects> (visitado 09-08-2020).
- [4] P. Netzley, *Encyclopedia of movie special effects*. Oryx Press, 2000.
- [5] V. Ciccone. (2016). The Effectiveness of Special Effects: Practical Effects vs. Digital Effect, dirección: [https://scholarsbank.uoregon.edu/xmlui/bitstream/handle/1794/20500/Ciccone\\_oregon\\_0171N\\_11587.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://scholarsbank.uoregon.edu/xmlui/bitstream/handle/1794/20500/Ciccone_oregon_0171N_11587.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- [6] F. Nieva, *Tratado de Escenografía*. Fundamentos, 2011.
- [7] N. Horton. (2017). A Brief History of Practical Effects in Cinema in 10 Movies, dirección: <https://www.denofgeek.com/movies/a-brief-history-of-practical-effects-in-cinema-in-10-movies/> (visitado 12-08-2020).
- [8] A. French y H. Kahn. (2015). The Untold Story of ILM, a Titan That Forever Changed Film, dirección: <https://www.wired.com/2015/05/inside-ilm/> (visitado 12-08-2020).
- [9] I. D. Aronson, *DV Filmmaking: from start to finish*. Sebastopol, California: O'Reilly, 2006.
- [10] S. Wright, *Digital Compositing for Film and Video: Production Workflows and Techniques*. Nueva York, Nueva York: Focal Press, 2018.
- [11] S. T. McHugh. (2005). Digital camera sensors, dirección: <https://www.cambridgeincolour.com/tutorials/camera-sensors.htm> (visitado 17-09-2020).
- [12] K. Ramey, *Experimental Filmmaking: Break the machine*. Nueva York, Nueva York: Focal Press, 2016.
- [13] C. Chaplin, *Mi autobiografía*. Barcelona, España: Debate, 1989.

- [14] D. Djudjic. (2019). This is how famous breathtaking stunts were performed before we had green screens and after effects, dirección: <https://www.diyphotography.net/this-is-how-famous-breathtaking-stunts-were-performed-before-we-had-green-screens-and-after-effects/> (visitado 17-09-2020).
- [15] I. S. Francisco. (2016). ILM STAGECRAFT. Industrial Light & Magic, dirección: <https://www.ilm.com/hatsrabbits/ilm-stagecraft/> (visitado 16-05-2020).
- [16] T. Nannicelli y P. Taberham, “Cognitive media theory”, *Cognitive Media Theory*, págs. 1-346, ene. de 2014. DOI: 10.4324/9780203098226.
- [17] E. B. Goldstein, *Sensation and Perception*. Nueva York, Nueva York: Cengage Learning, 2005.
- [18] K. Andersen, *The geometry of an art : the history of the mathematical theory of perspective from Alberti to Monge*. New York London: Springer, 2007, ISBN: 978-0-387-48946-9.
- [19] J. Hull, *Perspective drawing*. Mineola, N.Y: Dover Publications, 2010, ISBN: 9780486473994.
- [20] C. Attebery, *The complete guide to perspective drawing : from one-point to six-point*. New York, NY: Routledge, 2018, ISBN: 978-1138215627.
- [21] W. Mitchell, *Digital design media*. New York, NY: Van Nostrand Reinhold, 1996, ISBN: 9780471286660.
- [22] T. McReynolds y D. Blythe, *Advanced graphics programming using OpenGL*. San Francisco, CA: Elsevier Morgan Kaufmann Publishers, 2005, ISBN: 9781558606593.
- [23] T. Craig. (2005). A treatise on projections, by Thomas Craig., dirección: <https://quod.lib.umich.edu/u/umhistmath/ABR2552.0001.001?rgn=works;view=toc;rgn1=author;q1=Craig>.
- [24] V. Lepetit y P. Fua, “Monocular Model-Based 3D Tracking of Rigid Objects: A Survey”, *Foundations and Trends in Computer Graphics and Vision*, vol. 1, ene. de 2005. DOI: 10.1561/06000000001.
- [25] V. K. N., “Integration of Inertial Navigation System and Global Positioning System Using Kalman Filtering”, *Department of Aerospace Engineering, Indian Institute of Technology*, 2004.
- [26] T. Mazuryk y M. Gervautz, “Virtual Reality: History, Applications, Technology and Future”, *Institute of Computer Graphics Vienna University of Technology*, 1996.
- [27] B. Lang. (2013). An Introduction to Positional Tracking and Degrees of Freedom (DOF), dirección: <https://www.roadtovr.com/introduction-positional-tracking-degrees-freedom-dof/>.
- [28] F. G. J. D. Hol T. B. Schöon, “Sensor Fusion for Augmented Reality”, *Division of Automatic Control Department of Electrical Engineering*, 2006.
- [29] R. A. Española. (2014). Diccionario de la lengua española, 23.<sup>a</sup> ed, dirección: <https://dle.rae.es> (visitado 11-10-2020).
- [30] J. K. Haas, “A history of the unity game engine”, 2014.
- [31] U. Technologies, *Unity User Manual (2019.4 LTS)*. dirección: <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html>.
- [32] W. Stevens, *UNIX network programming*. Boston, MA: Addison-Wesley, 2004, ISBN: 9780131411555.

- [33] Microsoft, *Kinect para Windows*. dirección: <https://developer.microsoft.com/es-es/windows/kinect/>.
- [34] Google, *Project Tango*. dirección: <https://developers.google.com/project-tango/>.
- [35] R. Álvarez, *Después de tres años de desarrollo, Google cierra Project Tango para centrarse exclusivamente en ARCore*, dic. de 2017. dirección: <https://www.xataka.com/realidad-virtual-aumentada/despues-de-tres-anos-de-desarrollo-google-cierra-project-tango-para-centrarse-exclusivamente-en-arcore>.
- [36] 2019. dirección: <https://developers.google.com/ar>.
- [37] Google, *ARCore supported devices*, 2019. dirección: <https://developers.google.com/ar/discover/supported-devices>.
- [38] D. Bierwirth, *TCPTestClient.cs*. dirección: <https://gist.github.com/danielbierwirth/0636650b005834204cb19ef5ae6ccedb>.
- [39] A. Ghasemi y S. Zahediasl, "Normality Tests for Statistical Analysis: A Guide for Non-Statisticians", *International Journal of Endocrinology and Metabolism*, vol. 10, n.º 2, págs. 486-489, 2012, ISSN: 1726-913X. DOI: 10.5812/ijem.3505.



## 13.1. Proyecto

### 13.1.1. Repositorios

Los siguientes links son los repositorios en los cuales se realizó el trabajo:

- Dispositivo móvil: <https://github.com/ram16230/WindowScreenMovil>
- Dispositivo display: <https://github.com/ram16230/WindowScreenDisplayer>

### 13.1.2. Librerías

A continuación, se encuentran las librerías que se utilizaron para desarrollar el proyecto, especificando la versión implementada.

Recurso	Versión
Unity (para dispositivo display)	2019.4.0f1
Unity (para dispositivo móvil)	2018.4.20f1
ARcore	1.17

Cuadro 5: Versiones de recursos implementados en el proyecto.

## 13.2. Equipo de prueba

Nombre	Perfil	Relación con el proyecto
Javier Ramos	Estudiante en Ciencias de la Computación	Equipo de desarrollo.
Isabel Cacacho	Licda. en cinematografía	
Andrea Argüello	Estudiante de Ciencia de datos y escritora	


Cuadro 6: Integrantes del grupo de pruebas que evaluó las pruebas previas a las encuestas.

### 13.3. Encuesta inicial

#### Prototipo de tesis

El siguiente proyecto propone una alternativa para la creación de fondos virtuales en filmaciones sin reducir la inmersión del espectador mediante proyección trasera y perspectiva. Eliminando la necesidad de post-producción para iluminación realista en utilería. Generando un espacio de realidad virtual adecuado para un set de grabación independiente, con elementos accesibles: como teléfonos, cámaras y proyectores o pantallas.

Ver el video antes de contestar



Prueba de concepto

¿Qué tan realista te pareció?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nada realista            Muy realista

¿Puede ser una alternativa a la pantalla verde?

Sí

No

Opinión de como podría mejorar

Tu respuesta

---

Figura 25: Vista previa de la encuesta inicial.

### 13.3.1. Resultados de preguntas directas de la encuesta inicial

La encuesta inicial se encuentra dividida en las siguientes figuras en esta sección debido al tamaño.

Estos son los resultados extraídos de la tercera pregunta de la encuesta realizada. De forma literal de los participantes, las que fueron categorizadas dependiendo en la opinión de mejoras que los participantes aportaron.

Iluminación
Tal vez cuidar un poco la iluminación, parece una intensidad que tienen los dibujos animados. Generando como esa compensación de la luz saturando de esa manera. Pero de ahí los detalles están chileros
Pues el vídeo se mueve mucho, lo que cuesta analizarlo bien. Pero creo que el tema principal es la iluminación, es muy clara y pareja en toda la imagen. Sería de aplicar una iluminación y sombreado más realista en mi opinión.

Cuadro 7: Opiniones sobre la iluminación.

Pantalla
Utilizando una pantalla que antirreflejo, hacer el movimiento más fluido con un mayor <i>refresh rate</i> y subir la calidad de gráficos.
Aplicación en proyectores.
Pantalla más grande.
Utilizar una pantalla que no refleje para poder hacerlo más realista.
Es probable que sea una alternativa a la pantalla verde, pero creo que deberían grabarlo sin que se noten los bordes de la pantalla para que no se pierda el realismo. Igual sería bueno que grabaran profesionalmente el prototipo. El concepto está <i>cool</i> , la demo no mucho :(.
El reflejo de la pantalla de la tele provoca una sensación de no ser realidad, sin embargo, no se miró real la visión 3D.
disminuir el reflejo en algunos instantes. haciendo un fondo oscuro en la parte de atrás del camarógrafo.

Cuadro 8: Opiniones sobre la pantalla.

Utilería
Los objetos que están al frente se nota aún mucho que tienen algo de fondo que no es el fondo actual. Tal vez era la ilusión o ángulo de las grabaciones y es entendible sin embargo afecta al momento de tomar una decisión más cuando el enfoque es a reemplazar algo que sí se hace bien puede parecer Muy realista.

Cuadro 9: Opiniones sobre la utilería.

Texturas
Mejorar la apariencia de las texturas podría ayudar a que se vea más realista
El bar se ve mucho mejor que el bosque. Tal vez que la textura del bosque cambie.
Mejorar la apariencia de las texturas podría ayudar a que se vea más realista
Se podría mejorar un poco más los diseños, con un poco más de detalles. Pero como esta en este momento considero que está bastante bien.
Creo que habría que corregir un poco los colores, son muy brillantes.
Tal vez eliminar un poco el borde dentado de las texturas (suavizarlas).
Mejor definición en el bosque.

Cuadro 10: Opiniones sobre las texturas.

Perspectiva
Modificar un poco el movimiento angular porque a veces se siente que para el movimiento que la audiencia hizo no hubo un cambio de perspectiva adecuado.
Creo que responde muy bien al Movimiento de la cámara e interacciona bien con los objetos de enfrente, sin embargo, ha cierta angulación y distorsión. En términos de fotografía, se podría decir que el fondo se está viendo con un lente angular, como de 16mm o menos, lo cual no va acorde a la angulación del lente de la cámara que se usa para grabar el vídeo que no provoca distorsión.
Cuesta un poco verlo en el área de los árboles ya que no logro ver la profundidad (tal vez solo sea por el vídeo) pero los demás escenarios están bastante bien.
Cuando gira la profundidad no se ve muy bien, por lo que no se aprecia bien el concepto 3D que intentan dar.
Mejor proyección de dimensiones.
Más profundidad.

Cuadro 11: Opiniones sobre la perspectiva.

Calidad del vídeo
La grabación y movimiento del vídeo.
La presentación del vídeo pudo ser completa para que se viera más real.
Fluidez.
Quizás que la fluidez en las transiciones de movimiento de cámara.
Aún se ve un poco animado.

Cuadro 12: Opiniones sobre la calidad del vídeo.

Fondo
Usar otros fondos u otros objetos para que vayan conforme al fondo.

Cuadro 13: Opiniones sobre el fondo.

Opinión
Se podría usar en cine.
Al tornar se pueden ver los laterales mejor.

Cuadro 14: Opiniones sobre el proyecto.

## 13.4. Encuesta final

¿Qué tan bien se ve el cambio de la perspectiva en la pantalla de la escena? \*

1 2 3 4 5

Mal      Bien

Califica la velocidad de respuesta al ajuste de perspectiva según el movimiento de la cámara.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Lenta           Instantánea

¿Crees que la utilería en las escenas parece estar en el mismo lugar que el fondo? \*

Sí

No

Si la respuesta fue no. ¿Por qué no?

Tu respuesta \_\_\_\_\_

¿Crees que los objetos de utilería se ven afectados por la iluminación del fondo?

Sí

No

Figura 26: Vista previa de la encuesta final, parte uno.

Si la respuesta fue no. ¿Por qué no?

Tu respuesta \_\_\_\_\_

¿Crees que los objetos de utilería se ven afectados por la iluminación del fondo?

Sí

No

¿Cuáles de las siguientes tecnologías crees que son necesarias para lograr este efecto? \*

Dispositivo de proyección

Inteligencia artificial

Sensores de proximidad

Smartphone

Ecolocación

Realidad Virtual

Photoshop

Otro: \_\_\_\_\_

¿Crees que este efecto puede ser implementado sin el presupuesto de un proyecto profesional? \*

Sí

No

¿Qué beneficios crees que tiene el uso de este método en comparación a la pantalla verde? \*

Tu respuesta \_\_\_\_\_

Figura 27: Vista previa de la encuesta final, parte dos.

¿Dónde se podría usar este fondo virtual? Como lo que se ve en el video \*

Anuncios

Videojuegos

Teatro

Educación

Cine

Animaciones

Otro: \_\_\_\_\_

---

Califique qué tan útil sería este tipo de fondo en la cinematografía \*

Poco útil      1      2      3      4      5      Muy útil

○      ○      ○      ○      ○

---

En qué tipos de filmes creerias que te gustaría ver este efecto

Terror

Ciencia ficción

Acción

Dramas

Animaciones

Suspenso

---

¿Considera que esta podría ser una alternativa al uso de pantalla verde para filmes? \*

Sí

No

---

Explicar por qué sí o por qué no \*

Tu respuesta \_\_\_\_\_

Figura 28: Vista previa de la encuesta final, parte tres.

### 13.4.1. Resultados de preguntas directas de la encuesta final

Sí la respuesta fue no. ¿Por qué no?
La iluminación no coincide, por lo que son muy perceptibles.
Por la proporción de la utilería. Por ejemplo, en la escena de <i>chinese medice</i> la utilería es mucho más grande y pierde la inmersión. En caso de usar objetos más pequeños creo que se lograría la inmersión esperada.
El temblor de las imágenes no ayudó a esconder el hecho que eran distintos. El cambio es... <i>stuttery</i> .
Se miraba un poco desproporcionada en cuanto a tamaños. Pero con utilería de un tamaño más adecuado, pienso que sí se podría ver bien.
Aparte de que puedo verla puesta en la base enfrente de la pantalla, hay una diferencia entre la velocidad en la que estos se mueven a comparación de la pantalla.
Las luces colocadas en la utilería difieren del modelo. Hacerlo de día para mayor inmersión.
Las luces colocadas en la utilería difieren del modelo. Hacerlo de día para mayor inmersión.
Porque el fondo se mueve.
La diferencia en color generada por la iluminación del escenario virtual contra la iluminación del cuarto real en el que está la utilería.
No hay suficiente inmersión, la iluminación es diferente.
Las luces colocadas en la utilería difieren del modelo. Hacerlo de día para mayor inmersión.
Se ven los píxeles de la pantalla en el reflejo del vaso.
La luz.

Cuadro 15: Resultados a la cuarta pregunta de la encuesta final.

¿Qué beneficios crees que tiene el uso de este método en comparación a la pantalla verde?
Efectos especiales, marketing, entrenamientos varios.
Se podrían crear mejores efectos que con la pantalla verde.
Evitaría la compra de equipo y la post producción.
Evitaría la compra de equipo y la post producción.
Puede requerir menos presupuesto.
Podría darle más realismo y se vería mejor.
Puede requerir menos presupuesto.
Un efecto más realista.
Tiene una gran facilidad de uso ya que se podría solo poner en la televisión sin necesidad de edición. Además, que se puede ver en vivo entonces cuando quiero presentar algo en el fondo lo podría utilizar, esto no lo puede hacer una pantalla verde.
Se ve mejor y podría aplicarse de diferentes maneras a las que no llega la pantalla verde.
Que ayuda a tener un mejor resultado final con relación al tema de la iluminación.
Poder modificar de otras maneras el ambiente que se quiere dar.
Ahorro en la compra de pantalla verde y se ocupa menos espacio.
Permite una visualización de lo que estaría pasando.
Permite que el usuario vea cómo se ve el fondo con el objeto al mismo tiempo en que realiza la grabación.
Detalles realistas sin la misma inversión en tiempo de edición.
Permite que el usuario vea cómo se ve el fondo con el objeto al mismo tiempo en que realiza la grabación.
Alteración e interacción directa con el entorno digital en lugar de realizarlo en post.
Da una mejor sensación de 3D.
Ni siquiera entiendo qué acabo de ver, pero me imagino que es similar a los fondos de pantalla a perspectiva de los iPhone. Se mira más difícil tener esto que una tela verde.
Menor tiempo de producción y ayuda a los actores de lo que los está rodeando para que no se lo estén imaginando.
Costo.
Se pueden montar mejores escenarios más realistas.
No dependo de un recurso externo, como de la pantalla verde para poder recrear estos efectos.
Se pueden montar mejores escenarios más realistas.
Menor tiempo de producción y ayuda a los actores de lo que los está rodeando para que no se lo estén imaginando.
Ahorro de gastos.
Reducción en gasto de recursos y mayor facilidad de uso.
Una experiencia más creíble.
Reducción en la etapa de post.

Producciones más rápidas.
Menor tiempo de producción y ayuda a los actores de lo que los está rodeando para que no se lo estén imaginando.
Más realista.
Reduce el tiempo.
Da referencia a los actores.
Práctico.
Más simple.
Realista.
Usa menos recursos.
Interactúa el fondo con los objetos en la escena.
Cumple el mismo propósito.
Son lo mismo.
Para recrear lugares
Elimina partes de producción.
Más eficiente.
No requiere de expertos en post producción.

Cuadro 16: Resultados a la octava pregunta de la encuesta final.

Explicar por qué si o por qué no
Presenta una alternativa de perspectiva que podría permitir generar una imagen más real.
Ya que si se necesita recrear un lugar no se perdería tanto presupuesto y tiempo en colocar la pantalla verde.
Dependería mucho del film y los efectos que esta requiera.
Dependería mucho del film y los efectos que esta requiera.
Ocupa menos espacio y puede funcionar de la misma manera.
Porque podría abarcar más que las pantallas verdes y podría ser tal vez más económico, ya que solo requirió software.
Ocupa menos espacio y puede funcionar de la misma manera.
Imagino que es más barato.
Siento que ambas se podrían utilizar, lo único que vería de desventaja en contra la pantalla verde es que siento que debería tener una pantalla gigante. Ya que a veces en los filmes utilizan un cuarto completo de pantalla verde tendría dudas.
Podría atacar un nicho que la pantalla verde deja de lado o que con pantalla verde no se logra.
Porque también permite tener fondos diferentes a la locación actual, lo cual es la finalidad de la pantalla verde.
Este permite que el actor este inmerso en la escena también, dando mayor realismo.
Si se trabaja más en los elementos del fondo para que sean más realistas, quizás sí. Sin embargo, después de un tiempo nos puede marear.

Creo que aún no está lo suficientemente avanzado, pero lo veo funcionando en un futuro.
Si podría ya que es posible que los actores puedan desenvolverse de mejor manera y con mayor facilidad.
Porque crea un efecto similar con la misma fluidez en escena.
Si podría ya que es posible que los actores puedan desenvolverse de mejor manera y con mayor facilidad.
Puede sustituir una pantalla verde, de la misma manera en que series como el <i>mandelorian</i> fueron grabadas. Los escenarios se cambian de forma dinámica.
Porque puede proveer de fondos digitales al igual que lo hace la pantalla verde.
Muy caro a comparación de hacer un fondo 3D y mover la cámara.
Creo que se tiene la tecnología para poder aplicarlo y la idea tiene beneficios al aplicarlo.
La calidad de imagen es mucho menor.
Porque es menos costoso.
No porque la pantalla verde es un recurso que se ha utilizado por mucho tiempo, el cuál ha sido de demasiada utilidad, desde proyectos de alto presupuesto hasta de bajo.
Porque es menos costoso.
Creo que se tiene la tecnología para poder aplicarlo y la idea tiene beneficios al aplicarlo Porque el cine independiente puede no tener acceso a pantallas verde.
La escala de la escena podría ser un factor en el que el uso de esta tecnología no es viable o resultaría más fácil seguir usando pantalla verde.
Considero que podría ser una alternativa más profesional o llamativa que una pantalla verde.
Es el tipo de tecnología que emplearon para filmar el <i>Mandalorian</i> .
Creo que la pantalla verde da más libertad para el productor de mostrar una escena, esta alternativa le da el control a cómo el espectador quiere ver las cosas o puede interactuar con ellas.
Creo que se tiene la tecnología para poder aplicarlo y la idea tiene beneficios al aplicarlo.
No existe un beneficio tangible al usar el proyecto.
Permite ver y cambiar de fondo con la retroalimentación inmediata.
Podría ser usada en películas para representar lugares.
El fondo se encuentra dentro de la misma escena lo que lo hace ver más real.
Con más pulidez en el trabajo creo que sí se lograría eliminar la pantalla verde.
Los de <i>starwars</i> están usando cosas similares.
Es mucho más barato.
Elimina un proceso completo de post.
Aún le falta mucho para que sea algo útil.
Al igual que la pantalla verde solo se limita por su tecnología.

Es más barato.
Viene con beneficios como que se puede realizar con pantallas de televisión.
Se traba demasiado no se ve fluido.
Propone algo <i>cool</i> pero la ejecución deja mucho que desear.
En combinación con post producción se podría pulir los errores que este método presenta.
Se ve fácil de usar y genera imágenes interesantes, aún le falta, pero se le ve futuro.

Cuadro 17: Resultados a la treceava pregunta de la encuesta final.

<b>Depende del uso</b>
Dependería mucho del filme y los efectos que esta requiera.
Dependería mucho del filme y los efectos que esta requiera.
<b>A favor de la pantalla verde</b>
No porque la pantalla verde es un recurso que se ha utilizado por mucho tiempo, el cual ha sido de demasiada utilidad, desde proyectos de alto presupuesto hasta de bajo.
No existe un beneficio tangible al usar el proyecto.
<b>Recursos monetarios</b>
Siento que ambas se podrían utilizar, lo único que vería de desventaja en contra la pantalla verde es que siento que debería de tener una pantalla gigante. Ya que a veces en los filmes utilizan un cuarto completo de pantalla verde tendría dudas.
Muy caro a comparación de hacer un fondo 3D y mover la cámara.
<b>Metodología del fondo virtual</b>
Creo que aún no está lo suficientemente avanzado, pero lo veo funcionando en un futuro La escala de la escena podría ser un factor en el que el uso de esta tecnología no es viable o resultaría más fácil seguir usando pantalla verde.
Aún le falta mucho para que sea algo útil.
Se traba demasiado no se ve fluido.
Propone algo <i>cool</i> pero la ejecución deja mucho que desear.
<b>Implementación del fondo virtual</b>
Si se trabaja más en los elementos del fondo para que sean más realistas, quizás sí. Sin embargo, después de un tiempo nos puede marear.
La calidad de imagen es mucho menor.
En combinación con post producción se podría pulir los errores que este me todo presenta.
<b>Control</b>
Creo que la pantalla verde da más libertad para el productor de mostrar una escena, esta alternativa le da el control a cómo el espectador quiere ver las cosas o puede interactuar con ellas.

---

Cuadro 18: Registros de la treceava pregunta donde los participantes eligieron no en la pregunta doce.



**6dof:** Los grados de libertad (DOF) definen el número de direcciones diferentes en las que un objeto puede moverse.

**SDK:** Es un conjunto de herramientas para el desarrollo de software permitiendo a los desarrolladores generar proyectos de software en uno o varios ambientes.

**Shapiro-Wilk:** Es una prueba estadística que plantea como hipótesis nula que los datos provienen de una población normalmente distribuida.

**Socket:** Es el concepto en el cual dos procesos pueden intercambiar información de manera fiable y ordenada. Que permite la comunicación a través de una red.

**TCP:** Es un protocolo de la capa de OSI de transporte, que puede crear conexiones entre diferentes procesos o dispositivos. El protocolo garantiza que los datos serán entregados y recibidos en el mismo orden en el que fueron enviados.