



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

**TRABAJO FIN DE MÁSTER DEL MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA
INDUSTRIAL**

**ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA
PRESENTACIÓN DE UN PRODUCTO EN LA
PERCEPCIÓN DEL USUARIO: CASO DE
ESTUDIO EN SILLAS DE UN CONCURSO DE
DISEÑO**

AUTOR: Raúl Navarro Martínez

TUTOR: Manuel Contero González
Almudena Palacios Ibáñez

Curso Académico: 2020-21

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por proporcionarme todas las facilidades para estudiar mi pasión. A mis compañeros por todo el apoyo que día a día me han proporcionado. A mis tutores por confiar en mí para la realización de este trabajo. Sin todos ellos no hubiera logrado llegar a desarrollar una carrera académica tan prominente.

RESUMEN

Las capacidades de los visores de realidad virtual autónomos (no requieren de su conexión a un PC para su funcionamiento) han ido mejorando en los últimos años, disminuyendo en paralelo su coste de adquisición. Simultáneamente, los dispositivos móviles (smartphones y tablets) van mejorando de forma constante sus prestaciones en los últimos años para la visualización de contenidos 3D y aplicaciones de realidad aumentada. Estas capacidades pueden ser suficientes para poder realizar evaluaciones perceptuales del producto por parte de futuros usuarios en fases iniciales del proceso de diseño, eliminando la construcción de prototipos físicos.

En este contexto, el TFM pretende realizar un análisis de la influencia del modo de presentación del producto sobre su percepción por parte del usuario mediante el empleo de una serie de escalas semánticas de valoración. Para ello se van a utilizar una selección de sillas procedentes de un concurso de diseño, de las que se tendrá que obtener un modelado 3D con un texturizado realista que permita su visualización interactiva a través de un visor de realidad virtual autónomo como Oculus Quest 2 y en realidad aumentada en un dispositivo móvil. Además, se utilizará como tercer medio de presentación, representaciones no realistas (non-photorealistic renders) de las sillas. Se desarrollará un trabajo de campo para obtener la valoración por diversos sujetos de las escalas semánticas que permitirán valorar diversos atributos del producto tras haber visualizado el producto en cada una de las tres formas de presentación antes descritas. Finalmente, a través del correspondiente análisis estadístico se analizará cómo interaccionan las escalas semánticas y los diferentes sistemas de visualización.

Palabras clave: evaluación perceptual, modo de presentación, usuario, escalas semánticas.

ABSTRACT

The capacity of the autonomous virtual reality devices (which do not require connection to a PC for operation) has been improving last years, while purchase price has been decreasing. At the same time, mobile devices (smartphones and tablets) continue making progress in its features to visualize 3D digital content and augmented reality applications. These capacities can be high enough to make perception value judgments by future users in early stages of design process. Due to this, physical prototypes can be unnecessary.

In this context, the master final work wants to analyse the influence of the way of product presentation in user perception using semantic scales of value. For achieving this, a group of selected chairs exhibited in a design contest, whose 3D modelling with realistic textures will be obtained so that it allows interactive visualization through autonomous virtual reality glasses such as Oculus Quest 2 and augmented reality in a smartphone. In addition, non-photorealistic renders of the chairs will be the third method of representation. A field work will be carried out to obtain the evaluation by various subjects of the semantic scales that will allow the assessment of various attributes of the product after having visualized it in each of the three forms of presentation described above. Finally, through the corresponding statistical analysis, how the semantic scales and the different visualization systems interact will be analyse.

Keywords: 3D digital content, perception value judgments, future users, semantic scales.

ÍNDICE

DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TFM

- Memoria
- Presupuesto

ÍNDICE DE CONTENIDO DE LA MEMORIA

1.	Introducción al estudio y objetivos de este	8
1.1.	Justificación del estudio: presentación del tema, interés y posibles aplicaciones	8
1.2.	Antecedentes: descripción general de los métodos de presentación empleados	10
1.1.1.	Non-photorealistic render (NPR).....	11
1.1.2.	Realidad aumentada (RA).....	13
1.1.3.	Realidad virtual (RV).....	14
1.2.	Trabajos previos en los que se ha basado este estudio	15
1.2.1.	Physiological measures of presence in stressful virtual environments	16
1.2.3.	Comparison of semantic intent and realization in product design: a study on high-end furniture impressions.....	18
1.2.4.	A study into the influence of visual prototyping methods and immersive technologies on the perception of abstract product properties	18
1.2.5.	Does a presentation media influence the evaluation of consumer products? A comparative study to evaluate virtual reality, virtual reality with passive haptics and a real setting.....	19
1.3.	Objetivos e hipótesis de la investigación	20
2.	Materiales y métodos para la realización del estudio	21
2.1.	Guía de realización del experimento	21
2.2.	Diseño del experimento y procedimiento de recogida de datos durante el experimento.....	23
2.3.	Participantes del experimento	25
2.4.	Equipo y software empleado	25
3.	Preparación de los sistemas de representación	27
3.1.	Modelado y texturizado de la silla A	27
3.2.	Modelado y texturizado de la silla B	31
3.3.	Modelado y texturizado de la silla C	33
3.4.	Modelado y texturizado de la silla D.....	36

3.5.	Texturizado para el NPR	38
3.6.	Descripción general del entorno empleado en realidad virtual	40
4.	Análisis estadístico de los resultados	42
4.1.	Test de Shapiro-Wilk para los valores obtenidos de la evaluación de las sillas	43
4.2.	Resultados de los estadísticos básicos del análisis del estudio.....	45
4.3.	Resultados de las pruebas de diferencia de grupos y post hoc	47
4.3.1.	Resultados de las pruebas estadísticas para la silla A (pares bipolares).....	47
4.3.2.	Resultados de las pruebas estadísticas para la silla B (pares bipolares).....	48
4.3.3.	Resultados de las pruebas estadísticas para la silla C (pares bipolares).....	49
4.3.4.	Resultados de las pruebas estadísticas para la silla D (pares bipolares).....	49
4.3.5.	Resultado de las pruebas estadísticas para la seguridad, la evaluación global y la decisión de compra	50
5.	Discusiones principales del estudio	52
5.1.	Discusión de los resultados de los estadísticos básicos	52
5.1.1.	Discusión de los resultados de los estadísticos básicos para los pares bipolares.....	52
5.1.2.	Discusión de los resultados de los estadísticos básicos para el valor de seguridad, la evaluación global y la decisión de compra	53
5.2.	Discusión de resultados de las pruebas estadísticas.....	55
5.2.1.	Discusión de los resultados de las pruebas (pares bipolares de la silla A).....	56
5.2.2.	Discusión de los resultados de las pruebas (pares bipolares de la silla B).....	56
5.2.3.	Discusión de los resultados de las pruebas (pares bipolares de la silla C).....	56
5.2.4.	Discusión de los resultados de las pruebas (pares bipolares de la silla D).....	57
5.2.5.	Discusión de los resultados de las pruebas de las sillas para el valor de seguridad, la evaluación global y la decisión de compra	57
5.3.	Discusión final de los resultados en relación con las hipótesis enunciadas	58
5.4.	Otros factores de discusión dignos de mención	59
6.	Conclusiones.....	60
7.	Bibliografía	62

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES DE LA MEMORIA

Ilustración 1. Silla con capacidad de ser visualizada en RA en Amazon	10
Ilustración 2. Diagrama sobre la continuidad entre realidad y virtualidad	11
Ilustración 3. Imágenes de las sillas empleadas para el medio de NPR	12
Ilustración 4. Comparación del efecto del color de fondo en el NPR.....	13
Ilustración 5. Silla A (izquierda) y silla B (derecha) visualizadas mediante RA	14
Ilustración 6. Silla C (izquierda) y silla D (derecha) visualizadas mediante RA	14
Ilustración 7. Diapositiva de la guía sobre los pasos a seguir en la realización de la encuesta..	21
Ilustración 8. Diapositiva de la guía sobre cómo evaluar las sillas	22
Ilustración 9. Diapositiva de la guía sobre algunos puntos importantes a considerar	23
Ilustración 10. Resultado del modelado de la silla A.....	28
Ilustración 11. Silla A con material procedural (izquierda) y con material externo (derecha)...	28
Ilustración 12. Desarrollo del material procedural que simula la madera en la silla A	29
Ilustración 13. Costuras marcadas (izquierda) y posterior despliegue (derecha) para la silla A	30
Ilustración 14. Imagen de referencia (izquierda) y resultado final obtenido (derecha) para la silla A	30
Ilustración 15. Resultado del modelado de la silla B	31
Ilustración 16. Costuras marcadas para la base (izquierda) y el respaldo (derecha) de la silla B	32
Ilustración 17. Despliegue de la base (izquierda) y del respaldo (derecha) para la silla B.....	32
Ilustración 18. Imagen de referencia (izquierda) y resultado final obtenido (derecha) para la silla B	33
Ilustración 19. Estado original del respaldo (izquierda) y su modificación (derecha) para la silla C.....	33
Ilustración 20. Patas de la silla C con material procedural (izquierda) y con material externo (derecha)	34
Ilustración 21. Desarrollo del material procedural empleado en las patas de la silla C.....	34
Ilustración 22. Costuras marcadas para el posterior despliegue en la silla C.....	35
Ilustración 23. Imagen de referencia (izquierda) y resultado final obtenido (derecha) para la silla C	35
Ilustración 24. Modelado de las patas de la silla D en Inventor (izquierda) y el resultado final en Blender (derecha).....	36
Ilustración 25. Modelado del respaldo de la silla D en modo alámbrico empleando Blender...	37
Ilustración 26. Imagen de referencia (izquierda) y resultado final obtenido (derecha) para la silla D	37
Ilustración 27. Opciones de NPR posibles a utilizar en el estudio	39
Ilustración 28. Material del NPR sin iluminación (izquierda) o sobreiluminado (derecha).....	39
Ilustración 29. Sillas colocadas en la habitación empleada como entorno en el sistema de RV 40	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de las características de los medios analizados en este estudio	15
Tabla 2. Descripción inicial de los artículos de referencia utilizados en este estudio	16
Tabla 3. Adjetivos empleados para evaluar las sillas categorizados según Jordan	24
Tabla 4. Dispositivos tecnológicos empleados para el estudio.....	25
Tabla 5. Desempeño del software en el contexto del trabajo.....	26
Tabla 6. Materiales simples empleados para el texturizado de las sillas	38
Tabla 7. Pruebas estadísticas para emplear en función del contexto del experimento.....	42
Tabla 8. Test de normalidad para los pares bipolares de cada una de las sillas.....	43
Tabla 9. Prueba de normalidad para el valor de seguridad, evaluación global y decisión de compra de cada una de las sillas.....	44
Tabla 10. Estadísticos básicos de los pares bipolares para cada una de las sillas	45
Tabla 11. Estadísticos básicos del valor de seguridad para cada una de las sillas.....	46
Tabla 12. Estadísticos básicos del valor de evaluación global para cada una de las sillas.....	46
Tabla 13. Estadísticos básicos del valor de decisión de compra para cada una de las sillas	47
Tabla 14. Test de Friedman de diferencia de grupos de los pares bipolares de la silla A	47
Tabla 15. <i>Comparación pareada de medios de visualización (pares bipolares de la silla A)</i>	<i>48</i>
Tabla 16. <i>Test de Friedman de diferencia de grupos de los pares bipolares de la silla B</i>	<i>48</i>
Tabla 17. <i>Comparación pareada de medios de visualización (pares bipolares de la silla B)</i>	<i>48</i>
Tabla 18. Test de Friedman de diferencia de grupos de los pares bipolares de la silla C.....	49
Tabla 19. Test de Friedman de diferencia de grupos de los pares bipolares de la silla D	49
Tabla 20. Comparación pareada de medios de visualización (pares bipolares de la silla D).....	50
Tabla 21. Test de Friedman de diferencia de grupos del valor de seguridad de cada silla	50
Tabla 22. Comparación pareada de medios de visualización para el valor de seguridad de cada silla	50
Tabla 23. Test de Friedman de diferencia de grupos del valor de evaluación global de cada silla	51
Tabla 24. Test de Friedman de diferencia de grupos del valor de decisión de compra de cada silla	51
Tabla 25. Comparación pareada de medios de visualización para la decisión de compra de la silla A	51
Tabla 26. <i>Valor de significatividad de los pares bipolares de las sillas donde existen diferencias de grupos.....</i>	<i>58</i>

MEMORIA

1. Introducción al estudio y objetivos de este

En esta primera sección de la memoria se busca explicar de forma general los aspectos más relevantes del trabajo. El lector comprenderá el contexto y la temática de este tras su lectura, es decir, obtendrá una idea general sobre lo que se va a encontrar en el resto del documento de forma más desarrollada.

1.1. Justificación del estudio: presentación del tema, interés y posibles aplicaciones

Durante los últimos años se ha producido un incremento de ventas en el comercio electrónico. Este aumento en el e-commerce se ha vuelto protagonista con la situación pasada durante el último año debido a la pandemia del COVID-19 (Services & 2021, n.d.). Generalmente, los consumidores necesitan acceder a la mayor información posible del producto para poder tomar decisiones que consideran correctas, lo que incluye una evaluación del producto físico que sea lo más completa e intuitiva posible (O'Keefe & McEachern, 1998). Actualmente, texto e imágenes son insuficientes para mostrar toda la información necesaria que el usuario necesita. Las tecnologías de RA y RV se han desarrollado notablemente durante los últimos años tanto en hardware como en software, haciéndolas más asequibles tanto para empresas como para el propio consumidor, potenciando nuevos métodos de presentación de productos. Las mejoras en cuanto a portabilidad, aumento de nivel gráfico, disminución de costes, entre otros, ha proporcionado que cada vez se empleen en más sectores con un éxito razonable (Tesch et al., 2020). Ahora mismo no es suficiente con diseñar un producto funcional con una estética agradable, sino que es importante ofrecer una experiencia diferente a la que ofrece la competencia, por lo que los nuevos medios de representación juegan un papel importante a la hora de diferenciarse de otras empresas ya que una forma de presentación con características más avanzadas ofrece un aumento en la efectividad del valor de la experiencia durante el proceso de evaluación (Jeong et al., 2009). La clave consiste en intentar generar presentaciones de gran calidad y de formas atractivas que permitan al consumidor evaluar el producto de forma veraz (Bleier et al., 2019).

En el presente trabajo se busca analizar la influencia del medio de presentación en la percepción del usuario, evaluando diferentes objetos del mismo tipo mediante pares de adjetivos opuestos. Cabe destacar la importancia de este estudio en la actualidad, pues tiene aplicaciones notorias en un mercado donde cada vez con mayor necesidad se necesita prever la idoneidad del producto sin disponer de él físicamente, resultando en que la percepción tiene un papel fundamental en el proceso de la selección acertada de un determinado producto. Al no disponer del objeto real para ser testeado, el usuario puede basarse únicamente en la percepción subjetiva del mismo mediante los sistemas de presentación que se le ofrezcan.

Es por ello por lo que conocer de forma comparativa cuál produce una mejor sensación o seguridad en el usuario tiene especial importancia, ya que la selección del método más adecuado en cada caso (si lo hubiere) puede ser determinante en el proceso de realizar una evaluación precisa. Debido a este motivo se ha decidido escoger un caso práctico, en concreto

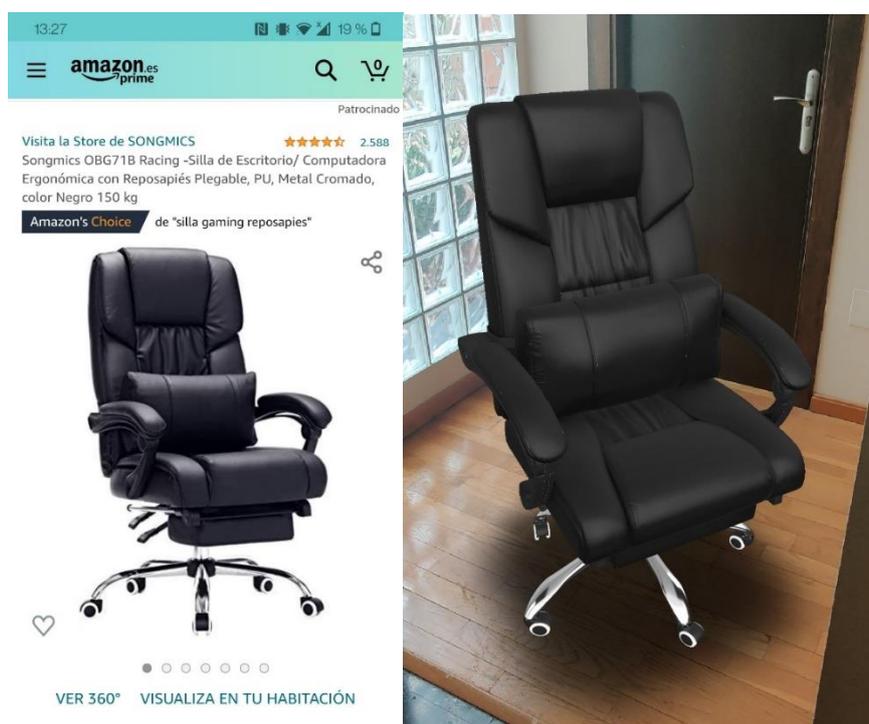
se trata de sillas de un concurso de diseño (Wilsonart Challenge) que se organiza en la Universidad de Houston. Anualmente se presentan una serie de sillas que los alumnos de la escuela de diseño tienen la oportunidad de diseñar desde cero. El trabajo se ha dividido en tres partes claramente diferenciadas:

- 1) En primer lugar, se van a reproducir las sillas del concurso de diseño mediante modelado no paramétrico. Se dispone de diferentes imágenes para la consecución de una silla lo más similar posible a la que se presentó en el concurso. Estos modelos obtenidos servirán posteriormente para, mediante procesos de texturizado y creación de entornos, generar los medios de presentación escogidos. En concreto, en este trabajo se han empleado renderizado no fotorrealista (NPR), realidad aumentada (RA) y realidad virtual (RV).
- 2) En segundo lugar, se realizará una encuesta mediante escalas semánticas a usuarios, donde deberán calificar la silla mediante pares de adjetivos opuestos seleccionados por el encuestador, los cuales tienen que encajar adecuadamente en un proceso natural a la hora de escoger una silla. Al tratarse de un experimento que requiere presencialidad y con una duración relativamente elevada, el encuestador ha de amoldarse a los horarios y situación geográfica de cada encuestado. El objetivo inicial de esta parte es lograr, al menos, 30 sujetos que proporcionen una encuesta completa.
- 3) Como el experimento está estandarizado, es decir, no varía ningún parámetro entre evaluaciones salvo el modo de presentación, el análisis estadístico posterior revelará si existen diferencias significativas entre métodos. En caso de que sí existan diferencias, se procederá a conocer entre qué medios existen. Esto se va a realizar tanto para los pares bipolares como para los valores de seguridad en la respuesta, la evaluación global del objeto y la decisión de compra. Existe una parte del análisis que se realiza normalmente de forma genérica en todos los estudios, mientras otra parte emplea herramientas estadísticas poco usuales, propias del análisis de escalas semánticas. Se van a utilizar ambas, por separado o en combinación, para obtener conclusiones sobre los resultados.

Las aplicaciones de los métodos hoy en día varían en función del producto presentado y del sector. A nivel comercial se utiliza, por ejemplo, para el caso de sillas, la RA debido a que se trata de un elemento del mobiliario del hogar ya que permite observar el objeto virtual en el entorno real. De esta forma se puede visualizar el estado final de la silla dentro del hogar personal del cliente. Se ha comprobado que Amazon ya se encuentra implementando en su marketplace dicha función, donde se permite en ciertos casos visualizar la silla a 360 grados y proyectarla en RV de forma similar a como se realiza en este estudio. En la Ilustración 1 se observa lo que se ha comentado en este párrafo.

Ilustración 1.

Silla con capacidad de ser visualizada en RA en Amazon



La RV en este sector requiere de un servicio más especializado por su complejidad de preparación, encontrándose su mayor aplicación en el sector de la arquitectura, donde a un cliente se le puede presentar el estado final de la vivienda antes de que ésta se lleve a cabo (*The Use of Virtual Reality in Architecture*, n.d.). A nivel educativo, tanto la RA como la RV se comienzan a emplear en técnicas de enseñanza especializadas, como por ejemplo el empleo de RV como simulador (Kavanagh et al., 2017). A nivel industrial, la RA puede proporcionar al operario información útil en tiempo real sobre su trabajo como se ha llegado a demostrar (Schwald & Laval, 2003), mientras que la RV se puede utilizar incluso para realizar encuentros con personas geográficamente separadas mediante aplicaciones diseñadas para ello, como por ejemplo Spatial (*Spatial | Oculus Quest - YouTube*, n.d.).

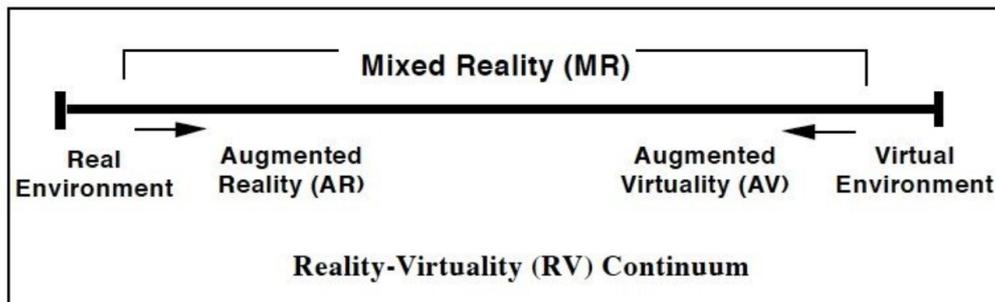
1.2. Antecedentes: descripción general de los métodos de presentación empleados

Actualmente, los medios tradicionales de presentación de productos coexisten con aquellos medios más novedosos (Galán et al., n.d.), desde simples imágenes en blanco y negro de las vistas básicas hasta complejas representaciones 3D en entornos inmersivos (RV). Para este trabajo se han planteado tres diferentes, las cuales se han seleccionado siguiendo varios criterios. En concreto, se buscaba que entre el nivel de inmersión entre los medios hubiera contraste. Por otra parte, se buscaba que fueran métodos de presentación novedosos, pero al alcance del público en general, es decir, que utilizarán tecnología vanguardista que un usuario desde su domicilio pueda utilizar. Por último, se buscaba particularmente comparar la RA y la RV, pues puede arrojar resultados interesantes conocer si uno es más efectivo que otro, por las

peculiaridades que presentan. En el primero, se busca proyectar el objeto virtual en un entorno real, aunque solo se puede ver a través del smartphone, lo que permite comparar el objeto con otros existentes alrededor. En el segundo, mediante unas gafas RV puedes sumergirte en un entorno virtual, pudiendo visualizar el objeto a través de tus propios ojos, pero no puedes verlo proyectado en la sala donde te encuentras. Cabe destacar que existen dispositivos de RA que sí permiten que visualices objetos virtuales en el mundo real utilizando tu propia visión, pero son dispositivos poco empleados a nivel doméstico debido a su alto coste actual.

Ilustración 2.

Diagrama sobre la continuidad entre realidad y virtualidad



Si se ponen en contexto las tecnologías de visualización avanzadas empleadas respecto de su relación entre los elementos reales y los virtuales (*Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Vir...* - Google Académico, n.d.), se puede interpretar que la RA se encontraría más cercana a la realidad en general que el resto de tecnologías. Esto se debe a que la RA, en concordancia con lo ocurrido en este experimento, presenta el mundo real donde se insertan elementos virtuales. En nuestro caso se inserta una silla virtual en un entorno real, normalmente una estancia de un domicilio privado, aunque no siempre sea así. Al otro lado del diagrama, en el extremo derecho, se encuentra la RV. En este caso no existe ningún elemento real en la escena, pues tanto el entorno como la silla son virtuales. Se podría pensar en un principio, tras estos comentarios, que la RV se encuentra en desventaja en comparación con la RA debido a que el usuario puede tener una mayor capacidad de evaluación cuando existen elementos reales a utilizar como referencias pero existen limitaciones en RA que impiden una comparación precisa, como el usualmente escaso tamaño de la pantalla del teléfono móvil (Nazri et al., n.d.). No obstante, el nivel de realismo y la posibilidad de observar el escenario directamente desde la visión del usuario permiten que la RV sea un digno rival de la RA. Lo que aquí se expone no afecta igualmente a todas las personas, pues existen otros factores importantes a valorar, como por ejemplo el nivel de inmersión que cada persona alcanza y la presencia, es decir la sensación de “estar ahí”, en el entorno virtual (Dey et al., n.d.). Por último, NPR no se encuentra en este diagrama, en consonancia con ser el medio de visualización más dispar, el cual representa a los sistemas clásicos de presentación de producto.

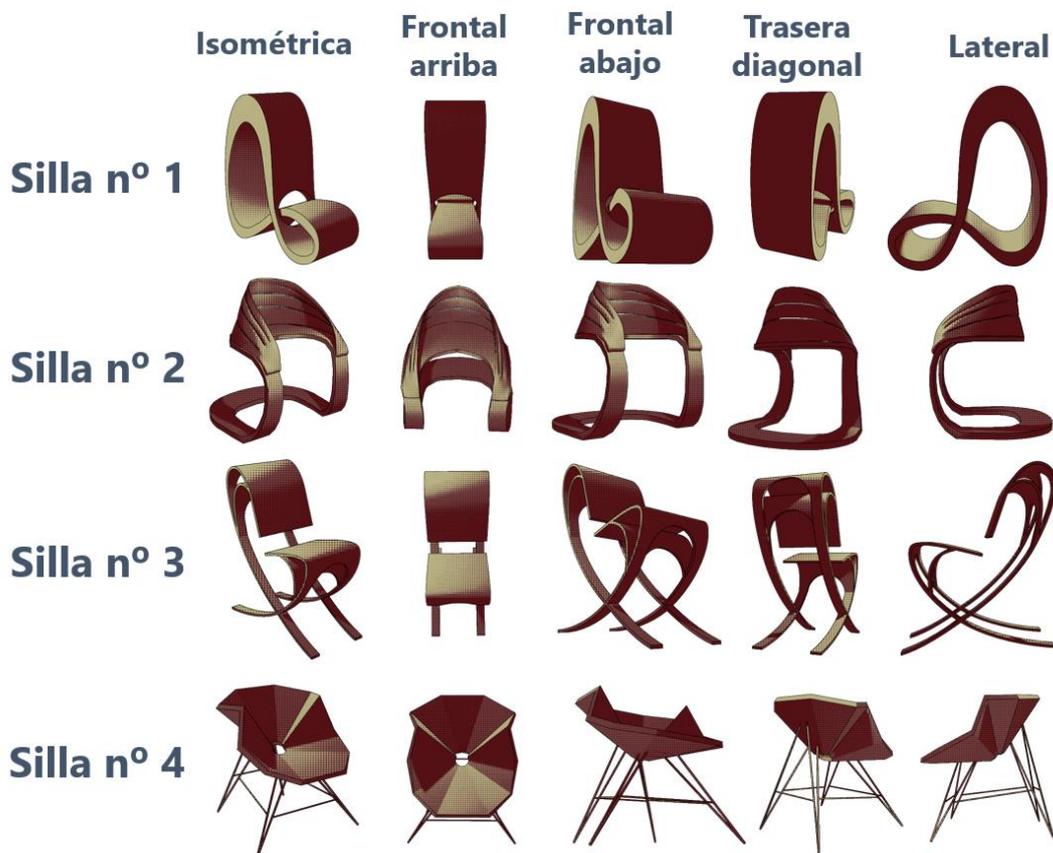
1.1.1. Non-photorealistic render (NPR)

NPR es considerado como un área de los gráficos generados por computador donde el objetivo consiste en generar imágenes con una extensa variedad de estilos gráficos de arte digital, en

contraste con el renderizado tradicional, el cual está centrado en el fotorrealismo. De esta forma, se inspira en otras modalidades artísticas tales como la pintura, el dibujo, los dibujos animados... (*Non-Photorealistic Rendering - Wikipedia*, n.d.) El renderizado no fotorrealista se ha empleado como modo de presentación que complementa y contrasta con los otros dos, en el sentido de que a través de este no se puede conocer el tamaño real de los objetos (volumen) ni el texturizado de los mismos (acabado) debido a que se trata de imágenes planas sin fondo con un efecto aplicado tipo cómic. Esto dificulta, en teoría, que el usuario pueda percibir atributos del objeto como pueden ser el peso o la comodidad del mismo. Si se emplea este método, el usuario no observa las dimensiones de la silla ni los materiales de los que está hecha, además de no percibir la profundidad de una manera tan realista, por lo que puede dar lugar a incertidumbre que provoque que, al ser esa misma persona la que tiene que realizar un juicio de cómo se supone que es, no se sienta segura y a veces haga valoraciones alejadas de la realidad. En muchas ocasiones se basan en la forma del respaldo o en la altura del asiento asumiendo que tienen dimensiones normales, lo cual resulta engañoso debido a que en ocasiones la silla no tiene las proporciones adecuadas para un público de condiciones ergonómicas normales. A la hora de mostrar al usuario este método se ha empleado una presentación PowerPoint en la que se observa la silla desde distintos puntos de vista.

Ilustración 3.

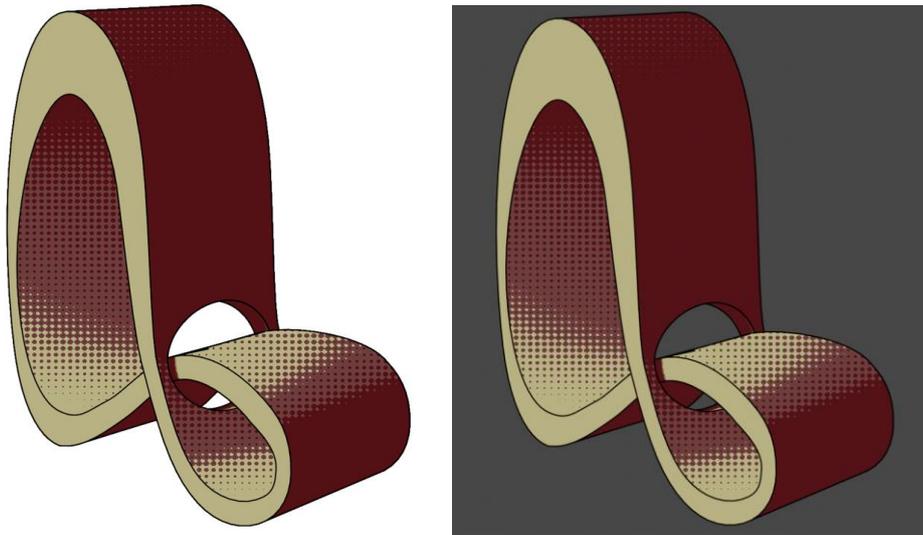
Imágenes de las sillas empleadas para el medio de NPR



Inicialmente existió la duda sobre si el fondo en el que se presentaban las sillas debía ser blanco o negro. Finalmente se escogió blanco porque algunos detalles se apreciaban mejor. También ayudó a la decisión el hecho de que normalmente este tipo de productos se presentan sobre un fondo blanco, por lo que se consideró que era más correcto lo que se acercara más a lo que suele ocurrir. En la Ilustración 4 se muestra un ejemplo de la vista en perspectiva de la primera silla con fondo blanco y con fondo negro.

Ilustración 4.

Comparación del efecto del color de fondo en el NPR



Otra duda radicó en si se debían presentar todos los puntos de vista de silla en una imagen similar a un collage o si, en cambio, debía presentarse cada imagen en una diapositiva distinta. Aquí se optó por la segunda opción por dos motivos: el primero era que el usuario al emplear los otros dos métodos solo podía contemplar un punto de vista simultáneamente, lo cual los pondría en desventaja. El segundo motivo radicaba en que, al utilizar solo un punto de vista por diapositiva, esta imagen se podría colocar de mayor tamaño y permitía apreciar mucho mejor los pequeños detalles.

1.1.2. Realidad aumentada (RA)

Respecto a la RA, se podría decir que es el método de aplicación más práctico de los tres. En este caso se ha empleado el smartphone del encuestador para llevar a cabo el experimento, donde se proyectaba la silla en el espacio disponible. Su sencillez de uso se basa en que solamente se precisa de un smartphone con cámara para proyectar el objeto en cuestión en el entorno de la sala donde esté la persona para visualizar cómo quedaría. Aquí sí que se puede observar a tamaño real el objeto con texturas, llegando a poder acercarte lo suficiente para verlo en detalle desde todos sus puntos de vista. También se suele poder escalar el objeto si fuese necesario y compararlo con otros existentes físicamente en el lugar, lo que con la RV no.

Ilustración 5.

Silla A (izquierda) y silla B (derecha) visualizadas mediante RA



Ilustración 6.

Silla C (izquierda) y silla D (derecha) visualizadas mediante RA



1.1.3. Realidad virtual (RV)

La RV, el tercer método, se trata de un modo de presentación con algunas similitudes con el anterior. En particular, la presentación del objeto es a tamaño real en ambos métodos, al igual que los dos también permiten observar texturas y el objeto con cierta apariencia de profundidad. En este caso, sin embargo, el entorno generado no es del todo realista y el objeto sí se visualiza directamente en los ojos del usuario de forma muy similar a la existencia del objeto.

Tabla 1.*Comparación de las características de los medios analizados en este estudio*

Factor / Modo de presentación	NPR	RA	RV
Dispositivos	Smartphone / Ordenador	Smartphone	Gafas RV
Dimensiones del objeto	No se puede apreciar	Aproximado, comparando la proyección con el entorno	Sí, visualización directa del objeto a tamaño real
Texturas y materiales	Acabado tipo cómic	Sí	Sí
Entorno	Sin entorno	Real, visto a través del dispositivo móvil	Menos realista, pero visto directamente desde la visión del usuario
Interactividad	No	Capacidad de mover y escalar la proyección	Capacidad de moverse alrededor del objeto

1.2. Trabajos previos en los que se ha basado este estudio

Este trabajo tiene su planteamiento en diversos estudios anteriormente realizados para artículos científicos. No existe un solo artículo de referencia, sino que se han escogido aspectos de varios de ellos que sirvan de utilidad para el contexto de éste, los cuales se han combinado para realizar este trabajo, de forma que resulte en un nuevo y genuino estudio que aporte valor rellenando huecos que los otros no han cubierto. A continuación, de manera resumida, se presenta una descripción básica de los artículos de referencia y la información básica que ha servido para realizar este Trabajo Fin de Máster. Para cada artículo se hablará de sus autores y revista de publicación, de la temática general del mismo, de la utilidad que tiene para el planteamiento de este trabajo y por último de las conclusiones obtenidas. En algunos casos se señalarán las similitudes y diferencias con el trabajo que aquí se desarrolla. A modo de resumen, se presenta en la Tabla 2 el listado de artículos presentados, en orden de aparición, con el objetivo de que el usuario conozca la temática de cada uno según la descripción incluida en la tabla.

Tabla 2.*Descripción inicial de los artículos de referencia utilizados en este estudio*

Artículo	Autores	Revista	Año
Physiological measures of presence in stressful virtual environments	Michael Meehan, Brent Insko, Mary Whitton, Frederick P. Brooks	ACM Journals	2002
Virtual reality in product evaluations with potential costumers: An exploratory study comparing virtual reality with conventional product representations	Mikael Söderman	Journal of Engineering Design	2005
Comparison of semantic intent and realization in product design: a study on high-end furniture impressions	Javad Khalaj, Owain Pedgley	International Journal of Design	2014
A study into the influence of visual prototyping methods and immersive technologies on the perception of abstract product properties	Tegan Forbes, Hannah Barnes, Peter Kinnell, Mey Goh	The Design Society	2018
Does a presentation media influence the evaluation of consumer products? A comparative study to evaluate virtual reality, virtual reality with passive haptics and a real setting	Julia Galán, Carlos García-García, Francisco Felip, Manuel Contero	International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence	2021

1.2.1. Physiological measures of presence in stressful virtual environments

Toda la información que se muestra en esta sección se ha obtenido o se encuentra basada directamente en el artículo que le da nombre (Meehan et al., 2002). El texto recogido en este documento trata de analizar diferentes indicadores con los que medir la presencia que un individuo tiene al emplear sistemas de RV. La presencia debe ser un término reproducible, válido, sensible a la medición y objetivo. En concreto, se busca medir si la presencia varía con distintos factores, por lo que se mide la variación en el pulso, la conductividad de la piel y el cambio de temperatura. Como primera conclusión que se extrae que el mejor indicador de la presencia es la variación en el pulso. El experimento que se lleva a cabo se divide en tres partes diferenciadas:

- Efecto a múltiples exposiciones sobre la presencia: diez sujetos se ven expuestos al mismo entorno virtual durante doce veces, con el objetivo de averiguar si el nivel de presencia disminuye con el número de exposiciones. Se concluyó que todas las medidas de presencia disminuyen drásticamente pero que en ningún caso llegan a cero.
- Efecto de elementos hápticos sobre la presencia: se buscaba conocer si al incluir elementos hápticos el nivel de presencia variaría. Como resultado se obtuvo que, al incluir una tabla de 3.8 cm sobre el suelo, sobre la que los sujetos debían estar, aumentaba considerablemente el nivel de presencia.

- Efecto de la tasa de frames sobre la presencia: como hipótesis de partida se tenía que al incrementar la tasa de frames también lo haría el nivel de presencia. Realizando pruebas para 10, 15, 20, 30 frames, efectivamente esta hipótesis se confirmó, excepto para el caso de 10 frames que arrojó resultados anómalos.

La influencia sobre el artículo que se realiza ahora es principalmente la información sobre cómo el nivel de presencia puede variar entre sujetos y situaciones, siendo éste vital en la información que recibe el sujeto, pudiendo llegar a afectar a los resultados. También sirve para plantear diferentes maneras de medir la presencia. En el caso del estudio que nos acontece, la solución más adecuada para medir la presencia fue un cuestionario, ya que al tener que trasladarse el encuestador al domicilio particular de cada sujeto, resultaba imposible de trasladar todo el equipo para realizar mediciones físicas.

1.2.2. Virtual reality in product evaluations with potential costumers: An exploratory study comparing virtual reality with conventional product representations

Toda la información que se muestra en esta sección se ha obtenido o se encuentra basada directamente en el artículo que le da nombre (Söderman, 2005). En este artículo se pretende analizar si existen diferencias perceptuales en la valoración de un coche por parte de un usuario final mediante tres sistemas de representación diferentes (bocetos en blanco y negro, RV y objeto real). En cuanto al procedimiento, el usuario individualmente escribe requerimientos y observaciones acerca de un coche en general y se exponen en grupos reducidos dichos comentarios. Posteriormente, cada grupo es sometido a un solo tipo de representación. Para el análisis de la información, se analiza en escalas de cinco puntos con posibilidad de no opinión cómo de complejo es analizar ciertos aspectos de ese coche con ese sistema de representación. También se recogen comentarios que se consideran interesantes para después ser analizados, por tanto, la fuente principal de información es cualitativa.

El primer resultado obtenido es que el grado de certeza que los usuarios muestran es superior en el objeto real, después en RV y por último con los bocetos. A este resultado se le asocia el grado de realismo del producto, estableciendo que existe una relación directa con la certeza en la evaluación. También se dice que probablemente no se debe solamente al grado de realismo sino que la familiaridad con el producto está implicada. Esto parece coherente con en el estudio que aquí acontece, pues como se verá más adelante, el grado de certeza (seguridad) de la RV es superior al de la RA, mientras que el nivel de realismo entre ambas es similar, aunque no igual. Implica por tanto que debe existir al menos otro factor implicado. En caso de que se considerase la familiaridad con el producto como aquí se indica, explicaría por qué probablemente la silla C, que aparentemente resulta la más familiar, es la que obtiene una calificación más sólida.

El segundo resultado interesante indica que los bocetos, el medio de representación análogo al NPR para este estudio, produce unos resultados que provocan que el coche se perciba como más pequeño, lo que probablemente esto se asocie con la ligereza. Esto podría refutar que no observar el material y el tamaño del objeto real afecta a su percepción sobre el peso del producto. El último resultado simplemente señala que la familiaridad con el medio de representación también puede afectar a los resultados, pues nuevas maneras de visualizar productos implican que se deben aprender las características particulares de ese sistema de visualización, especialmente cuando se tiene poco conocimiento sobre el producto a evaluar.

1.2.3. Comparison of semantic intent and realization in product design: a study on high-end furniture impressions

Toda la información que se muestra en esta sección se ha obtenido o se encuentra basada directamente en el artículo que le da nombre (Khalaj et al., n.d.). En este artículo se intenta averiguar si existen diferencias en el proceso de comunicación entre la percepción que los diseñadores del producto buscan transmitir y la percepción final que los usuarios se generan. En este experimento se presentan a una serie de sujetos diferentes diseños de sillas extravagantes, en concreto ocho sillas diseñadas por cuatro autores (dos sillas por autor). El medio de visualización del que los sujetos disponen consiste en una imagen de tamaño A3 donde aparece información visual del producto, generalmente la silla a color con texturas vista desde distintos puntos de vista. Tanto usuarios como diseñadores deben evaluar mediante pares de adjetivos bipolares en una escala de -2 a 2, incluyendo el 0, cómo perciben 29 aspectos.

La conclusión principal reside en que en la mayoría de casos la intención de diseño del diseñador es la misma que la del usuario, pero existen unos pocos casos en los que no. Otra conclusión señala que las impresiones dispares de ambos grupos se encuentran en un 75 % de los casos en un rango ± 1 (de una escala de 5 puntos), siendo el otro 25 % casos donde la disparidad es mayor.

La información más relevante que se ha obtenido de este artículo es la información general sobre teoría de diseño que se plantea al principio del texto, donde se explican diferentes formas de concebir la percepción el objeto, asunto clave en el desarrollo de este estudio. También ha sido especialmente útil el poder visualizar el planteamiento de resultados de un análisis estadístico similar al que se va a emplear. Por último, la discusión de esos resultados puede llegar a esclarecer la forma de proceder en este estudio.

1.2.4. A study into the influence of visual prototyping methods and immersive technologies on the perception of abstract product properties

Toda la información que se muestra en esta sección se ha obtenido o se encuentra basada directamente en el artículo que le da nombre (Forbes et al., 2018). Este estudio tiene por objetivo analizar las diferencias perceptuales existentes entre seis medios de representación diferentes, desde el método más sencillo compuesto de imágenes 2D del modelo CAD hasta el producto real con interacción física. Para evaluar los objetos se realiza un test a usuarios, los cuales se encuentran divididos en dos grupos: profesionales del diseño y usuarios no especialistas en diseño. La conclusión principal reside en que a pesar de que con medios virtuales no se puede juzgar con precisión absoluta las características de un objeto, con RV sí que se puede extraer información útil con la que descartar los peores modelos, además de poder percibir detalles y tener mayor nivel de confianza que con otros medios diferentes al real.

Este artículo puede considerarse como el precursor natural del estudio que se realiza en este documento ya que el objetivo, los medios de representación y el producto presentado son muy similares. No obstante, existen diferencias notables que otorgan personalidad y características propias que hacen denotar que aportan información de valor distinta. Para comenzar, si se comparan los productos presentados en ambos estudios, los del artículo de referencia son sillones muy homogéneos entre sí, mientras que en este documento las sillas son notablemente dispares en cuanto a características físicas. Respecto a los medios de representación, el artículo de referencia focaliza la comparación de la percepción con la realidad, ya que se dispone del

producto real. En contraposición, en el artículo que nos acontece no se dispone del producto físicamente, ya que no se busca analizar las diferencias con la realidad sino las diferencias entre los medios estudiados. Por último, en el artículo de referencia se analizan tres aspectos y seis medios mientras que en el estudio realizado se analizan ocho pares de adjetivos bipolares en solamente tres medios de representación diferentes.

1.2.5. Does a presentation media influence the evaluation of consumer products? A comparative study to evaluate virtual reality, virtual reality with passive haptics and a real setting

Toda la información que se muestra en esta sección se ha obtenido o se encuentra basada directamente en el artículo que le da nombre (Galán et al., 2021). Este artículo tiene el propósito de realizar un análisis comparativo de tres medios de visualización de productos. En este caso se trata de la RV, la RV con elementos hápticos y el producto real. A diferencia del segundo artículo que se ha resumido, se compara únicamente un solo producto, una silla convencional, la cual se presenta en una sala real. Esta sala se ha reproducido al detalle de forma virtual para que el entorno no afecte a la percepción del usuario. En este caso se emplean solamente estudiantes, en concreto de ingeniería industrial y de diseño. Para la evaluación del objeto se han empleado pares de adjetivos bipolares, los cuales se han filtrado de una extensa lista, siempre eligiendo de forma proporcionada varios con el objetivo de que ocupasen todas las categorías de la escala de Jordan (Jordan, 2000). El experimento se divide en tres partes: una fase inicial donde se explica la forma de proceder a la hora de realizar la prueba, una segunda parte en la que se observa la silla mediante los tres métodos y una última parte en la que se valora la silla con cada método.

Las hipótesis planteadas y el resultado sobre esas hipótesis son:

- 1) H1: El medio empleado en la presentación de la silla afecta a cómo los usuarios valoran la percepción de esta.

Los principales resultados obtenidos señalan que en la mayoría de casos la RV con medios hápticos resulta ser en la que la silla recibe mejores calificaciones, en comparación con uno de los otros dos medios. Por tanto, se confirma la hipótesis H1.

- 2) H2: La interacción háptica con el producto (real o virtual con medios hápticos), a diferencia de la visualización exclusiva (RV), influye en la valoración perceptual que los usuarios realizan sobre la silla.

En algunos casos se observa que la valoración que la silla recibe utilizando la RV con medios hápticos es significativamente diferente al uso de la RV en exclusiva, por lo que la hipótesis H2 también se confirma.

Este artículo es de vital importancia en cuanto a que sienta las bases para varios aspectos del que aquí atañe. En primer lugar, se han utilizado también escalas semánticas iguales a las de este artículo, junto con el apartado que define cuánto gusta el producto (evaluación global). Además, se ha añadido otro apartado sobre la decisión de compra que el artículo de referencia no posee. En segundo lugar, lo más importante ha sido aprovechar la selección de pares de adjetivos bipolares que se ha realizado, ya que se puede considerar que el exhaustivo proceso llevado a cabo resultó en unos adjetivos muy adecuados para una silla. Al tener en nuestro estudio también sillas, aunque más estrafalarias que la presentada en este artículo, es razonable

pensar que los adjetivos también encajan a la perfección. Como en el experimento presentado en este artículo se han de evaluar cuatro sillas, no se han podido utilizar todos los pares de adjetivos bipolares con el objetivo de que la duración no fuera excesiva. Para que la distribución de estos permitan una evaluación que incluya todos los aspectos, se han seleccionado dos de cada categoría del placer de Jordan, en total ocho adjetivos.

Respecto a los medios presentados, a diferencia del segundo artículo, no se busca una comparación utilizando el medio real como centro de atención, sino que se trata a los tres medios por igual, llegando así a una comparación más parecida a la que se pretende realizar en este texto. Los medios presentados tienen un nivel de realismo bastante alto y son bastante parecidos en cuanto a características generales. Sin embargo, en el caso del artículo realizado en este trabajo se emplean tres medios muy distintos entre sí, teniendo cada uno características propias, tal y como se hace referencia en la Tabla 1.

1.3. Objetivos e hipótesis de la investigación

El objetivo principal de este trabajo se puede definir como conocer las diferencias en la percepción que el usuario experimenta al variar el modo de presentación (NPR, RA, RV) cuando se evalúa un objeto. Para ello, se han escogido diferentes pares de adjetivos bipolares a valorar, ya que puede que existan algunos aspectos que sean más susceptibles de ser percibidos de forma diferente que otros. Por ejemplo, el tamaño del objeto y los materiales que lo componen son parámetros vitales para conocer cómo de pesado/ligero es un objeto, por lo que cabría pensar que ese aspecto en concreto puede ser percibido de forma diferente entre NPR y RA/RV.

Al haberse medido también cuánto gusta el objeto de manera general y la decisión de compra, también puede conocerse si el medio de representación puede afectar a estos parámetros. Por último, la seguridad también es un parámetro clave a la hora de conocer la confianza que los usuarios tienen en su percepción del producto, y por tanto en la solidez de su decisión de compra. Por tanto, puede resultar llamativo conocer si el medio de representación afecta a la seguridad. Se presentan tres hipótesis principales que se busca comprobar, definidas como siguen:

- H1: Existen diferencias perceptuales en la evaluación de un producto al emplear sistemas de representación diferentes (NPR, RA y RV).
- H2: El sistema de representación empleado (NPR, RA y RV) influye en la decisión de compra de un determinado producto.
- H3: El sistema de representación empleado (NPR, RA y RV) influye en el nivel de seguridad de un determinado producto.

2. Materiales y métodos para la realización del estudio

En este segundo apartado se va a explicar detalladamente el proceso de trabajo realizado para llevar a cabo el estudio. Esto implica que el proceso de obtención del contenido 3D necesario para la preparación de los modos de visualización de cada silla particular se va a comentar: modelado de sólidos no paramétrico, texturizado y generación de entornos. También implica que la realización del experimento, sobre todo las condiciones del mismo se van a exponer para que el lector conozca el procedimiento y limitaciones, ya que el experimento se desarrolló en unas circunstancias muy concretas. Por último, brevemente se van a señalar los pasos más importantes que se han seguido en el análisis estadístico. Este apartado también explica el procedimiento llevado a cabo por el encuestado en el trabajo de campo, es decir, en el proceso de recopilación de datos durante la realización del experimento. Por tanto, se explican los recursos de los cuales disponía el encuestador, así como de los pasos empleados.

2.1. Guía de realización del experimento

El experimento se llevó a cabo buscando la máxima rigurosidad en la obtención de datos y el máximo compromiso del encuestado, ya que se trata de un experimento relativamente largo en el que se han de anotar muchos datos. Como consecuencia directa, la seriedad y concentración del encuestado debía ser la máxima posible, ya que un error podría arrojar resultados indeseados. La manera de alcanzar este objetivo fue diseñando en primer lugar una presentación PowerPoint a modo de guía de realización del experimento, en el que se mostraban tres diapositivas clave: uno de los pasos a seguir, otra que explicaba la toma de datos y otra en la que se mencionaban puntos importantes a considerar. Era importante que el encuestado se ubicara dentro del experimento para proporcionarle mayor confianza. La diapositiva con los pasos a seguir comenta de forma general que en primer lugar se deben tomar datos personales básicos (sexo, edad...), que posteriormente se realizan las evaluaciones de las sillas (cuatro sillas y tres modos de representación) y que finalmente se buscaría medir su sensación de inmersión en RV (presencia). En la Ilustración 7 se muestra el mismo esquema de la primera diapositiva clave:

Ilustración 7.

Diapositiva de la guía sobre los pasos a seguir en la realización de la encuesta



La segunda diapositiva clave explica cómo funcionan las escalas de valoración y los distintos parámetros que se busca medir en cada una de las evaluaciones, en particular los pares de adjetivos opuestos (escala -3 a 3 incluyendo el 0), cómo de seguro está el encuestado de que lo que ha respondido se corresponde con la realidad (escala 1 a 5), cuánto le gusta la silla en general (escala 1 a 5) y si la compraría (sí o no, respuesta dicotómica). En la Ilustración 8 se muestra una imagen con la segunda diapositiva clave que observaron los sujetos del experimento.

Ilustración 8.

Diapositiva de la guía sobre cómo evaluar las sillas

Para la valoración de los productos se usa una escala Likert de 7 puntos que va desde -3 a 3. El 0 equivale a una posición neutral, el -3 se asocia a total preferencia por el adjetivo 1 y el 3 a la total preferencia por el adjetivo 2. La valoración del usuario puede situarse en cualquiera de los 7 puntos según estime oportuno.

Adjetivo 1	◀	3	----	2	----	1	----	0	----	1	----	2	----	3	▶	Adjetivo 2
-------------------	----------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	----------	-------------------

Indica el nivel de seguridad en tu respuesta:

Inseguridad	◀	1	-----	2	-----	3	-----	4	-----	5	▶	Seguridad
--------------------	----------	---	-------	---	-------	---	-------	---	-------	---	----------	------------------

Entre 1 y 5 indica cuánto te gusta globalmente el producto:

No me gusta nada	◀	1	-----	2	-----	3	-----	4	-----	5	▶	Me gusta mucho
-------------------------	----------	---	-------	---	-------	---	-------	---	-------	---	----------	-----------------------

¿Te comprarías el producto?:

SÍ	NO
-----------	-----------

La tercera diapositiva clave habla principalmente del modo de comportarse que debe tener el usuario. Se recalca que la información es confidencial y con fines estadísticos, mensaje propio y necesario de todo experimento en el que se recogen datos de personas. El segundo punto remarca que se le preguntará al usuario sobre ocho pares de adjetivos opuestos mientras observa el objeto, es decir, que el usuario en ningún momento tiene que leer ni escribir nada. El tercer punto simplemente señala que otros sujetos pueden pasar por un orden distinto de medios al suyo. Esto se realiza porque el encuestado sufre un proceso de aumento de cansancio conforme avanza el experimento, por lo que, si siempre se siguiera la misma secuencia, el último método se vería en desventaja frente a los otros dos. Por último, el cuarto punto hace hincapié en algo vital para que el experimento tenga el sentido que se le busca dar: no hay respuestas correctas ni incorrectas, lo que el usuario ve es su percepción y es lo que se busca medir. En la Ilustración 9 aparece la misma diapositiva que los usuarios vieron, donde aparece con otras palabras lo que en este párrafo se ha explicado con trasfondo.

Ilustración 9.

Diapositiva de la guía sobre algunos puntos importantes a considerar



2.2. Diseño del experimento y procedimiento de recogida de datos durante el experimento

Previamente a hablar de la parte de recogida de datos del experimento, cabe señalar el documento empleado para ello, el cual se adaptó de una plantilla inicial que el tutor le proporcionó al autor de este trabajo. Para la toma de datos se diseñó una hoja de Excel con cinco páginas. En la primera de ellas se recogía la información básica del sujeto, su experiencia previa con RA y RV, así como la secuencia que le tocaba seguir a esa persona. Esta secuencia sigue un orden cambiante que contempla todas las combinaciones posibles, con un total de seis combinaciones que completan el abanico de opciones. Dentro de un mismo bloque, el orden de las distintas combinaciones sigue un orden predefinido, pero no seleccionado de ninguna forma concreta, pues lo importante es que se complete el bloque de combinaciones, donde se incluyen todas ellas sin repetición, antes de volver a reiniciarlo para el siguiente grupo de personas una vez que se ha completado. La experiencia previa se mide en cuatro niveles (0 = Nada, 1 = Poco, 2 = Bastante, 3 = Mucha). Para las cuatro restantes se separa en una por silla, conteniendo cada una toda la información acerca de la evaluación con los tres sistemas de representación de su silla correspondiente. La evaluación de la experiencia en RV, las cuales son seis preguntas que miden el término de presencia, se encuentran en la página de la evaluación de la primera silla.

Para la selección de pares de adjetivos bipolares se ha optado por escoger solamente dos de cada categoría de las definidas por Jordan (Jordan, 2000), las cuales se dividen en placer fisiológico, placer psicológico, de ideológico y social. En concreto, la Tabla 3 muestra cómo se encuentra dividida cada categoría según sus adjetivos elegidos. A la hora de seleccionarlos se ha hecho especial énfasis en que sean adjetivos que encajen adecuadamente con atributos comúnmente evaluados al escoger una silla en un proceso de compra.

Tabla 3.

Adjetivos empleados para evaluar las sillas categorizados según Jordan

Categoría	Par de adjetivos bipolares
Placer fisiológico	Ligero – Pesado
	Cómodo – Incómodo
Placer psicológico	Práctico – Poco práctico
	Simple – Complejo
De ideología	Moderno – Clásico
	Bonito – Antiestético
Social	Divertido - Serio
	Artesanal – Industrial

Una vez definido el documento del experimento, es el momento de comentar el proceso de toma de datos. El primer paso consiste en preparar el sistema de representación que el usuario vaya a emplear en primer lugar.

- Si se trata de NPR, se pone a pantalla completa la presentación PowerPoint con las imágenes para que el usuario pueda verlas una a una. El usuario puede moverse libremente por cada una de ellas siempre que las haya observado todas, sugiriendo el encuestador que el sujeto se coloque en la imagen de perspectiva para hacer las preguntas. Para este sistema de representación se utiliza el ordenador o, en caso de defecto de éste, el móvil del encuestador.
- Si se trata de RA, se proyecta la silla con el móvil del encuestador y se explican las normas que se deben seguir, tales como no escalar la silla debido a que eso podría alterar su percepción de esta. En este método, en la mayoría de las ocasiones, el usuario puede comparar la silla con otros muebles del entorno para realizar una comparativa. Antes de comenzar las preguntas se deja que el sujeto observe la silla detenidamente, moviéndola o moviéndose según necesite para contemplar todos los detalles.
- Si es RV, el encuestador define la zona segura e intenta que la silla se coloque en el centro de dicha zona, con el propósito de que los límites no sean visibles con el dispositivo colocado, ya que pueden llegar a alterar la percepción del sujeto de pruebas. Esto en ocasiones causa dificultades, ya que se puede estar en un domicilio donde no haya espacio suficiente o donde la luminosidad sea tan elevada que no permita la definición espacial de la zona de seguridad. En este caso el encuestador observa la silla a su alrededor antes de que comiencen las preguntas solo desplazándose ligeramente del sitio.

Las preguntas no comienzan hasta que el usuario haya observado bien el objeto. Cuando el encuestador se percata de que este proceso se realiza de forma vaga y rápida, se realiza una sugerencia de algún aspecto peculiar de la silla para que el sujeto continúe indagando en sus características. Esto suele provocar que el sujeto termine viendo detalles en los que en una primera instancia no se había fijado. Para cada evaluación, las preguntas siguen el mismo orden: primero los pares de adjetivos en el mismo orden, después la pregunta de seguridad, luego la pregunta sobre cuánto le gusta en general y por último si comprarían el producto. Para cada método, la secuencia de sillas es la misma, ya que así se adquiere cierto orden y se evitan errores.

2.3. Participantes del experimento

Los participantes del experimento han debido ser personas que estuvieran dispuestas a completar totalmente el experimento, cuya duración se aproxima a los 45 minutos y requiere presencialidad en casi todo momento. Es por ello que elegir al azar sujetos no parecía una opción válida, así que se optó por plantear el experimento a una gran cantidad de usuarios con los que el encuestador tuviera relación, pues se precisaba de ella para que el sujeto mantuviera la seriedad a lo largo de un experimento tan prolongado. También se pensó que el compromiso provocaría un porcentaje de participación relativamente elevado. De unas aproximadamente 50 personas, se logró un total de 32 participantes, lo cual equivale a un 64 % de participación.

Del total de sujetos, existe un 75 % de hombres y un 25 % de mujeres. La edad media de los participantes es de 24.87 años, teniendo todos excepto uno una edad comprendida entre los 20 y 30 años. Si nos fijamos en el intervalo entre los 20 y 25 años, son el 78.12 % de los participantes los que se encuentran en ese rango. La desviación típica es de 2.95 años, algo poco representativo pero que a priori no debe afectar demasiado al resultado final.

Ahora es el momento de analizar la experiencia previa con sistemas de representación RA y RV. Casualmente, con los participantes seleccionados, el promedio en los dos sistemas es el mismo, resultando en un .68 (recordemos que 0 = Nada y 1 = Poco). Por tanto, se puede decir que en su mayoría la experiencia previa es bastante escasa en general. Sí cabe destacar que existe un usuario que posee una gran experiencia con RA y otro con RV.

La totalidad de los participantes es de habla hispana, todos residentes en la Región de Murcia o la Comunidad Valenciana. La gran mayoría de ellos posee titulación académica avanzada, con al menos un título de grado universitario. Entre pocos de ellos existe una relación personal previa, por lo que se puede garantizar que las evaluaciones se encuentran poco correlacionadas en ese sentido.

2.4. Equipo y software empleado

A lo largo de la realización de este estudio se ha precisado de diversas herramientas y software, teniendo utilidad en una o más fases del trabajo. A continuación, en la Tabla 4, se muestran los equipos y software, con su función asociada.

Tabla 4.

Dispositivos tecnológicos empleados para el estudio

Dispositivo	Descripción	Software asociado
OnePlus 7T	Dispositivo móvil, cuya pantalla tiene una resolución de 1080x2400 píxeles y un tamaño de 6.55''	Power Point Clon Digital
Dell XPS	Ordenador portátil con una pantalla de 15.6'' Ultra HD	Word Blender v2.91 Excel SPSS
Oculus Quest 2	Dispositivo de uso doméstico para RV, cuya pantalla tiene una resolución de 1920x1832 por ojo, con una frecuencia capada a 72 Hz	Unity

En la Tabla 5, relacionada directamente con la anterior, nos encontramos una breve explicación de la función que cumple el software empleado en el trabajo.

Tabla 5.

Desempeño del software en el contexto del trabajo

Software	Desempeño en el trabajo
Word	Se ha empleado principalmente para la redacción de la memoria, así como para la cumplimentación de documentos para el trámite formal del trabajo.
Excel	Se ha empleado un documento Excel para la toma de datos, que posteriormente se ha utilizado para traspasar los datos a SPSS.
Power Point	La presentación de las sillas para el método NPR ha sido la principal función de este programa. La presentación final para la defensa del trabajo también se ha realizado con este software.
Blender	Este programa de diseño no paramétrico ha sido el empleado para el modelado y texturizado de las sillas. Asimismo, se ha empleado también para la generación de las imágenes NPR con las que se ha generado el documento de presentación de estas.
Clon Digital	Esta empresa ofrece un servicio online mediante el cual proporcionas el archivo del modelo final completo y se te proporciona la capacidad de proyectarlo con un sistema de RA.
Unity	Con este motor gráfico se ha generado un entorno virtual en forma de archivo de Unity que después se ha introducido a las gafas de RV.
SPSS	Programa de cálculos estadísticos empleado en la parte de análisis de la información recopilada en el trabajo de campo. Se emplea para calcular varios parámetros estadísticos básicos y realizar diversas pruebas de diferencia de grupos.
Otros	La aplicación Oculus ha servido para introducir los archivos para el sistema de presentación de RV en las gafas. Por otra parte, ambientCG proporciona texturas que se han empleado en las sillas, para RA y RV.

Nota. La herramienta Clon Digital precisa de un smartphone cuyo sistema operativo tenga una versión igual o superior de Android 7 o iOS 9.0.

3. Preparación de los sistemas de representación

En esta sección se va a explicar de forma pormenorizada los pasos que se han llevado a cabo para generar los sistemas de representación, ya que ninguno de los tres métodos de visualización existía previamente como información de partida.

La primera etapa fue, como es lógico, lograr el modelado aproximado de las sillas según las imágenes de referencia. Esto no fue necesario en todos los casos, ya que se parte inicialmente del modelado de las sillas A y C de otro alumno que se planteó realizar este estudio, pero lo abandonó por motivos desconocidos.

Posteriormente, se procedió al texturizado de las sillas, respetando en cada caso parámetros como la rugosidad, la especularidad, el tono, etc. En general, no fue necesario recurrir a texturas de fuentes externas, ya que se trataba de materiales básicos. No obstante, hubo excepciones que se señalarán más adelante. Una vez que ya se disponía de las sillas, simplemente hubo que subirlas a la página Clon Digital para disponer de un enlace a las mismas para poder proyectarlas, mientras que en RV se colocaron en un entorno sencillo. En el caso de NPR, se tuvo que crear un material procedural que simulara ese efecto tipo cómic.

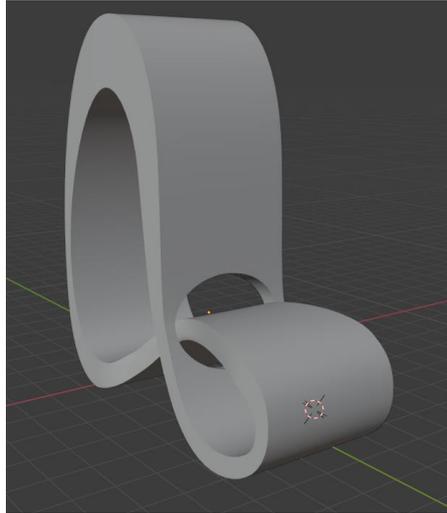
El proceso de texturizado tiene un gran rango de complejidad, pues se han aplicado desde colores sencillos, sin apenas efectos, hasta complejas texturas externas que se han debido de colocar de tal forma que se adaptasen al objeto mediante mapas UV. En el desarrollo de este apartado, primeramente, se va a explicar los parámetros de los materiales aplicados a cada silla, después el desarrollo para su aplicación en caso de existir y por último se expondrá una comparación entre el modelo de referencia (imágenes del objeto real) y el logrado finalmente. Tras mostrar todas las sillas habrá una tabla resumen, la Tabla 6, con todos los materiales aplicados a cada silla.

3.1. Modelado y texturizado de la silla A

El modelo de esta silla es el único que no recibe modificaciones ni se diseña desde cero, ya que forma parte del material de partida del que disponía el autor del trabajo. Esta silla guarda un parecido impresionante con el modelo real, por lo que se razonó que realizar una intervención para buscar una mejora poco clara solo llevaría a una inversión de tiempo que no tendría sentido. Con tan solo 1,936 polígonos, añadiendo el sombreado Phong para proporcionar transiciones suaves entre polígonos, se logra un resultado óptimo, pues se aprecian curvas con bastante continuas. En la Ilustración 10 se puede apreciar una imagen del cuerpo sólido dentro de Blender.

Ilustración 10.

Resultado del modelado de la silla A



La silla A presenta tres materiales diferentes, dos de ellos básicos y uno complejo. Respecto a los básicos, un color de tono rojo muy saturado, con un brillo no demasiado concentrado, ocupa toda la zona del asiento y la parte interior del hueco grande de la silla. Por otro lado, un color rugoso poco brillante de tono negráceo se sitúa en la zona lateral de la silla.

La madera se encuentra en la zona del respaldo y trasera de la silla, así como en el interior del hueco pequeño que conforma el asiento. Para añadirle un material que la simulara, inicialmente se pensó en un material procedural. Tras ser añadido de forma satisfactoria, tal y como se muestra en la Ilustración 11, se comprobó que desafortunadamente la herramienta web Clon Digital no lo aceptaba. Por tanto, al no tener sentido que la RA y la RV tuvieran un material diferente, se optó por sustituir éste por un material externo que sirviese para ambos medios, también mostrado en la misma imagen. En la Ilustración 12 se observa el material creado mediante el 'Shader Editor' de Blender.

Ilustración 11.

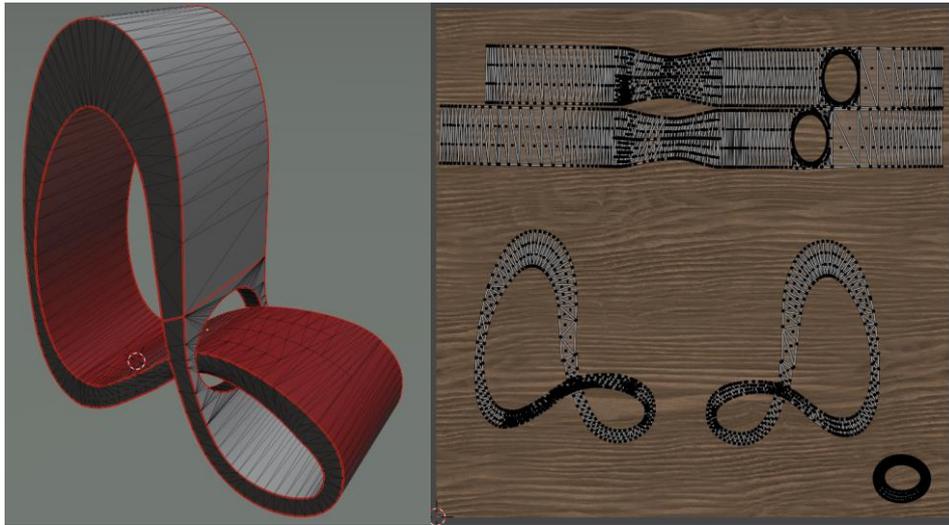
Silla A con material procedural (izquierda) y con material externo (derecha)



Por último, cabe destacar que para incluir el material de madera se han tenido que marcar diferentes costuras en la silla A para que al proyectar sobre el mapa UV dieran un resultado manejable, en el sentido de que se pudiera colocar en la posición y el tamaño buscado. En la Ilustración 13 se observa el marcado de las texturas y su correspondiente proyección.

Ilustración 13.

Costuras marcadas (izquierda) y posterior despliegue (derecha) para la silla A



Para finalizar este apartado, y esta sección de obtención de la silla de forma digital, solamente queda comparar el resultado final con la imagen principal que se utilizó de referencia. En la Ilustración 14 se puede comparar ambas, llegando a la conclusión de que el resultado está muy logrado. La imagen de referencia de la silla A formaba parte de la información de partida proporcionada por el tutor.

Ilustración 14.

Imagen de referencia (izquierda) y resultado final obtenido (derecha) para la silla A

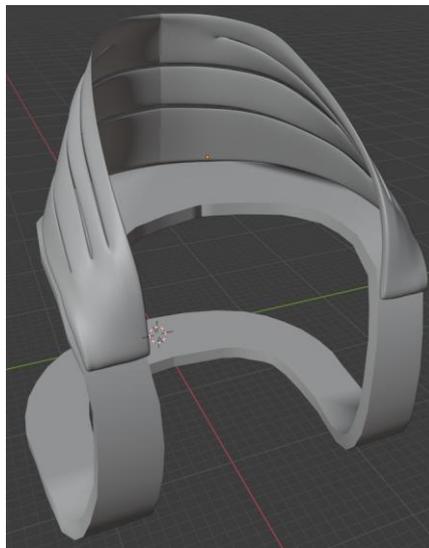


3.2. Modelado y texturizado de la silla B

El modelado de esta silla se ha realizado a partir de una imagen hallada en la web. A nivel de similitud, se trata del modelo menos logrado, no por ello menos válido, ya que el concepto general en cuanto a topología y textura se ha conseguido satisfactoriamente. Además, estas sillas del concurso de diseño Wilsonart son objetos en los que basarse, no tienen por qué ser iguales ya que los sujetos del experimento nunca llegarán ni a ver ni a evaluar las sillas reales. Este modelado en concreto se ha realizado en dos partes. Por un lado, se ha modelado la zona de las patas y el asiento como un único cuerpo sólido mediante extrusiones y el modificador “mirror” para asegurar la simetría de ambas partes. Respecto al respaldo, se ha comenzado con una extrusión de un solo cuerpo y posteriormente se ha dividido en varias caras, las cuales se han empleado para realizarlo mediante extrusiones paralelas el resto de la silla. El número de triángulos que se ha precisado para modelar esta silla asciende a 54,596 con el sombreado de Phong añadido. Sin embargo, se puede observar que el resultado es objetivamente peor que el del resto de sillas, debido a que es más importante que la estructura de la silla se plantee para que produzca un buen resultado tras añadir el sombreado que emplear muchos polígonos con una estructura mal planteada.

Ilustración 15.

Resultado del modelado de la silla B



Para poder añadir los materiales a esta silla de manera satisfactoria se ha tenido que emplear concienzudamente todo el conocimiento sobre costuras existente. Cabe mencionar la gran ayuda que Almudena Palacios Ibáñez ha proporcionado para este texturizado, sin la cual no se hubiera logrado un resultado de tanta calidad. El respaldo ha generado una gran complicación debido a los huecos existentes entre los tablones. En la Ilustración 16 se aprecia una imagen de las costuras y en la Ilustración 17 la posterior proyección.

Ilustración 16.

Costuras marcadas para la base (izquierda) y el respaldo (derecha) de la silla B

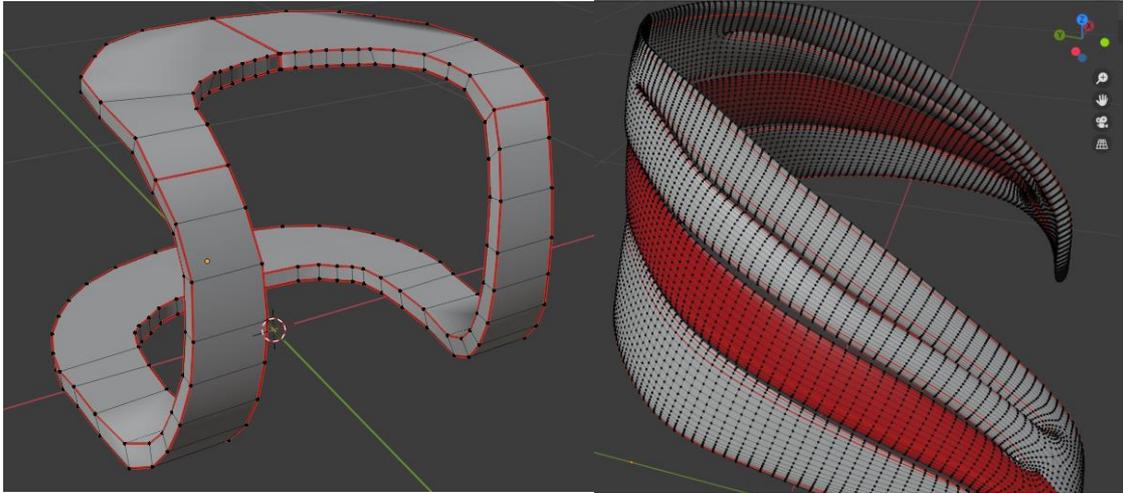


Ilustración 17.

Despliegue de la base (izquierda) y del respaldo (derecha) para la silla B



El resultado final, a pesar de que no es todo lo adecuado que podría ser, arroja características generales que sí se corresponden con la silla original. Dicho de otro modo, evoca sensaciones parecidas en ambos casos. En la Ilustración 18 se observan ambas sillas. La imagen de referencia de la silla B formaba parte de la información de partida proporcionada por el tutor.

Ilustración 18.

Imagen de referencia (izquierda) y resultado final obtenido (derecha) para la silla B

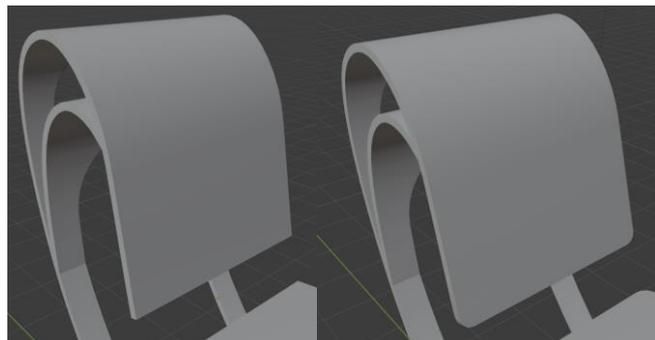


3.3. Modelado y texturizado de la silla C

El modelo de la esta silla se encontraba entre los datos de partida. Sin embargo, a diferencia de la primera silla, el parecido de ésta se podía mejorar con un cambio muy simple. En el proceso de comparación de la silla mostrada en las imágenes de referencia con el modelo 3D disponible, se pudo observar que redondeando las esquinas del respaldo y elevándolo ligeramente el parecido aumentaría notablemente. La silla C posee 2,099 triángulos, lo que indica que en este caso el modelado de esta se ha pensado de forma que, con pocos polígonos, tras emplear el sombreado, el resultado pareciera que ha empleado una gran cantidad de ellos. Dicho de otro modo, el resultado es el buscado con un empleo de recursos mucho menor, pues el sombreado consume menos recursos que crear una gran cantidad de polígonos.

Ilustración 19.

Estado original del respaldo (izquierda) y su modificación (derecha) para la silla C



Con el texturizado de esta silla ocurre un suceso muy similar a la silla A. Existen cuatro materiales, tres de ellos básicos y uno complejo. El primer material simple se trata de un color de tono rojo muy similar al de la primera silla, siendo éste el material principal. El segundo, el cual se emplea en la zona interior de la silla, se trata de un material de tono amarillo muy claro y con una saturación media. Por último, un material de tono marrón muy oscuro y bastante saturado compone el fino lateral de la silla. Para los materiales complejos, existe un material que simula el metal oxidado, el cual era de tipo material procedural, pero se tuvo que sustituir por uno externo. A continuación, en la Ilustración 20 se muestra una imagen de la silla con el material procedural y otra con el material externo.

Ilustración 20.

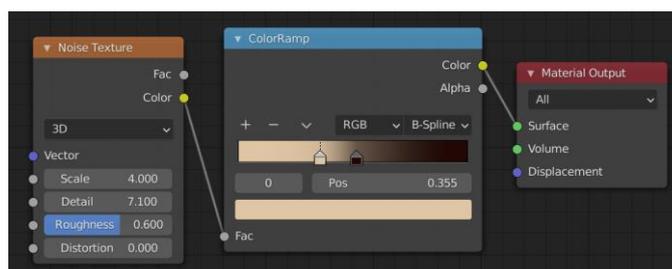
Patatas de la silla C con material procedural (izquierda) y con material externo (derecha)



El material procedural en este caso es muy sencillo, ya que con solo tres nodos se puede crear la textura, como se puede apreciar en la Ilustración 21:

Ilustración 21.

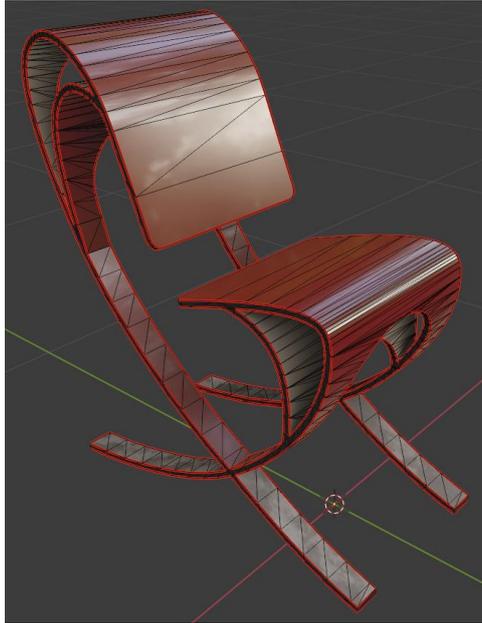
Desarrollo del material procedural empleado en las patas de la silla C



Para poder desplegar la silla sobre el mapa UV de forma satisfactoria se han marcado las costuras que aparecen en la Ilustración 22, donde se han realizado los cortes enfocando el esfuerzo principal a que la zona inferior de las patas, la cual será la única que posea este material, quede correctamente.

Ilustración 22.

Costuras marcadas para el posterior despliegue en la silla C



El resultado obtenido con respecto la silla real es claramente sobresaliente, pues a nivel de aspecto reproduce todos los detalles fielmente, solo variando casi de manera inapreciable en forma. Aquí cabe destacar que el material procedural que se iba a colocar en primera instancia resulta mucho más parecido al de la silla real que el que finalmente se colocó. En la *Ilustración 23* se puede comprobar lo expuesto en este párrafo. La imagen de referencia de la silla C formaba parte de la información de partida proporcionada por el tutor.

Ilustración 23.

Imagen de referencia (izquierda) y resultado final obtenido (derecha) para la silla C

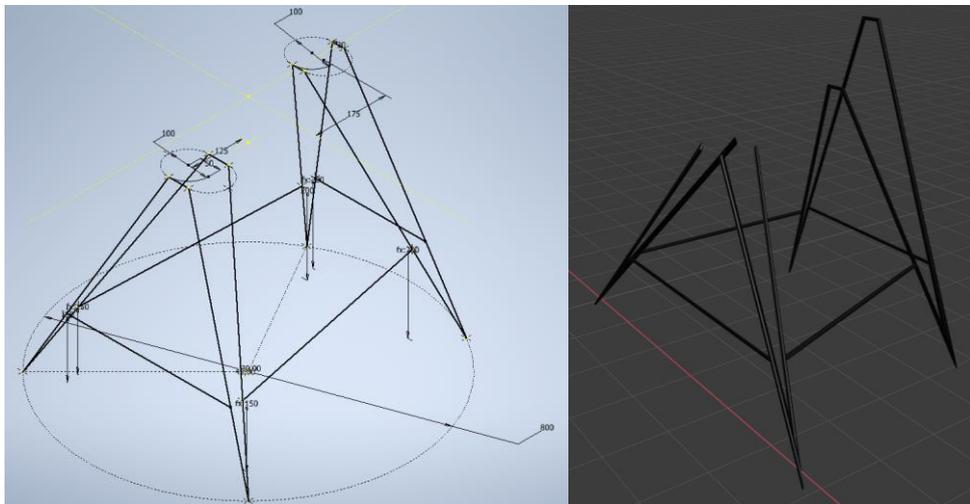


3.4. Modelado y texturizado de la silla D

El modelado de esta silla, de la cual no existía material previo salvo dos imágenes de referencia del objeto real, se ha dividido en dos partes. Las patas de la silla, al ser una estructura de barras, se ha modelado en Autodesk Inventor y posteriormente se ha exportado en formato STL a Blender, donde se ha modificado para que encajara con el respaldo. Este modelado tampoco es paramétrico, pues si bien su creación se ha realizado mediante modelado paramétrico, su modificación tras su exportación en formato STL provoca que a partir de ese momento conste de un sólido generado por triangulación. En la Ilustración 24 se aprecia el diseño inicial paramétrico antes de su exportación para Blender.

Ilustración 24.

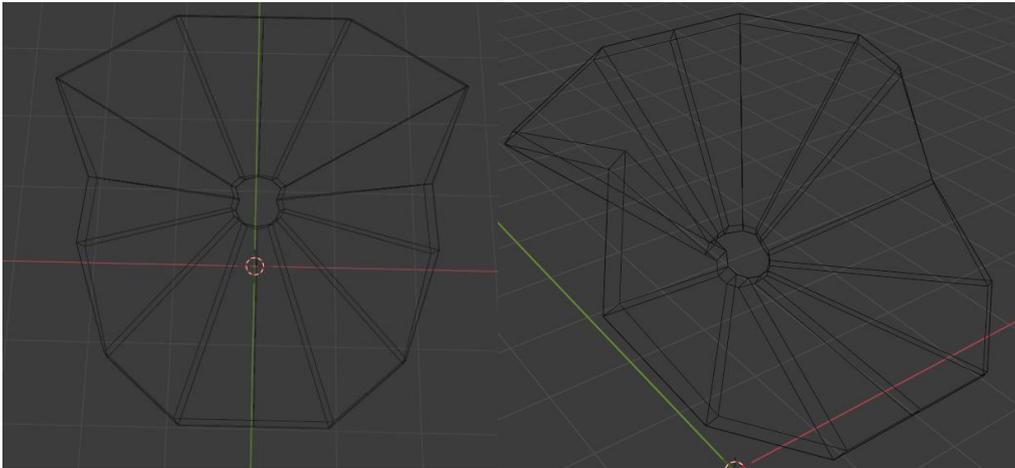
Modelado de las patas de la silla D en Inventor (izquierda) y el resultado final en Blender (derecha)



Respecto al respaldo, resultó fácil el planteamiento para modelarlo, pues se trata de diferentes caras triangulares con la forma e inclinación de la imagen real. Una vez situados dichos triángulos, los cuales comparten una arista, se han extruido en una dirección casi paralela al eje Z. Si se pone la vista alámbrica en Blender se puede apreciar lo explicado en este párrafo, en la Ilustración 25. El consumo de recursos total empleado por la silla es razonable, pues con tan solo 696 triángulos se ha logrado el modelado. Cabe destacar que es lógico que el modelado posea menos triángulos que el de las sillas A y C, pues en este caso la silla está conformada por caras triangulares rectas, lo cual reduce el número de polígonos necesarios. Si concretamos, las patas de la silla poseen 580 triángulos, mientras el respaldo solamente 116 triángulos.

Ilustración 25.

Modelado del respaldo de la silla D en modo alámbrico empleando Blender



En cuanto al texturizado, este caso es el más sencillo de todos, pues solamente existen cuatro materiales básicos que conforman la silla. Esto implica que no se deben marcar las costuras ni emplear un material externo, ya que con parámetros simples (tono, rugosidad...) se puede reproducir el efecto de acabado de la silla original. El primer color es el empleado en el asiento, el cual tiene un tono blanco muy claro y se encuentra con baja saturación. El segundo se utiliza en la zona inferior de la silla, siendo éste un color de tono rojizo oscuro bastante saturado. El tercer material, que se emplea en el lateral de la silla, consta de un tono marrón bastante oscuro y saturado. Por último, las patas son de color totalmente negro oscuro con máxima saturación. En la Ilustración 26 se aprecia el resultado obtenido, el cual es prácticamente igual al original. La imagen de referencia de la silla D formaba parte de la información de partida proporcionada por el tutor.

Ilustración 26.

Imagen de referencia (izquierda) y resultado final obtenido (derecha) para la silla D



Las características de los materiales simples empleados en esta silla se han recopilado en la Tabla 6 a modo de resumen, donde aparecen todos los parámetros necesarios para reproducir el material para cualquier silla si fuera necesario.

Tabla 6.

Materiales simples empleados para el texturizado de las sillas

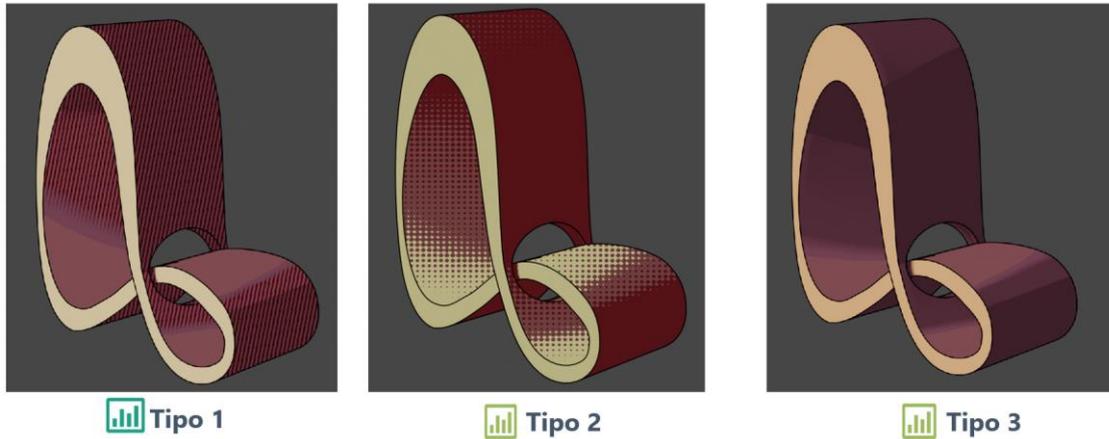
Material	Código HEX	Especularidad	Rugosidad	Ejemplo
Silla A				
Material rojo – SA	C60003	0.75	0.4	
Material negro – SA	160F04	0.1	0.9	
Silla B				
Material rojo – SB	E70018	0.5	0.4	
Silla C				
Material rojo – SC	730001	1	0.14	
Material amarillo – SC	96856E	0.1	0.75	
Material marrón – SC	210706	0.2	0.85	
Silla D				
Material blanco – SD	D5C4C1	0.3	0.7	
Material rojo – SD	6C1D26	0.2	0.8	
Material marrón – SD	392013	0.1	0.8	
Material negro – SD	000000	0.5	0.5	

3.5. Texturizado para el NPR

A la hora de seleccionar este método se barajaron tres opciones diferentes del mismo tipo de NPR. Tras una comparación exhaustiva se llegó a la conclusión de que a pesar de que los tres ofrecían resultados diferentes de calidad, el acabado tipo cómic es el que producía un acabado promedio mejor. Esto se debe a que en ciertos puntos de vista los otros dos acabados producían efectos raros que no se correspondían con lo que se buscaba. Además, de los tres es también el efecto que resultaría muy probablemente más familiar a los sujetos. En la *Ilustración 27* se pueden apreciar las tres posibles opciones, de las cuales se eligió la segunda. Para crear dichas texturas se han seguido los pasos de una guía de un vídeo de YouTube (*Blender NPR Basics 1: Cartoon Shading - YouTube*, n.d.).

Ilustración 27.

Opciones de NPR posibles a utilizar en el estudio



Todos estos acabados son realmente materiales procedurales que crean el efecto en función de la iluminación de la escena. Es por ello que la disposición correcta de la misma, así como la intensidad y tipo de luz, es clave para la consecución de un acabado que refleje las características de la silla. En la Ilustración 28 se muestra lo que ocurre cuando la iluminación es nula y cuando se encuentra sobreiluminada, en la silla C. Como la morfología de cada silla es diferente, cada una precisa de una iluminación diferente que se adapte a sus condiciones físicas.

Ilustración 28.

Material del NPR sin iluminación (izquierda) o sobreiluminado (derecha)



3.6. Descripción general del entorno empleado en realidad virtual

El entorno generado en RV, el cual consiste en una habitación simple con la silla colocada en el centro de la sala, se ha escogido con dos objetivos principalmente. El primero fue que el entorno fuera agradable, un lugar seguro en el que el usuario pueda sentirse cómodo inspeccionando el producto. Asimismo, se quería un entorno donde pareciera plausible que una silla de diseño se encontrara, pues no tendría que colocarla en un lugar donde desentonara, como por ejemplo en mitad del desierto.

El segundo objetivo estaba basado en crear un sitio que fuera austero, es decir, que permitiera que el usuario pusiera su atención en la evaluación de la silla y que el entorno no influyera en su valoración. En concordancia, se colocó un suelo de madera clara sobre el que había una alfombra negra grande donde apoyar la silla. Se colocaron dos ventanas rectangulares superiores que permitieran una iluminación uniforme, con un cielo de fondo similar al que se puede encontrar en un día primaveral.

Por último, como detalle se ha añadido una puerta blanca, del mismo color que las paredes. El tamaño de la habitación se ha escogido para que hubiera suficiente espacio como para permitir andar alrededor de la silla cómodamente, manteniendo siempre una distancia razonable con la misma. Ya solamente queda hablar del sonido, el cual está compuesto por una melodía bastante continua pero apenas perceptible del canto de unos pájaros. Por último, se debe destacar que todas las sillas se han posicionado con la misma orientación dentro de la habitación, con la puerta situada a su derecha, una ventana delante y otra a la izquierda.

Ilustración 29.

Sillas colocadas en la habitación empleada como entorno en el sistema de RV





4. Análisis estadístico de los resultados

Se realizó un análisis estadístico que permitió comprobar la veracidad de las hipótesis establecidas. Mediante este análisis se pudo comparar, para cada variable independiente, la percepción que los medios de visualización produjeron en el sujeto para cada par de adjetivos bipolares, sobre el valor de seguridad, para el parámetro de evaluación global y sobre la decisión de compra. Para ello se calcularon los estadísticos básicos (media, mediana y desviación típica), así como de estadísticos complejos que permiten verificar si existen diferencias entre grupos.

Un paso previo imprescindible para conocer cuáles son los estadísticos adecuados para nuestro objeto de estudio es conocer el contexto del experimento. En concreto, este experimento se cataloga como intra sujetos, debido a que todos los sujetos atraviesan todas las condiciones experimentales (*Diseño Experimental Intra-Sujetos*, n.d.). Este tipo de experimento produce unos datos que se llaman dependientes. Por otro lado, conocer la normalidad de los datos influye en el estadístico a utilizar, por lo que se deberá conocer la distribución que se tiene de los mismos. De este modo, en la Tabla 7 se aprecian todos los estadísticos a utilizar.

Tabla 7.

Pruebas estadísticas para emplear en función del contexto del experimento

Grupos	Tipo	Objetivos	Dis. normal	Dis. no normal	Dicotómicos
Dos	Independientes	Diferencia entre la media de los grupos	Prueba de t no pareada	U de Mann – Whitney	Prueba exacta de Fisher (X ² para muestras grandes)
	Dependientes		Prueba de t pareada	Wilcoxon	McNemar
Tres o más	Independientes	Diferencia entre la media de los grupos	ANOVA unidireccional	Kruskal-Wallis	Prueba de X ²
	Dependientes		ANOVA	Friedman	Q de Cochran
		Cuantificar la asociación entre dos variables cuantitativas y continuas	Correlación de Pearson	R de Spearman	Coefficiente de contingencias
		Predecir el valor de otra variable medida	Regresión lineal o no lineal	Regresión no paramétrica	Regresión logística simple
		Predecir el valor de varias medias o de variables binomiales	Regresión lineal o no lineal múltiple		Regresión logística múltiple

El modo de proceder sigue una misma secuencia en todos los casos. Suponiendo que los datos no vayan a seguir una distribución normal, se tiene:

- 1) Al existir tres medios de representación diferentes (NPR, RA y RV), es decir, tres variables independientes diferentes, nos encontramos con que debemos utilizar los estadísticos que permiten conocer si existen diferencias entre al menos dos de ellas. En todos los casos excepto en la decisión de compra, que es un dato dicotómico que debe utilizar la Q de Cochran, se ha de emplear la prueba de Friedman.
- 2) Llegados a este punto el camino se bifurca en dos posibilidades. Por un lado, puede que no existan diferencias entre grupos y, por tanto, no exista para ese parámetro

diferencias entre sistemas de representación. También puede ocurrir, sin embargo, que sí existan diferencias entre grupos, pero no se sepa entre cuáles. En ese caso se precisa conocer entre cuáles hay diferencias significativas, así que de forma pareada se deben comparar los sistemas de representación para ese aspecto. Si se trata de un par de adjetivos bipolares, la seguridad en la respuesta o cuánto gusta el producto, que se miden en escala ordinal, se ha de emplear la prueba de Wilcoxon. Si se considera la decisión de compra, dato dicotómico, se emplea McNemar.

4.1. Test de Shapiro-Wilk para los valores obtenidos de la evaluación de las sillas

Esta breve explicación teórica sobre el test de normalidad se ha extraído de una página web cuya temática es la estadística (*7.2 Prueba de Shapiro-Wilks | Métodos Cuantitativos*, n.d.). Este test se emplea para comprobar la normalidad en la distribución de los datos. Usualmente se emplea cuando el número de datos recogidos es menor de 50. Tiene como hipótesis nula que la muestra sigue una distribución normal, como sigue:

$$\text{Hipótesis } S - W \begin{cases} H_0: \text{la distribución es normal} \\ H_1: \text{la distribución no es normal} \end{cases}$$

Este test se corresponde con el primer paso necesario para elegir los estadísticos que encajen con el conjunto de datos. En este caso si el p-valor obtenido es menor que el valor de significancia ($\alpha = .05$), se rechazaría la hipótesis nula, lo que implicaría que la muestra no sigue una distribución normal. A continuación, en la Tabla 8, se muestran los resultados de la prueba de normalidad para los datos recogidos en el experimento:

Tabla 8.

Test de normalidad para los pares bipolares de cada una de las sillas

Escalas semánticas		gl	Silla A		Silla B		Silla C		Silla D	
			Estadístico	Sig.	Estadístico	Sig.	Estadístico	Sig.	Estadístico	Sig.
Ligera (-3) - Pesada (3)	NPR	32	0.806	p<.001	0.861	p<.001	0.915	p=.015	0.883	p=.002
	RA	32	0.677	p<.001	0.869	p=.001	0.860	p<.001	0.916	p=.017
	RV	32	0.759	p<.001	0.813	p<.001	0.853	p<.001	0.921	p=.023
Cómoda (-3) - Incómoda (3)	NPR	32	0.893	p=.004	0.869	p=.001	0.802	p<.001	0.800	p<.001
	RA	32	0.919	p=.020	0.881	p=.002	0.837	p<.001	0.721	p<.001
	RV	32	0.883	p=.002	0.846	p<.001	0.818	p<.001	0.676	p<.001
Práctica (-3) – Poco práctica (3)	NPR	32	0.764	p<.001	0.908	p=.010	0.854	p<.001	0.892	p=.004
	RA	32	0.771	p<.001	0.919	p=.019	0.900	p=.006	0.857	p<.001
	RV	32	0.805	p<.001	0.909	p=.011	0.855	p<.001	0.788	p<.001
Simple (-3) - Compleja (3)	NPR	32	0.819	p<.001	0.915	p=.015	0.892	p=.004	0.877	p=.002
	RA	32	0.796	p<.001	0.932	p=.043	0.912	p=.013	0.884	p=.002
	RV	32	0.763	p<.001	0.930	p=.038	0.890	p=.004	0.936	p=.056
Moderna (-3) – Clásica (3)	NPR	32	0.749	p<.001	0.907	p=.009	0.869	p=.001	0.806	p<.001
	RA	32	0.576	p<.001	0.866	p<.001	0.737	p<.001	0.789	p<.001

	RV	32	0.590	p<.001	0.862	p<.001	0.820	p<.001	0.684	p<.001
Bonita (-3) – Antiéstética (3)	NPR	32	0.897	p=.005	0.869	p=.001	0.772	p<.001	0.922	p=.024
	RA	32	0.867	p<.001	0.864	p<.001	0.799	p<.001	0.886	p=.030
	RV	32	0.816	p<.001	0.910	p=.011	0.840	p<.001	0.876	p=.002
Divertida (-3) - Seria (3)	NPR	32	0.867	p<.001	0.879	p=.002	0.739	p<.001	0.927	p=.032
	RA	32	0.651	p<.001	0.863	p<.001	0.804	p<.001	0.921	p=.023
	RV	32	0.795	p<.001	0.874	p=.001	0.827	p<.001	0.931	p=.043
Artesanal (-3) - Industrial (3)	NPR	32	0.855	p<.001	0.918	p=.019	0.886	p=.003	0.838	p<.001
	RA	32	0.853	p<.001	0.888	p=.003	0.900	p=.006	0.778	p<.001
	RV	32	0.868	p=.001	0.901	p=.006	0.917	p=.018	0.850	p<.001

Se puede observar que la prueba de normalidad señala que todos los pares bipolares siguen una distribución no normal, por lo que a la hora de realizar la comparación entre sistemas de representación se van a emplear los estadísticos comentados al principio de esta sección. Cabe destacar que existe un parámetro cuyo p-valor supera ligeramente el nivel de significatividad, tratándose en este caso del par bipolar simple-compleja de la silla D cuando se ha empleado la RV. No obstante, como en los otros dos medios el p-valor resulta ser casi nulo y en RV supera el nivel de significatividad por muy poco, se ha decidido que se van a emplear los estadísticos de distribución no normal igualmente. Es probable que si se hubiera realizado el experimento a más sujetos el resultado fuese que este valor también sigue una distribución no normal.

Tabla 9.

Prueba de normalidad para el valor de seguridad, evaluación global y decisión de compra de cada una de las sillas

Parámetros	gl	Silla A		Silla B		Silla C		Silla D		
		Estadístico	Sig.	Estadístico	Sig.	Estadístico	Sig.	Estadístico	Sig.	
Seguridad	NPR	32	0.852	p<.001	0.870	p=.001	0.835	p<.001	0.843	p<.001
	RA	32	0.782	p<.001	0.856	p<.001	0.854	p<.001	0.820	p<.001
	RV	32	0.753	p<.001	0.859	p<.001	0.828	p<.001	0.781	p<.001
Evaluación global	NPR	32	0.907	p=.090	0.851	p<.001	0.868	p=.001	0.883	p=.002
	RA	32	0.919	p=.020	0.863	p<.001	0.900	p=.006	0.883	p=.002
	RV	32	0.888	p=.003	0.865	p<.001	0.877	p=.002	0.865	p<.001
Decisión de compra	NPR	32	0.511	p<.001	0.391	p<.001	0.565	p<.001	0.478	p<.001
	RA	32	0.602	p<.001	0.511	p<.001	0.602	p<.001	0.540	p<.001
	RV	32	0.637	p<.001	0.478	p<.001	0.565	p<.001	0.478	p<.001

Se puede observar que todos los parámetros de evaluación finales también siguen una distribución no normal. Era lógico pensar que esto ocurriría tanto para los pares bipolares como para estos parámetros, pues la evaluación sobre un objeto pocas veces es neutral, sino que se encuentra polarizada hacia un extremo. Si no resultara de esta manera, la opinión global de los sujetos sería totalmente neutral, lo que no se corresponde con la realidad.

4.2. Resultados de los estadísticos básicos del análisis del estudio

A partir de este momento se comienza con la exposición de resultados del análisis de los datos. Es en este apartado en el que se presentan los estadísticos básicos para cada par bipolar, en la Tabla 10. Además, también se presentan en otras tablas aparte, las Tabla 11-Tabla 12-Tabla 13, los mismos estadísticos, pero referidos al nivel de seguridad, la evaluación global y la decisión de compra respectivamente.

Tabla 10.

Estadísticos básicos de los pares bipolares para cada una de las sillas

Escala semántica	Parámetro	Silla A			Silla B			Silla C			Silla D		
		NPR	RA	RV									
Ligera - Pesada	Mean	<i>1.41</i>	1.97	2.31	<i>-1.63</i>	-0.91	<i>-1.47</i>	<i>-1.06</i>	-0.81	<i>-1.12</i>	<i>-0.5</i>	<i>-0.34</i>	-0.22
	Median	2.00	2.00	2.50	-2.00	-2.00	-2.00	-1.00	-1.50	-2.00	-1.00	-1.00	0.00
	Std. Dev.	1.54	1.45	0.78	1.21	1.92	1.63	1.60	1.82	1.45	1.70	1.91	1.91
Cómoda - Incómoda	Mean	1.19	0.25	<i>0.03</i>	1.09	<i>1.00</i>	1.13	-1.34	<i>-1.38</i>	<i>-1.38</i>	1.69	1.75	<i>1.66</i>
	Median	1.00	1.00	0.50	2.00	1.00	2.00	-2.00	-2.00	-2.00	2.00	3.00	3.00
	Std. Dev.	1.51	1.76	1.91	1.87	1.88	1.93	1.47	1.50	1.74	1.51	1.81	2.06
Práctica - Poco práctica	Mean	1.63	1.69	<i>1.38</i>	0.00	<i>-0.16</i>	0.25	<i>-1.06</i>	-0.87	<i>-1.16</i>	<i>0.88</i>	1.16	1.28
	Median	2.00	2.00	2.00	-0.50	-0.50	1.00	-2.00	-1.00	-2.00	1.00	2.00	2.00
	Std. Dev.	1.36	1.65	1.75	1.80	1.94	2.00	1.62	1.64	1.65	1.74	1.89	1.85
Simple - Compleja	Mean	<i>1.34</i>	1.56	1.78	<i>-0.22</i>	0.13	<i>-0.16</i>	0.66	0.75	<i>0.19</i>	<i>0.09</i>	0.91	0.69
	Median	2.00	2.00	2.00	-0.50	0	0	1.00	1.00	0.50	0.50	1.00	1.00
	Std. Dev.	1.45	1.58	1.21	1.84	1.81	1.72	1.54	1.70	1.42	1.92	1.63	1.65
Moderna - Clásica	Mean	-2.38	<i>-2.72</i>	<i>-2.63</i>	-0.94	<i>-1.63</i>	<i>-1.31</i>	-1.37	<i>-1.87</i>	<i>-1.50</i>	-2.00	<i>-2.28</i>	<i>-2.47</i>
	Median	-2.50	-3.00	-3.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	-2.00	-1.50	-2.00	-2.00	-3.00
	Std. Dev.	0.75	0.52	0.70	1.54	1.21	1.38	1.50	1.24	1.27	0.95	0.81	0.76
Bonita - Antiestética	Mean	-0.22	<i>-1.09</i>	<i>-1.41</i>	0.25	<i>-0.16</i>	0.31	<i>-1.66</i>	-1.62	<i>-1.75</i>	0	<i>-0.19</i>	0.16
	Median	-1.00	-1.50	-2.00	-1.00	-1.00	0	-2.00	-2.00	-2.00	0.00	-1.00	0.50
	Std. Dev.	1.79	1.69	1.54	1.74	1.83	1.59	1.28	1.38	1.27	1.88	2.12	2.16
Divertida - Seria	Mean	<i>-1.69</i>	<i>-1.91</i>	-1.62	<i>-0.87</i>	-0.69	<i>-0.72</i>	<i>-1.44</i>	<i>-1.41</i>	-1.38	-0.62	<i>-1.06</i>	<i>-0.69</i>
	Median	-2.00	-2.00	-2.00	-1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	-1.00	-1.00	-1.00
	Std. Dev.	1.09	1.17	1.31	1.07	1.35	1.35	1.43	1.60	1.60	1.56	1.46	1.65
Artesanal - Industrial	Mean	0.47	0.28	0.28	0.31	<i>-0.75</i>	<i>-0.16</i>	0.41	0.5	<i>0.13</i>	<i>0.88</i>	1.13	1.06
	Median	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	0	2.00	2.00	1.50
	Std. Dev.	2.29	2.14	2.27	1.79	1.93	1.74	2.11	1.97	1.88	2.06	2.14	1.92

Nota. Tanto el resultado mayor como el menor aparecen resaltados dentro de las tablas. El mayor aparece en negrita, mientras el menor aparece en cursiva y con un tono gris. No se ha variado el tamaño de los números de estos resultados.

Nota 2. Los pares de adjetivos bipolares se expresan de tal forma que el primero corresponde a la parte negativa de la escala (-3) y el segundo a la escala superior (3). Por ejemplo, para el par bipolar “Ligera-pesada”, a ligera le correspondería el -3 y a pesada el 3, en cuanto a la escala de siete unidades.

Esta tabla proporciona información vital acerca de los resultados que ofrece el experimento, pues independientemente de si existen diferencias entre medios de representación, se puede analizar independientemente los valores absolutos medios de cada silla y parámetro, así como una comparación aproximada de cómo es evaluado cada uno a nivel de variabilidad.

- Para el par bipolar “Ligera-pesada”, es en RA o en RV donde la silla se percibe más pesada. Por el contrario, en todos los casos menos en la silla C, NPR es el medio donde

se percibe más liviana. La silla A se percibe de media como más pesada en todos los sistemas de visualización.

- Las sillas se perciben aproximadamente igual de cómodas en todos los medios de visualización menos en la silla A, donde se percibe mucho más incómoda en NPR. La silla C se percibe como la más cómoda, mientras que la silla D es la que menos.
- Las sillas nunca se perciben como menos prácticas en NPR, pero no existe un medio donde se suelen percibir más prácticas. La silla C se percibe como la más práctica, mientras que la silla A la que menos.
- En todos los casos a excepción de la silla C, es en NPR donde las sillas se perciben más simples. Por el contrario, en todos los casos menos en la silla A, es en RA donde se percibe como más compleja.
- En todos los casos NPR es el sistema de visualización en el que las sillas se perciben como más clásicas. Obviando la silla D, es la RA la que produce una mayor sensación de modernidad.
- Del par bipolar “Divertida-seria” solo se puede decir que la RV nunca es el medio donde se percibe como más divertida.
- En RV nunca se percibe la silla como más industrial, mientras que no hay medio de visualización claro donde las sillas se perciban como más artesanales.

Tabla 11.

Estadísticos básicos del valor de seguridad para cada una de las sillas

Parámetro	Estadístico	Silla A			Silla B			Silla C			Silla D		
		NPR	RA	RV									
Seguridad	Mean	3.47	3.87	4.09	3.50	3.81	3.94	4.09	3.94	4.13	3.72	3.94	4.06
	Median	4.00	4.00	4.00	3.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
	Std. Dev.	0.80	0.66	0.59	0.84	0.82	0.91	0.86	0.80	0.79	0.92	0.88	0.88

En todos los medios sin excepción es la RV la que produce unos resultados de mayor seguridad. Por el contrario, si obviamos la silla C, es en NPR donde se percibe menor seguridad. Respecto a la comparación entre sillas, es la silla C la que posee un valor de seguridad mayor, mientras que la silla B ha sido la que menor seguridad ha inspirado en los sujetos.

Tabla 12.

Estadísticos básicos del valor de evaluación global para cada una de las sillas

Parámetro	Estadístico	Silla A			Silla B			Silla C			Silla D		
		NPR	RA	RV	NPR	RA	RV	NPR	RA	RV	NPR	RA	RV
Evaluación global	Mean	2.81	3.09	3.22	2.16	2.25	2.31	3.72	3.56	3.75	2.37	2.59	2.41
	Median	3.00	3.00	3.500	2.00	2.00	2.00	4.00	4.00	4.00	2.00	2,50	2.00
	Std. Dev.	0.96	1.09	1.13	0.99	1.05	1.15	0.96	1.10	1.05	1.21	1.36	1.32

En todos los casos excepto en la silla D, la evaluación arroja que de media las sillas se perciben como más atractivas en RV, notándose que las diferencias de evaluación entre medios son más reducidas que para el caso de la seguridad. La silla que más ha gustado ha sido la C, mientras que la que menos la silla B, en consonancia con los resultados de seguridad anteriores.

Tabla 13.

Estadísticos básicos del valor de decisión de compra para cada una de las sillas

Parámetro	Estadístico	Silla A			Silla B			Silla C			Silla D		
		NPR	RA	RV	NPR	RA	RV	NPR	RA	RV	NPR	RA	RV
Decisión de compra 1 (No) 2 (Sí)	Mean	0.22	0.34	0.53	0.13	0.22	0.19	0.72	0.66	0.72	0.19	0.25	0.19
	Median	0	0	1.00	0	0	0	1.00	1.00	1.00	0	0	0
	Std. Dev.	0.42	0.48	0.51	0.34	0.42	0.40	0.46	0.48	0.46	0.40	0.44	0.40

Se observa que en todos los casos excepto en la silla C es NPR el que produce unos valores de decisión de compra inferiores. No obstante, de forma general la decisión de compra es muy similar en todos los casos, por lo que implica que la respuesta apenas ha variado entre sistemas de visualización, al menos de media. La silla C es la que ha obtenido unos valores de decisión de compra más positivos, mientras que las sillas B y D son las peor valoradas en este sentido.

4.3. Resultados de las pruebas de diferencia de grupos y post hoc

Se han analizado los valores medios superiores e inferiores, así como la desviación típica, de cada valor medido en este estudio. Lo que procede a partir de ahora está basado en conocer, mediante pruebas estadísticas, si existen diferencias entre grupos independientemente del valor medio y su desviación típica. Se va dividir este apartado por silla en lugar de por tipo de prueba, ya que se busca realizar la explicación completa de cada silla en un apartado determinado. Para la prueba conjunta de diferencias de grupos, en el que se comparan los tres medios de visualización simultáneamente, se va a emplear el test de Friedman. Manteniendo el nivel de significatividad ($\alpha = .05$), se va a proceder a compararlo con el p-valor. En caso de que el p-valor sea inferior al nivel de significatividad, se va a proceder a emplear el test de Wilcoxon para comparaciones pareadas. Para este test se realizan comparaciones entre p-valor y nivel de significatividad análogas a las del test de Friedman.

4.3.1. Resultados de las pruebas estadísticas para la silla A (pares bipolares)

La silla A es la que posee un mayor número de pares bipolares con diferencias significativas entre grupos, siendo los categorizados en placer fisiológico y placer ideológico los que se ven afectados. Cabe destacar que no existe en este caso ningún p-valor que se encuentre cercano al nivel de significatividad.

Tabla 14.

Test de Friedman de diferencia de grupos de los pares bipolares de la silla A

Par bipolar	N	Chi-cuadrado	gl	Sig. asintótica
Ligera – Pesada	32	7.708	2	p=0.021
Cómoda – Incómoda	32	9.250	2	p=0.010
Práctica – Poco práctica	32	1.316	2	p=0.518
Simple – Compleja	32	2.587	2	p=0.274
Moderna – Clásica	32	6.453	2	p=0.040
Bonita – Antiestética	32	24.295	2	p<.001
Divertida - Seria	32	3.683	2	p=0.159
Artisanal – Industrial	32	1.675	2	p=0.433

Respecto a las comparaciones pareadas, siempre existen diferencias entre NPR y los otros dos medios de visualización. Solamente en el caso moderna-clásica no existen diferencias entre NPR y RV.

Tabla 15.

Comparación pareada de medios de visualización (pares bipolares de la silla A)

Par bipolar	Parámetro estadístico	NPR – RA	NPR – RV	RA – RV
Ligera – Pesada	Z	-1.663	-2.982	-1.002
	Sig. asin. (bilateral)	0.096	0.003	0.316
Cómoda - Incómoda	Z	-2.140	-2.504	-0.423
	Sig. asin. (bilateral)	0.032	0.012	0.672
Moderna – Clásica	Z	-2.351	-1.570	-0.551
	Sig. asin. (bilateral)	0.019	0.116	0.582
Bonita – Antiestética	Z	-3.184	-4.083	-1.263
	Sig. asin. (bilateral)	0.001	<0.001	0.207

4.3.2. Resultados de las pruebas estadísticas para la silla B (pares bipolares)

La silla B posee un solo par bipolar con diferencias significativas entre ellos. Se trata del caso “Artesanal-Industrial”, no obstante, al igual que se explicará más adelante, la capacidad de evaluar esta variable ha sido catalogada como insuficiente por parte del realizador de la encuesta. A pesar de ello, solamente por curiosidad, se va a presentar la comparación pareada de dicho par bipolar. Por otro lado, se encuentra el par bipolar ligero-pesado, el cual es digno de estudio ya que supera ligeramente el valor de significatividad impuesto en este estudio.

Tabla 16.

Test de Friedman de diferencia de grupos de los pares bipolares de la silla B

Par bipolar	N	Chi-cuadrado	gl	Sig. asintótica
Ligera – Pesada	32	5.747	2	p=0.056
Cómoda – Incómoda	32	1.241	2	p=0.538
Práctica – Poco práctica	32	3.020	2	p=0.221
Simple – Compleja	32	0.154	2	p=0.926
Moderna – Clásica	32	3.489	2	p=0.175
Bonita – Antiestética	32	1.717	2	p=0.424
Divertida - Seria	32	0.157	2	p=0.924
Artesanal – Industrial	32	7.505	2	p=0.023

Aquí existen diferencias significativas entre todos los medios excepto entre NPR y RV. El nivel del p-valor obtenido, cuando existen diferencias entre grupos, es bastante pequeño. En el par bipolar ligera-pesada el valor del p-valor entre NPR y RV es bastante elevado.

Tabla 17.

Comparación pareada de medios de visualización (pares bipolares de la silla B)

Par bipolar	Parámetro estadístico	NPR – RA	NPR – RV	RA – RV
Ligera – Pesada	Z	-2.187	-0.075	-2.190
	Sig. asin. (bilateral)	0.029	0.940	0.029
Artesanal – Industrial	Z	-2.664	-1.116	-2.228
	Sig. asin. (bilateral)	0.008	0.264	0.026

4.3.3. Resultados de las pruebas estadísticas para la silla C (pares bipolares)

En la silla C no existen diferencias significativas para ningún par bipolar. De hecho, el valor del p-valor es bastante elevado en todos los casos salvo en simple-compleja y moderna-clásica.

Tabla 18.

Test de Friedman de diferencia de grupos de los pares bipolares de la silla C

Par bipolar	N	Chi-cuadrado	gl	Sig. asintótica
Ligera – Pesada	32	0.255	2	p=0.880
Cómoda – Incómoda	32	0.192	2	p=0.909
Práctica – Poco práctica	32	0.071	2	p=0.965
Simple – Compleja	32	5.068	2	p=0.079
Moderna – Clásica	32	4.657	2	p=0.097
Bonita – Antiestética	32	0.200	2	p=0.905
Divertida - Seria	32	0.545	2	p=0.761
Artisanal – Industrial	32	1.089	2	p=0.580

4.3.4. Resultados de las pruebas estadísticas para la silla D (pares bipolares)

En la silla D se vuelve a repetir que en el par bipolar moderna-clásica existen diferencias entre grupos. Esto puede indicar que existen variables que incitan a que este par bipolar varíe, como se discutirá más adelante en su apartado correspondiente. También se aprecia que por primera vez existen diferencias entre grupos para el par bipolar divertida-seria, para lo cual solo existen algunas conjeturas que podrían explicar este resultado.

Tabla 19.

Test de Friedman de diferencia de grupos de los pares bipolares de la silla D

Par bipolar	N	Chi-cuadrado	gl	Sig. asintótica
Ligera – Pesada	32	1.551	2	p=0.460
Cómoda – Incómoda	32	0.889	2	p=0.641
Práctica – Poco práctica	32	2.146	2	p=0.342
Simple – Compleja	32	4.427	2	p=0.109
Moderna – Clásica	32	8.206	2	p=0.017
Bonita – Antiestética	32	2.658	2	p=0.265
Divertida - Seria	32	7.881	2	p=0.019
Artisanal – Industrial	32	0.676	2	p=0.713

Para el par bipolar moderna-clásica existen diferencias significativas entre NPR y los otros dos sistemas de visualización. Por otro lado, en divertida-seria solamente existen diferencias entre NPR y RA. Nótese que el p-valor entre NPR y RV es mucho mayor que entre RA y RV, lo cual es un resultado que solamente se da en este caso.

Tabla 20.*Comparación pareada de medios de visualización (pares bipolares de la silla D)*

Par bipolar	Parámetro estadístico	NPR – RA	NPR – RV	RA – RV
Moderna – Clásica	Z	-2.065	-2.639	-1.414
	Sig. asin. (bilateral)	0.039	0.008	0.157
Divertida - Seria	Z	-2.106	0.132	-1.583
	Sig. asin. (bilateral)	0.035	0.895	0.113

4.3.5. Resultado de las pruebas estadísticas para la seguridad, la evaluación global y la decisión de compra

El resultado de esta prueba reafirma con claridad lo que se explicó utilizando la media del valor de seguridad. La seguridad se ve afectada por el medio de representación en todos los casos menos en la silla C, donde se explicará con exactitud por qué se trata de un caso excepcional que no sigue la norma.

Tabla 21.*Test de Friedman de diferencia de grupos del valor de seguridad de cada silla*

Silla	N	Chi-cuadrado	gl	Sig. asintótica
Silla A	32	13.522	2	p=0.001
Silla B	32	6.735	2	p=0.034
Silla C	32	1.303	2	p=0.521
Silla D	32	9.745	2	p=0.008

Excepto para la silla C, donde no existen diferencias entre sistemas de visualización, existen diferencias entre NPR y los otros dos medios para el valor de seguridad entre las sillas. Cabe destacar que en la silla D se muestra que no existen diferencias entre NPR y RA. No obstante, es un resultado que se debe tratar con cautela por encontrarse el p-valor muy cercano al nivel de significatividad.

Tabla 22.*Comparación pareada de medios de visualización para el valor de seguridad de cada silla*

Silla	Parámetro estadístico	NPR – RA	NPR – RV	RA – RV
Silla A	Z	-2.648	-3.186	-1.538
	Sig. asin. (bilateral)	0.008	0.001	0.124
Silla B	Z	-2.055	-2.245	0.334
	Sig. asin. (bilateral)	0.040	0.025	0.334
Silla C	Z	-1.061	-0.109	-1.192
	Sig. asin. (bilateral)	0.289	0.913	0.233
Silla D	Z	-1.087	-2.161	-0.921
	Sig. asin. (bilateral)	0.071	0.031	0.357

Según los resultados no existe ninguna diferencia entre grupos para la evaluación global de las sillas. Esto se cumple en todos los casos, siendo el p-valor elevado y, en orden descendente, se presenta con la silla C como la que posee el p-valor mayor, seguida de la silla D, la silla B y por último la silla A.

Tabla 23.*Test de Friedman de diferencia de grupos del valor de evaluación global de cada silla*

Silla	N	Chi-cuadrado	gl	Sig. asintótica
Silla A	32	4.216	2	p=0.121
Silla B	32	1.627	2	p=0.443
Silla C	32	0.964	2	p=0.617
Silla D	32	1.361	2	p=0.506

La silla A es la única que posee diferencias significativas entre grupos para la decisión de compra, con un valor de p-valor muy bajo. Por contraparte, el resto de sillas poseen un p-valor bastante elevado. Nótese que existe un gran contraste entre estas dos situaciones.

Tabla 24.*Test de Friedman de diferencia de grupos del valor de decisión de compra de cada silla*

Silla	N	Q de Cochran	gl	Sig. asintótica
Silla A	32	15.200	2	p<.001
Silla B	32	2.800	2	p=0.247
Silla C	32	0.800	2	p=0.670
Silla D	32	1.333	2	p=0.513

La decisión de compra en la silla A varía notablemente entre NPR y el resto de los medios. Si observamos la comparación entre RA y RV, parece bastante seguro que no hay diferencias entre estos dos medios para la decisión de compra.

Tabla 25.*Comparación pareada de medios de visualización para la decisión de compra de la silla A*

Parámetro estadístico	NPR – RA	NPR – RV	RA – RV
Z	-3.184	-4.083	-1.263
Sig. asin. (bilateral)	0.001	<.001	0.207

5. Discusiones principales del estudio

Para este apartado se van a emplear los resultados expuestos en el apartado inmediatamente anterior para discutir la causa del porqué de estos. En la medida de lo posible se va a intentar extraer información útil en el campo de la percepción. Cuando esto no sea posible, también se comentarán conjeturas. En los casos donde el resultado se encuentre al límite entre varias opciones, sin ser ninguna de ellas especialmente claras, se explicarán todas las posibilidades. Se va a comenzar por explicar aquellos que nacen de los estadísticos básicos (media, mediana y desviación típica) y posteriormente, en otra sección diferente, se van a explicar las pruebas de diferencia de grupos apoyándose en ciertos casos en los estadísticos básicos para aumentar la validez de los resultados de las pruebas. Así se seguirá el mismo orden de presentación de resultados.

5.1. Discusión de los resultados de los estadísticos básicos

La discusión de estos estadísticos supone la primera gran aportación a las futuras conclusiones de este estudio. Por tanto, se va a ser cauteloso a la hora de explicar lo ocurrido, enfatizando los puntos en los que la resolución no sea del todo clara.

5.1.1. Discusión de los resultados de los estadísticos básicos para los pares bipolares

En primer lugar, se van a comentar las deducciones obtenidas a partir de los estadísticos básicos de los pares bipolares, siguiendo por tanto el orden de presentación que se ha tenido en los resultados. En concreto, las principales conclusiones que se pueden extraer son las siguientes:

- En cuanto al par bipolar “Ligera-Pesada”, siempre es en RA o RV donde se perciben más pesados, en contraste con el NPR que proporciona resultados más ligeros. Seguramente la capacidad de observar el material produzca una sensación de mayor peso respecto al acabado tipo cómic, además de contemplar el volumen de forma más realista (Söderman, 2005).
- Se podría conjeturar que la silla C se percibe como la más cómoda porque posee una curvatura e inclinación más agradable que el resto de las sillas, mientras que la silla B ha sido señalada por muchos usuarios como incómoda porque según se ha dicho casi textualmente la silla B tiene el respaldo inclinado hacia delante. Por su parte, de igual manera, la silla D se determinó incómoda por tener una zona con picos situados hacia el centro del respaldo.
- La silla A se percibe como menos práctica en todos los medios en comparación con el resto de las sillas probablemente porque da la sensación de poseer un tamaño mucho mayor que el resto. Esto se puede percibir incluso en NPR, aunque el volumen no se pueda visualizar directamente.
- Las sillas son consideradas más complejas en RA respecto al resto de sistemas. La silla A es la excepción ya que en RV se aprecia más compleja, pero incluso en ese caso la diferencia no es demasiado elevada. Esto puede sugerir que el entorno real donde se proyectan provoca que la silla se perciba como más compleja, mientras que ni en NPR ni RV ocurre porque el fondo/habitación virtual donde se presentan es sobrio. Además, no en todos los casos se ha podido proyectar las sillas correctamente debido a la falta

de espacio ni en todos los casos el entorno se encontraba “cargado”, lo cual puede haber reducido la percepción de complejidad añadida debida al entorno.

- Todas las sillas son consideradas como más clásicas en NPR. Esto se puede deber a que este acabado es casi dicromático, en contraste la existencia de materiales complejos en los otros dos medios, pueden provocar que se perciban más modernas.
- Por último, respecto al parámetro “Artesanal-industrial”, a lo largo del experimento el realizador percibió serios problemas por parte de la mayoría de los sujetos para evaluar este parámetro. Se les explicó cómo debía evaluarse, pero la extrema subjetividad y poca capacidad de evaluar este aspecto tan abstracto incitó a que los resultados fueran tremendamente dispares. Esto se puede apreciar en la elevada desviación típica de la muestra para todos los sistemas de representación en todas las sillas. Por tanto, empleando la media no se puede extraer ninguna conclusión mínimamente aceptable.

5.1.2. Discusión de los resultados de los estadísticos básicos para el valor de seguridad, la evaluación global y la decisión de compra

Los estadísticos básicos sobre el valor de seguridad también aportan un corolario importante, llegando a poder ser considerado como uno de los puntos más interesantes que se pueden extraer de este estudio. El parámetro de seguridad refleja con claridad que el sistema de representación que provoca una respuesta de mayor confianza por parte del usuario es la RV, seguido de la RA y por último el NPR según el resultado que se ha dado en todas las sillas.

Si comparamos por pares, la RV produce una respuesta ligeramente mejor que la RA. Esto podría interpretarse como que la capacidad de visualizar las sillas a tamaño real con los propios ojos del sujeto, lo que permite también acercarse todo lo que se quiera para observar los detalles, conlleva que la valoración sea un poco mejor que en el caso de proyectarla con el móvil en el entorno real. Respecto a la comparación de la RA y la RV con respecto al NPR, sí que se aprecia una notable mejora de seguridad en la respuesta en comparación con este último. Poder observar los materiales y el tamaño del objeto permite percibir más información, sin importar si ésta es positiva o negativa para el sujeto, lleva a que se sienta más familiarizado con el producto y por tanto tenga mayor certeza en su selección. Este parámetro, aunque no aumente la probabilidad de compra considerablemente, ya que es un parámetro que depende en mayor medida de cuánto guste el producto, sí que permite que dicha decisión de compra sea más sólida, es decir, haya menor probabilidad de que el sujeto cambie de opinión.

Se ha de señalar que la silla C posee un mayor valor de seguridad en NPR que en RA, aunque los tres sistemas de representación han obtenido una valoración de seguridad similar para este caso. Esto se puede deber a un comentario frecuente que los usuarios del experimento realizan sobre la silla C, donde recalcan que en el NPR se percibe de manera muy precisa, más que con el resto de las sillas para ese mismo medio. Esto se puede deber a que, de las cuatro, la silla C posee rasgos más convencionales, y por tanto la familiaridad tiene de consecuencia una valoración de mayor convencimiento que en el resto de los casos.

Si en lugar de realizar una comparación entre medios de representación para cada silla, se pone el foco de atención en la comparación entre sillas, todas tienen una valoración nivel de seguridad similar para cada sistema de representación. En el único caso que difiere, en relación con lo presentado en el párrafo anterior, es en la mayor valoración en NPR de la silla C respecto al resto de casos.

Por último, cabe señalar que la desviación típica es, para todos los sistemas de representación y todas las sillas, muy similar. El caso más extremo es la silla A, la cual sí presenta diferencias entre NPR y RV. Se puede conjeturar que al ser la primera silla que se observa en RV, se tiene una seguridad excesiva por parte del usuario. No obstante, esto no queda demostrado con este experimento.

En tercer lugar, el valor de los estadísticos de la evaluación global sugiere deducciones que, aunque no confirmadas totalmente, pueden ser relevantes. Respecto a la evaluación global ocurre algo similar al valor de seguridad, pues la RV se impone como el medio donde las sillas reciben una mejor evaluación global. No obstante, a diferencia del valor de seguridad, en este caso las diferencias de la media de la evaluación global entre sistemas son muchos menores, proporcionando resultados parecidos entre sistemas de representación para todos los casos. A falta de justificar los casos atípicos de las sillas C y D, se puede concluir que cuanto más información se tenga de un producto (materiales y volumen para RA y RV) y cuanto mayor es la capacidad de observar detalles (RV), la evaluación de las sillas será de media mejor.

La silla D es un caso atípico, pues es la RA la que produce una evaluación mejor, alejada de la RV, la cual casi iguala al NPR. Es un resultado aparentemente sorprendente, pues junto con la RA, la RV permite apreciar materiales y el volumen del objeto de manera realista. De este modo, la evaluación debería ser similar o ligeramente superior al de RA, al igual que el resto de las sillas. En este caso concreto no se cumple debido a que el usuario tiende a observar mejor los detalles en RV que en el resto de los medios, lo que suele conllevar una evaluación más polarizada respecto a los detalles. En RV una gran cantidad de usuarios remarcaron especialmente un rasgo de la silla D que no ha gustado en general, que se percibió con anterioridad en los otros medios pero que en RV se recalzó con mucho más énfasis. Se trata de la zona media del asiento de la silla, la cual tiene dos picos hacia el interior de esta, disminuyendo su atractivo. Esto podría implicar, como conjetura, que la RV amplifica la percepción del usuario tanto en el buen como en el mal sentido. Por tanto, en las tres primeras sillas, al no existir ninguna característica topológica repudiada, la RV produjo mejores resultados ya que permite apreciar más información de la silla en un sentido bueno o neutral. En la silla D, por el contrario, se amplificó el disgusto del usuario por esa característica y la evaluación fue peor. Se puede añadir otra posibilidad causal más que explique este resultado, ya que podríamos decir que quizás existan otros aspectos del diseño que afecten a la percepción del producto, y que haya otros aspectos que, pese a verse claramente influenciados por el medio, pueden verse afectados por otras características como por ejemplo la geometría de la silla. Esto explicaría que los resultados no se repitiesen en todas las sillas y sí en tres de las cuatro. Cualquiera de estas suposiciones enunciadas debería corroborarse en un estudio independiente que esclareciese el origen real de este caso atípico.

Respecto a la silla C, el NPR produce casi la misma evaluación que la RV, siendo superior a la producida en RA. Esto puede deberse a lo comentado en la sección del valor de la seguridad. Se sospecha que la silla C resulta más familiar que el resto por ser más convencional, lo que provoca que el valor de seguridad se acerque en NPR a la RV a pesar de que no se aprecian los materiales, el tamaño u otros detalles. Se puede decir que el usuario tiene más confianza en que su percepción de esta es acertada a pesar de la falta de información. Esta seguridad parece que repercute ligeramente en la evaluación de esta, siendo mejor cuanto más seguro se esté de ello. Esto que se acaba de señalar, aunque se produce en todas las sillas excepto en la silla D, se aprecia especialmente en el NPR de la silla C respecto de los otros dos medios.

Respecto a la desviación típica, no parece que existan notables diferencias ni entre sillas ni entre medios de visualización, por lo que no se puede extraer otra conclusión diferente a que la variabilidad es independiente, al menos para el caso de sillas de diseño. De forma global, la silla que más atractiva ha resultado ha sido la silla C y las que menos las sillas B y D. Si utilizamos la media de los pares bipolares se puede conjeturar que el aspecto que ha llevado a esta evaluación tan diferente es el hecho de que la silla C se percibe en general como más práctica, más cómoda y bonita que las sillas B y D. En general, además de la mayor familiaridad que la silla C puede contener, se desconocen los rasgos que han provocado que la evaluación entre ambas sean tan dispar. Si comparamos la silla A y la C, la silla C sigue teniendo mejor valoración, pero no existe tanta diferencia. Fijándonos también en los pares bipolares, la silla C también se percibe como más cómoda y práctica, no obstante, no se percibe como llamativamente más bonita que la silla A. De esta manera se puede cuantificar aproximadamente el impacto que el par bipolar bonita-antiestética ejerce sobre la evaluación global para el estudio que nos ocupa.

Por último, respecto a la decisión de compra se ha encontrado un problema imprevisto, ya que se sospecha que ha existido una necesidad imperiosa por parte del encuestado de contestar la misma respuesta que se ha proporcionado para el primer medio de representación en los otros dos en cada una de las sillas. Esto se debe a que, a pesar de que se matizó en que la respuesta debía ser independiente de las otras, el sujeto se vio en la necesidad de mostrarse coherente con lo que ya se había contestado (sesgo de orden). Esto ocurre debido a que el usuario puede, en la mayoría de los casos de la decisión de compra, recordar si en los otros medios previos al actual compró una determinada silla, y por tanto contestar igual sin pensar si este nuevo modo de visualización produce nuevas sensaciones en él. Tal y como indicó un usuario, cuando se empieza con uno de los dos métodos que proporcionan más información (RA y RV), su percepción de la silla es más difícil de cambiar. No obstante, el resto de los valores no los pueden reproducir, afortunadamente, por el hecho de que son valores concretos en una escala de 7 unidades, lo que conlleva que acordarse de dichos parámetros sea una tarea demasiado ardua. Esto se ha visto reflejado en que las respuestas sobre la decisión de compra poseen muchísima menos variabilidad que el resto, siendo un sujeto de cada muchos el que cambia su decisión de compra puntualmente.

Dicho lo anterior, solo queda expresar que en todos los casos es la RA o la RV las que han provocado una decisión de compra positiva mayor, por lo que se puede intuir, pero no demostrar con este experimento, que son medios en los que el producto tiene un se ve beneficiado a nivel comercial. En ningún caso, salvo en la silla C donde los tres se encuentran prácticamente empatados, el NPR alcanza el nivel de aceptación de compra del medio dominante para cada silla.

5.2. Discusión de resultados de las pruebas estadísticas

Las pruebas estadísticas han arrojado resultados de los cuales se pueden deducir algunas características sobre la percepción que se tiene de las mismas. Estas pruebas dan más claridad acerca de algunos comentarios del apartado anterior, reforzándolos en la mayoría de los casos.

5.2.1. Discusión de los resultados de las pruebas (pares bipolares de la silla A)

Se ha de recordar que, para esta silla, empleando la prueba de Friedman, se tuvo que existen diferencias significativas entre grupos para los pares bipolares “Ligera-pesada”, “CÓmoda-incÓmoda”, “Moderna-clásica y “Bonita-antiestética”. Si se procede ahora con la comparación pareada, se puede apreciar que NPR es el método que casi siempre posee diferencias con los otros dos, mientras que la RA y la RV carecen de diferencias entre ambas para todos los casos. Solamente se tiene como excepción que en “Moderna-clásica” no existen diferencias entre NPR y RV. No obstante, para ese mismo par bipolar el p-valor entre RA y RV es mucho mayor que entre NPR y RV, lo que indica que, aunque en ninguno de los dos casos existan diferencias, existe una línea mucho más difuminada entre NPR y RV que entre RA y RV en cuanto a diferencia de grupos se refiere.

Como en NPR no se puede observar el tamaño real, a diferencia de RA y RV, es probable que existan diferencias perceptuales en el peso debido a que la silla A tiene un tamaño anormalmente grande, por lo que la diferencia entre el tamaño que el usuario supone que tiene en NPR y el real que después percibe en RA/RV es probablemente elevada. Esto se puede corroborar si se presta atención a la media que este par bipolar tiene en esta silla, donde para RA y RV se la considera mucho más pesada que para NPR. Para los pares de adjetivos relacionados con la ideología, la silla se percibe como más bonita en RA y RV que en NPR. También se considera que es más moderna en RA que en RV. Esto podría deberse a que en NPR no se puede observar los acabados de las sillas, lo que en este caso produce peores resultados en cuanto a percepción de estos dos pares bipolares.

5.2.2. Discusión de los resultados de las pruebas (pares bipolares de la silla B)

El par bipolar “Ligera-Pesada” posee diferencias entre NPR y RA, lo cual es algo lógico por los mismos motivos que se han explicado en la silla A. No obstante, también existen diferencias entre RA y RV. Esto puede deberse a que, si se atiende a la media, la silla B se percibe más ligera en RV que en RA debido a que su pequeño tamaño se muestra más acusadamente cuando se percibe directamente a través de los ojos que cuando se emplea un smartphone para proyectar. Además, lo ya dicho se une al efecto del entorno, donde en RV la silla se encuentra en el centro de la habitación, en la que no existen objetos cercanos para comparar la silla.

Por otro lado, se confirma que el par bipolar “Artesanal-Industrial” carece de lógica. La topología de la silla se observa en los tres medios, así que ése no puede ser un factor relevante. El segundo posible factor de influencia son los acabados y el tamaño, los cuales se aprecian en RA y RV, medios de visualización entre los cuales existen diferencias significativas.

5.2.3. Discusión de los resultados de las pruebas (pares bipolares de la silla C)

La silla C tiene aparentemente algunas características que permiten que se pueda percibir de manera muy similar en todos los medios de visualización. Esto queda especialmente remarcado al observar que el p-valor obtenido en las pruebas de diferencias de grupos es altísimo en todos los pares bipolares, lo cual es moderadamente sorprendente. La única hipótesis que podría justificar este hecho es la misma que la comentada en el caso de la seguridad o la evaluación global, pues resulta que aparentemente se tiene mayor conocimiento supuesto de esta silla porque resulta mucho más familiar. En consecuencia, la estimación de los valores es mucho más

precisa e invariable debido a que el usuario emplea otras sillas similares vistas con anterioridad de referencia.

5.2.4. Discusión de los resultados de las pruebas (pares bipolares de la silla D)

Si se pone el foco de atención en el par bipolar “Moderna-Clásica”, se observa que al igual que en la silla A existen diferencias entre NPR y los otros dos sistemas de representación. Esto puede refutar parcialmente que en determinados casos el acabado (materiales) y el tamaño de la silla puede tener importancia en cómo de moderno se percibe un producto. En todos los medios de visualización se aprecia la topología de la silla, aunque solo en RA/RV se aprecian los acabados, por lo que también parece ser que la forma no influye tanto, pues la silla A tiene una forma mucho más curvada mientras la silla D se basa en superficies rectas para conformarse, pero en ambas existen diferencias entre NPR y RA/RV para “Moderna-clásica”.

El par bipolar “Divertida-Seria” cambia también entre NPR y los otros dos medios de visualización, siendo la silla D la única en la que existen diferencias en este medio de representación. Se intuye, haciendo alusión a las imágenes NPR utilizadas para la representación de la silla D, que no se aprecia demasiado bien la zona superior del asiento para este medio de representación, aunque el sujeto se fijara en todos los puntos de vista, por lo que significaría que la evaluación en ciertos casos no es correcta. Otra posible figuración mucho más probable podría estar relacionada con los materiales empleados, pues la silla D es la única silla que no posee colores llamativos, por lo que se podría pensar que el sujeto se ve afectado de alguna manera por la sobriedad de esta. Dicho de otro modo, la topología de la silla, principal parámetro evaluable en NPR, da la sensación de que la silla es divertida. No obstante, los materiales sobrios provocan probablemente que la silla se perciba como más seria en los otros dos medios, ya que existe una contradicción entre lo que la topología sugiere y la sensación que el acabado añade.

5.2.5. Discusión de los resultados de las pruebas de las sillas para el valor de seguridad, la evaluación global y la decisión de compra

Prestando atención a la Tabla 21 se puede concretar que el NPR presenta diferencias con la RA/RV para el valor de seguridad. Esto implica que las variables como poder percibir el acabado, el volumen de la silla y la interacción con ella durante la visualización es información clave para que el usuario sienta que la evaluación que realiza es más correcta. Faltaría comparar estos dos métodos con otros que posean características similares al NPR para conocer cuáles afectan en mayor medida a la seguridad.

La evaluación global parece no poseer diferencias significativas entre grupos, lo que daría a entender que independientemente del medio empleado las sillas serán igualmente atractivas en general. No obstante, como se ha podido justificar con la media de este parámetro, existen pequeñas diferencias entre medios. Se figura que estas pequeñas diferencias están ligadas a la mayor sensación de seguridad o a rasgos topológicos muy marcados, pero no ha logrado demostrar.

Complementando a los comentarios realizados anteriormente en la decisión de compra, no parece ser un parámetro evaluado correctamente, ya que no existen diferencias entre grupos salvo en la silla A. La necesidad de ser coherentes con la respuesta a la decisión de compra en el primer medio ha provocado que en un porcentaje absurdamente alto la decisión de compra sea

la misma en los tres medios. No se ha hallado una solución que explique con certeza el motivo por el cual la silla A es la única que sufre diferencias perceptuales en cuanto a la decisión de compra. Lo que sí se puede confirmar es que el resultado tiene cierto sentido ya existen diferencias entre NPR y RA/RV, lo que implica que la variación ocurre con el medio con características más dispares a los otros dos, mientras que entre los medios más semejantes no las hay.

5.3. Discusión final de los resultados en relación con las hipótesis enunciadas

Basándose en las hipótesis planteadas en este estudio, se va a llegar a su respuesta en las conclusiones, aunque aparece desarrollado en la parte de resultados del trabajo. En concreto, se tenían tres hipótesis que se buscaba demostrar.

- H1: Existen diferencias perceptuales en la evaluación de un producto al emplear sistemas de representación diferentes (NPR, RA y RV).

Se ha comprobado que, efectivamente, existen diferencias entre pares bipolares para cada sistema de representación diferente. Normalmente la diferencia la encontramos entre NPR y los otros dos sistemas. No obstante, existe algún caso concreto donde existen diferencias entre RA y RV o donde no existen diferencias entre NPR y RV. En la Tabla 26 aparecen reflejadas aquellas comparaciones pareadas que indican que sí existen diferencias, marcadas en color gris.

Tabla 26.

Valor de significatividad de los pares bipolares de las sillas donde existen diferencias de grupos

Silla	Par bipolar	NPR – RA	NPR – RV	RA – RV
Silla A	Ligera – Pesada	0.096	0.003	0.316
	Cómoda – Incómoda	0.032	0.012	0.672
	Moderna – Clásica	0.019	0.116	0.582
	Bonita – Antiestética	0.001	<.001	0.207
Silla B	Ligera – Pesada	0.029	0.94	0.029
	Artisanal – Industrial	0.008	0.264	0.026
Silla D	Moderna – Clásica	0.039	0.008	0.157
	Divertida - Seria	0.035	0.895	0.113

- H2: El sistema de representación empleado (NPR, RA y RV) influye en la decisión de compra de un determinado producto.

Desafortunadamente esta hipótesis no se ha podido confirmar ni desmentir con seguridad debido a explicaciones dadas anteriormente en este mismo documento. Por tanto, queda para futuros estudios la comprobación de esta hipótesis.

- H3: El sistema de representación empleado (NPR, RA y RV) influye en el nivel de seguridad de un determinado producto.

Esta hipótesis queda totalmente demostrada, al menos para el caso de las sillas de diseño, pues por un lado la media del valor de seguridad mostraba claramente un patrón, en el que la RV se situaba como el medio de mayor seguridad, seguido de la RA y por último el NPR. Por otro lado, con la prueba de Friedman se ha mostrado que existen diferencias entre grupos, donde siempre que las hay es entre NPR y los otros dos medios. Cabe destacar que en la silla C no existen diferencias de influencia en el nivel de seguridad de ninguna forma, pero ya se ha realizado una conjetura probable del porqué de este caso excepcional. Esto lleva a pensar que el nivel de seguridad se encuentra beneficiado en RA y RV debido a que obtener más información (volumen del objeto y acabados de los materiales) produce una sensación de que la evaluación del producto es correcta. Además de ello, queda sugerido, aunque no directamente demostrado, que en RA y RV la evaluación global es ligeramente superior al NPR, probablemente porque a mayor seguridad también exista una evaluación general superior.

5.4. Otros factores de discusión dignos de mención

Esta sección recoge dos matices a discutir que, lejos de estar demostrados, no se pueden tampoco descartar como posible influencia en el experimento. Por tanto, los siguientes puntos podrían considerarse interesantes de comentar:

- Cabe destacar que los usuarios pueden encontrarse con que la RA o la RV se encuentran antes del NPR a la hora de realizar la prueba. Poder observar el volumen y los materiales de la silla quizás influya en que en el NPR utilicen el recuerdo para intentar evaluar la silla. Un resultado claramente sesgado, por ejemplo, podría ser la decisión de compra, la cual apenas ha variado entre sistemas de representación, aunque esto debería demostrarse mediante otros estudios.
- Otro factor limitante podría haber sido la escasez de sujetos que impidió descartar outliers. No obstante, no lo fue debido a que solo existían dos casos atípicos cuya eliminación apenas habría cambiado los resultados, pues el p-valor se encontraba muy alejado del nivel de significatividad en todos los casos. En el único valor cercano, se ha tratado dicho resultado explicando ambas posibilidades, es decir, explicando lo que ocurriría rechazando y aceptando la hipótesis nula de diferencia de grupos. De esta manera se ha intentado que el resultado fuera tratado con la prudencia que merece.

6. Conclusiones

Entender cómo se percibe un producto y cómo lo evalúan los usuarios son aspectos importantes para garantizar que un nuevo diseño se presente y comunique con eficacia. Este estudio refleja como el medio de visualización afecta en la evaluación de un producto, en este caso, a la evaluación de cuatro sillas.

Algunas características como el peso son más difíciles de evaluar (diferencias encontradas en dos de las cuatro sillas), pero en general, casi todas las categorías del placer de Jordan se han visto afectadas para sillas diferentes sin ver un patrón de comportamiento. Por tanto, al tratarse de diseños extravagantes, puede existir algún otro tipo de factor que de momento se desconoce, pero que puede estar influyendo sobre la evaluación de las sillas. Por otra parte, los medios de presentación también pueden ser un poderoso mecanismo para resaltar ciertos atributos del producto, como por ejemplo lo tradicional que pueda parecer una silla (en este caso resalta en RV) o lo pesada que puede ser (más pesada en medios más inmersivos).

Uno de los principales puntos que se ha obtenido mediante este estudio queda reflejado en el valor de la seguridad, siendo mejor en RV, seguido por escasa diferencia con RA y por último, con un valor significativamente menor, NPR. Este parámetro es de vital importancia, pues cuánto más seguro se esté de que se ha valorado correctamente el producto, se tiene más confianza en la decisión tomada. También posee interés en la evaluación de un producto en fase de desarrollo, pues el diseñador puede mostrar un nuevo concepto al resto del equipo o a un cliente de prueba para que realicen valoraciones. Si se muestra en un medio más seguro, independientemente de que la respuesta sea negativa o positiva, obtendrá una valoración real que le ayudará mucho en el proceso de diseño.

Por parte de la evaluación global, se sugiere que esta se ve afectada probablemente por el valor de seguridad, gustando más de forma general cuanto mayor conocimiento se tenga de la misma. Por último, se ha comprobado que la decisión de compra ha proporcionado resultados incoherentes debido a que no se ha medido como se esperaba.

Las diferencias se encuentran siempre entre NPR y los otros dos medios, mientras que entre RA y RV no, por lo que presentar un producto en RA o RV da lugar a resultados similares en la percepción del producto. Esto sugiere que la capacidad de visualizar el objeto a tamaño real, poder observar los materiales y poder interactuar moderadamente con el producto tienen repercusiones en cómo es percibido, normalmente de manera positiva. También queda sugerido que la familiaridad es un parámetro importante para percibir el producto de una forma más precisa que la que normalmente te proporcionaría otro medio que muestre más información sobre características físicas del producto.

Por tanto, si se valora el trabajo de forma global, se puede afirmar que es moderadamente exitoso, pues se han demostrado dos hipótesis de las tres que se querían probar. Por parte del alumno, existía una motivación de realizar un estudio que tuviera fines científicos, cercanos a la investigación. Este trabajo le ha servido para conocer cómo se realiza un experimento en el campo de la percepción de producto, con claras aplicaciones que se han comentado en la introducción del trabajo.

A pesar de la minuciosa preparación del estudio, se han encontrado varios aspectos que ponen límites a las conclusiones que se pueden extraer debidas a la gran cantidad de recursos que consume el experimento, así como su duración y el compromiso con el mismo. Los sujetos han sido seleccionados por el entrevistador de su propio entorno, lo que conlleva que el experimento

se haya realizado casi en exclusividad a personas con estudios universitarios, pues en su gran mayoría los círculos sociales del encuestador están compuesto por gente de esa tipología.

Por otro lado, en casos muy puntuales se han encontrado limitaciones a la hora de emplear los sistemas de RA y de RV porque la insuficiencia de espacio dentro del recinto en el que se estaba situado, pues ha dificultado que la silla se pueda visualizar con la comodidad que se debería tener. Además de eso, el hecho de seguir el mismo orden de presentación de las sillas dentro de cada medio de representación, que en principio ayuda al sujeto a una mayor ubicación de este dentro del experimento, puede sesgar ligeramente los resultados.

Otra limitación radica en que en este estudio se ha centrado la atención en la parte de evaluar, olvidando completamente la parte del diseño. A la hora de diseñar, al tener que evaluar el trabajo realizado por expertos en la materia, puede ocurrir que la manera de percibir el producto sea diferente a como lo está evaluando el usuario final. Además, no se pueden extrapolar estos resultados a otro tipo de productos, por lo que otros estudios se deben llevar a cabo para cada tipología de producto.

Este trabajo quedaría mucho más completo si se desarrollaran otros que verifiquen algunas hipótesis que aquí se han demostrado con cierta seguridad. Sería especialmente atractivo un estudio en el que se mostrasen otro tipo de objetos que también fueran llamativos y muy diferentes entre sí, al igual que ocurre con estas sillas de diseño, para comprobar si los mismos resultados que se han alcanzado en este tipo de productos también son válidos para otros.

Otro estudio que podría llevarse a cabo es uno que de verdad pudiera comprobar si la decisión de compra se ve afectada por los mismos medios de representación aquí empleados. Para ello se tendría que instar a que la respuesta dada en un medio fuera diferente a la dada en otro si así es percibido, lo que daría lugar a que la información vista con anterioridad en otros métodos y que el deseo de responder coherentemente con lo que se ha dicho previamente no afectase.

También se ha explicado que, en caso de existir diferencias, NPR presenta siempre diferencias con RA y la mayoría de las veces con la RV. Ha quedado demostrado que debe ser por la capacidad de apreciar más información (volumen del objeto a tamaño real y acabados por materiales), además de poder interactuar más realísticamente con ellos. No obstante, no se ha demostrado en qué medida afecta cada uno, ni cuantitativa ni cualitativamente. Por tanto, se podrían realizar estudios que aislasen dichas características para comprobar cómo afecta cada una por separado. Por ejemplo, se podría presentar una misma silla, que posea acabados llamativos, dos veces en RV, la primera vez sin materiales y la segunda vez con ellos.

7. Bibliografía

- Prueba de Shapiro-Wilks | Métodos Cuantitativos*. (n.d.). Retrieved September 10, 2021, from <https://bookdown.org/dietrichson/metodos-cuantitativos/test-de-normalidad.html>
- Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum - Google Académico*. (n.d.). Retrieved September 14, 2021, from https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Augmented+Reality%3A+A+class+of+d+displays+on+the+reality-virtuality+continuum&btnG=
- Bleier, A., Harmeling, C. M., & Palmatier, R. W. (2019). Creating effective online customer experiences. *Journal of marketing*, 83 (2), 98-119. <https://doi.org/10.1177/0022242918809930>
- Blender NPR Basics 1: Cartoon Shading - YouTube*. (n.d.). Retrieved September 10, 2021, from https://www.youtube.com/watch?v=PRjQkCGv4ds&ab_channel=MarginallyCompetent
- Create a Procedural Wood Texture in 6 Minutes! Blender 2.91 - YouTube*. (n.d.). Retrieved September 10, 2021, from https://www.youtube.com/watch?v=q1YZjQ0MEq8&ab_channel=QuickBoxStudios
- Dey, A., Phoon, J., Saha, S., Dobbins, C., & Billingham, M. (2020, November). A Neurophysiological Approach for Measuring Presence in Immersive Virtual Environments. In 2020 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR) (pp. 474-485). IEEE https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9284723/?casa_token=Xb8n2F2zs-UAAAAA:LsKqVLRjw5sHTPM1xpbilPbbXNOHZ0qp3B_UiacpDtp-IHMjO_Wglc81k0d7RZSJZh7mnE29oQ
- Diseño Experimental Intra-Sujetos*. (n.d.). Retrieved September 14, 2021, from <https://es.slideshare.net/MateanitaRequena/diseo-experimental-intrasujetos>
- Forbes, T., Barnes, H., Kinnell, P., & Goh, Y. M. (2018). A study into the influence of visual prototyping methods and immersive technologies on the perception of abstract product properties. *DS91: Proceedings of NordDesign 2018, Linköping, Sweeden, 14th-17th August, 2018*. <https://www.designsociety.org/publication/40969/A+study+into+the+influence+of+visual+prototyping+methods+and+immersive+technologies+on+the+perception+of+abstract+product+properties>
- Galán, J., Felip, F., García-García, C., & Contero, M. (2021). The influence of haptics when assessing household products presented in different means: a comparative study in real setting, flat display, and virtual reality. *Academic.Oup.Com*. Retrieved September 14, 2021, from <https://academic.oup.com/jcde/article-abstract/8/1/330/6035281>
- Jeong, S. W., Fiore, A. M., Niehm, L. S., & Lorenz, F. O. (2009). The role of experiential value in online shopping: The impacts of product presentation on consumer responses towards an apparel web site. *Internet Research*, 19(1), 105–124. <https://doi.org/10.1108/10662240910927858/FULL/HTML>
- Jordan, P. W. (2000). *Designing pleasurable products: An introduction to the new human factors*. CRC press <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9780203305683/designing-pleasurable-products-patrick-jordan>
- Galán, J., García-García, C., Felip, F., & Contero, M. (2021). Does a presentation media influence the evaluation of consumer products? A comparative study to evaluate virtual reality, virtual reality with passive haptics and a real. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*. <https://doi.org/10.9781/ijimai.2021.01.001>
- Kavanagh, S., Luxton-Reilly, A., Wuensche, B., & Plimmer, B. (2017). A systematic review of Virtual Reality in education. *Themes in Science and Technology Education*, 10 (2), 85–119. <https://www.learnlib.org/p/182115/>
- Khalaj, J., & Pedgley, O. (2014). Comparison of semantic intent and realization in product design: A study on high-end furniture impressions. *Academia.Edu*. Retrieved September 10, 2021, from https://www.academia.edu/download/54176078/Comparison_of_Semantic_Intent_and_Realizati

on_in_Product.pdf

- Meehan, M., Insko, B., Whitton, M., & Brooks, F. P. (2002). Physiological measures of presence in stressful virtual environments. *ACM Transactions on Graphics, 21*(3), 645–652. <https://doi.org/10.1145/566654.566630>
- Nazri, N. I. A. M., & Rambli, D. R. A. (2014, June). Current limitations and opportunities in mobile augmented reality applications. In *2014 International Conference on Computer and Information Sciences (ICCNOINS)* (pp. 1-4). IEEE https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6868425/?casa_token=58_sYIW2AyQAAAAA:pwjMU6rn3_9UGfb71gPPe5Sj3IALXJMaXkG4Czx_O_oNyjSNgmUhm0KJ-RXDUaSXZhWUc-gygA
- Non-photorealistic rendering* - Wikipedia. (n.d.). Retrieved September 14, 2021, from https://en.wikipedia.org/wiki/Non-photorealistic_rendering
- O’Keefe, R. M., & McEachern, T. (1998). Web-based Customer Decision Support Systems. *Communications of the ACM, 41*(3), 71–78. <https://doi.org/10.1145/272287.272300>
- Schwald, B., & Laval, B. De. (2003). *An augmented reality system for training and assistance to maintenance in the industrial context*. Journal of WSCG 11 (1-3) <https://dspace5.zcu.cz/handle/11025/1662>
- Services, (2021, September). Managing the effectiveness of e-commerce platforms in a pandemic. Journal of Retailing and Consumer Services, Volume 58. Retrieved September 14, 2021, from https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0969698920312959?casa_token=oDWH6Sc29eEAAAAA:NEBxhLOmKxRpgohRLEXk0rCys1h8AG5KrhLgzcGY8IDTwYSZjkWrs13myA0sO4ZjVtGI95yoda
- Söderman, M. (2005). Virtual reality in product evaluations with potential customers: An exploratory study comparing virtual reality with conventional product representations. *Journal of Engineering Design, 16*(3), 311–328. <https://doi.org/10.1080/09544820500128967>
- Spatial | Oculus Quest* - YouTube. (n.d.). Retrieved September 14, 2021, from https://www.youtube.com/watch?v=0JD6F9XYrMQ&ab_channel=Oculus
- Tesch, A., & Dörner, R. (2020, October). Expert Performance in the Examination of Interior Surfaces in an Automobile: Virtual Reality vs. Reality. In Proceedings of the 28th ACM International Conference on Multimedia (pp. 2673-2681). <https://doi.org/10.1145/3394171.3413980>
- The Use of Virtual Reality in Architecture*. (n.d.). Retrieved September 14, 2021, from <https://architecturecompetitions.com/the-use-of-virtual-reality-in-architecture/>

PRESUPUESTO

PRESUPUESTO DESCOMPUESTO

CAPÍTULO 1. Personal investigador para el estudio					
Código	Unidad	Descripción	Medición	Precio unitario	Importe
01.01	h	INGENIERO INDUSTRIAL Ingeniero industrial encargado de realizar todas las fases del estudio.	200	12 €/h	2400 €
01.02	h	INGENIERO DE DISEÑO DE APOYO (TUTOR) Ingeniero de apoyo encargado de guiar y apoyar al ingeniero realizador del trabajo principal mediante consejos o realizando tareas complejas concretas.	40	18 €/h	720 €
01.03	km	TRANSPORTE Coste de desplazamiento necesario para realizar las encuestas en el domicilio particular de cada sujeto	150	0,094 €/km	140.7 €
01.04	%	COSTES INDIRECTOS	0,05	-	163.05

CAPÍTULO 2. Hardware y software requeridos					
Código	Unidad	Descripción	Medición	Precio unitario	Importe
02.01	Ud.	DISPOSITIVO DE REALIDAD VIRTUAL Adquisición del dispositivo Oculus Quest 2 para la realización del experimento.	1	349 €/ud	349 €
02.02	Mes	CLON DIGITAL Contratación de servicios de proyección de objetos mediante realidad aumentada utilizando el servicio Clon Digital.	3	250 €/mes	750 €
02.03	Mes	SPSS STATISTICS Contratación del programa de análisis estadístico empleado en el estudio.	2	99 €/mes	198 €

PRESUPUESTO FINAL

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN				
Código	Unidad	Descripción	Medición	Importe
01	Ud.	CAPÍTULO 1. Personal investigador para el estudio	1	3423,75 €
02	Mes	CAPÍTULO 2. Hardware y software requeridos	1	1298 €
			Importe base total	4721,75 €

Importe base total.....	4721,75 €
Gastos generales (13 %).....	613,82 €
Beneficio industrial (6 %).....	283,31 €
Importe total antes de IVA.....	5618,88 €
IVA (21 %).....	1179,97 €
Presupuesto de ejecución total.....	6798,85 €