

**SISTEMA DE SOPORTE PORTABLE Y ACOPLABLE A DIFERENTES  
DISPOSITIVOS PARA LA RECONSTRUCCIÓN MEDIANTE ESCÁNER 3D**

**Karen Julieth Abril Escalante**

**Ivette Ximena Rivera Saavedra**

**Fecha: Agosto Del 2022**

**Directora:**

**Clara Isabel López Gualdrón**

**Directora y docente Escuela de Diseño Industrial**

**Universidad Industrial De Santander**

**Facultad De Ingenierías Fisicomecánicas**

**Diseño Industrial**

**Bucaramanga**

**2022**

## Contenido

	Pág.
Resumen	11
1.Problemática De Investigación	13
1.1 Planteamiento Del Problema	13
1.2 Objetivos	14
1.2.1 Objetivo General	14
1.2.2 Objetivos Específicos	14
1.3 Justificación	15
1.4 Marco Teórico	17
1.4.1 Reconstrucción 3D	17
1.4.2 Nube de puntos	17
1.4.3 Profundidad De Campo	18
1.4.4 Escáner 3D	19
1.4.5 Tendencias Escáner 3D	19
1.4.6 Tipos de escáner manuales	21
1.4.7 Escáneres de la Escuela De Diseño Industrial UIS	22
1.4.8 Percentiles	22
1.4.9 Carga Manual	23
1.5 Metodología	26
2. Actividades	27

2.1 Vigilancia Tecnológica	27
2.2 Alcance Y Riesgos	31
2.2.1 Matriz De Riesgo	31
2.2.2 Costos	32
2.3 Entender Necesidades	32
2.3.1 Glosario	32
2.3.2 Usuario Arquetipo	32
2.3.3 Mapa De Empatía	35
2.3.4 Encuestas Sobre Problemas	36
2.3.4.1 Encuesta a usuarios con experiencia escaneando en 3d	36
2.3.4.2 Prueba con usuarios inexpertos sobre el uso de los escáneres	37
2.3.4.1 Resultados Primer Analisis Postural	40
2.3.5 Lista De Deseos	42
2.4 Análisis Del Problema	45
2.4.1 Fishbone	45
2.4.2 Diagrama Fast	48
2.4.3 Mapa De Interacciones	49
2.5 Requerimientos	50
2.5.1 Diagrama Qfd	50
2.5.2 Prs Lista De Requerimientos	52
2.6 Concepto De Diseño	53

2.6.1 Brief Del Producto	53
2.6.2 Moodboard	56
2.6.3 Conceptos de inspiración para las alternativas	56
3 Idear	58
3.1 Primeras Alternativas	58
3.2 Evaluación De Alternativas	60
3.2.1 Proceso Analítico Jerárquico	60
4 Arquitectura Del Producto	62
4.1 Prototipos Rápidos	62
4.2 Prototipos Funcionales	63
4.3 Evolución De La Alternativa	64
4.3.1 Evolución 1	64
4.3.2 Evolución 2	67
4.3.2.1 Detalle Mecanismo	70
4.4 Componentes Y Materiales	70
4.4.1 Lista De Materiales Bom	70
4.4.2 Inclusión Sistemas Electrónicos	73
4.4.3 Alcance dentro del mercado actual	76
4.5 Diseño De Detalle	77
4.5.1 Render Final	78
4.5.2 Planos Técnicos	80

4.5.3 Simulaciones	80
5 Testear	81
5.1 Pruebas Verificación	82
5.1.1 Análisis del esfuerzo del material	82
5.1.2 Carga máxima	86
5.1.3 Calibración De Sensores	89
5.2 Pruebas De Validación	90
5.2.1 Test Clásico De Usabilidad	90
5.2.1.1 Variable de Eficiencia	93
5.2.1.2 Variable de Eficacia	97
5.2.1.3 Variable de Satisfacción	100
5.2.2 Análisis Postural	112
5.2.3 Análisis De Los Modelos 3D	115
6 Propuesta De Valor	129
6.1 Conclusiones Finales	133
Referencias Bibliográficas	135
Anexos	139

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Escáneres de la escuela de Diseño Industrial de la UIS	22
<b>Tabla 2.</b> Análisis comparativo Benchmarking	29
<b>Tabla 3.</b> Costos prototipo	33
<b>Tabla 4.</b> Clasificación de problemas	40
<b>Tabla 5.</b> Posturas con los escáneres	41
<b>Tabla 6.</b> Lista de deseos	43
<b>Tabla 7.</b> Brief	54
<b>Tabla 8.</b> Primeras alternativas	59
<b>Tabla 9.</b> Proceso analítico J	62
<b>Tabla 10.</b> Lista de materiales BOM	71
<b>Tabla 11.</b> Componentes electrónicos	76
<b>Tabla 12.</b> Alcance dentro del mercado	77
<b>Tabla 13.</b> Pruebas de Verificación	83
<b>Tabla 14.</b> Carga en el soporte	85
<b>Tabla 16.</b> Mecanismo de giro	86
<b>Tabla 17.</b> Mecanismo de gatillo	87
<b>Tabla 18.</b> Informe de desplazamientos	88
<b>Tabla 19.</b> Informe de deformaciones unitarias	89
<b>Tabla 20.</b> Productos a testear	91
<b>Tabla 21.</b> Pruebas Test Clásico de Validación	93
<b>Tabla 22.</b> Información de tiempo en función de los escáneres y el soporte	94
<b>Tabla 23.</b> Nivel de éxito en la tarea	99
<b>Tabla 24.</b> Resultados de posturas con y sin soporte	113
<b>Tabla 25.</b> Modelos obtenidos por un experto	118
<b>Tabla 26.</b> Modelos obtenidos por usuarios inexpertos	119
<b>Tabla 27.</b> Diferencia de poligonaje	121
<b>Tabla 28.</b> Análisis poligonaje	122

<b>Tabla 29.</b> Diferencia de poligonaje entre modelos	126
<b>Tabla 30.</b> Diferencia entre superficies	127
<b>Tabla 31.</b> Diferencia de bordes desnudos	131
<b>Tabla 30.</b> Propuesta de valor respecto a la competencia	132
<b>Tabla 33.</b> Propuesta de valor respecto al escaneo sin soporte	133

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Comparación proyección participación escáneres	20
<b>Figura 2.</b> Carga manual recomendada	25
<b>Figura 3.</b> Comparación benchmarking	32
<b>Figura 4.</b> Mapa de empatía estudiante	37
<b>Figura 5.</b> Fishbone	47
<b>Figura 6.</b> Diagrama Fast	49
<b>Figura 7.</b> Mapa de interacciones	50
<b>Figura 8.</b> Moodboard	57
<b>Figura 9.</b> Prueba de concepto, giroscopio	58
<b>Figura 10.</b> Prueba de concepto, giroscopio	58
<b>Figura 11.</b> Prueba de concepto, giroscopio	58
<b>Figura 12.</b> Prueba de concepto, giroscopio	58
<b>Figura 13.</b> Prototipos rápidos	64
<b>Figura 14.</b> Prototipos rápidos	64
<b>Figura 15.</b> Adaptadores intercambiables, Go Scan	64
<b>Figura 16.</b> Adaptadores intercambiables, tablet	64
<b>Figura 17.</b> Adaptadores intercambiables, tablet	64
<b>Figura 18.</b> Adaptadores intercambiables, Go Scan	64
<b>Figura 19.</b> Adaptadores intercambiables, Sense	64
<b>Figura 20.</b> Adaptadores intercambiables, Go Scan	64
<b>Figura 21.</b> Prototipo funcional, giroscopio	65
<b>Figura 22.</b> Prototipo funcional, giroscopio	65
<b>Figura 23.</b> Prototipo funcional, giroscopio	65
<b>Figura 24.</b> Primera evolución de la alternativa con el Go Scan	66
<b>Figura 25.</b> Primera evolución de la alternativa con el Go Scan	66
<b>Figura 26.</b> Primera evolución de la alternativa con el Sense	67

<b>Figura 27.</b> Primera evolución de la alternativa con el Sense	67
<b>Figura 28.</b> Primer prototipo de la perilla que presiona el botón del Go Scan	67
<b>Figura 29.</b> Prueba con el primer prototipo	68
<b>Figura 30.</b> Prueba con el primer prototipo	68
<b>Figura 31.</b> Segunda evolución del soporte	69
<b>Figura 32.</b> Segunda evolución del soporte con el Go Scan	69
<b>Figura 33.</b> Segunda evolución del soporte con el Go Scan	69
<b>Figura 34.</b> Segunda evolución del soporte con el Sense	70
<b>Figura 35.</b> Segunda evolución del soporte con el Sense	70
<b>Figura 36.</b> Segunda evolución del soporte con la tablet	70
<b>Figura 37.</b> Segunda evolución del soporte con la tablet	70
<b>Figura 38.</b> Detalle Mecanismo	71
<b>Figura 39.</b> Detalle Mecanismo	71
<b>Figura 40.</b> Render con adaptador para escáneres con cuello de forma elíptica	79
<b>Figura 41.</b> Render con adaptador para escáneres con cuello de forma elíptica	79
<b>Figura 42.</b> Render en modo para escáneres planos con adaptadores de trípode	80
<b>Figura 43.</b> Planos técnicos	81
<b>Figura 44.</b> Uso para escáneres con forma de cuello de agarre como el Go Scan	81
<b>Figura 45.</b> Uso para escáneres con adaptador para trípode como el Sense	82
<b>Figura 46.</b> Uso para otros dispositivos que hagan uso de un adaptador para trípode	82
<b>Figura 47.</b> Caracterización mecánica a tensión en impresión 3D de PLA y ABS fundido	84
<b>Figura 48.</b> Sujeciones y fuerzas aplicadas al modelo	85
<b>Figura 49.</b> Primer test del soporte con implementación de sensores y luces led	90
<b>Figura 50.</b> Comparativa entre los tiempos gastados con el Go Scan	96
<b>Figura 51.</b> Comparativa entre los tiempos gastados con el Sense	96
<b>Figura 52.</b> Porcentaje de participantes que estuvieron bajo el umbral Go Scan	97
<b>Figura 53.</b> Participantes que estuvieron bajo el umbral con el escáner Sense	97
<b>Figura 54.</b> Comparativo 1 de los niveles de éxito con y sin soporte	100
<b>Figura 55.</b> Comparativo 2 de los niveles de éxito con y sin soporte	100
<b>Figura 56.</b> Comparativo 2 de los niveles de éxito con y sin soporte	100
<b>Figura 57.</b> Percepción de esfuerzo físico Go Scan	102

<b>Figura 58.</b> Percepción de esfuerzo físico Sense	103
<b>Figura 59.</b> Percepción de esfuerzo mental Go Scan	104
<b>Figura 60.</b> Percepción de esfuerzo mental Sense	105
<b>Figura 61.</b> Percepción de incomodidad Go Scan	105
<b>Figura 62.</b> Percepción de incomodidad Sense	106
<b>Figura 63.</b> Percepción de Confiabilidad Go Scan	106
<b>Figura 64.</b> Percepción de Confiabilidad Sense	107
<b>Figura 65.</b> Percepción de la rotación del escáner	108
<b>Figura 66.</b> Percepción de la forma de manipular el escáner	108
<b>Figura 67.</b> Percepción de comodidad pensando en largas horas escaneando	108
<b>Figura 68.</b> Percepción de la retroalimentación	109
<b>Figura 69.</b> Percepción de fluidez que aporta el escáner	109
<b>Figura 70.</b> Percepción del cambio de un escáner a otro	109
<b>Figura 71.</b> Percepción de ubicar el Go Scan en el soporte	110
<b>Figura 72.</b> Percepción de ubicar el Sense en el soporte	110
<b>Figura 73.</b> Resultado Go Scan	118
<b>Figura 74.</b> Resultado Sense	119

## RESUMEN

### **TÍTULO:**

Diseño de un sistema de soporte portable y acoplable a diferentes dispositivos para la reconstrucción mediante escáner 3D.

**PALABRAS CLAVE:** SCANNING RIG, PHOTOGRAMMETRY RIG, SCANNER, SOPORTE ESCANER, AUTOMATED RIG, AUTOMATING CAPTURE FOR 3D.

**VARIABLE DEPENDIENTE:** Facilidad-Comodidad del proceso de escaneo

**VARIABLE INDEPENDIENTE:** Características físicas de los escáneres y la interacción con los usuarios.

### **RESUMEN**

Actualmente, entre las tecnologías más utilizadas para escanear dimensiones humanas se encuentran la fotogrametría, luz estructurada y láser (Morillo, 2015). En el caso de la fotogrametría, con un solo clic más de 50 cámaras capturan una sola imagen al tiempo, este resulta un método efectivo pero nada portable debido a la cantidad de elementos a utilizar. Por otro lado, existen soluciones de mayor tecnología que permiten el uso de un solo dispositivo escáner, pero usualmente son poco portables y con precios elevados al igual que el anterior. Adicionalmente, se suman otras dificultades que se presentan durante la reconstrucción tridimensional, tales como la estabilidad y precisión del proceso manual del escaneo, la concentración de la carga en un solo punto de apoyo y las posturas incómodas para escanear ciertas zonas del modelo. En consecuencia, esta propuesta investigativa consiste en una

solución a partir del diseño de un sistema de soporte portable y acoplable a diferentes tipos de dispositivos escáner 3D manuales por medio de la metodología Design Thinking. De este modo se trata de ofrecer una herramienta versátil, modular y portable que permita al usuario trasladar el equipo, armarlo donde desee de manera fácil y sin ocupar mucho espacio.

La Metodología consistió en 5 etapas: La primera etapa consistió en empatizar con los usuarios de los escáneres, tanto expertos como inexpertos, con el fin de conocer qué tipo de problemas tenían al escanear. En la segunda etapa se recopilaron las necesidades y se definió la línea de acción del problema. En la tercera etapa se propusieron diferentes soluciones a los problemas por medio de alternativas. Posteriormente se realizaron prototipos funcionales que luego se validaron para corroborar que cumpliera con los objetivos. Finalmente el prototipo escogido logró solucionar los problemas puntuales en cuanto a uso, portabilidad, acople y mejoría en los modelos virtuales obtenidos por principiantes.

# 1. PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### **PROBLEMA:**

La escuela de diseño industrial ha adquirido diferentes escáneres 3D con el fin de utilizarlos como herramienta en la investigación y el crecimiento de conocimiento entre los miembros interesados tanto en la escuela como en la comunidad universitaria. Los principales encargados de pedir y utilizar estos dispositivos fueron el grupo de investigación interfaz. Dada la experiencia de uso se identificaron diferentes oportunidades de mejora como: El usuario que realiza el escaneo 3D debe ejecutar el procedimiento de forma manual si cuenta con un solo dispositivo escáner. Este debe abarcar todas las zonas del modelo con la distancia y profundidad de campo precisa, sin embargo, no posee la certeza de haber capturado el total de las zonas del modelo debido a que el sistema no posee una clara retroalimentación. Además, debe soportar el peso del escáner haciendo todo tipo de posturas incómodas, llegar a regiones difíciles del modelo y adecuar una iluminación homogénea. Concretando se puede afirmar que la calidad del escaneo en este caso, depende directamente de su habilidad psicomotriz, aumentando el margen de error en los resultados.

También es cierto que en la actualidad no existe un sistema universal que funcione para todo tipo de aplicaciones. Tal como se menciona en “3D scanning instruments”:

-Ningún escáner puede satisfacer por sí solo todas las demandas en los diferentes proyectos.

Además de las consideraciones de precisión, otras características son importantes para la selección del instrumento más adecuado para una determinada tarea. Entre ellas están la

interferencia, el posible campo de visión, la inclusión de las cámaras de imagen, la facilidad de transporte, el tipo de suministro de energía y la calidad del software de exploración (Peris-Lopez et al., 2007).

Basándonos en lo anterior, se pretende crear un sistema adaptable a diferentes escáneres de tipo manual que funcionen para diferentes proyectos.

### **PREGUNTA DE DISEÑO:**

¿Cómo se puede mejorar la calidad de los volúmenes de reconstrucciones 3D obtenidos mediante un escáner de nube de puntos?

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un sistema de soporte portable y acoplable a diferentes tipos de dispositivos escáner 3D manuales, para facilitar la toma de datos en el escaneo por nube de puntos de volúmenes con proporciones humanas, por medio de la metodología Design thinking.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Generar un concepto para el desarrollo de soporte de escáner portable y acoplable a los escáneres tomando como referencia los escáner del lab de tecnologías 2D y 3D, considerando los requerimientos y la vigilancia tecnológica realizada sobre el tema.

2. Evaluar el margen de error de los modelos virtuales, utilizando un método

comparativo en el que se analizarán los escaneos obtenidos por un usuario experto con respecto a los escaneos generados con el uso de la estructura soporte.

3. Validar el prototipo utilizando el test clásico de usabilidad, determinando el nivel de éxito de la tarea como medida de eficacia, eficiencia y satisfacción.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

La experiencia de usuario es el proceso mediante el cual el usuario interactúa con todo lo que representa el producto; la manera en la que se percibe dicho producto por primera vez, puede llegar a limitar o facilitar el buen desarrollo de la actividad; es por esto que el primer acercamiento con un escáner debe permitir al usuario entender y familiarizarse con las prestaciones del dispositivo de manera que pueda desarrollar la actividad de forma cómoda y sencilla.

En el momento de capturar la información del modelo, muchos factores pueden influir en la calidad de los datos obtenidos. Algunos están directamente relacionados con la tecnología y los elementos del escáner, y otros como el área de captura, la iluminación de la escena, la posición del sensor frente a él y las características propias del modelo tales como color, brillo, textura, etc, hacen parte de los factores externos. (Parras et al., 2016)

Esto implica que el usuario deba tener como mínimo la habilidad motriz para ubicar el dispositivo en la posición y profundidad correcta con respecto al modelo, además de simultáneamente observar cómo se va recreado el modelo al mismo tiempo que intenta abarcar manualmente todas las superficies del mismo, por ello, se hace evidente que la calidad de los resultados obtenidos por un experto no será la misma que la de un principiante.

Estos escáneres 3D, requieren una previa curva de aprendizaje muy amplia antes de poder dominar el dispositivo, generando confusión, e incomodidad debido al agarre y la manera en la que se debe escanear; relacionado con la memoria muscular dado que el usuario tiende a soportar cargas de gran peso sobre su mano dominante, cuando lo correcto sería distribuir el mismo con sus dos manos. El agarre no solo sirve como un medio para posicionar las manos, sino que también proporciona una forma de mover la información, a través de la retroalimentación más cómoda.

Es allí, donde la ergonomía juega un papel importante, buscando prevenir lesiones por esfuerzos repetitivos, malas posturas y molestias debido a la fuerza recargada sobre la muñeca al realizar dicha actividad; es importante recordar que el mal funcionamiento de una articulación puede comprometer en muchos sentidos la estabilidad de la persona.

Es por esto que, por medio de este proyecto se busca brindar, a nuevos usuarios de los dispositivos mencionados anteriormente, una mayor estabilidad que distribuya las cargas, por medio de una estructura a manera de soporte, para así, disminuir la incomodidad que desemboque en un escaneo de baja calidad.

Ahora bien, llevándolo al entorno del laboratorio de diseño industrial de la Universidad Industrial de Santander, estas nuevas experiencias se desarrollan frente a tres distintos dispositivos de escáner 3D se planteó resolver el diseño de la estructura otorgándole cualidades que permitan su portabilidad pues se desea de igual manera promover el escaneo de actores de difícil acceso a la infraestructura del laboratorio, debido a su escala, movilidad o peso.

## **1.4 MARCO TEÓRICO**

### **1.4.1 RECONSTRUCCIÓN 3D**

Cuando se habla de la traducción de un elemento hacia otro entorno que no es propio del mismo, en este caso del entorno físico al digital, se puede hablar directamente del proceso de reconstrucción, pues se genera un nuevo elemento que habita dentro del entorno digital, el cual simula las propiedades del original, pero siendo generado como una copia. Ahora bien, a este proceso de reconstrucción se le agregan diversos atributos que validan y reafirman el por qué este proceso ha evolucionado tanto en complejidad como en calidad pues vemos como “la reconstrucción 3D de objetos es una herramienta importante en la industria por la opción que ofrece de prototipado rápido de objetos reales a través de la generación de archivos... son obtenidos por diversas metodologías; la proyección de franjas y el escaneo láser figuran entre ellas.” (Múnera, et al., 2011)

### **1.4.2 NUBE DE PUNTOS**

Uno de los principales conceptos a comprender y analizar es cómo se recrean los modelos físicos en el entorno digital de tres dimensiones. Este procedimiento inicial se realiza mediante la alineación de puntos los cuales al igual que los píxeles en las imágenes son los encargados de grabar la información visual en este caso de una superficie, pues de acuerdo a documentación relacionada con uno de los softwares de recreación 3D de Capturing Reality “cada punto láser del escáner es extrapolado en un vector (los vectores poseen magnitud y dirección, usualmente representados en forma de una flecha). Cada atributo escaneado es condensado en un único punto, creando esferas a manera de vectores.” (C. Thomson, 2019). Es entonces donde vemos como las nubes de puntos son la colección de sets únicos de coordenadas, donde cada punto posee sus coordenadas específicas en cada uno de los ejes X,

Y y Z, e incluso en algunos casos, poseen información de color de la superficie física original escaneada. Estos puntos son tomados a partir de atributos de referencia de la superficie en los que el software realizando asociación con puntos cercanos ubica el siguiente punto dentro del grupo de coordenadas por medio del algoritmo propio del software.

### **1.4.3 PROFUNDIDAD DE CAMPO**

Entendiendo que la profundidad de campo es la propiedad de un sistema de detección que habla del rango espacial en el cual un objeto se encuentra enfocado, en otras palabras, es la distancia entre el objeto más cercano, y el más lejano, que se encuentran enfocados por el sistema de detección. Ahora bien, los escáneres 3D trabajan con cámaras y sensores limitados, específicamente en la distancia focal a la que debe estar el elemento a escanear, pues a diferencia de las cámaras fotográficas comunes, en estos dispositivos de escáner no se tiene la posibilidad de graduar la distancia focal con el fin de ajustarla hacia la distancia del objeto, dentro de lo anterior se resalta que “Los escáneres 3D con menos de un metro de distancia focal incluyen escáneres 3D de triangulación láser y de luz estructurada.” (3dsystems, 2017) por ejemplo estos últimos proyectan una serie de patrones lineales sobre un objeto, y a partir de esto calculan la distancia entre el escáner y la superficie del objeto, es por esto, que la profundidad de campo juega un rol importante al momento de realizar la actividad, pues dicha distancia debe ser ajustada de manera manual por el operador del escáner corrigiendo su ubicación con respecto al sujeto a escanear.

#### **1.4.4 ESCÁNER 3D**

Existen diferentes tipos de escáner 3D, que dependiendo de la tecnología y las herramientas auxiliares utilizadas influyen en la calidad del escaneo. Así mismo entre más avanzado sea el nivel tecnológico, fotogrametría, láser, luz estructurada, mayor será su costo y nivel de complejidad; tal como se menciona en el libro *Scanning 3D full human bodies using kinecs* “los escáneres láser pueden capturar el cuerpo humano garantizando alta calidad. Sin embargo, estos dispositivos son costosos y a menudo requieren conocimientos especiales para su funcionamiento”(Tong et al, 2012). El método basado en imágenes es otra solución para el modelado humano. El método de múltiples vistas de última generación puede obtener resultados muy impresionantes. “Pero este tipo de métodos es computacionalmente costoso y tienen problemas cuando hay texturas dispersas u oclusiones complejas entre diferentes vistas” (Tong et al, 2012)

Están los escáneres que utilizan múltiples cantidades de un tipo de escáner alrededor del modelo, permitiendo que la toma de datos sea rápida, directa y automática. Sin embargo, estos usualmente consisten en una estructura grande, pesada, y no permiten el acoplamiento de otro tipo de escáner más allá de para el que fue diseñado.

Por otro lado, están los que utilizan un único dispositivo escáner para las tomas. Son más portables y livianos que los anteriores y normalmente el usuario debe abarcar de forma manual todos los ángulos posibles del modelo, haciendo que el éxito de la tarea dependa directamente de la habilidad del usuario.

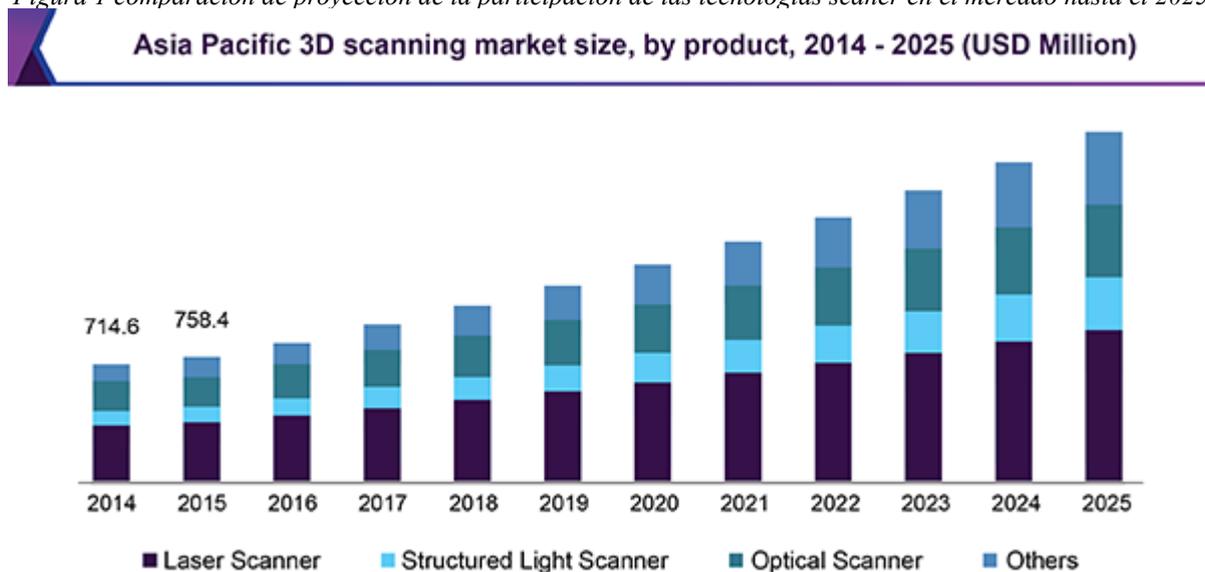
#### **1.4.5 TENDENCIAS ESCÁNER 3D**

Con lo mencionado dentro de la reconstrucción 3D relacionado a las funcionalidades y aplicaciones del escaneado 3D, es preciso ampliar que se encuentran campos como la automoción, el aeroespacial, la salud, arquitectura y la construcción, dentro de estas “las aplicaciones automotrices ocuparon la mayor participación de mercado en 2018, atribuido a

las solicitudes dinámicas de escaneo 3D en aplicaciones de procesamiento de materiales, diseño automatizado, fabricación e inspección de plantas”.(Grand View Research, 2019)

A esto se puede sumar el aumento en el campo de la atención médica, generando protagonismo y una mayor especialización de dispositivos y flujos de trabajo en los próximos años, pues “se espera que el segmento de atención médica gane protagonismo para 2025... Una de estas aplicaciones incluye la representación digital de la anatomía humana transversal que puede ayudar en un mejor análisis y también proporciona una mejor capacidad para producir resultados precisos” (Grand View Research, 2019) lo que genera un panorama puntual en el que el escaneo 3D como herramienta ya se hace necesario y promedio dentro de la industria.

Figura 1 comparación de proyección de la participación de las tecnologías scanner en el mercado hasta el 2025



Source: [www.grandviewresearch.com](http://www.grandviewresearch.com)

Fuente: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/3d-scanning-industry>

El tamaño del mercado global de escaneo 3D se valoró en USD 4500 millones en 2018 y se espera que crezca a una tasa de crecimiento anual compuesto (CAGR) del 8,4 % de 2019 a 2025. Está impulsado por los avances en tecnología y el aumento del gasto en I+D. También se espera que la aparición de la tecnología de luz estructurada, frente a la tecnología tradicional de puntos láser o líneas láser, impulse el crecimiento.

#### **1.4.6 Tipos de escáner manuales.**

Dentro de los diversos métodos de recreación digital de elementos, los cuales a su vez trabajan por generación de nubes de puntos tenemos en primer lugar a la Fotogrametría, en este caso se emplean cámaras fotográficas con el fin de conseguir imágenes de la mayor cantidad de ángulos posibles y a partir de ello se generen los puntos y coordenadas. En segundo lugar los dispositivos por visión estereoscópica, es decir utilizar dos cámaras que apuntan en ángulos distintos pero mantienen puntos de referencia comunes, en tercer lugar dispositivos con luz estructurada, en los que las cámaras utilizadas perciben el rebote de varias líneas láser proyectadas sobre el elemento, siendo estas las que describen a las cámaras la superficie a recrear. Por último dispositivos con tecnología láser, los cuales calculan la distancia entre las distintas superficies del elemento y el emisor del haz láser para de esta manera generar cada uno de los puntos de coordenadas. Lo anteriormente descrito puede ampliarse en el Anexo 1.

## 1.4.7 ESCÁNERES DE LA ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL DE LA UIS

Tabla 1. Escáneres de la escuela de diseño industrial UIS. Fuente de información primaria.

	Nombre	Foto	Tecnología	Contexto de uso	Precisión	Peso	Dimensiones	Resolución	Peso
1	Go Scan		De luz estructurada	Adecuado para escanear objetos medianos y grandes. Se adapta a casos de uso de ingeniería inversa.	0.1mm	1 kg	150x171x251mm	0.5mm	10.000-50.000 USD
2	Structure Sensor		De luz estructurada	Dispositivo pequeño, se acopla al Ipad de Apple	0.5mm	0.65 kg	109mm x 18mm x 24mm	3mm	527 USD
3	Sense		De luz estructurada	Escaneo 3D rápido. Destaca su uso en la impresión 3D.	0.90mm	0.59 kg	178x129x330	1mm	499 USD

## 1.4.8 PERCENTILES

Con el fin de generar un diseño ergonómico direccionado a crear una estructura que se adapte fácilmente a posturas sanas, y ya que el esfuerzo se realizará directamente con los brazos, y la interacción principal se realizará con la mano, se tienen en cuenta medidas percentiles obtenidas del análisis descrito en el estudio Dimensiones Antropométricas de Población Latinoamericana, de la Universidad de Guadalajara el cual tuvo una muestra de 2100 personas de la población laboral colombiana entre 20 y 59 años, de las cuales 785 son mujeres y 1315 son hombres, siendo la primera la anchura bideltaidea como “la mayor distancia horizontal que separa las protusiones de los músculos deltoides” (R. Avila. et al., 2015) la cual resulta en una distancia de 47.0 cm en mujeres y 50.9 cm en hombres, la cual determina el ancho específico del soporte, para que de esta manera al realizar el levantamiento del mismo, el

usuario pueda mantener una posición de sus brazos paralela a sus hombros y esto garantice la aplicación de la fuerza de manera segura y cómoda.

Adicionalmente, para la maniobrabilidad del mecanismo de rotación y manipulación directa del soporte, se plantea seguir los percentiles descritos en el estudio mencionado anteriormente relacionados al diámetro de empuñadura pues este “es la distancia máxima comprendida entre dos puntos cerrando un círculo con los dedos índice y pulgar de la mano” (R. Avila. et al., 2015) el cual arroja una medida de 50 mm tanto para mujeres como hombres, delimitando de esta manera el ancho máximo de las estructuras a utilizar y la distancia máxima de los distintos elementos con los que el usuario deberá interactuar por medio de sus manos y dedos.

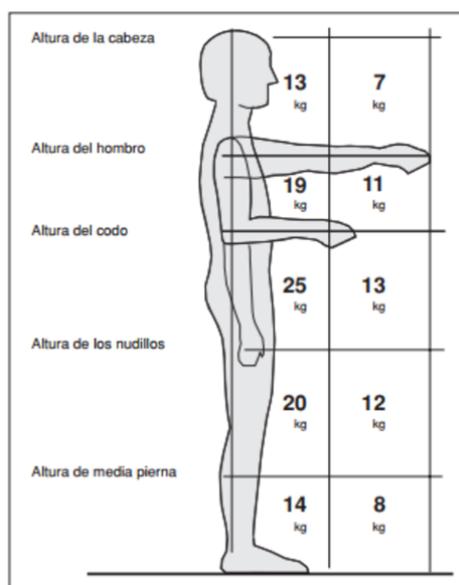
#### **1.4.9 CARGA MANUAL**

Uno de los aspectos más importantes a evaluar, validar y emplear, es el alcance general de los factores fisiológicos aplicados en la actividad de escaneo con el soporte diseñado. Esto con el fin de mitigar los riesgos que pueden afectar al cuerpo del usuario y proteger la comodidad del mismo. Así bien, el objetivo principal es validar aquellos aspectos que puedan afectar, tanto al sistema motor humano al generar movimientos inapropiados pues abarca “la imposibilidad de los músculos para realizar esfuerzos dinámicos bruscos, trabajos estáticos mantenidos o trabajos dinámicos continuos” (Ministerio de trabajo y Seguridad Social Uruguay, 2019) como a la estructura portante del cuerpo delimitada por los “huesos, articulaciones, ligamentos. Limitación de la columna vertebral por la propia estructura ósea de las vértebras al realizar movimientos de flexión hacia atrás, los laterales y los de rotación” (Ministerio de trabajo y Seguridad Social Uruguay, 2019). Debido a que la actividad se realiza de manera manual, interactuando en general con las extremidades superiores, es preciso reforzar la manipulación de cargas iniciando por las condiciones ergonómicas desfavorables

que puedan presentarse debido al uso de los dispositivos de manera manual y cómo pueden mitigarse con la implementación del soporte.

En la Guía Técnica del INSHT (1998) se describen algunas recomendaciones en relación al peso máximo efectuado en condiciones ideales al realizar levantamientos y manipulación de cargas. Una de las recomendaciones implican evitar mantener la carga muy alejada del cuerpo, rotaciones o inclinaciones de la espalda y proveer un agarre firme que permita realizar el levantamiento de manera suave manteniendo la muñeca en posición neutral, a estos aspectos se le agregan las limitantes de pesos máximos determinados para distintos usuarios. El peso de 25KG es el recomendado para la población en general y 15 KG para mujeres, jóvenes o mayores, siendo este último valor el recomendado para mitigar riesgos en todo usuario. Se debe evaluar también la capacidad de carga manual respecto a la posición, pues a mayor distancia se encuentre el elemento del cuerpo, el esfuerzo aumentará, esto lo vemos de manera clara en la siguiente figura donde se evidencia el peso recomendado frente al área de manipulación.

*Figura 2. Carga manual recomendada*



Tomando lo anterior, las medidas de prevención de riesgos ante la carga manual a realizar por el usuario durante la actividad que principalmente se deben abordar en este caso, se relaciona con proporcionar un tamaño adecuado para el área de agarre del soporte, pues “si se manipula en unas condiciones ergonómicas desfavorables (alejada del cuerpo, con posturas inadecuadas, muy frecuentemente, en condiciones ambientales desfavorables, con suelos inestables, etc.),... el tamaño, los agarres y/o la distribución del peso de la carga, podría generar un riesgo” (Área de prevención de la Sección de Salud y Relaciones Laborales, 2008) además esto lleva también a mantener el ancho óptimo que impida posturas de mayor esfuerzo en los brazos.

## 1.5 METODOLOGÍA

El 'design thinking' empezó a desarrollarse de manera teórica por David Kelly en la Universidad de Stanford en California a partir de los años 70; aparece por primera vez de manera prominente en un libro escrito por Peter Rowe, un profesor de la escuela de diseño de Harvard en 1987 y se popularizó como método cuando Tim Brown publicó un artículo en el Harvard Business Review en el 2004. Brown definió el design thinking como "llevar los principios, enfoques, métodos y herramientas de los diseñadores a la resolución de problemas" (Liedtka, 2015).

Esta metodología impregna todo el espectro de actividades de innovación enfocadas hacia el diseño centrado en el hombre; teniendo en cuenta esto y con la finalidad de abordar los objetivos de manera directa y concisa, se elige el design thinking como guía en el desarrollo de productos, pero no sólo eso, sino que además se basa en la capacidad para: ser intuitivo, reconocer patrones, conductas y necesidades, con la finalidad de construir ideas con un alto valor funcional (Castillo-Vergara et al., 2014).

El proyecto contempla 5 etapas, basadas en la metodología del Design Thinking la primera de ellas se destina a empatizar y comprender las necesidades de los usuarios implicados por medio de listas de deseos y mapas de empatía que aporten información puntual de los problemas que se estén presentando; la segunda etapa para definir y filtrar la información recopilada anteriormente que permita establecer los alcances y requerimientos del producto; en tercer lugar la ideación incluye herramientas de creación de sentido (por ejemplo, mapas mentales y moodboards) con el fin de enfocar y consolidar la propuesta de valor que satisfaga los requerimientos de la segunda etapa, a continuación la cuarta fase de prototipado para la recreación de modelos rápidos y simulaciones con el propósito de analizar un objeto tangible;

finalmente la fase de testeo en la cual se valida y verifica el prototipo respecto al usuario y con la retroalimentación que otorgue se mejora la solución a la que se quiere llegar.

## **1.6 ACTIVIDADES**

### **1.6.1 VIGILANCIA TECNOLÓGICA**

Este proceso se realiza con el fin de recopilar la información en diversas bases de datos, esto con el fin de analizar los productos existentes para evitar desarrollar una solución que ya está siendo implementada. Muchas veces no se vigila lo suficiente y cuando una organización consigue elaborar un producto se encuentra que éste ya está patentado. (Muñoz et al., 2006)

#### **1.6.1.1 Benchmarking**

Se realizó una revisión de las tecnologías escáneres, soportes y estructuras que existían en el mercado para facilitar la toma de datos durante el escaneo, que existen en el mercado. De los hallados se pueden clasificar en distintas categorías tales como: Estructuras con base amplia y que giran alrededor del modelo, cabinas de fotogrametría, brazos robóticos, estructuras que hacen rotar el modelo y los estabilizadores de cámaras. Con cada uno de estos soportes se revisó aspectos de forma, tamaño, tecnología, precio, versatilidad, funciones, procesos, ventajas, desventajas y demás características que sirvieron para el posterior análisis comparativo. **(Ver Anexo 2: Benchmarking).**

**Tabla 2. Análisis comparativo Benchmarking**

	Concepto	Tamaño	Peso	Facil montaje y transporte	Adaptabilidad a diferentes espacios	Facilidad de uso	Económico	Estabilidad y precisión	Total
	Portable photogrammetry system	8	4	8	9	4	8	4	45
	Body Cloner	7	7	8	8	8	6	7	51
	VITUS bodyscan 3D	5	4	3	6	9	4	8	39
	EISKO	3	3	2	7	7	3	8	33
	Artec Robotic Scan	7	5	7	8	9	2	10	48
	Texel	6	5	8	7	9	5	8	48
	Shapescale	9	9	10	10	9	8	6	61
	Fit 3d	7	6	8	7	8	5	7	48
	Raspberry Pi	4	6	6	4	8	5	8	41
	MultiArm 3000	3	4	4	4	8	5	6	34
	MULTI-CAMERA SYSTEM	3	4	4	4	8	5	6	34
	OpenScan	8	7	9	8	8	8	5	53
	ESCÁNER 3D PRO	8	7	9	8	8	8	5	53
	EinScan-SE	8	7	9	8	8	8	5	53
	Twinstant Mobile	4	5	7	6	7	5	9	43
	Naked Home Body	8	8	9	10	7	6	7	55
	DHO4 Universal 4th Z Axis	8	7	10	10	8	7	10	60

Dentro de las categorías se observa, las estructuras que tienen una base en el piso y el escáner gira a su alrededor automáticamente. De este tipo se rescata que son rápidos, tanto usuario que escanea como el que es escaneado no tienen que hacer nada más que esperar. Sin embargo

estos poseen un problema ligado a la tecnología del escáner en la profundidad de campo y a las limitaciones de movimiento, ya que al ser un proceso tan lineal, donde el escáner sube, baja y gira con un único movimiento establecido por la forma de la estructura, no toma en cuenta la forma irregular ni el tamaño de la variedad de modelos, por lo que genera errores errores y parches de las zonas no captadas en el modelo final.

Por otro lado están las cabinas de fotogrametría, son enormes estructuras con numerosas cantidades de cámaras, resulta un proceso veloz y funciona con todo tipo de objetos. Sin embargo, estas ocupan mucho espacio, no son nada portables y representan un gran costo.

Se hallaron brazos robóticos, este nivel de tecnología es bastante avanzada ya que intenta llegar a todas las zonas del modelo de forma rápida y automática. Se identificó como debilidad que estos tienen la limitación del largo del brazo, y solo escanean objetos pequeños y relativamente regulares.

Están las pequeñas estructuras, que sirven para escanear objetos pequeños y livianos, en estas el escáner permanece inmóvil y el modelo es quien gira mediante una plataforma. Este tipo de soportes permite estabilidad del escáner pero está muy limitado al tipo de objetos a escanear, además de la falta de confiabilidad al tener que rotar al modelo.

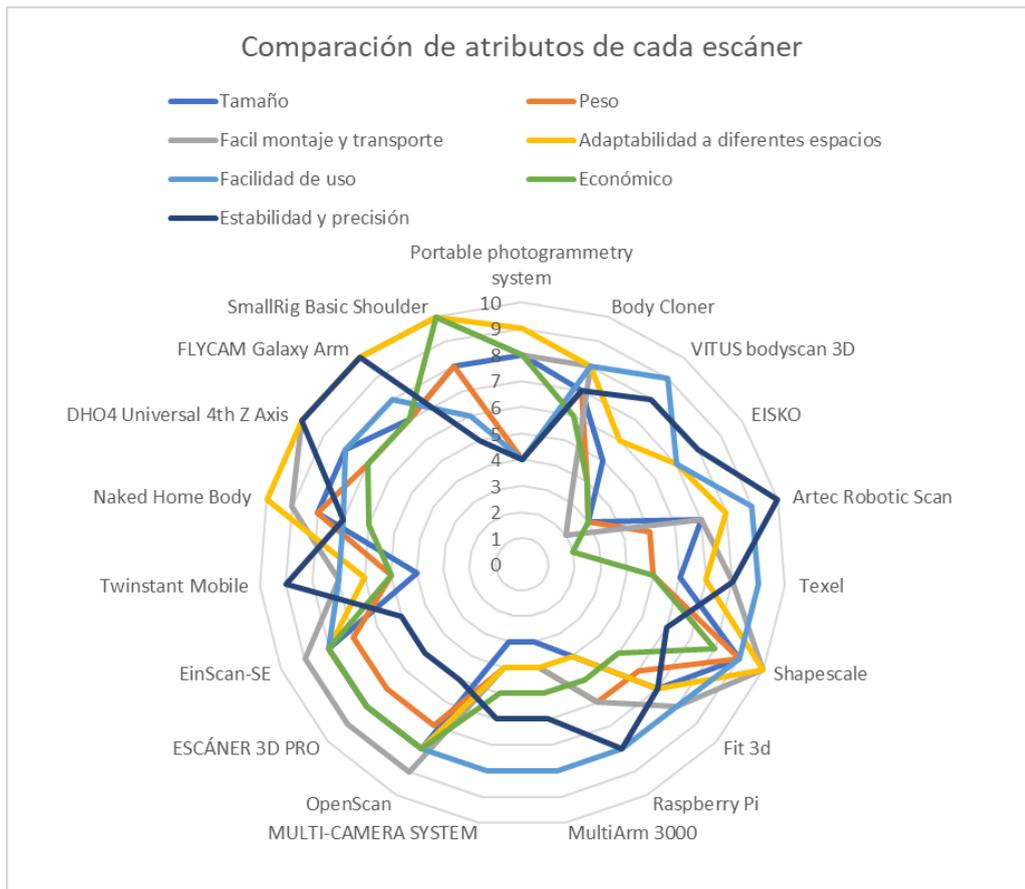
Por último, los soportes estabilizadores de cámara de uso manual al igual que los escáneres, con la diferencia en que permiten la distribución de las cargas del escáner con el centro de masa del usuario, además de un agarre más suave, seguro y dinámico.

Un patrón identificado y que se convierte en una oportunidad de diseño es que los soportes están limitados al tipo de tecnología que posea el escáner para el que fueron diseñados, ya que estos poseen distintas ventajas y desventajas que harán más o menos efectiva la toma dependiendo del tipo de aplicación. Esta limitación se debe a la forma y disposición de los mismos en la estructura.

Las tecnologías 3D encontradas asociadas a los escáneres fueron: fotogrametría, visión estereoscópica, de luz estructurada y láser. Se realizó un análisis comparativo entre los atributos de cada uno de los soportes para escáneres 3D hallados en el bechmarking, evaluando tamaño, peso, facilidad de transporte, adaptabilidad a diferentes espacios, facilidad de uso, precio, estabilidad y precisión. Esto con el fin de encontrar cual es el mejor soporte que existe en el mercado actualmente. Del primer gráfico establecemos un paralelo entre los 7 atributos objetivos y los 19 escáner que encontramos en el mercado; y en general se puede concluir que la facilidad de uso , junto con la adaptabilidad a diferentes espacios, y el fácil transporte son las características más importantes y común en la mayoría de los productos estudiados, a diferencia del peso y el factor económico que son factores muy variados en cada caso.

Con respecto a las gráficas individuales se puede apreciar que la opción que más cumple con los criterios estudiados fueron: DHO4 Universal 4th Z Axis, FLYCAM Galaxy Arm, SmallRig Basic Shoulder y Naked home body, consecutivamente. A pesar que los primeros 3 escáneres no están pensados específicamente para escáneres 3D, si lo están para cámaras de diferentes tamaños con fines de establecer una fluidez y estabilidad en la toma, repartiendo las cargas con el agarre del usuario, que es precisamente lo que queremos lograr con nuestro soporte.

**Figura 3. Comparación entre la benchmarking**



Finalmente, a partir de los soportes que obtuvieron mayor puntaje, nos centraremos en un dispositivo que permita la fluidez en la toma, mayor comodidad en el proceso de escaneo, y sea versátil, al adaptarse a las tecnologías anteriormente mencionadas.

## 2.2.1 ALCANCE Y RIESGOS

### 1.2.1 Matriz de riesgos (Ver anexo 3: Matriz de riesgo)

## 2.2.2. ESTIMAR COSTOS

Costos prototipo

Tabla 3. costos

Elemento	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio por u	Costo
Materiales 1	Tubos PVC	metro	2	5000	10000
	T PVC		Unidad	400	10000
	Tornillos y tuercas		8	450	3600
	Resortes		2	5000	10000
Servicio de impresión 3d		Pieza			128000
Servicio de corte láser					60000
Componentes electrónicos	Sensor de distancia	Pieza	1		10000
	Microcontrolador	Pieza	1		25000
	Leds	Pieza	3	500	1500
	Resistencias	Pieza	3	100	300
	Baterías	Pieza	3	3000	9000
	Portapilas	Pieza	2	1000	2000
	Cables	Rollo	1	500	500
	Pulsador	Pieza	2	2500	5000
Estaño	metro	1	2000	2000	
Domicilios y transporte			8	5000	40000
TOTAL					316900

## 2.3 ENTENDER NECESIDADES

### 2.1.1 Glosario

Escáner 3D: Dispositivo que permite obtener una nube de puntos, la cual mediante un software, genera un modelo tridimensional.

Escaneo: Proceso de escanear.

Soporte: Artefacto que recibe el peso de otra cosa e impide que esta se tambalee o se caiga. En este estudio, el soporte es el objetivo de diseño.

Toma: Todo lo que captura el escáner desde que se inicia la actividad hasta que termina el proceso.

### 2.3.2 Usuario arquetipo

Con el fin de entender la variedad de los posibles usuarios y sus necesidades, se crearon 4 usuarios arquetipos, que se obtuvieron a partir de una indagación de los campos de acción de los escáneres manuales. De los grupos hallados se identificaron: Estudiantes universitarios,

trabajadores y operarios de industrias que utilicen tecnología 3D, profesores y líderes de grupos investigativos, gerentes de empresas tecnológicas y manufactureras. A partir de los cuales, se reunieron las principales características de cada grupo poblacional para recrear los usuarios arquetipo descritos a continuación y más ampliamente en el Anexo 4. Los usuarios fueron nombrados Juan David, Elizabeth, Martha y Juan Manuel.

Juan David, de 23 años, es un estudiante de la escuela de Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander, con espíritu de investigador y miembro activo de semilleros de investigación. Elizabeth, de 27 años, es una profesional en ingeniería mecánica egresada de la Santo Tomás que trabaja en la industria automotriz en el área de innovación. Martha, de 40 años, es una docente UIS, líder de grupos de investigación enfocados en ingeniería inversa. Juan Manuel, de 45 años, es gerente, dueño de una empresa manufacturera e investigador en ingeniería inversa.

Juan David, el estudiante, quiere ser uno de los mejores en su carrera. A este le gusta sacarle provecho a todos los recursos y oportunidades que ofrece la universidad y por ello es miembro activo del grupo de investigación de ingeniería inversa. Así mismo espera recibir oportunidades laborales relacionadas con el área.

En su entorno oye las experiencias de sus docentes respecto al campo de acción y todo lo que abarca la ingeniería inversa.

Juan David incentiva a sus compañeros a participar de estos grupos de investigación, y realiza proyectos personales que representan un reto para el desarrollo y la reconstrucción 3D. Entre sus mayores esfuerzos, están la dedicación y que invierte en aprender y realizar proyectos con el grupo de investigación.

Al no ser un usuario tan experto, se le dificulta tener la precisión adecuada en el proceso de escáner; y ha encontrado limitaciones en cuanto al espacio.

Elizabeth, la ingeniera, siempre se ha considerado apasionada en lo que hace, continuamente piensa en cómo hacer mejor su trabajo.

Oye que sus compañeros de trabajo deben repetir ciertas sesiones debido a errores de la mano humana.

Escucha que sus amigos fisioterapeutas la previenen de problemas por las fuerzas ocasionadas en la muñeca diariamente.

Ve que después de una sesión de reconstrucción puede terminar cansada debido a algunas posturas que exige el modelo. También nota el margen de error debido a la imprecisión por parte de diversos factores en la toma de datos.

Después de tanto tiempo de dedicación ha notado favorables cambios en cuanto a la precisión que ha desarrollado; sin embargo le preocupa lo que ese esfuerzo físico a largo plazo le puede causar.

Martha, la docente y líder del grupo de investigación, quiere ayudar a forjar en sus estudiantes el amor por la investigación y que se sumerjan en el campo en un ambiente real, por medio de las herramientas que suministra la universidad. Oye de sus colegas sobre la importancia de que los jóvenes tengan la oportunidad de interactuar en vida real con las nuevas tecnologías.

Escucha al técnico encargado de la escuela que conoce sobre marcas de herramientas y nuevas tecnologías.

Escucha las noticias tecnológicas y a grupos de estudio de otras universidades y los recursos que la universidad les provee. Lee artículos científicos y de avances tecnológicos.

Ve la necesidad de tener más herramientas en el grupo de investigación que le permitan a sus estudiantes explorar y desarrollar nuevos planteamientos.

En ocasiones Martha debe hacer grandes esfuerzos para que la universidad apruebe la compra de nueva indumentaria y a veces es rechazada por un presupuesto elevado.

Martha desearía que el grupo de estudio tuviera mayor inversión por parte de la universidad y que sus estudiantes tuvieran todas las herramientas necesarias para involucrarse en un ámbito más real de la investigación en el área.

Juan Manuel, el empresario gerente, Quiere hacer crecer su empresa, optimizar su trabajo, hacer dinero y liberar tiempo para dedicárselo a su familia

Oye en noticias de tecnología que si las empresas quieren crecer, necesitan invertir en tecnología para hacer más eficiente sus procesos de manufactura.

Ve a sus competidores luchar por ganarse el mejor puesto en el mercado. Ve que buscan actualizarse y están adquiriendo nueva indumentaria tecnológica para optimizar y automatizar sus procesos.

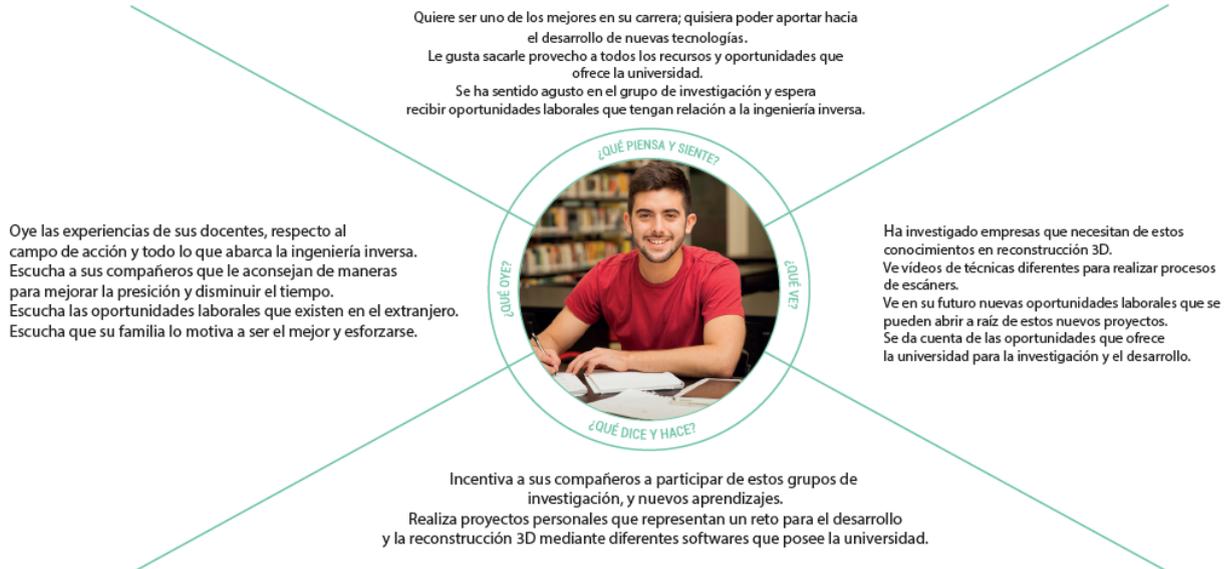
### 2.3.3 Mapa de empatía

A partir de las características de los usuarios arquetipos (descritos en el anexo 4: Usuario Arquetipo) y con el fin de entender a profundidad las necesidades de estos posibles usuarios, se realizó un mapa de empatía sobre la percepción, que cada tipo de usuario tendría, del mundo que le rodea.

Además, el caso más representativo, se identificó por parte del laboratorio, en que la mayoría de falencias en el escaneo ha sido principalmente por parte de los estudiantes que inician el proceso de aprendizaje. A partir de este usuario, se construye el mapa de empatía de la figura 4. Los demás mapas de empatía se hicieron en función de los otros usuarios arquetipos previamente definidos (Ver anexo 5 de mapas de empatía).

Figura 4. Mapa de empatía estudiante

MAPA DE EMPATÍA PARA Juan David



### 2.3.4 ENCUESTAS

#### Encuestas de problemas con el uso de escáneres

Con el fin de conocer los problemas al escanear de primera mano, se realizaron dos tipos de encuestas. La primera fue enfocada a usuarios con experiencia en el escaneo 3D, algunos de ellos profesores y miembros del grupo interfaz. En la segunda prueba, se les pidió a estudiantes inexpertos de diseño, que realizarán una reconstrucción 3D y posteriormente dieran su percepción de la experiencia.

##### 2.3.4.1 Encuesta a usuarios con experiencia escaneando en 3D

Se realizó una encuesta a estudiantes y profesores de la escuela de diseño industrial UIS que han realizado el proceso de escanear en 3D, sobre los principales problemas que tenían en realizar las reconstrucciones. A continuación, se describen los resultados:

-Se me dificulta por la organización en cuanto a la cantidad de fotos, y no tengo la certeza de si se abarcaron todos los ángulos del sujeto/objeto a escanear.

- Se me dificulta por la precisión manual que debo tener al capturar las fotos.
- El acceso a regiones de algunos biomodelos se dificulta.
- El control de la iluminación, pues juega un papel importante en el proceso.
- Conservar la luz homogénea en el espacio dónde se toma el escaneo, las posiciones para poder capturar las imágenes, lograr detalles pequeños en la captura de imágenes.
- Cuando son muchas tomas, soportar el peso con hombro y muñeca puede llegar a ser molesto.
- Es difícil cuadrar la profundidad de campo adecuada.
- Por último manifestaron que preferirían que el soporte fuera portable, liviano y versátil. Por otro lado, el factor económico no tenía gran importancia para ellos.

Para ver las gráficas de resultados de las encuestas (Ver anexo 6: Resultados de encuesta 1).

#### 2.3.4.2 Prueba con usuarios que no tenían experiencia sobre el uso de los escáneres

Se realizó una prueba a usuarios inexpertos en el escaneo 3D con el fin de conocer los problemas que tenían al escanear con los escáneres del laboratorio 2D y 3D de la escuela de Diseño Industrial.

La prueba consistió en dos fases. En la primera se les pidió a los participantes que debían escanear un modelo humano, utilizando los distintos escáneres y lograr un modelo 3D. Se les explicó todas las consideraciones a tener en cuenta en el procedimiento y como funciona cada uno de ellos. Una vez empezaron a grabar, se procedió a tomar video para el posterior análisis de problemas que se pudieron evidenciar durante la toma.

En la segunda fase de la prueba se le realizó una encuesta a los participantes en la que se les pidió que calificaran su experiencia escaneando de 1 a 5, donde 1 era muy mala, y 5 excelente. El promedio de los resultados fue de 3. Se les preguntó si sintieron algún tipo de

cansancio o si creen que puedan desarrollar fatiga en las extremidades superiores por escanear durante un tiempo prolongado, a lo cual el 66,7% respondió que sí cree que si lo sigue haciendo aumentaría la fatiga. Se les solicitó que marcaran en una escala que tanto creen que sostener el peso del escáner, en la forma en la que es posible agarrarlo, afecta la estabilidad y la fluidez de la toma. El promedio de los resultados fue de 3. Se les pidió que identificaran a qué atributo del escáner se debe la incomodidad en la toma, si es que la hubo, y si tuvo que realizar posturas incómodas, a lo que el 83,3% respondió que en algunas ocasiones las tuvieron que realizar. Por último se les preguntó si veían necesaria la implementación de un soporte que facilite el proceso de escaneo, a lo que el 100% de los encuestados respondió que sí, pero que no veían tan necesaria la implementación de un sistema de iluminación, que fue lo que se propuso al final. **(Ver Anexo 7: Encuesta 2).**

Entre los videos observados y la encuesta realizada se detectaron los siguientes problemas:

La interfaz del escáner más pesado (Go Scan) está dispuesta para que se use con una sola forma, debido al agarre central que tiene. Sin embargo, sólo el 50% de los participantes lograron hacerlo de esta forma. Fueron hombres principalmente, ya que tienen mayor fuerza en su brazo y muñeca. La otra mitad de los participantes tuvo que agarrarlo con ambas manos, una mano en el agarre normal y la otra en la base del escáner, esto debido a que el peso del mismo les impedía mantener la estabilidad al tener que mover y girar el dispositivo alrededor del modelo. Varios de los participantes manifestaron que la forma de agarrarlo y utilizarlo es un poco estorbosa puesto que no permite girar ni llegar a ciertas zonas con facilidad. Hubo una participante en especial, que tuvo un mayor problema al utilizar el escáner ya que su mano es pequeña, y el diámetro de agarre era bastante amplio para ella y esto hacía que tuviera que hacer un mayor esfuerzo para garantizar un buen agarre.

También tuvieron varios problemas con el cable de los escáneres ya que el del Go scan es muy largo, un poco pesado y se pueden enredar con el, contrastado con el cable del sense, que es liviano pero muy corto y con ocasiones no alcanzaba.

A varios de los participantes se les dificultó la distancia correcta del escáner al modelo, con la que debían escanear, ya que a pesar de que se les indicó el funcionamiento de las luces del escáner, algunos se confundieron con su funcionamiento y los pasaban por alto. En el caso del Sense, este no tiene ningún indicativo de distancia correcta por lo que todo el tiempo tenían que estar mirando la pantalla del pc. A continuación los problemas de cada tipo de escáner resumidos en la tabla 4.

Tabla 4. clasificación de problemas

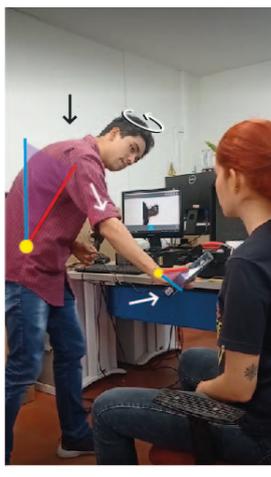
<b>Problemas de los usuarios con el Go Scan</b>	<b>Problemas de los usuarios con el Sense</b>
Muy pesado para cargar con una sola mano	
Diámetro del agarre muy ancho	Agarre incómodo
Cable largo, pesado y estorboso	Cable liviano pero muy corto
Dificultad para girar y escanear zonas	No indica la orientación en la que se debe usar
Incomprensión de las luces de profundidad	No posee retroalimentación de la distancia
Base robusta que incomoda en agarre	Ubicación del lente confusa
Varios puntos de atención difíciles de ver	Varios puntos de atención difíciles de ver
Las luces no se ve cuando gira el escáner	No le da seguridad de estar escaneando bien
Realizar posturas incómodas	Realizar posturas incómodas

Se capturó un registro en video de 6 participantes mientras realizaban la actividad de escaneo, con el fin de observar y analizar las posturas que adoptaron los usuarios durante dicho proceso. Se llevó a cabo un registro fotográfico de las posturas asumidas por los participantes, y a partir de ello se hizo el análisis postural donde se evidencia la asunción de posturas que pueden generar incomodidad. En el video también se evidencian posturas que pueden percibirse incómodas, por ejemplo: agacharse, inclinarse, estirarse, que a pesar que los

participantes no les dieron mayor importancia, porque fue un tiempo corto, si creen que si el proceso se ejecuta durante horas, pueden presentar molestias en la espalda, y representar un peligro de caerse debido a la inestabilidad. Una vez analizada cada una de las prácticas de los participantes, se detectaron las posturas más riesgosas e incómodas, en las cuales se evidencian como áreas de mayor afectación el torso, muñecas, espalda, rodillas y cuello, presentando en algunas de ellas torsión, flexión, extensión y desviación radial y cubital, que generan tensión involuntaria en las articulaciones, pues los participantes debían tomar posiciones complejas para alcanzar áreas de difícil acceso como la parte alta y baja de la cabeza. Esto los llevó a soportar el peso de su cuerpo y del dispositivo en una sola pierna al mismo tiempo que realizaban inclinaciones con ella para abarcar mayor área.

Se evidenció que los participantes manipularon el escáner únicamente con su mano dominante, debido al diseño que estos presentan, pero producto del peso de los mismos usualmente buscaron equilibrarlo apoyándolo en su mano libre, lo que les generó posturas aún más complejas y un esfuerzo físico mayor durante la actividad. En la tabla 6 se evidencia el registro fotográfico de las posturas asumidas por los participantes.

**Tabla 5.** posturas asumidas por parte de los participantes con el uso de los escáner

2.3.4.1 Resultados primer análisis postural mientras se realiza la actividad			
Participante 1			

Partecipante 2



Partecipante 3



Partecipante 4





### 2.3.5 Lista de deseos

A partir de las encuestas, se realizó una lista de deseos con el fin de establecer requerimientos a partir de las necesidades físicas y emocionales de los usuarios, para definir parámetros claros que se deben satisfacer.

Tabla 6. Lista de deseos

Persona encuestada	Problemas	Necesidades	Deseos	Posible solución
--------------------	-----------	-------------	--------	------------------

<b>Juan</b>	El escáner no brinda la retroalimentación necesaria para tener la certeza de estar escaneando correctamente.	Necesita tener la certeza de abarcar todas las zonas del modelo mientras escanea.	Le gustaría que mientras va escaneando el sistema le indique que lo está realizando correctamente.	Incorporar en el dispositivo retroalimentación de luces o sonidos para indicar que lo está haciendo correctamente.
	En ocasiones el usuario debe hacer posturas incómodas para llegar a ciertas áreas con distintos ángulos en el modelo.	Necesita escanear todas las regiones del modelo incluso las que son un poco difíciles de acceder.	Le gustaría llegar fácilmente a todas las regiones del modelo sin tener que realizar posturas incómodas	Un sistema que le permita al escáner girar y rotar sin que el usuario se tenga que mover de más.
	Si el usuario no se tiene la habilidad motriz o la suficiente experiencia al escanear de la forma adecuada, es decir, suave y continua, se pueden generar movimientos bruscos que afectan la estabilidad de la reconstrucción.	Necesita tener mayor precisión manual y la estabilidad para realizar la reconstrucción del modelo correctamente.	Le gustaría poder realizar la toma de una forma más estable sin esforzarse tanto.	Un sistema que le permita al escáner tener mayor rango de movimiento y equilibrar el peso en el agarre, mejorando la estabilidad y la fluidez de la toma.
<b>Lucas</b>	El usuario debe sostener el escáner todo el tiempo con una sola mano y en ocasiones estos son pesados y de diámetro de agarre amplio, por lo que puede ser molesto si va a pasar un largo periodo de tiempo ejecutando la tarea además en diferentes posturas.	Es bastante molesto soportar el peso del escáner en la muñeca y tiene que realizar un esfuerzo adicional por el tamaño del diámetro de agarre.	Le gustaría no tener que cargar con el peso del escáner debido a la fatiga que le genera.	Distribuir la carga en otros puntos de apoyo adicionales al de la mano para evitar la fatiga muscular. Intervenir en los manubrios para que el diámetro de agarre sea el más óptimo.

	El usuario debe colocar el escáner a una distancia determinada del área del modelo, cuidando que no esté muy cerca o muy lejos para que este logre captar todas las superficies, lo que lo hace una tarea de precisión y difícil si no tiene la habilidad o la experiencia suficiente	Para el usuario es difícil cuadrar la profundidad de campo adecuada para una óptima reconstrucción.	Le gustaría que escanear fuera más fácil, y no tener que calcular a “ojo” la distancia y profundidad correcta entre el escáner y el modelo.	Implementar en el sistema un sensor de distancia que le indique al usuario si está realizando el procedimiento a la distancia correcta.
	Al usuario se le dificulta conservar una luz homogénea en el espacio dónde se toma el escaneo.	Necesita conservar una luz homogénea alrededor del modelo para que la sombra no genere manchas en la reconstrucción.	Le gustaría escanear con un sistema que tuviera la iluminación incluida y no tener que adecuar luces auxiliares	Sistema con luz incorporada que abarque todo el modelo.
<b>Lorena</b>	El cable de algunos escáneres es muy corto, pesado y es fácil enredarse con él mientras se escanea.	Necesita tener la libertad de escanear sin preocuparse por el cable.	Le gustaría que el cable se pudiera ubicar de tal manera que no le estorbe en la toma.	Ganchos incorporados en el sistema para ubicar el cable.
	Algunas estructuras son muy grandes, pesadas y difíciles de armar y transportar por lo que se necesita una gran inversión de personal y transporte para trasladarse.	Dice que con algunas estructuras es muy dispendioso el armado, desarmado y transporte, quita tiempo y es complejo debido a la cantidad de piezas a ensamblar.	Le gustaría que fuera más fácil armar y transportar el sistema.	Un sistema plegable, liviano, portable y versátil para su fácil transporte.

### Conclusiones:

De acuerdo a las necesidades expresadas por los encuestados, se requiere la incorporación de mecanismos que permitan una clara retroalimentación al usuario.

También se busca implementar un sistema que permita al escáner mayor libertad de giro y movimiento con el fin de que el usuario no sea quien deba realizar posturas incómodas para

llegar a zonas con ángulos pronunciados del modelo, si no que la versatilidad del escáner compense la posición.

Se quiere intervenir sobre todo, en la forma de agarrar el escáner, al aumentar los puntos de apoyo de la carga para evitar la fatiga en mano, brazo y muñeca. Para aliviar el esfuerzo se busca también, que el área de carga sea cercana al centro de masa del usuario para no forzar la espalda de más. Se pretende hacer un agarre más suave y reducir el diámetro por uno más óptimo al percentil de la muestra.

Se busca que el soporte, al igual que los escáneres manuales, sea portable y ligero con el fin de que sea práctico al manipular y fácil de transportar.

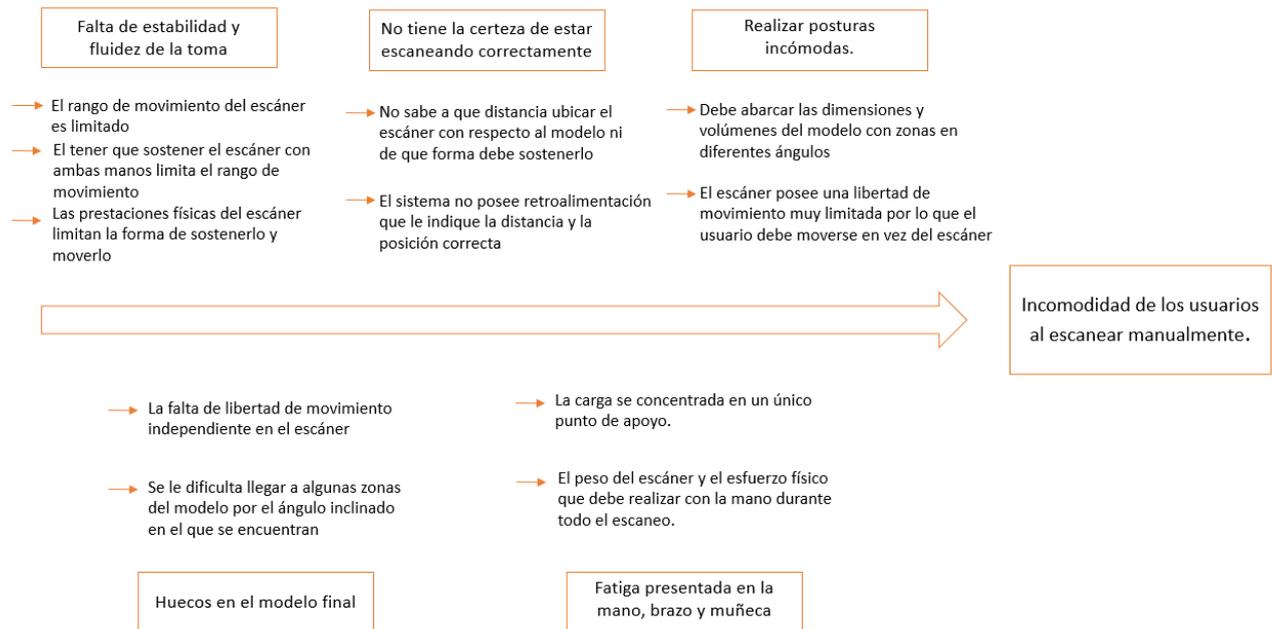
## 2.4 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En esta etapa una vez realizado el proceso de empatía con los usuarios y la recolección de la información que permita establecer las limitaciones y el alcance de la posible solución se procede a definir el problema a resolver en el presente trabajo de grado. Se utilizó la herramienta fishbone, para poder estructurar el problema.

### 2.4.1. Fishbone

Con base en las encuestas realizadas, se realizó un fishbone con el fin de identificar las causas del problema de la incomodidad de los usuarios al realizar el proceso de reconstrucción 3D, con los escáneres de la escuela de diseño, y los efectos que causa. Esto con el fin de extender el origen y así generar una solución efectiva.

Figura 5. Fishbone



Ver anexo 8

El problema general de la incomodidad de los usuarios en el proceso de escanear se dividió en las siguientes 5 categorías: Falta de estabilidad y fluidez de la toma, no tener la certeza de estar escaneando correctamente, realizar posturas incómodas, presentar errores o huecos en el modelo final y presentar fatiga o cansancio en el brazo, hombro o muñeca.

La falta de estabilidad y fluidez en la toma, está relacionada con que el grado de libertad de movimiento del usuario con el escáner es corto, ya que muchos usuarios necesitan agarrar el escáner más pesado con las dos manos, debido a las características físicas del propio escáner, es decir, la forma en la que es posible agarrarlo, por su forma y diámetro que resulta bastante incómodo, además del tamaño y el peso.

Otro problema bastante común, es que el usuario no tiene la certeza de estar escaneando correctamente, esto ocurre porque el sistema no presenta una clara retroalimentación que le haga entender qué está escaneando a la distancia correcta. Debido a esto el usuario se ve perdido en saber donde ubicar el escáner.

El usuario en algunas ocasiones tiene que realizar posturas incómodas debido a que, dependiendo de la posición, forma y tamaño del modelo, este debe rodear y abarcar todas las superficies del modelo, incluyendo las zonas que están un poco ocultas a simple vista por el ángulo en que se encuentran. Debido a esto, el usuario debe agacharse, empinarse e inclinarse para alcanzar estas zonas, y el escáner tampoco permite la versatilidad de alcanzar todas las superficies.

La mayoría de los usuarios presentan cansancio en la mano y muñeca, esto debido a que la forma de agarrar el escáner es con una sola mano, esto quiere decir que el peso del escáner lo soporta con un único apoyo, con el que debe realizar movimientos, incluidas las rotaciones y extensiones de muñeca.

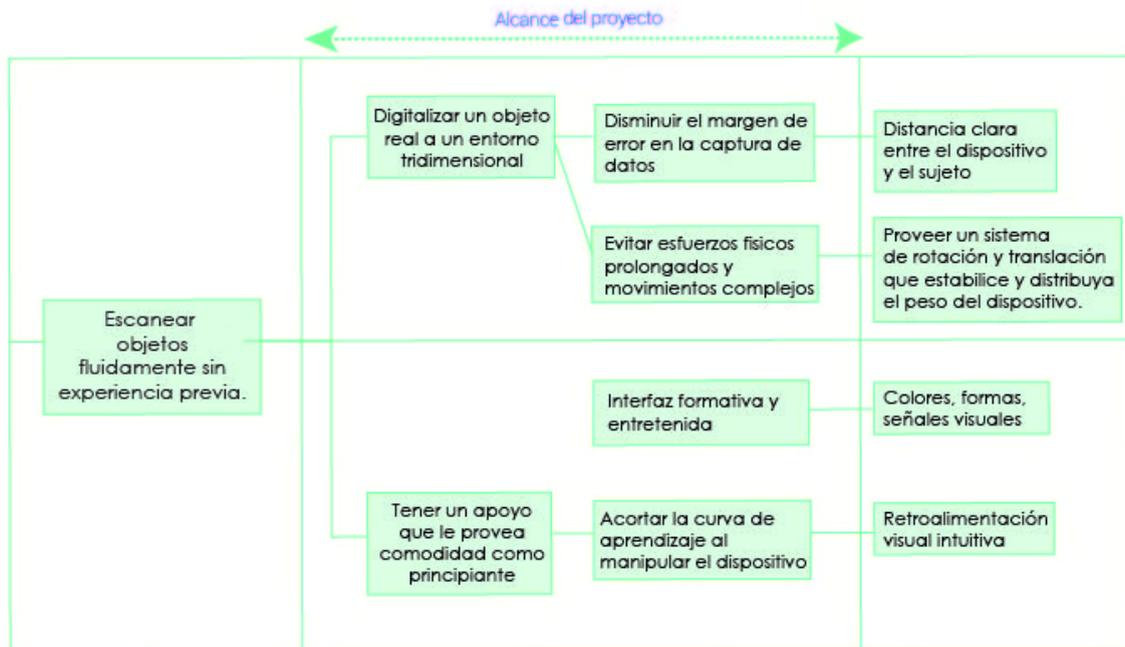
El último problema viene relacionado con el resultado final, es decir con el modelo virtual obtenido después de la reconstrucción. Ocurre porque cuando no se tiene tanta experiencia es común que se presenten huecos en el modelo final debido principalmente a que muchas zonas del modelo son difíciles de escanear por la falta de versatilidad de movimiento y giro de los escáneres.

Para concluir, se pretende que el soporte sea versátil, para aumentar el grado de libertad de giro y movimiento con el fin de que sea más fácil llegar a regiones difíciles del modelo. Se busca aumentar los puntos de agarre para repartir equitativamente la carga de la muñeca y mejorar la estabilidad de la toma. Además hacer un agarre más suave y de dimensiones más adecuadas. Y por último, implementar una retroalimentación más evidente que le de la seguridad al usuario de estar escaneando correctamente.

#### 2.4.2 Diagrama Fast

Es una técnica para analizar la estructura funcional de un sistema técnico, fue concebida por Charles W. Bytheway en 1965, como una forma para organizar sistemáticamente y representar las relaciones funcionales de un sistema técnico (Chiu, 2010).

Figura 6. Diagrama Fast. Ver anexo 9



Esta parte de la metodología nos ayuda a identificar las funciones principales y básicas secundarias; para tener en cuenta sus diferencias y poder dar respuestas a preguntas de ¿Cómo? o ¿Por qué?, para establecer relaciones entre las distintas funciones y tener claro el alcance y la visión de hacia dónde va dirigido el producto. Teniendo lo anterior; se parte a validar qué conceptos debemos abordar para crear bases sólidas con las cuales desarrollar y diseñar una solución funcional.

### 2.4.3 Mapa de Interacciones

Establecidos los principales criterios para la generación de conceptos, con base en las tecnologías escáner existentes en el laboratorio se realizó el análisis de interacciones como se observa en la figura 7.

Figura 7. Mapa de interacciones . Ver anexo 10



Con este análisis es posible determinar los principios conceptuales y funcionales a tener en cuenta en el diseño del soporte, con el fin de mantener un protocolo lineal que permita implementar el soporte de manera transparente y óptima, empleando principios que le permitan a los usuarios principiantes realizar la actividad sin necesidad de pre saberes especializados y proteger su confort físico. De esta manera, el soporte podrá utilizarse junto

con distintos dispositivos a fin, manteniendo una misma línea de interacción, generalizando de esta manera los pasos a seguir para una correcta, cómoda y óptima sesión de escaneo.

## 2.5 REQUERIMIENTOS

Se realizó un diagrama QFD con el fin de determinar los requerimientos de diseño más importantes para el desarrollo del soporte con el fin de satisfacer las necesidades de los usuarios. **(Ver Anexo 11: QFD).**

Se tuvieron en cuenta los deseos del cliente expresados en la lista de deseos y se les dió importancia de acuerdo a la cantidad de veces que se repetía la necesidad. Los deseos fueron: ‘No realizar posturas incómodas’, ‘disminuir las superficies huecas en el modelo’, ‘mejorar la estabilidad y la fluidez en la toma’, ‘no sentir cansancio en su muñeca’, ‘poder mover el escáner con facilidad’, ‘tener la certeza de escanear a la distancia correcta’, y ‘eliminar las manchas oscuras en los modelos 3D’. A cada uno de estos deseos se le asignó un requerimiento, para posteriormente establecer relaciones entre todos los deseos y requerimientos. Los requerimientos fueron: ‘Aumentar el grado de libertad de movimiento del escáner’, ‘Distribuir el peso del escáner en más puntos de apoyo’, ‘Distribuir el volúmen de la carga en el centro de masa del usuario’, ‘Diámetro del agarre más óptimo’, ‘Retroalimentación que indique si se está escaneando a la distancia correcta’ e ‘incorporar iluminación en el dispositivo’. Se calificó con un mayor puntaje a los requerimientos que tenían mayor relación con el resto de ellos. Se estableció también la relación entre los deseos con cada uno de los requerimientos de tal manera que si tenían una fuerte relación se asignaba un 5, y si tenían muy poca relación se asignaba un 1.

La importancia absoluta ponderada respecto a los requerimientos del cliente, se calculó a partir de la sumatoria de los factores de la importancia dada a los deseos del cliente, con la

relación entre los deseos y requerimientos. El requerimiento que obtuvo mayor importancia fue ‘Aumentar el grado de libertad de movimiento del escáner’, seguido de ‘Retroalimentación que indique si se está escaneando a la distancia correcta’. En cambio, los requerimientos con menor importancia fueron ‘Diámetro del agarre más óptimo’ e ‘Incorporar iluminación en el dispositivo’. Para calcular la importancia relativa ponderada respecto a los requerimientos del cliente se dividió el valor obtenido en la importancia absoluta sobre el menor valor.

La evaluación ponderada de los requisitos del cliente respecto a los productos se calculó a partir del producto de los factores entre la importancia ponderada respecto a los requisitos del cliente, y la importancia de los requerimientos. El requerimiento que mayor puntaje obtuvo fue ‘Aumentar el grado de libertad de movimiento del escáner’, seguido de ‘Distribuir el peso del escáner en más puntos de apoyo’ y ‘Distribuir el volumen de la carga en el centro de masa del usuario’. Los que obtuvieron menor puntaje fueron un ‘diámetro de agarre óptimo’ y por último ‘Incorporación de iluminación en el dispositivo’.

Para realizar la evaluación comparativa respecto a los requisitos técnicos se escogieron los soportes de la vigilancia tecnológica realizada, que mayor puntaje obtuvieron en el benchmarking. Esto con el fin de compararlos respecto a los requerimientos, con el soporte en proceso de diseño, para conocer fortalezas y debilidades de cada uno y destacar en los de mayor importancia. Los soportes escogidos fueron: ‘DHO4 Universal 4th Z Axis, FLYCAM Galaxy Arm’, ‘SmallRig Basic Shoulder’ y ‘Naked home body’. Quien obtuvo el mayor puntaje fue ‘Naked Home body’. El de menor puntaje fue ‘SmallRig Shoulder’.

Por último, en la evaluación comparativa respecto a los requisitos del cliente se realizó de forma similar a la anterior, pero esta vez comparándolos con respecto a los deseos del cliente. En este caso quien, al igual que en el anterior análisis, quien obtuvo mayor puntaje fue ‘Naked Home Body’ y quien obtuvo el peor fue ‘SmallRig Shoulder’.

Finalmente, los requisitos fundamentales con que debe cumplir el nuevo soporte serán: ‘Aumentar el grado de libertad de movimiento del escáner’, ‘Retroalimentación que indique si se está escaneando a la distancia correcta’ y ‘Distribuir el peso del escáner en más puntos de apoyo’. Por otro lado, ‘la incorporación de iluminación en el dispositivo’ fue el requerimiento menos importante siendo este un requerimiento deseable en el diseño no relevante.

### 2.5.2 PRS, lista de requerimientos

Se realizó la lista de los requerimientos recopilados de los estudios anteriores, con el nivel de importancia obtenido en los análisis. **(Ver anexo 12: PRS).**

Los requerimientos se dividieron en 10 categorías: Funcional, material, desempeño, seguridad, usabilidad, ergonomía, fiabilidad, soporte, portabilidad y costo. En cada una ellas se describieron las características de los requerimientos del proyecto, cada uno con un nivel de importancia previamente definido. Se les asignó un tipo de prueba para validar o verificar su cumplimiento, y unos valores aceptados con el fin de evaluar las alternativas con base a estos parámetros.

A continuación se describen de manera general cada uno de los requerimientos con su categoría, sin embargo en el Anexo 12 se encuentra la tabla con una descripción más detallada de cada uno.

En la categoría de los parámetros funcionales está facilitar el escaneo y mejorar la calidad de los modelos digitales. En los requerimientos de la categoría del material se observa la tenacidad, resiliencia y garantizar resistencia a la carga. Respecto a los requerimientos de desempeño se incluyó facilitar iluminación homogénea en todo el modelo, permitir la Facilidad en el montaje y transporte, la estructura debe permitir Sostener, guiar y mover el escáner, permitir acoplarse a las características de cada uno de los escáneres, Brindar claridad

en la profundidad de campo, permitir fluidez de y movimiento al escáner, permitir el giro del escáner y rapidez en la ejecución.

En el tema de seguridad se encuentra proteger los escáneres y no representar riesgos tanto para los escáneres como para los usuarios. En cuanto a la ergonomía se orientó a descentralizar la carga para liberar el esfuerzo en la muñeca, mejorar posturas que realiza, mejorar la comodidad en el agarre y disminuir la percepción de esfuerzo cognitivo.

En la fiabilidad se necesita una retroalimentación de la distancia correcta a escanear y de área de soporte se espera que sea de fácil desmontaje y mantenimiento. En el aspecto de portabilidad se busca que su peso y tamaño sean los adecuados para que una persona lo pueda manipular en sus manos sin mayor problema. Por último el costo del producto se busca que sea inferior a la mayoría de su competencia.

## 2.6 CONCEPTO DE DISEÑO

### 2.6.1 Brief del producto

Tabla 7. Brief

<b>Nombre del producto</b>	<b>Soporte para dispositivos escáner 3D manuales</b>
<b>Esencia del producto</b>	Sistema de soporte portable y acoplable a diferentes dispositivos para la reconstrucción mediante escáner 3D.  Pretende facilitar el escaneo a usuarios de escáneres manuales con el fin de que la calidad del modelo digital final sea buena independientemente de su nivel de experiencia.  Es versátil, mejora la estabilidad en la toma, de fácil transporte y montaje y no ocupa gran espacio.

<p><b>Objetivo del proyecto</b></p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL:</b></p> <p>Diseñar un sistema de soporte portable y acoplable a diferentes tipos de dispositivos escáner 3D manuales, para facilitar la toma de datos en el escaneo por nube de puntos de volúmenes con proporciones humanas, por medio de la metodología Design Thinking.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Generar un concepto para el desarrollo de soporte de escáner portable y acoplable a los escáneres tomando como referencia los escáneres del laboratorio de tecnologías 2D y 3D, considerando los requerimientos y la vigilancia tecnológica realizada sobre el tema.</li> <li>2. Evaluar el margen de error de los modelos virtuales, utilizando un método comparativo en el que se analizarán los escaneos obtenidos por un usuario experto con respecto a los escaneos generados con el uso de la estructura soporte.</li> <li>3. Validar el prototipo utilizando el test clásico de usabilidad, determinando el nivel de éxito de la tarea como medida de eficacia, eficiencia y satisfacción.</li> </ol>
<p><b>Qué problema trata de solucionar</b></p>	<p>El usuario debe abarcar todos los ángulos necesarios del modelo con la distancia y profundidad de campo precisa y no tiene la certeza de haber capturado el área del modelo en su totalidad. Además, debe soportar el peso del escáner haciendo todo tipo de posturas incómodas, llegar a regiones difíciles del modelo y adecuar una iluminación homogénea. Concretando se puede armar que la calidad del escaneo en este caso depende directamente de su habilidad psicomotriz, aumentando el margen de error en los resultados.</p>
<p><b>Posicionamiento</b></p>	<p>Cada vez más industrias manufactureras se interesan en la reconstrucción 3D, debido a la alta precisión de esta tecnología que ayuda a tener un mayor control en la calidad en el proceso de sus productos. Industrias como la medicina, la arquitectura, la cinematográfica, la automotriz son algunos ejemplos de la gran variedad de aplicaciones que tienen estos escáneres hoy en día.</p>
<p><b>Stakeholders</b></p>	<p>Usuario1: Estudiantes de la escuela de diseño industrial interesados en la investigación tecnológica en herramientas de reconstrucción 3D.</p> <p>Usuario 2: Profesores o investigadores en grupos de estudio de la escuela</p> <p>Usuario 3: Operarios de empresas manufactureras</p> <p>Usuario 4 indirecto: Dueños y encargados de empresas manufactureras</p> <p>Participantes del proyecto: Estudiantes, profesores y encargados del laboratorio de la escuela de diseño industrial UIS.</p>

<b>Contexto</b>	<p>Condiciones físicas del entorno: Uso en Interior, salón o laboratorio 2D y 3D.</p> <p>Condiciones ambientales: Utilizan aire acondicionado con temperatura de 15°C a 18°C, luz artificial.</p> <p>Condiciones sociales: Estudiantes e investigadores que no tienen el mismo nivel de experiencia de un operario, quieren obtener resultados de calidad al similar al de los expertos.</p>
<b>Actividad</b>	<p>Descripción de la actividad al escanear:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ubicar el escáner en el adaptador</li> <li>2. Insertar el adaptador en el dispositivo soporte</li> <li>3. Ubicar el cable y enchufar el escáner</li> <li>4. Abrir el software de escaneo</li> <li>5. Ubicar al modelo en la posición deseada</li> <li>6. Darle iniciar a escanear al software</li> <li>7. Escanear</li> <li>8. Una vez escaneado detener el software y el movimiento del soporte</li> <li>9. Guardar el modelo</li> </ol>

### 3 IDEACIÓN

Con la finalidad de una referencia de sistemas y mecanismos que permiten la rotación controlada de una estructura, se decide validar y abstraer los sistemas implementados en atracciones mecánicas, pues estas, deben soportar un peso definido y mantenerlo estático y estable en puntos específicos, además, éstas estructuras son diseñadas a partir de piezas modulares que facilitan el ensamblaje y transporte de las mismas. Es allí donde se evidencia el uso de tres puntos de soporte que garantizan la estabilidad durante la traslación y rotación de las estructuras, como principio estructural, permitiendo movimientos libres y controlados aún en estado de tensión o estrés presentes en cada uno de los módulos del sistema.

*Figura 8. Moodboard*



Imágenes tomadas de <https://www.alamy.es/imagenes/juegos-mecanicos.html>

### 2.6.3 Conceptos de inspiración para las alternativas

#### GIROSCOPIO

Inicialmente se propuso utilizar el principio de este mecanismo como sistema de estabilización, ya que permitía mantener la orientación mientras se variaba el movimiento de la estructura. Se conservó el concepto de una estructura dentro de otra unidas por medio de un eje para lograr movimientos en el eje X, y en el eje Y, sosteniendo directamente estos ‘aros’ convertidos en soportes, teniendo en cuenta el principio de que “un giroscopio es un dispositivo mecánico formado esencialmente por un cuerpo con simetría de rotación que gira alrededor de su eje de simetría y cuyo eje de giro no es fijo, sino que puede cambiar de orientación en el espacio.” (María, R., 2016).

*Figura 9, 10, 11 y 12. Prueba de concepto, giroscopio*



## **ESTABILIZADORES**

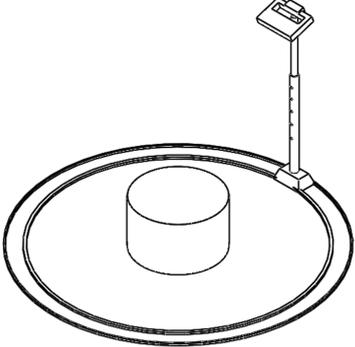
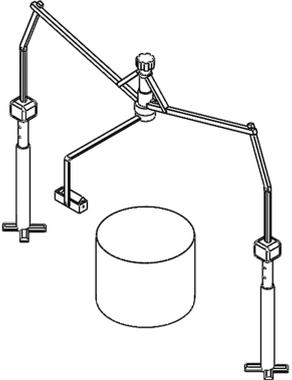
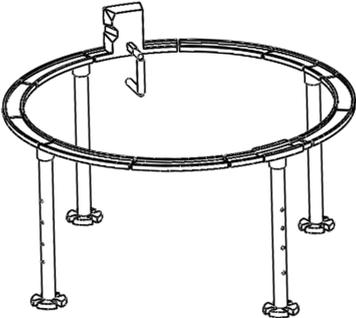
Ya que la variante principal que se busca validar en conjunto con la comodidad del usuario está directamente relacionada con la estabilidad del dispositivo de escáner, es preciso evaluar los principios de estabilización, entendiendo qué “en un principio los estabilizadores fueron mecánicos y utilizados en el sector cinematográfico. Hoy en día gracias a la evolución de la tecnología, los sistemas de estabilización de imagen han derivado en dispositivos electrónicos” (M. Garcia, 2016)

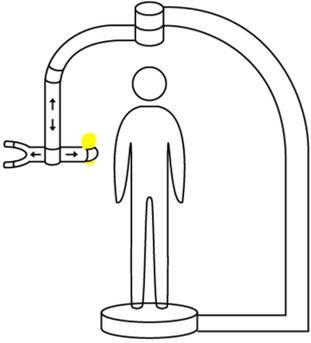
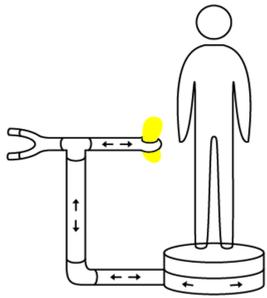
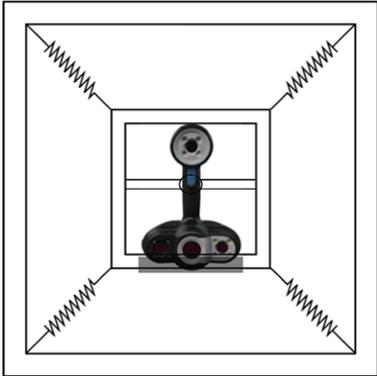
### 3 IDEAR

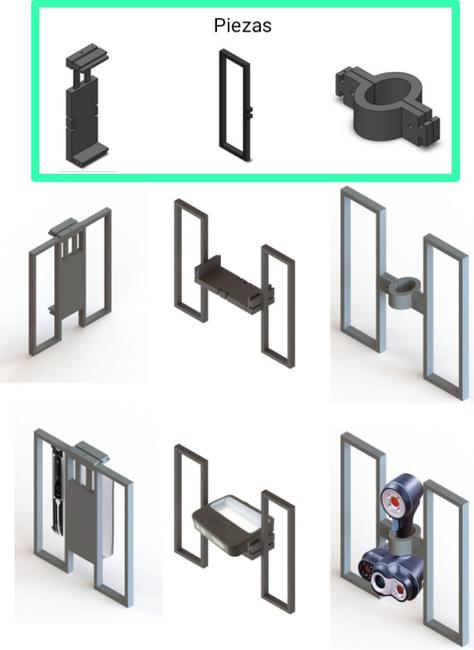
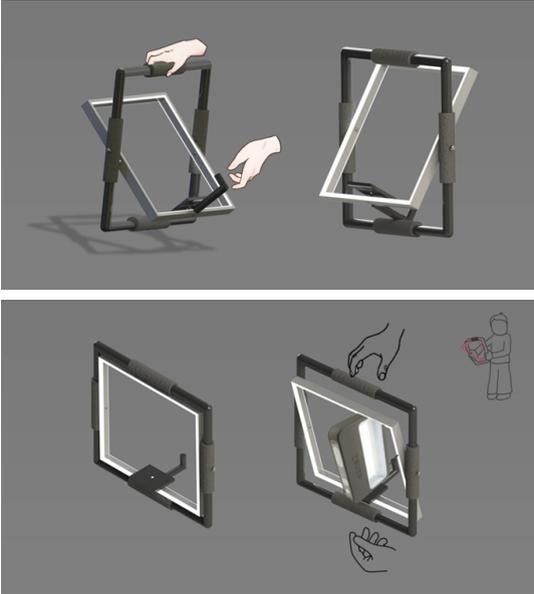
En estas etapas se realiza el proceso divergente orientado a generar los conceptos de diseño para establecer la solución de configuración del soporte escáner. a continuación se definen las

Primeras alternativas

Tabla 8. Primeras alternativas

	Primeras Alternativa	Descripción
1		<p><b>Girariel:</b> Mecanismo de soporte automatizado, con rotación concéntrica en base a la posición del sujeto a escanear; permite la graduación de la posición vertical del escáner. Como estructura principal posee un riel modular que permite formar un círculo perfecto de una medida específica en el cual se ancla un módulo móvil que a su vez funciona como base para el soporte del escáner.</p>
2		<p><b>Araña:</b> Estructura compuesta por dos puntos de apoyo laterales que conectan en su punto medio con un eje, el cuál posee un mecanismo de rotación interno donde se ensambla el adaptador móvil para los diferentes escáneres. Dichos puntos de apoyo también poseen un mecanismo interno, pero este, les permite variar su altura mediante una extensión de su estructura.</p>
3		<p><b>Plataforma:</b> Superficie elevada construida sobre 4 soportes que cuentan con unos agujeros que permiten la graduación de la altura. De igual manera cuenta con un riel que permite el movimiento de manera circular alrededor del sujeto a escanear. Además, posee una manija que sobresale del riel, como un soporte cómodo para el agarre del escáner durante el movimiento.</p>

4		<p><b>Completebody:</b> Estructura de cuerpo completo, con un eje en la parte superior que gira alrededor del sujeto a escanear. El brazo que rota permite el movimiento de manera vertical mientras que el escáner realiza el movimiento circular alrededor del sujeto. Cuenta con una plataforma para ubicar al usuario y un manubrio para facilitar la manipulación y el control del escáner.</p>
5		<p><b>Basegiro:</b> Mecanismo con una plataforma central para localizar al sujeto de la cual se extiende una estructura lateral, que gira sobre la plataforma alrededor del sujeto. Con dos agarraderas para modificar manualmente la posición y dirección del escáner durante la actividad.</p>
6		<p><b>Flexible:</b> Estructura cuadrada con una estructura interna de menor tamaño, conectadas por medio de resortes ubicados en las esquinas de ambos marcos; permitiendo el movimiento de manera vertical y horizontal al mismo tiempo que conserva una tolerancia respecto al grado de libertad de movimiento.</p>
7		<p><b>Agarrefuncional:</b> Sistema de soporte con forma rectangular y agarre de ambas manos en cada uno de los laterales; su forma permite la exploración de diferentes maneras de agarre con el fin de que el usuario se adapte libremente ante una posición en la cual se sienta cómodo al escanear.</p>

<p>8</p>		<p><b>Adaptadores intercambiables:</b>  Se plantean diferentes piezas tipo modular para el ajuste y soporte de los tres tipos de dispositivos de escáner.</p> <p>El primero es un sistema de ajuste para la tablet que también funciona para el dispositivo ‘Sense’ en el cual se puede encajar en medio de las estructuras de agarre. Por último un sistema de ajuste a la medida del ‘Go Scan’ de manera que este se ubique en el centro del soporte.</p>
<p>9</p>		<p><b>Giroscopio:</b> Dispositivo mecánico que permite el movimiento en el eje Y mientras mantiene la orientación del espacio respecto al eje X; este soporte cuenta con dos estructuras conectadas por un eje horizontal en el centro de estas. La interacción de este dispositivo se configuró para que su agarre se realice de manera vertical, es decir, desde la parte superior, a su vez, se implementa una manija para manipular el escáner mientras se realiza la actividad; también permite su agarre de manera horizontal, por medio de espumas que indican la ubicación más cómoda para manipular el dispositivo.</p>

### 3.2 Evaluación de alternativas

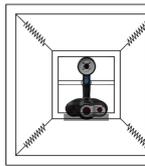
Se realizó un análisis jerárquico teniendo en cuenta las cuatro principales alternativas, y los cuatro requerimientos más importantes obtenidos a partir del diagrama Qfd. **(Ver anexo 13: Proceso analítico jerárquico)**

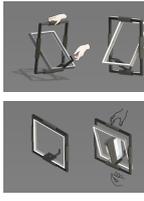
Para obtener la ponderación de cada uno de los requerimientos, se realizó una matriz comparando los criterios uno respecto al otro según era más o menos importante. Estos juicios se asignaron teniendo en cuenta la priorización obtenida en el diagrama qfd.(Ver anexo 11: qfd). Como resultado de la matriz se obtuvo que el criterio 1, es decir, ‘Aumentar el grado de libertad de movimiento del escáner’ obtuvo la mayor ponderación, y ‘Diámetro del agarre más óptimo’ tuvo la menor.

Posteriormente se realizaron otras cuatro matrices, comparando las alternativas con cada requerimiento, para conocer cuál alternativa es la mejor para cada requerimiento. A partir de esto se obtuvo que la alternativa que más cumple con ‘Aumentar el grado de libertad de movimiento del escáner’ es ‘Giroscopio’. Equitativamente, las que más cumple con ‘Distribuir el peso del escáner en más puntos de apoyo’ fueron ‘Agarre funcional’ y ‘Giroscopio’. Para el criterio 3, ‘Diámetro de agarre más óptimo’, la alternativa ganadora fue ‘Agarre funcional’. Por último las alternativas que más cumplieron con ‘Versatilidad en el agarre del escáner’ fueron ‘Agarre funcional’ y ‘Adaptadores intercambiables’.

Finalmente en la priorización general, teniendo en cuenta todos los criterios, se obtuvo que la alternativa más óptima fue ‘Giroscopio’, seguido de ‘Agarre funcional’, y ‘Adaptadores intercambiables’. La de menor priorización fue ‘Flexible’ que no fue ganadora en ningún criterio.

Tabla 9. Proceso analítico

Nombre	Imágen	Aumentar el grado de libertad de movimiento del escáner	Distribuir el peso del escáner en más puntos de apoyo	Diámetro del agarre más óptimo	Versatilidad en el agarre del escáner	Priorización
Flexible		0.06	0.14	0.19	0.05	0.10

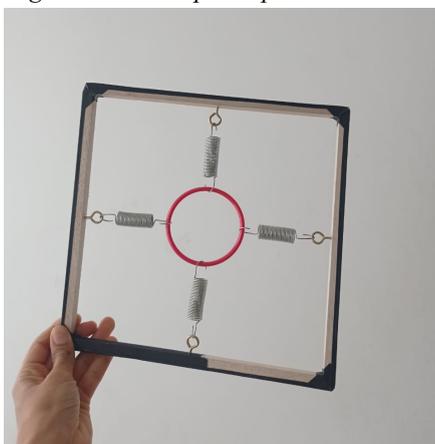
Agarre f		0.20	0.33	0.43	0.42	0.29
Adaptadores i		0.13	0.20	0.07	0.42	0.17
Giroscopio		0.61	0.33	0.31	0.11	0.44
Ponderación		0.51	0.27	0.10	0.12	

#### 4. ARQUITECTURA DEL PRODUCTO

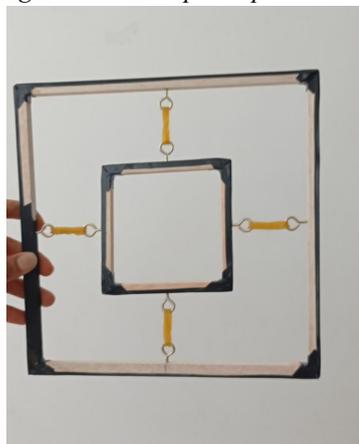
##### 4.1 Elaboración de prototipos rápidos

Con el fin de probar las alternativas se realizaron prototipos rápidos con madera de baja densidad, resortes y anclajes para probar mecanismos. En las figuras 13 y 14 se observan las variantes de los conceptos construidos. Con base en estos prototipos se pudo madurar el concepto de diseño y pasar a la etapa de arquitectura de producto.

*Figura 13 Prototipos rápidos*



*Figura 14 Prototipos rápidos*



#### 4.2 Prototipos funcionales:

Inicialmente se realizaron los prototipos funcionales de las dos alternativas finales y se anotaron ventajas y desventajas con el fin de evolucionar la alternativa final.

#### **Alt 8: Adaptadores Intercambiables**

*Figura 15. Adaptador Go Scan    Figura 16. Adaptador tablet    Figura 17. Adaptador tablet*



*Figura 18. Adaptador Go Scan    Figura 19. Adaptador Sense    Figura 20. Adaptador Go Scan*

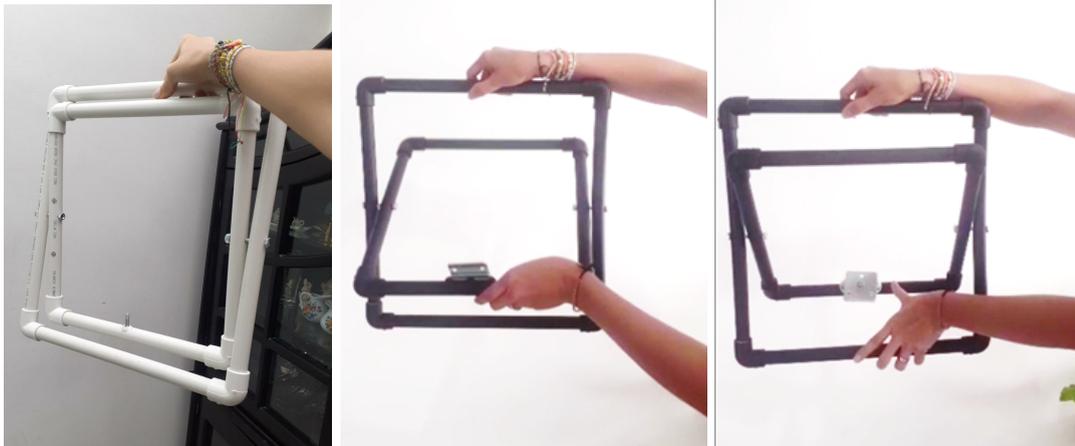


**Ventajas:** Posee dos adaptadores, uno para escáneres planos tales como la tablet y el sense, y el otro para escáneres de cuello elíptico tales como el Go Scan. Los dos adaptadores tienen la ventaja de que se pueden graduar su tamaño y adaptar a más escáneres con características similares.

**Desventajas:** Las manijas eran inestables por el tipo de unión con el adaptador del centro. También el peso del escáner hacía que se desestabilizaran y se inclinaran hacia el centro por no tener más puntos de apoyo.

## Alt 9: Giroscopio

Figura 21, 22 y 23. Prototipo funcional giroscopio



**Ventajas:** Posee un sistema de giro que le proporciona al escáner mayor alcance tanto de ángulo como de longitud y se adapta a todos los escáneres que posean adaptador tipo trípode tales como el sense y permite también el uso de un adaptador comercial de cámaras, celulares y tablets.

**Desventajas:** La activación del giro es netamente manual y no hay mayor control del mismo. Además con el peso del escáner el sistema se podría desequilibrar y pasaría la carga a una sola mano mientras se activa el sistema.

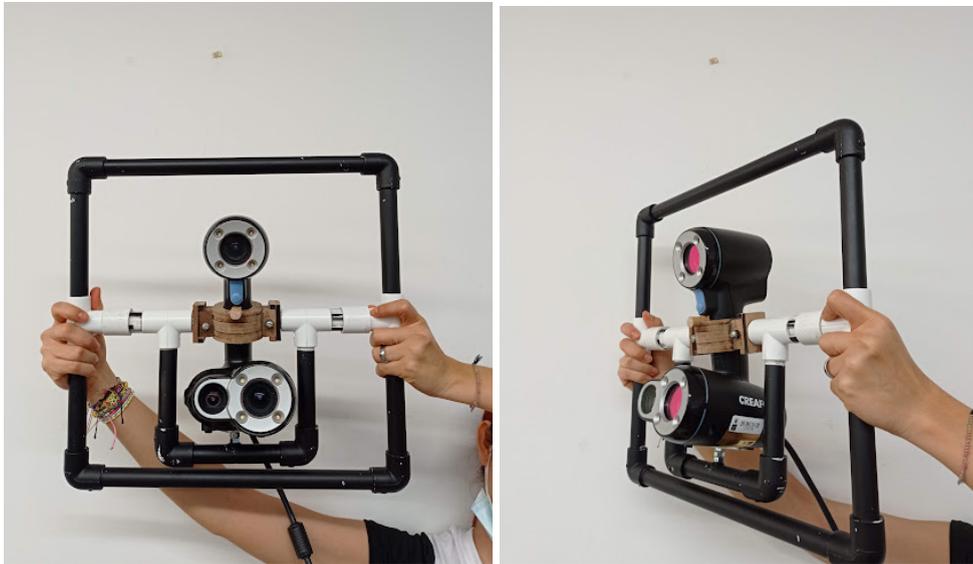
## 4.3 Evolución de la alternativa

### 4.3.1 Evolución 1

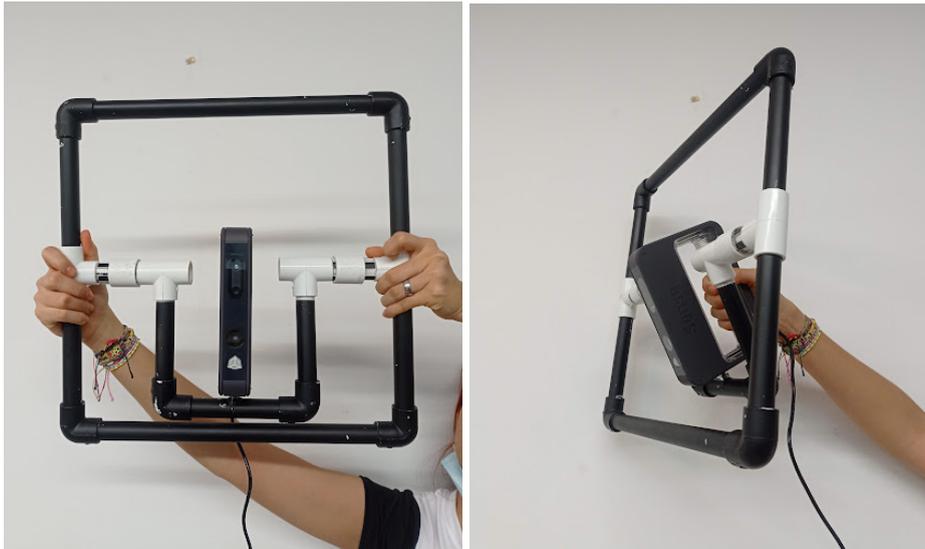
Para la evolución de la alternativa se tomó el concepto del Giroscopio, que fue la alternativa ganadora en el proceso analítico jerárquico, sin embargo también se quiso implementar la ventaja de la otra alternativa respecto a los adaptadores.

Además se buscó implementar un sistema que le permitiera al usuario agarrar el soporte, con ambas manos, de los extremos y activar el mecanismo de giro sin necesidad de separar la mano que ayuda a sostener el peso. Este mecanismo además permite que el escáner se quede estático en la posición de giro.

*Figura 24 y Figura 25  
Primera evolución de la alternativa con el Go Scan*



*Figura 26 y Figura 27. Primera evolución de la alternativa con el Sense*



*Figura 28. Primer prototipo de la perilla que presiona el botón del Go Scan.*



### **Análisis evolución 1:**

El sistema funciona pues permite al usuario agarrar el dispositivo equitativamente con ambas manos. Además es posible inclinar y dejar fijo al escáner en la posición deseada. Sin embargo, el modo de uso dificulta la tarea, debido a la forma en la que se debe activar el eje, ya que el mecanismo posee un riel que se debe deslizar hacia el centro del soporte, girar el eje central junto con el escáner y luego devolverlo a su posición inicial. Esta ejecución se complicaba más con personas con dedos cortos que no alcanzaban a hacer el movimiento completo. Por esto se propuso un nuevo mecanismo.

*Figura 29 y 30 de la prueba con el primer prototipo*



#### **4.3.2 Evolución 2**

El nuevo mecanismo consiste en un eje con un engranaje el cual se activa con un gatillo que es halado por un resorte. De esta manera el eje está naturalmente trabado por los gatillos, pero una vez se activa el mecanismo apretando los gatillos, estos sueltan el eje y pueden rotar el escáner de posición. Una vez lo ubican en el ángulo deseado sueltan el gatillo y este se traba el eje enseguida.

Figura 31. Segunda evolución del soporte



Figura 32. Segunda evolución Go Scan



Figura 33. Segunda evolución Go Scan



Figura 34. Segunda evolución Sense



Figura 35. Segunda evolución Sense



Figura 36. Segunda evolución Tablet

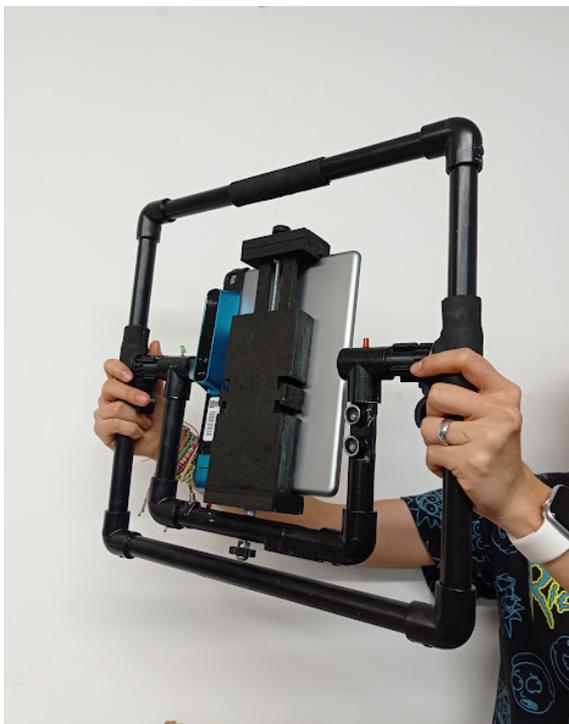
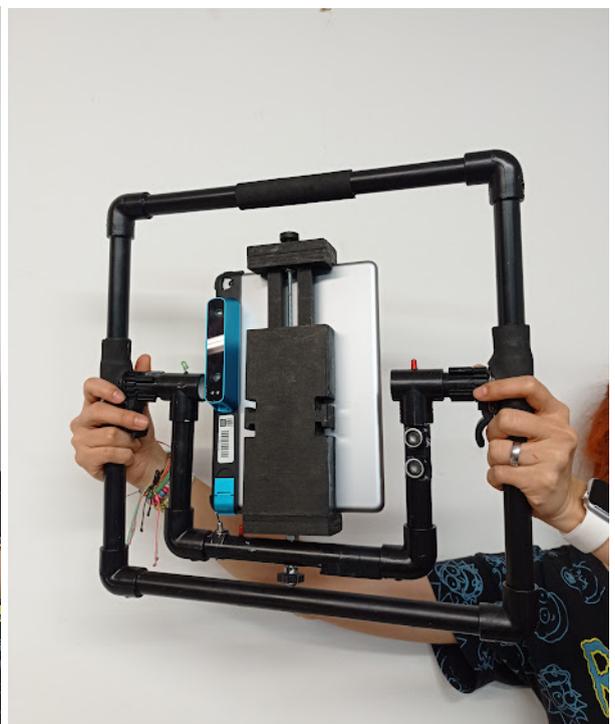


Figura 37. Segunda evolución Tablet



### 4.3.2.1 Detalle Mecanismo

Figura 38. Detalle Mecanismo



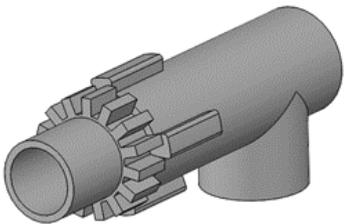
Figura 39. Detalle Mecanismo

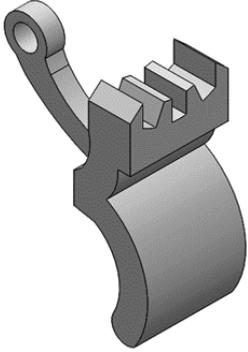
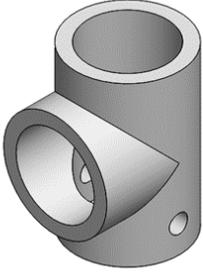
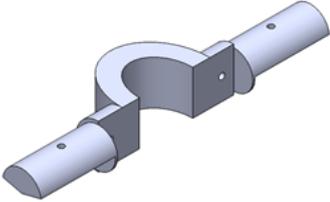
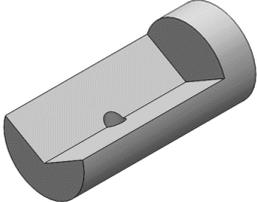
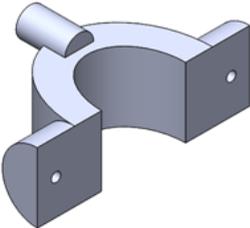


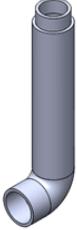
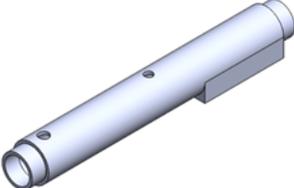
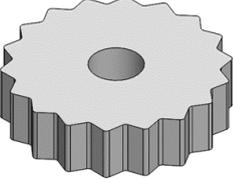
## 4.4 COMPONENTES Y MATERIALES

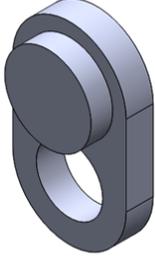
### 4.4.1 Lista de materiales BOM

Tabla 10. Lista de materiales BOM

Nombre		Material	Cantidad	Unidad	Precio unit	Precio total
Engrane sistema de agarre y eje de giro		ABS	2	Pieza	12000	24000

<p>Gatillo que traba el eje de giro</p>		<p>ABS</p>	<p>2</p>	<p>Pieza</p>	<p>9000</p>	<p>18000</p>
<p>T</p>		<p>ABS</p>	<p>2</p>	<p>Pieza</p>	<p>5000</p>	<p>10000</p>
<p>Adaptador 1 desmontable</p>		<p>ABS</p>	<p>1</p>	<p>Pieza</p>	<p>14000</p>	<p>14000</p>
<p>Adaptador 2 desmontable</p>		<p>ABS</p>	<p>2</p>	<p>Pieza</p>	<p>6000</p>	<p>12000</p>
<p>Adaptador 3 desmontable</p>		<p>ABS</p>	<p>1</p>	<p>Pieza</p>	<p>15000</p>	<p>15000</p>

Borde externo		ABS	2	Pieza	2500	5000
Borde interno 1		ABS	2	Pieza	2500	5000
Borde interno 2		ABS	1	Pieza	3000	3000
Plataforma		Acero inoxidable	1	Pieza	400	400
Rueda de giro		ABS	1	Pieza	5000	5000
Espuma de agarre		Espuma	3	metro	600	1800

perilla de activación del botón		ABS	1	Pieza	5000	5000
Tornillos		Acero al carbono	7	Unidad	500	2800
Resortes		Resorte de extensión	2	Unidad	5000	10000

#### 4.4.2 Inclusión de sistemas electrónicos de medición al soporte para Escáner.

Se realizó un montaje electrónico sobre el soporte con el fin de hacer monitoreo constante de la distancia a la que se encontraba el objetivo a escanear con el fin de tener una referencia para el usuario que realiza esta actividad.

Para la realización de este montaje se utilizaron los siguientes componentes:

**Sensor ultrasónico HC-SR05:** Es un sensor encargado en medir la distancia a la que se encuentra un objetivo por medio de la emisión de sonido ultrasónico por uno de sus transductores y la recepción de dicha señal sonora por su segundo transductor. La distancia a la cual se encuentra el objetivo en el que rebota la señal de sonido puede ser calculada

midiendo el tiempo entre la emisión y recepción de la señal sonora por medio de las señales de control que otorga el sensor.

**PIC16F887:** Es un microcontrolador de 8 bits desarrollado por la empresa Microchip, con un encapsulado DIP de 40 pines. Este controlador cuenta con distintas características de medición de tiempo, envío y recepción de señales digitales y protocolos de comunicación serial. Cuenta con un reducido tamaño, facilidad de programación, bajo costo y potencia computacional suficiente que lo hace ideal para diferentes proyectos basados en sensórica.

**LED's:** Son diodos emisores de luz que emiten señales luminosas al ser energizados por pequeños voltajes en corriente continua.

### **Funcionamiento del Sistema**

Los componentes seleccionados para realizar este sistema reciben un rango suficientemente amplio de voltaje de alimentación lo cual permitió energizar el sistema por medio de 3 baterías AA de 1.5 [V] conectadas en serie las cuales otorgaron un voltaje de alimentación de 4.7 [V] suficientes para alimentar todos los elementos que componen el circuito.

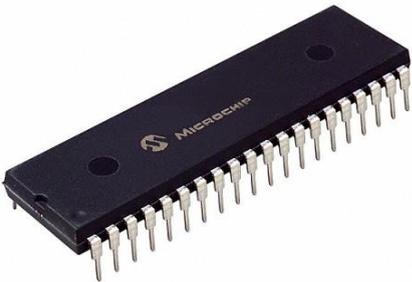
Una vez energizado el circuito se debe entender que la dirección del circuito es realizada por el microcontrolador PIC16F887, el cual envía una señal digital de 10 [uS] al pin de control denominado “*Trig*” en el sensor ultrasónico. Dicha señal le indica al sensor que debe emitir una onda sonora a la vez que el microcontrolador pone en marcha uno de sus múltiples *timers* con el fin de medir el tiempo de rebote de la señal acústica.

Una vez la onda sonora ha rebotado en su objetivo es captada de nuevo por el segundo transductor del sensor ultrasónico, el cual envía una señal digital por medio de su pin “*Echo*” hacia el microcontrolador indicando que debe detener la cuenta del tiempo y que se debe

proceder a hacer el cálculo de la distancia con una sencilla equivalencia entre el tiempo obtenido y la velocidad del sonido en el aire.

Obtenida la distancia, el microcontrolador determina si el objetivo se encuentra dentro de un rango espacial determinado para así enviar señales de 4.7[V] continuas a los LED's que crean marcas luminosas para indicar al usuario si la distancia a la que se encuentra del objetivo es correcta o no.

Tabla 11. Componentes electrónicos

Componente	
<b>Sensor ultrasónico HC-SR05:</b>	 A blue printed circuit board (PCB) ultrasonic sensor module. It features two circular ultrasonic transducers, one labeled 'F1' (transmitter) and one labeled 'R1' (receiver). The PCB is marked with 'HY-SRF05' and '120203'. It has four pins extending from the bottom, labeled 'VCC', 'Trig', 'Echo', and 'GND'.
<b>PIC16F887</b>	 A black integrated circuit (IC) microcontroller. It is a DIP package with 40 pins. The top surface is marked with the Microchip logo and the part number 'PIC16F887'.
<b>Led verde y rojo</b>	 Two standard 5mm through-hole LEDs. One is red and the other is green. Both have two leads extending from their bases.

#### 4.4.3 Alcance del soporte dentro del mercado actual

Con base en la solución presentada y los alcances de uso como soporte escaner, se identificaron las tecnologías que podrían potencialmente ser acopladas a la propuesta de diseño presentada. en la tabla xxx se describe la tecnología escaner

**Tabla 12.** Alcance dentro del mercado

Descripción	Referencia Visual
<p><b>EinScan Pro 2X Plus</b></p> <p>Dispositivo portátil multifuncional; sirve para una amplia gama de aplicaciones (como ingeniería inversa, diseño generativo y simulación).</p>	 A black, handheld 3D scanner with a handle and a sensor head. The text 'EinScan Pro 2X Plus' and 'SHINOWEB' is visible on the device.
<p><b>Peel 2</b></p> <p>Hace parte de la próxima generación de escáneres 3D que presenta la marca con la misma facilidad de uso pero con características mejoradas. Este escáner proporciona una resolución de medición más alta, captura de color, seguimiento mejorado y mejores capacidades de geometría.</p>	 A white, handheld 3D scanner with a handle and a sensor head. A person's hand is shown holding the device.
<p><b>F6 SMART</b></p> <p>Este escáner 3D es apropiado para una variedad de aplicaciones, desde arquitectura, ingeniería, construcción, automotriz, realidad virtual y más. Presenta una resolución de 1 mm y puede capturar hasta 640,000 puntos por segundo.</p>	 A black, handheld 3D scanner with a handle and a sensor head. The text 'F6 SMART' is visible on the device.

**Eva**

Este dispositivo portátil sirve para diversas aplicaciones, como ingeniería inversa, escaneo corporal, e incluso, conservación de museos. Utiliza tecnología de luz estructurada y puede alcanzar una resolución de hasta 0,5 mm. También es muy liviano, pesa solo 0.85 kg.

**Shining 3D**

Basado en la tecnología de luz de estructura híbrida de LED y luz infrarroja invisible, el EinScan H es capaz de realizar escaneos de rostros humanos de forma más cómoda y sin emitir una luz tan fuerte. También incorpora una cámara a todo color y un gran campo de visión que consiguen una calidad final de los modelos realmente impresionante, y listos para tratar en tan solo unos minutos.

**ScanTech**

Escáner 3D de color portátil profesional fabricado por ScanTech. La empresa se especializa en el desarrollo, fabricación y venta de equipos inteligentes de inspección visual y vende toda una gama de escáneres 3D para diversas aplicaciones y sectores.

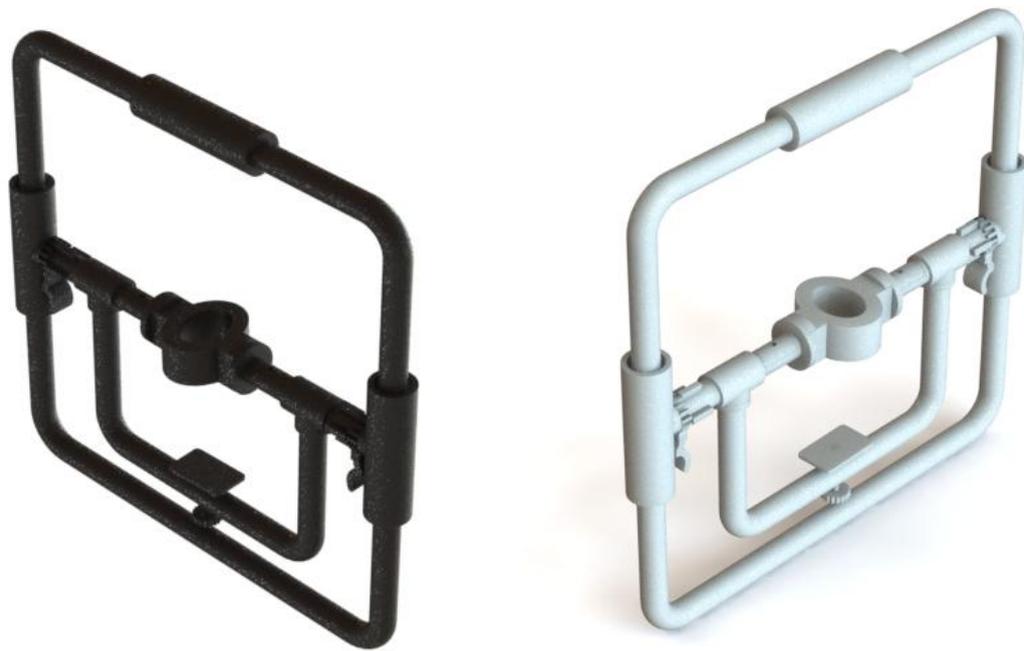


## 4.5 DISEÑO DE DETALLE

### 4.5.1 Render Final

Render con adaptador para escáneres con cuello de forma elíptica:

*Figura 40 y Figura 41. Render con adaptador para escáneres con cuello de forma elíptica*

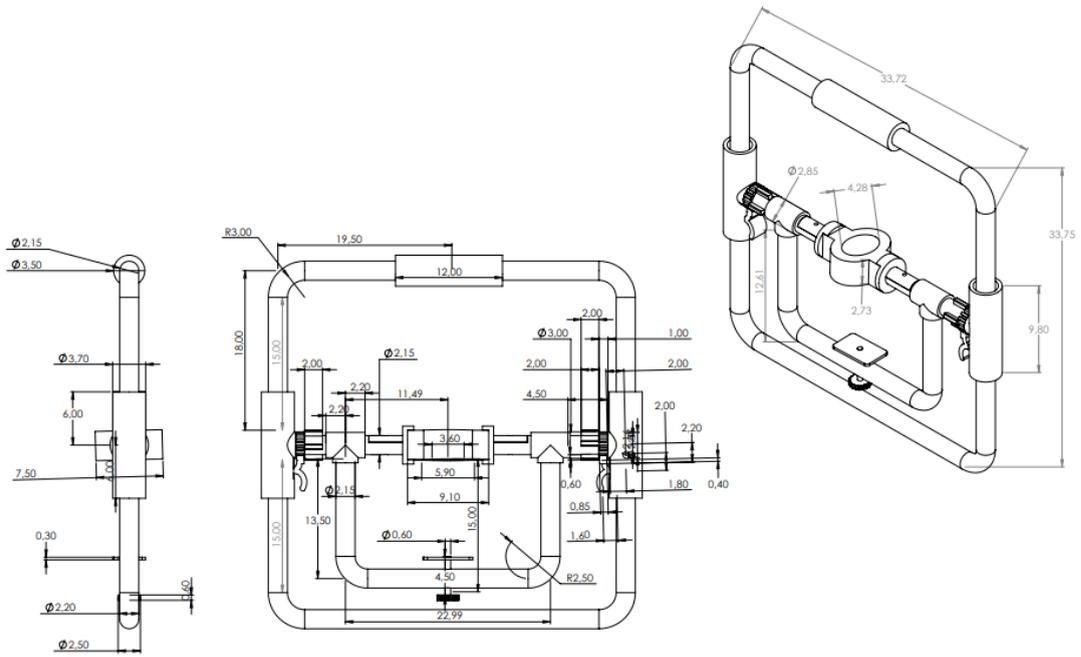


*Figura 42. Render en modo para escáneres planos con adaptadores de trípode*



#### 4.5.2 Planos técnicos

*Figura 43. Planos técnicos Ver Anexo 14*



### 4.5.3 Simulaciones

Uso para escáneres con forma de cuello de agarre como el Go Scan:

Figura 44. Uso para escáneres con forma de cuello de agarre como el Go Scan



Figura 45. Uso para escáneres con adaptador para trípode como el Sense



*Figura 46. Uso para otros dispositivos que hagan uso de un adaptador para trípode tales como celulares, tablets y cámaras*



## **5 TESTEAR**

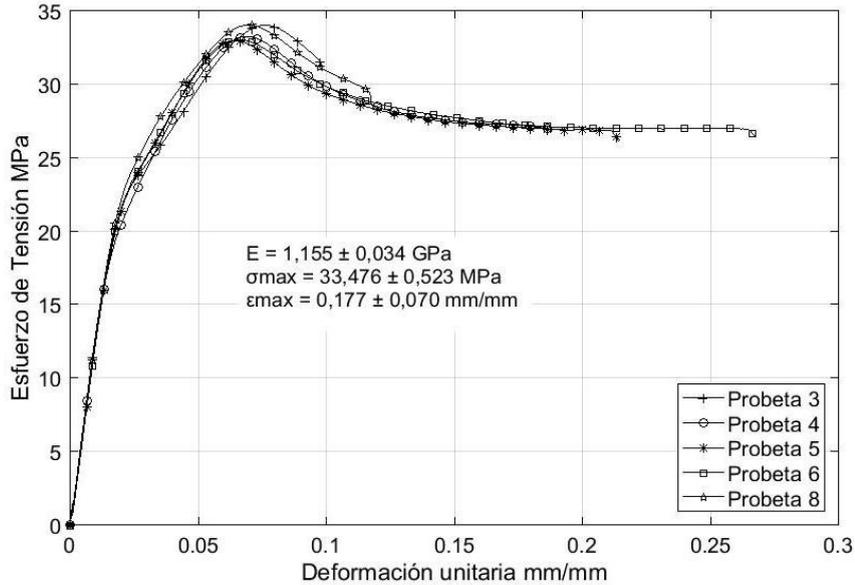
### **5.1 Pruebas verificación**

Tabla 13 . Pruebas de Verificación

	<b>Evaluar</b>	<b>Método</b>	<b>Variable</b>
1	Esfuerzo del material con la carga del escáner más pesado	Análisis físico de fuerzas en la estructura relacionados a la carga del escáner en el soporte teniendo en cuenta los dos puntos de apoyo. Estudio de tensiones de solidworks.	Puntos de apoyo, área de la carga.
2	La carga máxima que soporta el soporte	Análisis físico estático de tensión, desplazamiento y deformación variando la fuerza para encontrar la máxima que soporta el límite elástico.	Magnitud de la carga máxima
3	Calibración de la distancia de los sensores con respecto a las luces de profundidad del sensor	Método investigativo-experimental de la distancia a la que escanea el escáner correctamente.	Distancia programada del sensor. Distancia y ángulo del foco del escáner con respecto a la ubicación del sensor.

### 5.1.1 Análisis del esfuerzo del material (ABS)

Figura 47. Curvas esfuerzo -deformación en dirección axial. ABS [0°/0°]



Gráfica tomada de: Agudelo, Daniel & Diaz, David & Ibarra, Andrés & Cruel, Carlos & Montoya, Miguel & Hernandez, Camilo. (2019). Caracterización mecánica a tensión de impresiones 3D de PLA y ABS modeladas por deposición fundida.

A partir de la gráfica se obtiene el esfuerzo máximo o límite elástico, 33.476 MPa, y la deformación máxima, 0,177 mm/mm. Estos datos sirven para analizar los obtenidos en Solidworks del modelo, aplicando la carga normal del escáner y para calcular la fuerza máxima que soporta.

### Informe de Solidworks

Se le realizó un análisis físico estático al modelo en Solidworks, a partir del cual se obtuvo informe de tensiones, desplazamiento estático y deformaciones unitarias.

En primer lugar, las propiedades físicas del modelo son:

Masa = 525.80 gramos

Volumen = 515488.54 milímetros cúbicos

Área de superficie = 320203.99 milímetros cuadrados

Figura 48. Sujeciones y fuerzas aplicadas al modelo

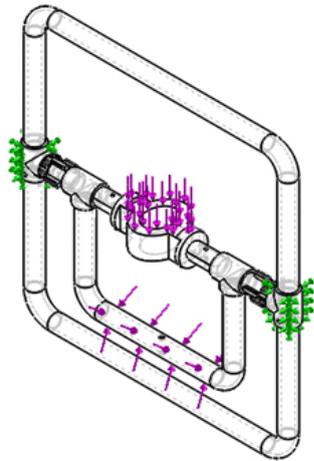


Tabla 14.

Informe de tensiones, aplicando una fuerza de 1kg, el cual es el peso del escáner más pesado de los escáneres.

Nombre: Tensiones 1	Tipo: Von: Tensión de von Mises	Mín: 2.827e-002N/m <sup>2</sup>  Nodo: 40697	Máx: 1.485e+005 N/m <sup>2</sup>  Nodo: 3390
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>Nombre del modelo: Ensamblaje centro Nombre de estudio: Análisis estático 1[-Predefinido-] Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1 Escala de deformación: 3000.44</p> </div> <div style="width: 60%; text-align: center;"> <p>von Mises (N/m<sup>2</sup>)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1.485e+005</li> <li>1.361e+005</li> <li>1.237e+005</li> <li>1.114e+005</li> <li>9.898e+004</li> <li>8.661e+004</li> <li>7.424e+004</li> <li>6.186e+004</li> <li>4.949e+004</li> <li>3.712e+004</li> <li>2.475e+004</li> <li>1.237e+004</li> <li>2.827e-002</li> </ul> </div> </div>			

En el primer estudio de tensiones se le aplicó al soporte la carga del escáner Go Scan de 1kg sobre los dos puntos de contacto. De esta manera se obtuvo que el valor máximo de esfuerzo fue 1.485e+005 Pa o 0.1485 MPa. Este valor se compara con el límite elástico del material escogido (ABS) igual a 33.476 MPa. A partir de estos datos se obtiene el factor de seguridad. De la fórmula

Factor de seguridad= Límite elástico del material/Esfuerzo máximo de Von Misses.

Factor de seguridad= 33.476 MPa / 0.1485 MPa

Factor de seguridad= 225.42

De lo anterior, teniendo en cuenta que el factor de seguridad debe ser > 1 para que el soporte resista la carga, y el resultado fue de 225.42, indicando así, que dicha carga está muy por debajo de sus límites de resistencia máxima y no representa ningún riesgo para el soporte.

Tabla 15.

Informe de desplazamientos, aplicando una fuerza de 1kg, el cual es el peso del escáner más pesado de los escáneres.

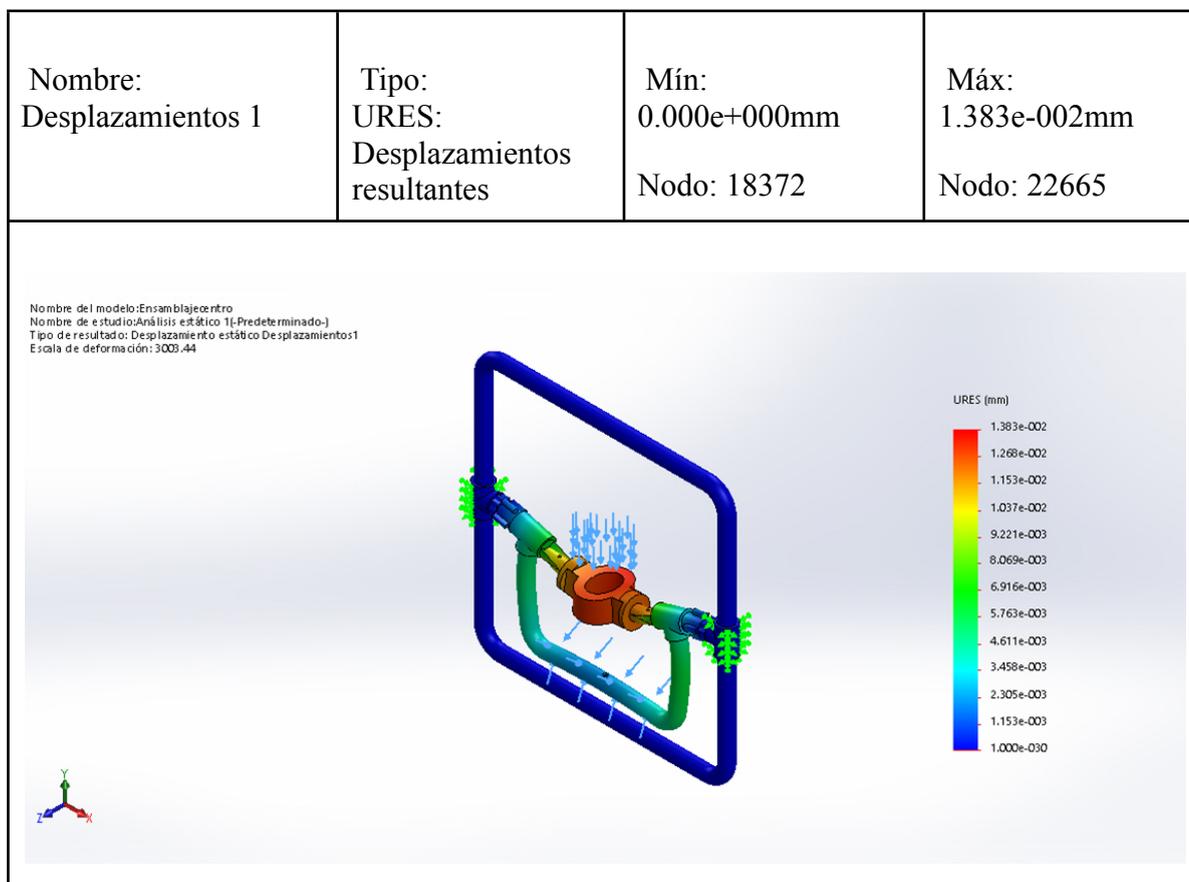
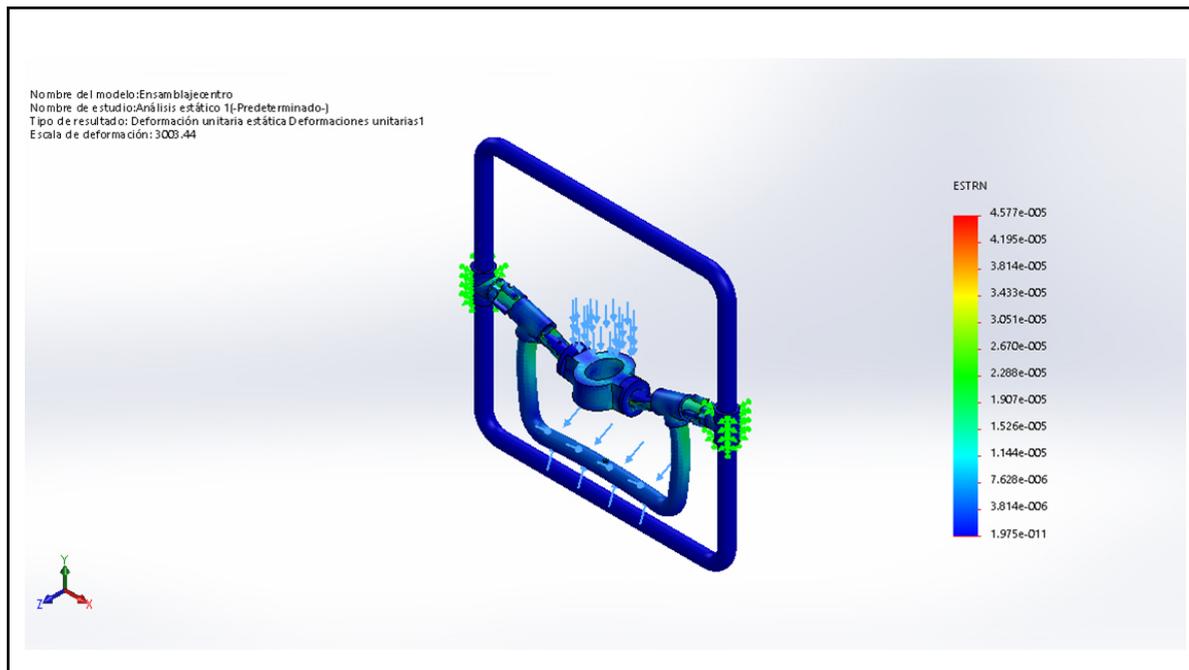


Tabla 16.

Informe de deformaciones unitarias, aplicando una fuerza de 1kg, el cual es el peso del escáner más pesado de los escáneres.

Nombre: Deformaciones Unitarias 1	Tipo: ESTRN: Deformación unitaria equivalente	Mín: 1.975e-011  Elemento: 29167	Máx: 4.577e-005  Elemento: 1727
---	--	--	---------------------------------------



En el primer estudio de deformaciones se le aplicó al soporte la carga del escáner Go Scan de 1kg sobre los dos puntos de contacto. De esta manera se obtuvo que el valor máximo de deformación fue  $4.577e-005$  (0,000045 mm/mm). Este valor se compara con la deformación máxima del material escogido (ABS) igual a 0,177 mm/mm. A partir de los datos se obtiene una diferencia significativa de 0.176954 por lo que dicha carga no representa ningún riesgo para el soporte.

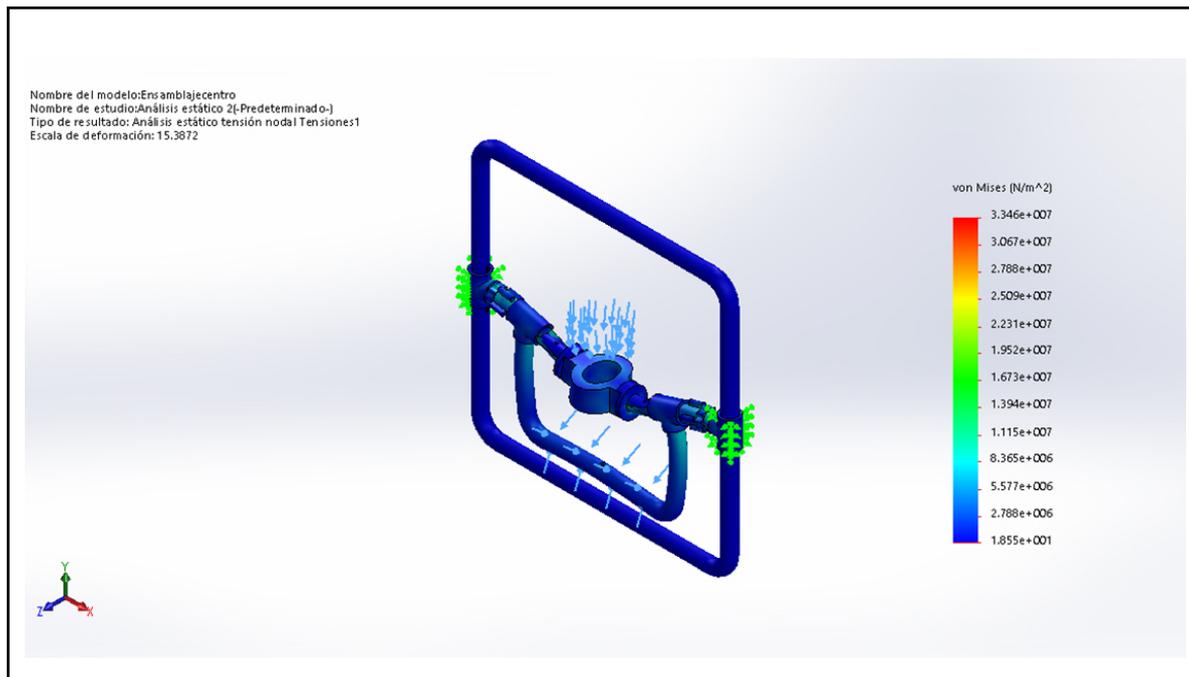
### 5.1.2 Carga máxima

Para calcular la carga máxima que resiste el soporte se le fueron agregando valores a la fuerza ejercida en el estudio estático con el fin de obtener el valor del esfuerzo máximo o límite elástico del material (ABS), es decir, 33.47 MPA. El valor de la carga resultante fue de 397 N (40.4827 Kilogramos-fuerza).

Tabla 17.

Informe de tensiones, aplicando una fuerza máxima de 397 N

Nombre: Tensiones 2	Tipo: Von: Tensión de von Mises	Mín: $1.855e+001\text{N/m}^2$ Nodo: 18953	Máx: $3.346e+007\text{N/m}^2$ Nodo: 4494
---------------------	------------------------------------	---	--



En el segundo estudio de tensiones se le aplicó al soporte la carga de 397 N sobre los dos puntos de contacto. De esta manera se obtuvo que el valor máximo de esfuerzo fue  $3.346 \times 10^7$  Pa o 33.46 MPa, un valor muy cercano al del límite elástico del material escogido (ABS) de 33.476 MPa.

A partir de estos datos se obtiene el factor de seguridad.

De la fórmula

Factor de seguridad = Límite elástico del material / Esfuerzo máximo de Von Misses.

Factor de seguridad =  $33.476 \text{ MPa} / 33.46 \text{ MPa}$

Factor de seguridad = 1.0004

De lo anterior, teniendo en cuenta que el factor de seguridad debe ser  $> 1$  para que el soporte resista la carga, y el resultado fue de 1.0004, indicando así, que 397 N es la carga límite que soporta el dispositivo.

Tabla 18.

Informe de desplazamientos, aplicando una fuerza máxima de 397 N

Nombre: Desplazamientos 2	Tipo: URES: Desplazamientos resultantes	Mín: 0.000e+000mm  Nodo: 8844	Máx: 2.722e+000mm  Nodo: 11194
------------------------------	--	--	---

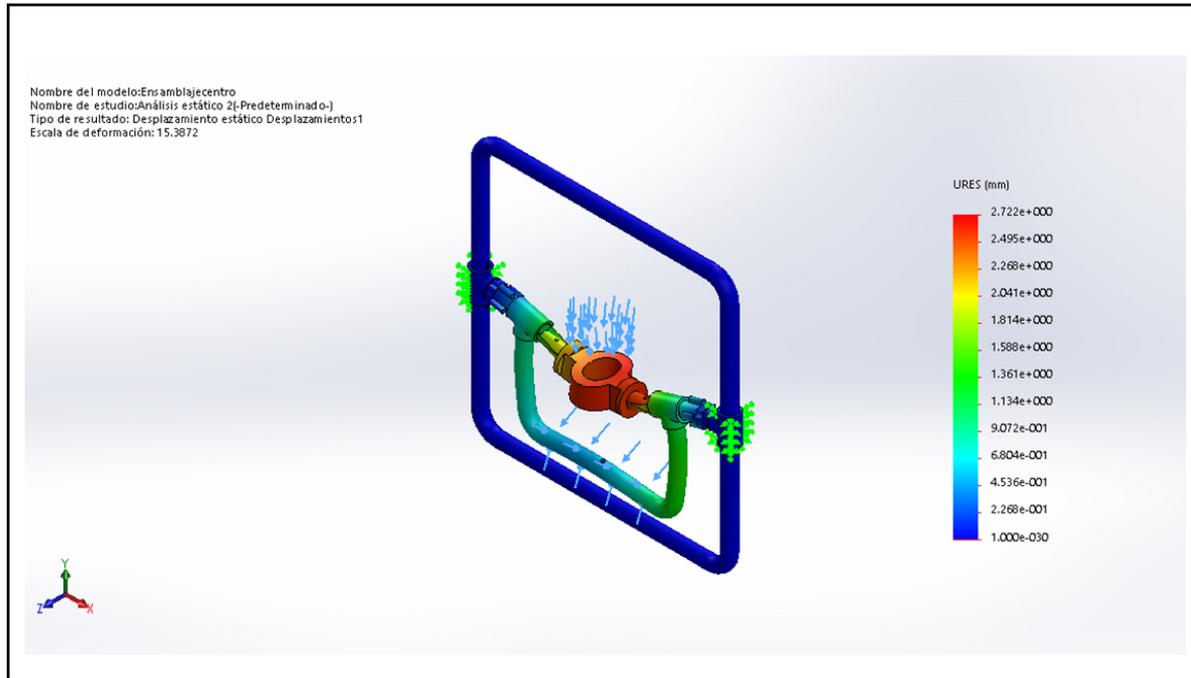
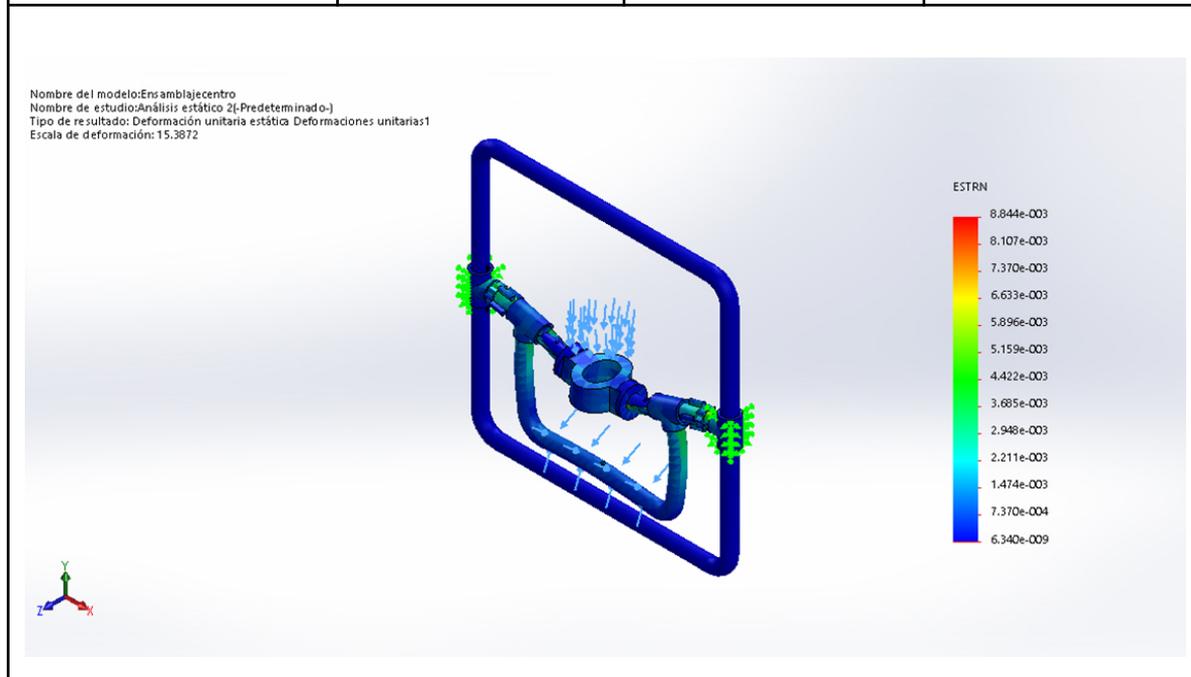


Tabla 19.

Informe de deformaciones unitarias, aplicando una fuerza máxima de 397 N

Nombre: Deformaciones Unitarias 2	Tipo: ESTRN: Deformación unitaria equivalente	Mín: 6.340e-009 Elemento: 9172	Máx: 8.844e-003 Elemento: 2148
---	--	-----------------------------------	-----------------------------------



En el primer estudio de deformaciones se le aplicó al soporte la carga máxima de 397 N sobre los dos puntos de contacto. De esta manera se obtuvo que el valor máximo de deformación

fue  $8.844e-003$  (0,00884 mm/mm). Este valor se compara con la deformación máxima del material escogido (ABS) igual a 0,177 mm/mm, e indica que se necesitaría aplicar mucha más fuerza al soporte para llegar a la deformación máxima del material.

### **5.1.3 Calibración de la distancia de los sensores con respecto a las luces de profundidad del sensor**

En primer lugar se indagó, con ayuda de un usuario experto, el rango de distancia correcto, entre el foco del escáner y el modelo a escanear, con el fin de lograr un escaneo exitoso y obtener un modelo virtual completo. Con estos datos se programó el microcontrolador para que indicara la distancia correcta, previamente definida. La distancia es medida a través de un sensor ultrasónico, que le envía señales a un led rojo y uno verde, que le indican al usuario si se encuentra fuera de foco, con el rojo, o si se encuentra a la distancia correcta, con el verde.

En la fase experimental, se probó si los bombillos led se prendían y apagaban sincronizados con las luces indicativas del escáner Go Scan. Una vez probados se tomaron los datos exactos de la distancia que se desfasó para volver a programar el microcontrolador y dejarlo listo para la prueba final.

*Figura 49. Primer test del soporte con implementación de sensores y luces led*



## 5.2 Pruebas validación

Las pruebas se realizaron con los escáneres, con los software disponibles, del laboratorio 2D y 3D de la escuela de Diseño Industrial. Estos fueron el ‘Go Scan’ y el ‘Sense’. La prueba no se realizó con el escáner de la tablet ‘Structure sensor’ debido a que el software no es usado en la escuela. Sin embargo, el soporte está diseñado para adaptarse también a este tipo de dispositivos con la implementación de un adaptador para trípode comercial.

### 5.2.1 Test Clásico de Usabilidad

Método: Test clásico de usabilidad, para examinar eficiencia, eficacia y satisfacción.

Tabla 20. Productos a testear

Escáner 1: Go Scan	Escáner 2: Sense	Soporte
		

### Resumen ejecutivo:

La evaluación del prototipo fue aplicada a 9 participantes durante el día 13 de julio del 2022. El propósito de este estudio fue identificar problemas de usabilidad que interfieren en el proceso de escaneado manual con los escáneres de la escuela de diseño industrial UIS, y comparar los resultados obtenidos usando el soporte en estudio, y sin utilizar el mismo. Esto con el fin de obtener mejoras en la manipulación de los escáneres. Los participantes realizaron

la prueba de validación en el laboratorio 2D y 3D de la escuela de diseño industrial, utilizando los 2 escáneres disponibles y el prototipo soporte.

La prueba consistió de 3 etapas: En la primera un usuario experto escaneó el modelo definido con los dos escáneres. En la segunda etapa, un usuario inexperto realizó la misma tarea, y en la última etapa el mismo usuario repitió la actividad, pero esta vez utilizando el soporte. Fue necesario antes de realizar la prueba, brindarle una breve explicación al segundo usuario, de cómo debía escanear.

**Propósito del estudio:** El objetivo de este estudio es validar la usabilidad del dispositivo soporte, al establecer una base comparativa con respecto a la usabilidad propia de los escáneres 3D manuales sin elementos externos, en función de eficiencia, eficacia y satisfacción, a fin de definir si el soporte mejora el modo de uso de los escáneres.

**Participantes:** Nos ceñimos a los lineamientos de Tom Tullis y Bill Alberts de plantear una muestra de 5 a 15 participantes para evaluar eficacia y eficiencia. El estudio se realizó con 9 estudiantes de la Universidad Industrial de Santander de 18 a 27 años.

**Factores de inclusión:** Estudiantes y miembros de la comunidad universitaria. Participantes entre los 18 y 50 años con ningún nivel o nivel básico de experiencia escaneando.

**Factores de exclusión:** Ausencia de las dos extremidades superiores. Tener alguna discapacidad cognitiva.

**Método:** Se utilizó el Método test clásico de usabilidad (Nielsen, 1994).

**Procedimiento:**

La prueba fue realizada de forma presencial y sincrónica el día 13 de julio del 2022. Los participantes fueron estudiantes de la Universidad Industrial de Santander. Se grabó la prueba

para la posterior toma de datos. Inicialmente se le pidió a un usuario experto que escaneara con los dos escáneres disponibles en la escuela, el Go Scan y el Sense, con el fin de obtener unos tiempos y modelos virtuales de referencia. Para la segunda etapa se reunió a 9 participantes inexpertos y se les pidió que escanearan con los dos escáneres únicamente, sin hacer uso del soporte. En la última etapa, los participantes debían escanear nuevamente con los escáneres, pero esta vez haciendo uso del soporte.

Tanto para los escáneres como para el soporte, se le brindó una breve explicación al usuario de cómo se debía usar. Durante todo el proceso se fue observando cómo el usuario hacía uso del soporte, interactuando con el escáner, sus posturas, y expresiones, así como de las dudas que les surgían.

Los datos que quisimos obtener a partir de esta prueba fueron: De eficiencia, medido en el tiempo en que realizaron la tarea en cada una de las etapas. De eficacia, medido en el porcentaje de nivel de éxito en la tarea calculado en la cantidad de ayudas que necesitan para culminar la tarea. Y por último, de satisfacción, medido en el porcentaje de participantes que tuvieron cierto nivel en la escala de satisfacción.

Tabla 21. Pruebas Test Clásico de Validación

	<b>Prueba</b>	<b>Método</b>	<b>Métrica</b>	<b>Variable</b>
<b>1</b>	<b>Eficiencia</b>	Tiempo en completar la tarea	Rendimiento	Tiempo en escanear con y sin soporte
<b>2</b>	<b>Eficacia</b>	Nivel de éxito en la tarea	Rendimiento	Nivel de éxito medido en la cantidad de ayudas requeridas



								umbral ?		umbral ?	
D01	23	125	Si	190	No	65	122	Si	240	No	118
D02	23	200	No	350	No	150	300	No	216	No	-44
D03	23	110	Si	112	Si	2	97	Si	105	Si	8
D04	24	195	No	280	No	85	180	No	230	No	50
D05	23	170	No	320	No	150	145	Si	155	Si	10
D06	18	185	No	188	No	3	195	No	230	No	35
D07	23	250	No	350	No	100	75	Si	120	Si	45
D08	27	135	Si	175	No	40	110	Si	200	No	90
D09	25	150	Si	220	No	70	75	Si	90	Si	15
Promedio		168.8		242.7		73.8	139.8		176.2		36.33
Mediana		170		220		70	122		200		35
%Si			44,44		11.11			66.67		44,44	
%No			55.56		88.89			33.33		55.56	

Figura 50. Comparativa entre los tiempos de escaneo con el Go Scan. Los de color azul corresponden a sin usar el soporte y los naranja con el soporte.



Figura 51. Comparativa entre los tiempos de escaneo con el Sense. Los de color azul son sin usar el soporte y los naranja con el soporte.

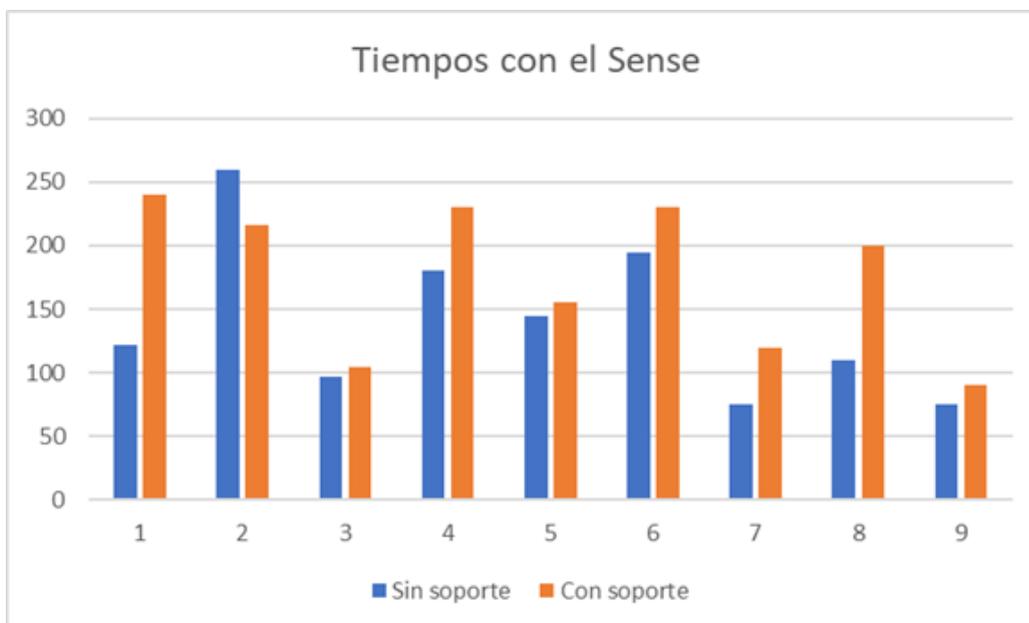
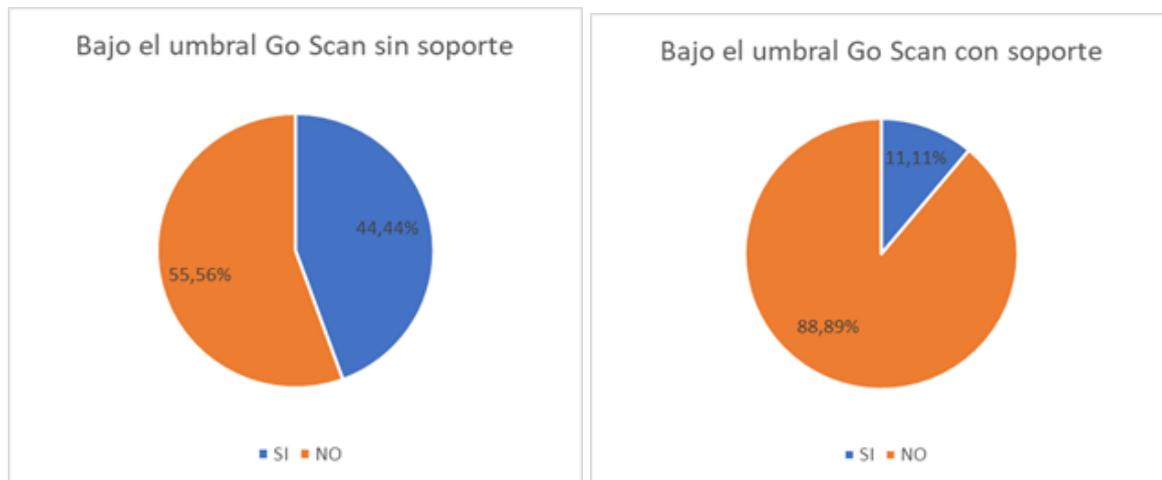
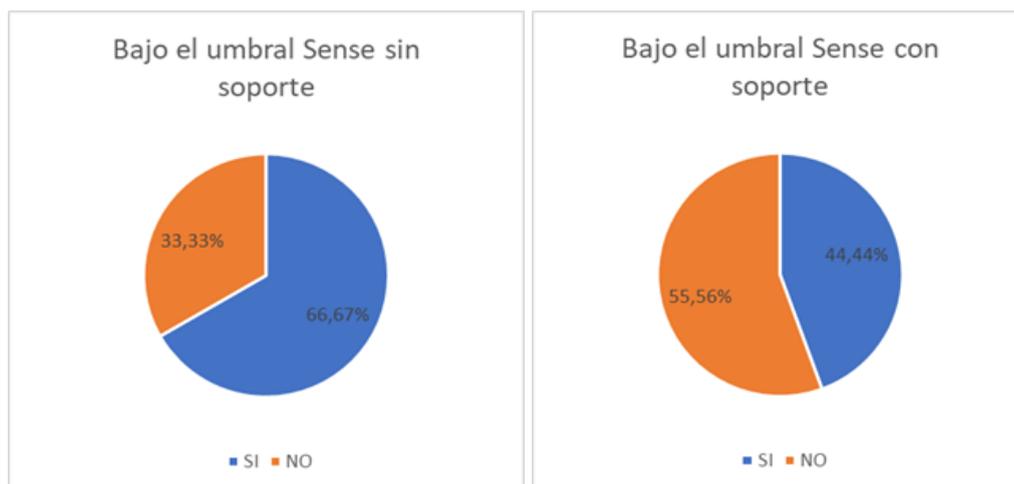


Figura 52 y 53. Porcentaje de participantes que estuvieron bajo el umbral del usuario experto con el escáner Go Scan.



Porcentaje de participantes que estuvieron bajo el umbral del usuario experto, es decir, los que obtuvieron un tiempo menor a 150 segundos, que fue el doble del tiempo obtenido por el usuario experto utilizando el Go Scan. La primera gráfica es sin usar el soporte y la segunda usandolo.

Figura 52 y 53. Participantes que estuvieron bajo el umbral del usuario experto con el escáner Sense.



Porcentaje de participantes que estuvieron bajo el umbral del usuario experto, es decir, el porcentaje de participantes que obtuvieron un tiempo menor a 160 segundos, que fue el doble

del tiempo obtenido por el usuario experto utilizando el Sense. La primera gráfica es sin usar el soporte y la segunda usandolo.

### **Conclusión variable de Eficiencia.**

En las gráficas anteriores se puede evidenciar que el tiempo empleado con el soporte fue mayor que el que tardaban con solo los escáneres. Sin embargo, esto puede ser justificado debido a la curva de aprendizaje con el nuevo mecanismo, ya que con el soporte deben manipular un sistema mecánico para el movimiento del mismo, a diferencia de los escáneres que son netamente automáticos.

Se evidenció también que la segunda vez que usaron el soporte, con el segundo escáner, el sense, los resultados mejoraron considerablemente, ya que la diferencia entre el tiempo con el soporte y sin el soporte fue mucho menor, pasó de 70 segundos la primera vez escaneando, a 35 segundos en promedio la segunda vez. También, la segunda vez que escanearon con el soporte, aumentó el número de personas que entraron bajo el umbral del usuario experto, de un 11,11% a un 44,44%. Teniendo en cuenta lo anterior, se podría predecir que si el usuario continúa usando el soporte, los tiempos se igualarían a los empleados con los escáneres únicamente, y además de esto tendría los beneficios que le aporta el soporte al proceso de escaneo.

#### **5.2.1.2 Variable eficacia. Porcentaje de éxito de la tarea:**

Para la validación de la variable de eficacia, se realizó por medio del análisis de porcentaje de éxito que se define en base a la cantidad de participantes que entran en una de las dos categorías establecidas por las investigadoras según el nivel de intervención y cumplimiento

de la tarea. La toma de datos de esta variable se llevó a cabo por medio de los videos de la prueba, haciendo uso de la plantilla Prueba éxito de la tarea. Se tuvieron en cuenta los datos de los 9 participantes según los criterios de inclusión y exclusión establecidos.

**Nivel 01:** Describe si el encuestado necesitó entre 3 y 10 ayudas, además, logra finalizar la tarea con éxito.

**Nivel 2:** Describe si el encuestado necesitó entre 1 y 2 ayudas, además, logra finalizar la tarea con éxito.

En la siguiente tabla se ilustra la relación entre el código del participante, edad y nivel de éxito de la tarea.

Tabla 23. Nivel de éxito en la tarea

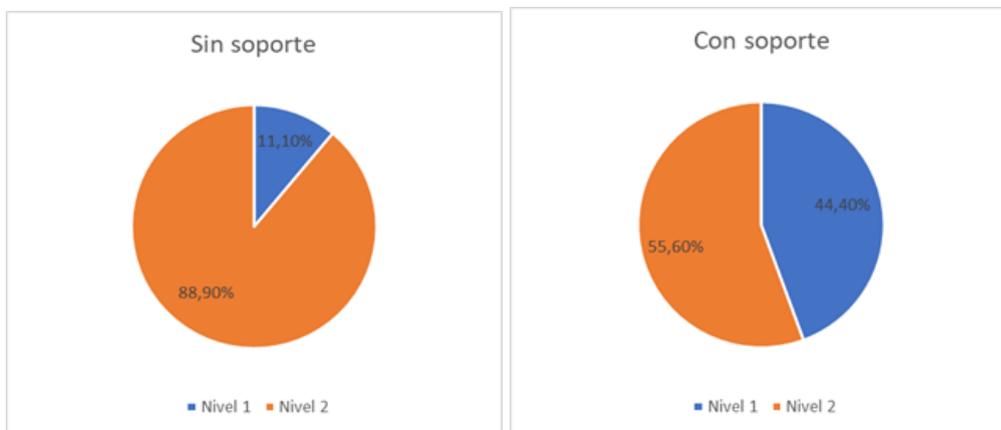
Código	Edad (años)	Sin usar el soporte		Usando el soporte	
		N1	N2	N1	N2
D01	23		x	x	
D02	23		x	x	
D03	23		x		x
D04	24		x	x	

D05	23		x		x
D06	18		x		x
D07	23	x		x	
D08	27		x		x
D09	25		x		x

Figura 54. Comparativo 1 de los niveles de éxito con y sin soporte



Figura 55 y 56. Porcentaje de personas que tuvieron un nivel 1, es decir menor éxito, y nivel 2, es decir mayor éxito



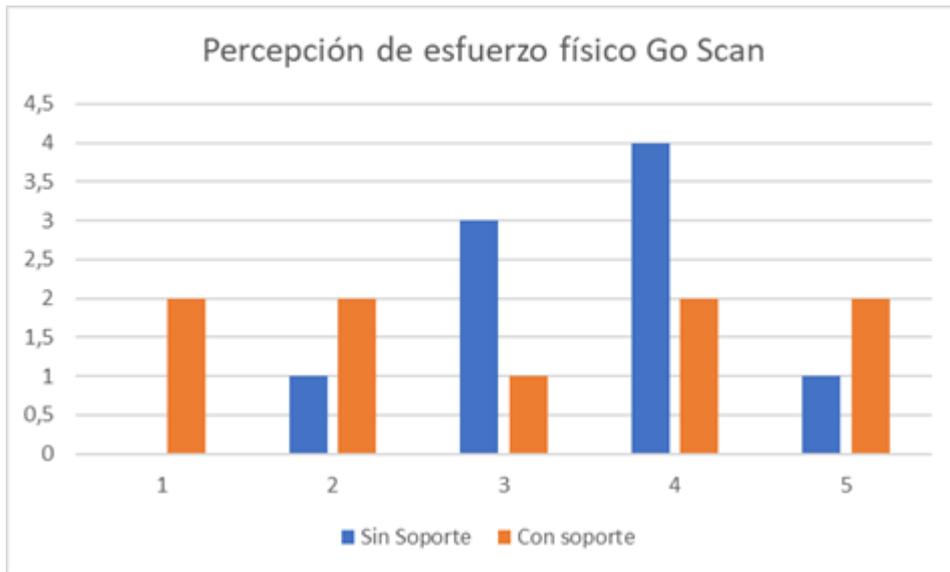
### **Conclusión variable de Eficacia**

El 100% de los participantes logró obtener modelos virtuales con y sin el soporte. A pesar de que ‘Sin soporte’ obtuvo la mayor cantidad de personas que obtuvieron el nivel 2, es decir, el nivel de mayor éxito, ‘Con soporte’ obtuvo más de la mitad de los participantes, con el 55,56%, que obtuvieron el nivel 2, y necesitaron la menor cantidad de ayudas.

#### **5.2.1.3 Variable de satisfacción:**

Para la validación de la variable de satisfacción, se realiza una encuesta de Google con las características de escalas de Likert.

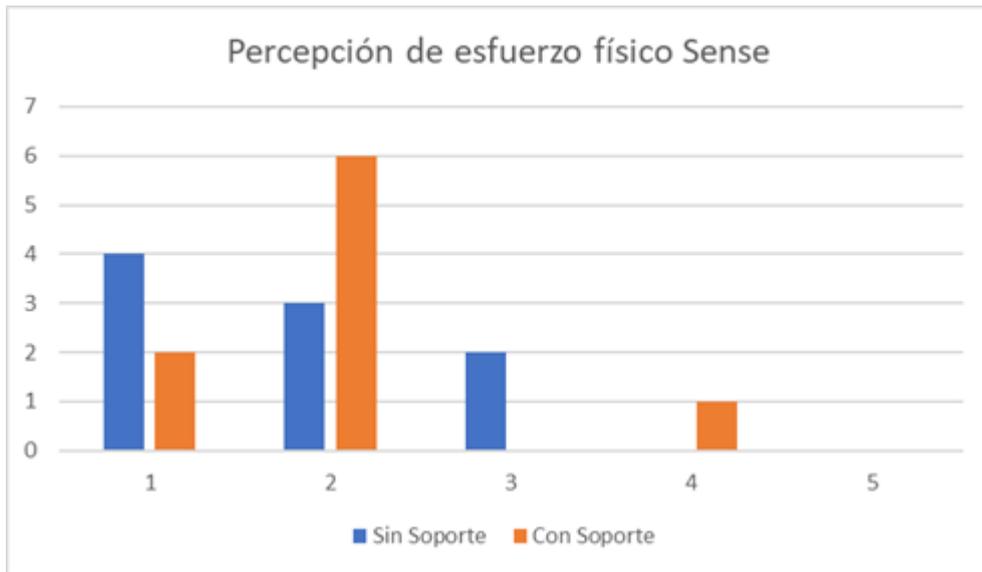
Para el análisis de satisfacción se tuvieron en cuenta las variables: Percepción incomodidad, percepción de esfuerzo físico, mental y confiabilidad. Los participantes indicaron en una escala de 1 a 5 su nivel de conformidad con los aspectos anteriormente mencionados, siendo 1 el más bajo y 5 el más alto. En la encuesta se le pidió a los participantes que calificaran su experiencia en función de las variables, en el uso con los escáneres únicamente y con el uso del soporte. Al final también se les solicitó que calificaran algunos atributos del soporte con el fin de que le dieran valor a su utilidad.



En cuanto a la percepción de esfuerzo físico con el Go Scan se puede decir que en el nivel 5, es decir el de mayor esfuerzo, 'Con soporte' obtuvo un 22,2% frente a un 11,1% de 'Sin soporte', de un total de 9 personas. En el nivel 4, es decir un nivel de esfuerzo menor al anterior, 'Con soporte' de igual manera obtuvo un 22,2% pero esta vez 'Sin soporte' obtuvo un 44,44%. En el nivel medio se encuentra 'Con soporte' con un 11,1% mientras que 'Sin soporte' representa un 33,3%. En el nivel 2, es decir bajo esfuerzo físico, 'Con soporte' representa un 33,3%. En el nivel 2, es decir bajo esfuerzo físico, 'Con soporte' representa un 11,1% y 'Sin soporte', un 22,2%. Finalmente el nivel 1, el de menor percepción de esfuerzo físico, 'Con soporte' representa el 22,2% de los participantes.

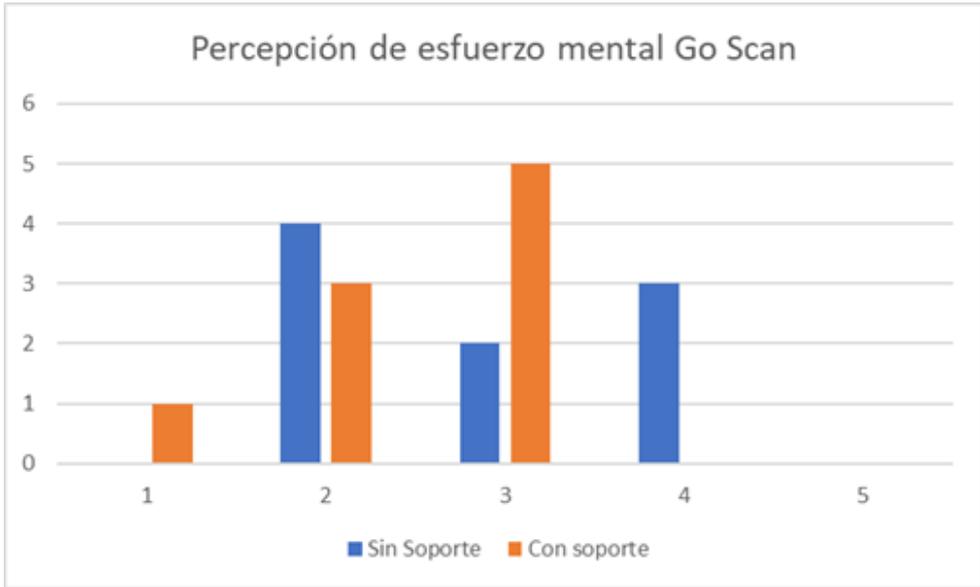
De lo anterior podemos afirmar que los participantes que sintieron mayor esfuerzo físico, es decir, los niveles 4 y 5 fueron el 55,5% sin usar el soporte, frente a un 44,4% usándolo. Esto nos indica que el soporte disminuyó un 11,1% de las personas que percibieron el esfuerzo físico en los niveles más altos. En el nivel medio, el soporte disminuyó un 22,2% de las personas que percibieron esfuerzo medio. Por último, en los dos primeros niveles obtuvo mayor porcentaje el uso del soporte, siendo la mínima percepción de esfuerzo.

Figura 58. Percepción de esfuerzo físico Sense



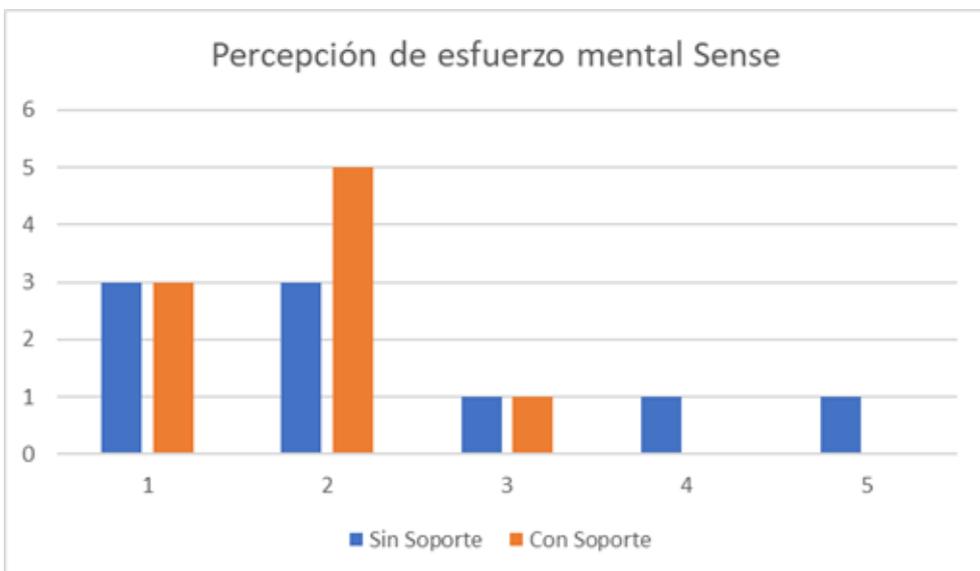
En cuanto a la percepción de esfuerzo físico con el segundo escáner, el Sense, se nota una diferencia significativa frente al primer escáner debido a la diferencia de pesos, pues el sense es mucho más liviano. Se observa que a pesar de que el soporte obtuvo un mayor nivel de esfuerzo, este representa solo un 11% frente a un 22,2% de ‘Sin soporte’ en el nivel anterior. La mayor cantidad de participantes estuvo ubicada en los primeros dos niveles, es decir de la menor cantidad de esfuerzo. En el primer nivel ‘sin soporte’ obtuvo un 44,4% frente a un 22,2% de ‘con soporte’. En el segundo nivel, ‘Con soporte’ obtuvo un 66,6% frente a un 33,3%. A pesar de que no hay gran diferencia entre la percepción de esfuerzo entre el nivel 1 y el nivel 2, si es evidente que los participantes sintieron más esfuerzo físico usando el soporte con el Sense. Esto debido a que el escáner es bastante liviano, y el soporte le aporta peso.

Figura 59. Percepción de esfuerzo mental Go Scan



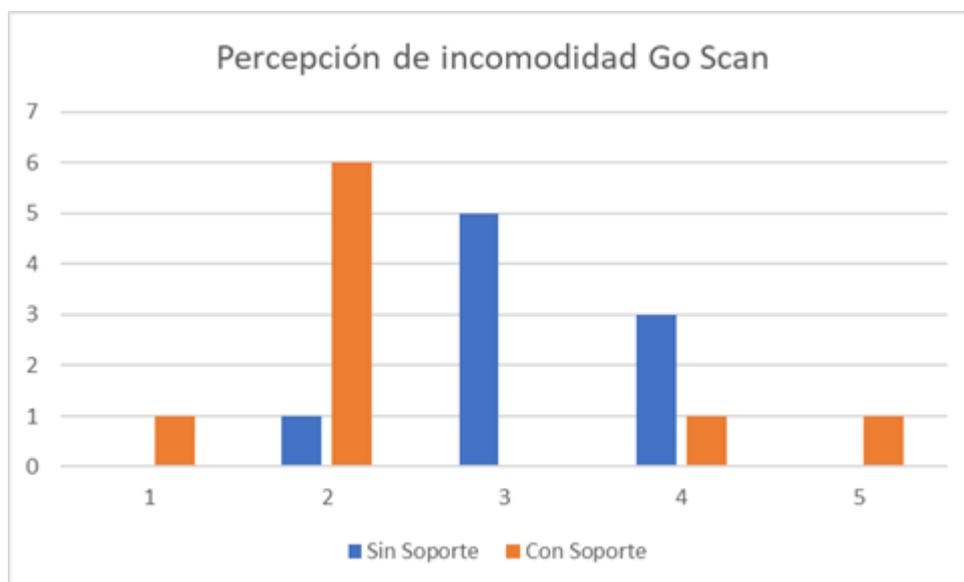
En cuanto a la percepción de esfuerzo mental con el Go Scan, quien obtuvo el mayor esfuerzo mental, en el nivel 4, fue 'Sin soporte' con un 33,3% frente a 0% del uso del soporte. En el nivel 3, el de percepción de esfuerzo media, 'Con soporte' obtuvo la mayor cantidad de votos con un 55% frente a un 22,2% de 'Sin soporte'. A pesar de que en los dos primeros niveles 'con soporte' y 'sin soporte' obtuvieron la misma cantidad de votos, 'Con soporte' se llevó la ventaja ya que la menor cantidad de votos fue en el nivel más alto, nivel 2, y la mayor cantidad fue en el nivel de menor percepción de esfuerzo, nivel 1.

Figura 60. Percepción de esfuerzo mental Sense



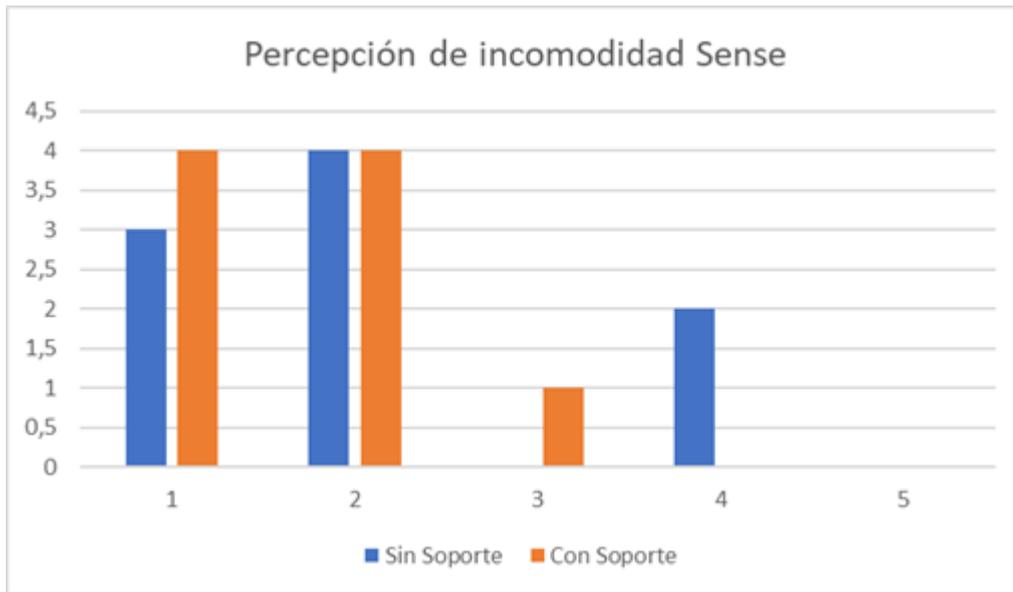
Sobre la percepción de esfuerzo mental con el Sense, se evidencia que ‘Sin soporte’ obtuvo una mayor percepción de esfuerzo mental ya que fue el ganador en los niveles 4 y 5. Además se evidencia como en los dos primeros niveles, es decir, los de menor percepción de esfuerzo, ‘el uso del soporte’ fue el ganador. Esto se debe principalmente a la implementación de luces de retroalimentación en el soporte que le indicaban al participante la distancia correcta a la que debían escanear.

Figura 61. Percepción de incomodidad Go Scan



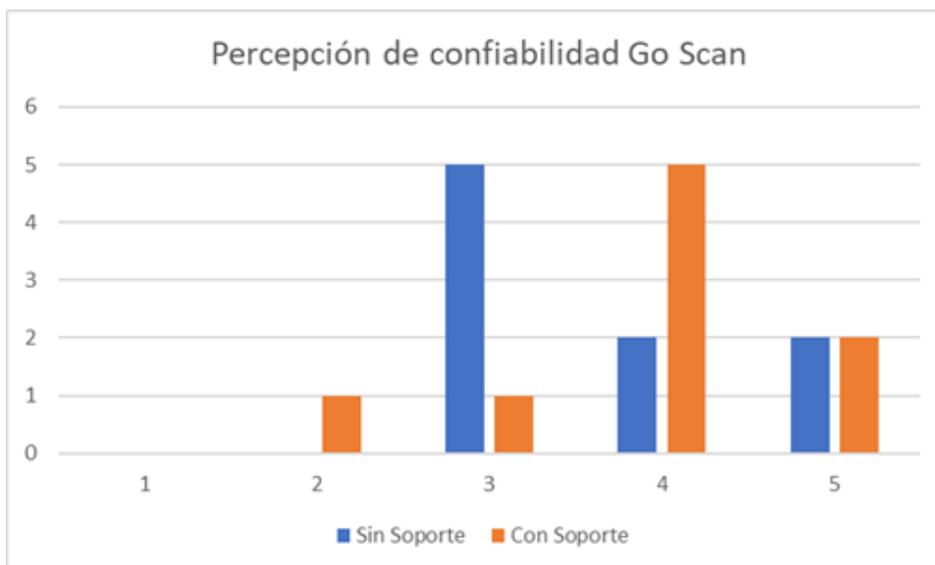
Sobre la percepción de incomodidad con el Go Scan se observa que en los niveles de mayor esfuerzo, 4 y 5, a pesar de que ‘con soporte’ obtuvo el nivel 5, fue solo con un 11.1%, y comparándolo con el nivel 4, ‘sin soporte’ obtuvo el mayor puntaje con 33,3% frente a 11.1% del ‘uso del soporte’. La percepción de esfuerzo media, en el nivel 3, fue predominada por ‘Sin soporte’ con un 55,5%. Un nivel de percepción de esfuerzo más bajo, se ubica ‘Con soporte’ con un 66,6%. Finalmente, en el nivel de la mínima percepción de esfuerzo quedó únicamente ‘Con soporte’, con un 11,1%.

Figura 62. Percepción de incomodidad Sense



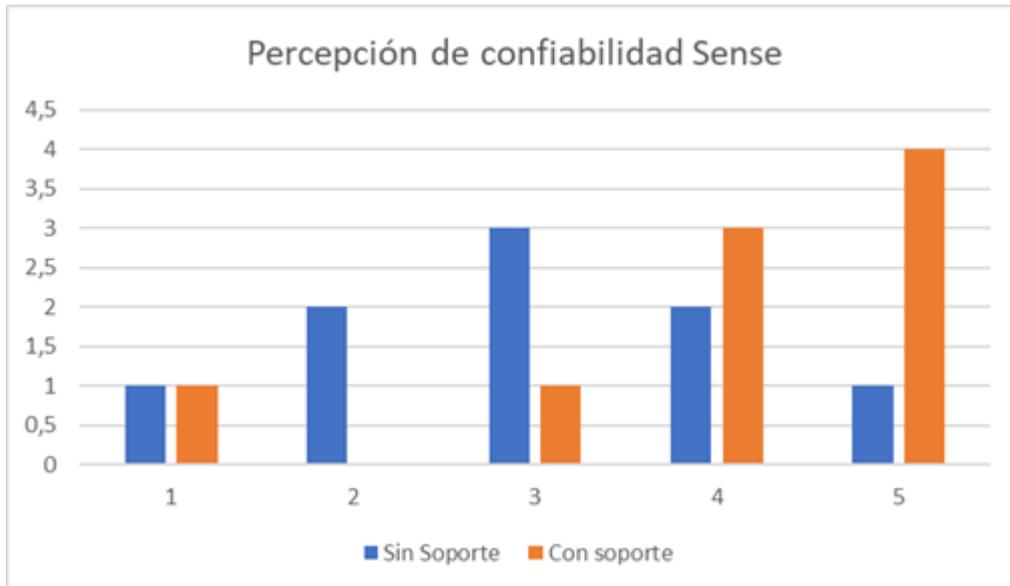
Sobre la percepción de incomodidad con el Sense, se puede observar una gran diferencia con el anterior escáner por los aspectos ya mencionados del peso. Los resultados de la comparación salieron bastante equitativos, sin embargo, en el nivel 1, el de menor percepción de incomodidad fue 'con el uso del soporte', ya que tuvo una ventaja de 11,1% frente a 'Sin soporte'.

Figura 63. Percepción de Confiabilidad Go Scan



Sobre la percepción de confiabilidad con el primer escáner, en general obtuvieron niveles altos. Sin embargo, ‘Con soporte’ obtuvo un mayor nivel de confiabilidad en el nivel 4, frente a ‘Sin soporte’ en el nivel 3.

Figura 64. Percepción de Confiabilidad Sense



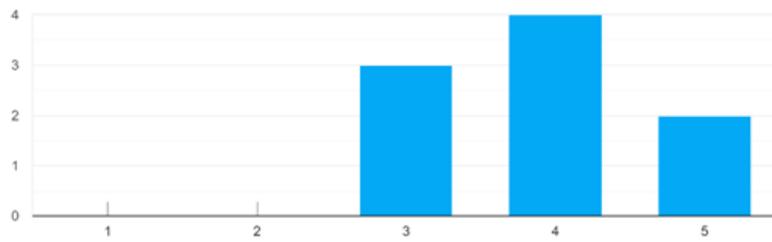
En cuanto a la percepción de confiabilidad con el segundo escáner, ‘el uso del soporte’ tuvo ventaja ya que obtuvo el mayor porcentaje en los últimos dos niveles más altos de confiabilidad, con un 44,4% en el último nivel y un 33,3% en el nivel anterior. Esto frente a ‘Sin soporte’ un 11,1% y un 22,2% respectivamente.

### Satisfacción respecto a características del escáner

Además, a los participantes se les pidió que calificaran características puntuales del soporte, para conocer su percepción sobre las mismas, y apropiar los datos obtenidos anteriormente a aspectos puntuales del soporte. Los resultados fueron:

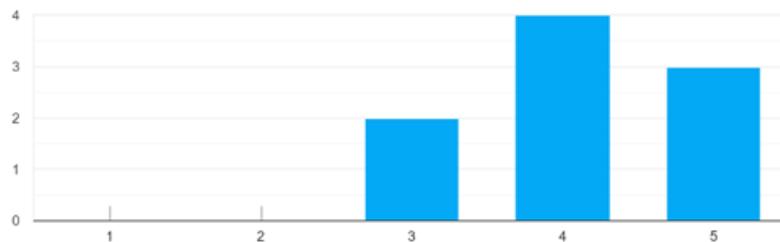
1. De 1 a 5, ¿Qué tanto considera que la rotación del escáner le permitió llegar más fácilmente a zonas inclinadas u ocultas del modelo?

Figura 65. Percepción de la rotación del escáner



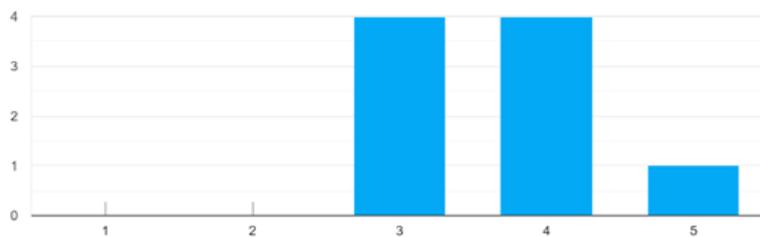
2. ¿Qué tanto considera que el soporte le brindó una mejor forma de agarrar y manipular el escáner?

Figura 66. Percepción de la forma de manipular el escáner



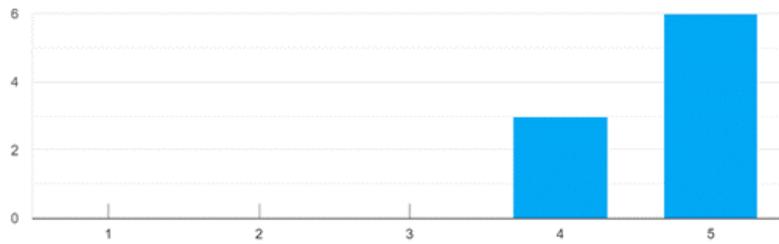
3. ¿Qué tanto considera que el agarre que brinda el soporte es más óptimo que el del solo escáner, en caso de estar largas horas escaneando?

Figura 67. Percepción de comodidad pensando en largas horas escaneando



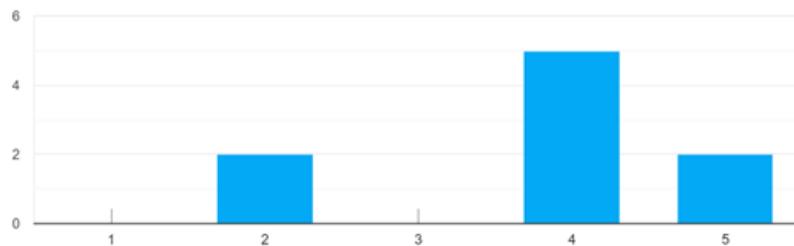
4. En el caso del Sense, ¿Qué tanto considera que las luces verdes y rojas le ayudaron a saber a qué distancia debía ubicar el escáner?

Figura 68. Percepción de la retroalimentación



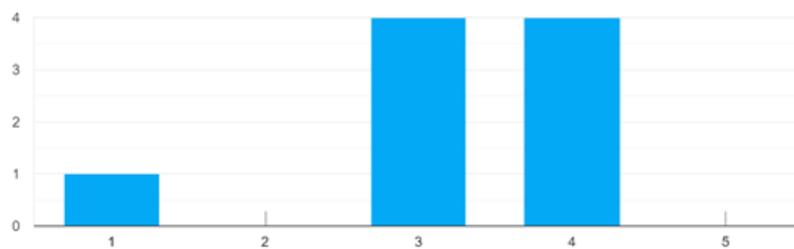
5. ¿Qué tanto considera que el soporte le aporta fluidez al movimiento durante el escaneo?

Figura 69. Percepción de fluidez que aporta el escáner



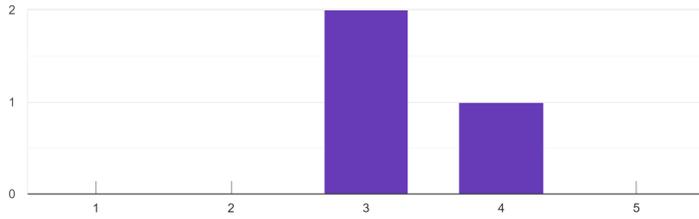
6. ¿Qué tan sencillo considera que fue el cambio de un escáner a otro en el soporte?

Figura 70. Percepción del cambio de un escáner a otro



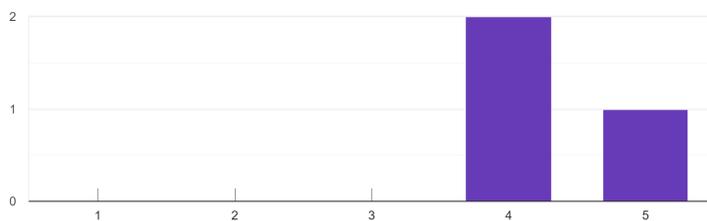
7. ¿Qué tan fácil fue ubicar el Go Scan en el soporte

Figura 71. Percepción de ubicar el Go Scan en el soporte



8. ¿Qué tan fácil fue ubicar el Sense en el soporte?

Figura 72. Percepción de ubicar el Sense en el soporte



### Conclusión variable de Satisfacción

En general se puede decir que el soporte disminuyó la percepción del esfuerzo físico con el Go Scan, esto debido a que la carga se distribuyó a lo largo de los brazos y no únicamente en la mano y muñeca. También, el soporte les permitía a los usuarios hacer menos posturas incómodas como agacharse y estirarse, asociado al sistema de giro que le brinda mayor libertad de movimiento al escáner. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la prueba no duró más de 15 minutos, además, cuando se les preguntó si creían que el soporte les ayudaría a disminuir el esfuerzo al estar largas horas escaneando, el 55,5% estuvo de acuerdo en los niveles más altos de la escala. Por otro lado, la percepción de esfuerzo físico no fue tan favorable en el caso del segundo escáner, el Sense. Esto debido principalmente a que es un escáner bastante liviano y el soporte le aporta cierto peso que se refleja en mayor percepción de esfuerzo físico por parte del participante.

En cuanto a la percepción de esfuerzo mental el soporte ayudó en gran medida a disminuirlo en ambos escáneres. En el caso del Go Scan, este posee unas luces que miden la distancia, sin embargo, estas no eran tan claras para algunos participantes, además eran pequeñas, confusas y si se giraba el escáner quedaban fuera de su alcance visual. A diferencia de las luces de retroalimentación incorporadas en el soporte que son bastante más grandes, más claras y mejor ubicadas. Con el segundo escáner ocurre que, al no poseer ninguna retroalimentación a parte de la visualización en el monitor, las luces del soporte ayudaron en gran manera a saber a qué distancia ubicar el escáner, y a disminuir la percepción de esfuerzo mental.

La percepción de incomodidad también estuvo a favor del soporte en ambos escáneres, sin embargo, en el caso del sense estuvo más reñido debido a que, como se mencionó anteriormente, el soporte le aportó peso en comparación con el del escáner.

En cuanto a la percepción de confiabilidad, el soporte obtuvo ventaja con ambos escáneres, especialmente con el segundo, el sense, ya que como ya se mencionó anteriormente, este ayudaba al participante a saber donde ubicar el escáner en el espacio.

Respecto al montaje de los escáneres, ubicar el escáner Sense fue más fácil y práctico que ubicar el Go Scan. Sin embargo, el Go obtuvo un nivel medio de complejidad, y se tiene en consideración que no va a ser necesario cambiar de escáner tan seguido.

## **Conclusiones Generales Test Clásico de Validación**

Se logró validar que el soporte mejora el modo de uso de los escáneres Go Scan y Sense, ya que le brinda al usuario mayor versatilidad de manipulación de los escáneres, se reduce el riesgo de asumir posturas incómodas, y le permite tener mayor certeza de estar escaneando correctamente, debido a que el diseño involucra una retroalimentación que le indica al usuario el lugar en donde debe ubicar el escáner de tal manera que disminuyan confusiones.

De las primeras dos pruebas, eficiencia y eficacia, se obtuvo que los resultados de la segunda vez que escanearon con el soporte fueron significativamente mejores en relación a la primera vez, respecto a la diferencia de tiempos y la cantidad de ayudas que se necesitaron para culminar el escaneo. Esto debido a la curva de aprendizaje de los participantes con el sistema y el nuevo mecanismo.

Por último, de la variable de satisfacción se obtuvo que el soporte disminuyó la percepción de esfuerzo físico principalmente con el Go Scan debido principalmente a la distribución de la carga. La percepción de esfuerzo cognitivo mejoró considerablemente en ambos escáneres, pero principalmente en el Sense, ya que las luces de retroalimentación incorporadas le permitieron al participante tener mayor claridad sobre la distancia en la que debían ubicar el escáner respecto al modelo. Finalmente, en la percepción de incomodidad y confiabilidad, el uso del soporte mejoró los resultados obtenidos por los escáneres únicamente.

### **Recomendaciones de diseño:**

Se recomienda para un futuro diseño, cambiar el sistema mecánico por uno más automático que le permita facilidad al momento de girar el escáner. De igual manera, se hace énfasis en la necesidad de proveer retroalimentación visual y sensorial que mejoren la interfaz de usuario de la estructura, al mismo tiempo que mejoren la ergonomía y apariencia del soporte.

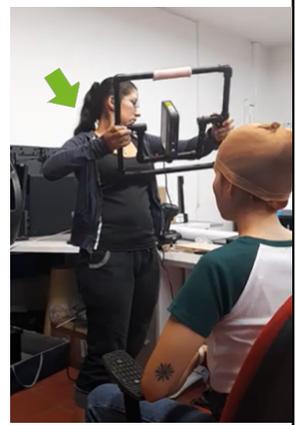
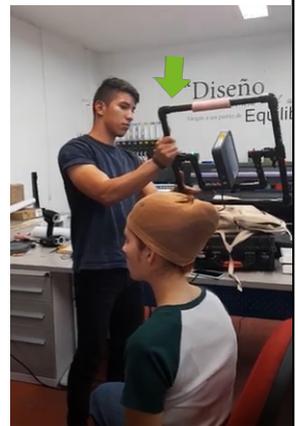
### **Validación 2**

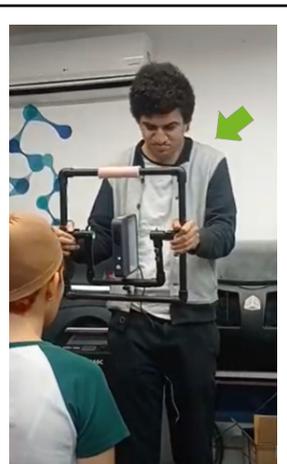
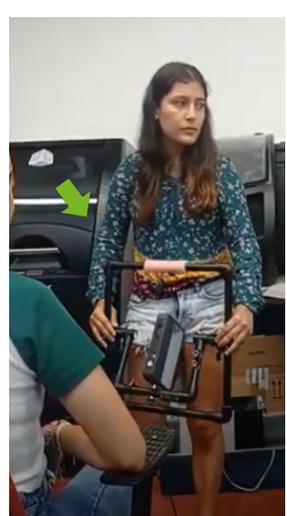
### 5.2.2 Análisis postural comparativo de la prueba de uso entre dispositivos y soporte

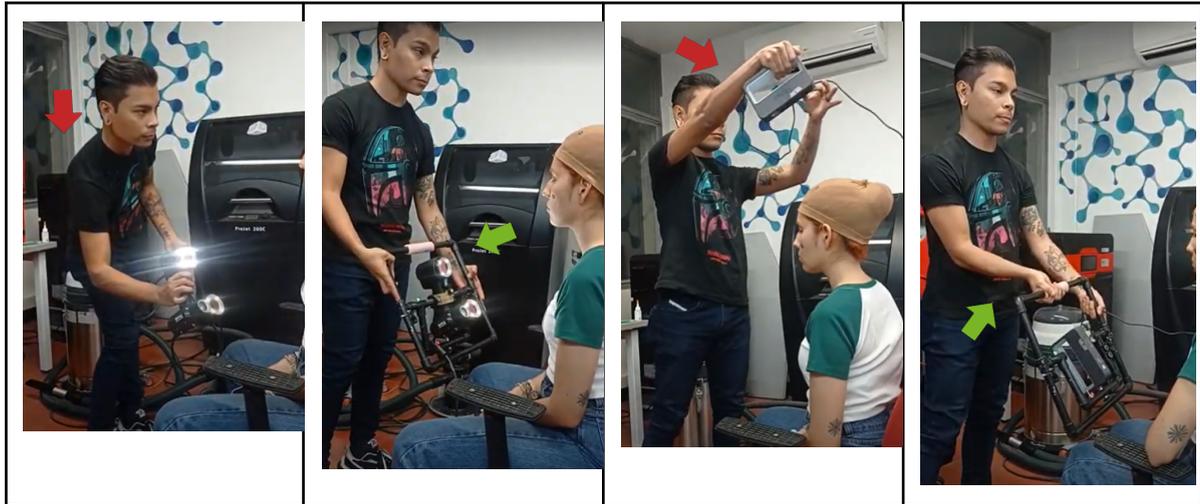
Además de lo anteriormente analizado, se estudiaron las posturas de los 10 participantes, con el fin de validar cuáles de estas eran similares al análisis postural anterior y cómo estas se comportan al implementar el escáner durante el proceso.

Tabla 24. Resultados de posturas con y sin soporte

Go Scan	Go Scan + Soporte	Sense	Sense + Soporte
			
			







Se determina que los puntos de riesgo que se ven afectados por flexiones o desviaciones radiales mencionadas anteriormente, son reforzados con el uso del soporte, se evidencia de igual manera que el rango a escanear resulta de fácil acceso sin afectar las posturas o fuerzas a emplear por el usuario. Además, las posturas más comunes adoptadas por los participantes al realizar la actividad manualmente, como flexionar las rodillas o apoyar el peso del escáner directamente a una mano buscando soporte en su mano libre, no fueron experimentadas en la prueba con el soporte, esto gracias al uso de ambas manos y el permitir angulaciones para puntos difíciles de escanear debido a su altura. Otro aspecto importante a resaltar, es la mejora en la lectura de la retroalimentación visual del escáner, mejorando la interacción del usuario hacia las señales lumínicas que proveen información de cercanía óptima para la actividad, esto a su vez le permitió a los usuarios mantener una postura cómoda pues dicha retroalimentación es fácilmente identificable.

### 5.2.3 Validación 3

Como parte de las validaciones realizadas en base a esta última prueba, se obtuvieron 4 modelos 3D por cada participante, los cuales se disponen a analizar diversos factores técnicos

que permitirán comprender de manera profunda como la actividad varía al implementar el soporte como herramienta y qué factores son los que mejoran de manera concreta.

Inicialmente mediante el software Pixologic ZBrush se importan dichos modelos, donde se dispone a alinearlos en el centro de la interfaz de trabajo corrigiendo rotaciones en los ejes X, Y y Z, acto seguido, se agrupan por dispositivo utilizado, dividiendo los modelos obtenidos con el Go Scan y con el Sense, adicionando aquellos en los que se implementó el soporte con cada dispositivo respectivamente.

Se decide analizar visualmente los modelos en ZBrush, ya que es un software que permite el manejo de modelos con alta densidad poligonal, brindando información detallada de la cantidad de polígonos en cada modelo y ya que no presenta un suavizado de previsualización en los vectores de normales de la superficie de los modelos, permite observar fácilmente las áreas con mayor densidad poligonal, pues éstas zonas con mayor resolución pueden contener mayor detalle o imperfecciones lo cual causa el aumento de la agrupación de polígonos en dichas zonas. Esto con el fin de validar realmente cuál es el cambio a nivel de digitalización de los detalles y cómo se traducen sobre la superficie del modelo las falencias en el procedimiento que puedan presentar los participantes sin experiencia previa.

A su vez, ZBrush permite previsualizar polígonos con caras individuales, lo que proporciona una visual muy evidente de aquellas áreas con orificios o con falta de polígonos.

Tabla 25. Modelos obtenidos por un experto

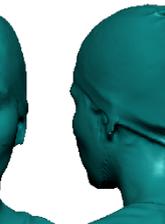
<b>Modelos resultado del escaneo realizado por un usuario con experiencia</b>					
Go Scan			Sense		
					
47,607 polígonos			61,854 polígonos		

Figura 73. Resultado Go Scan

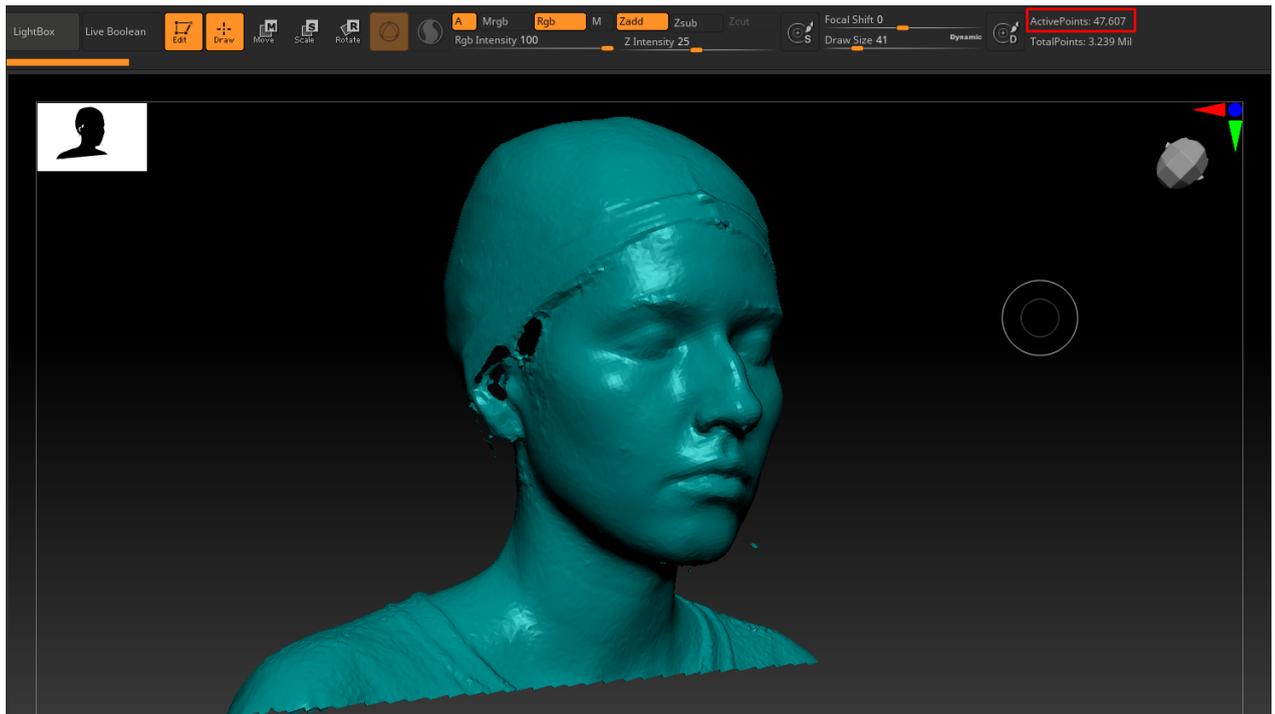


Figura 74. Resultado Sense

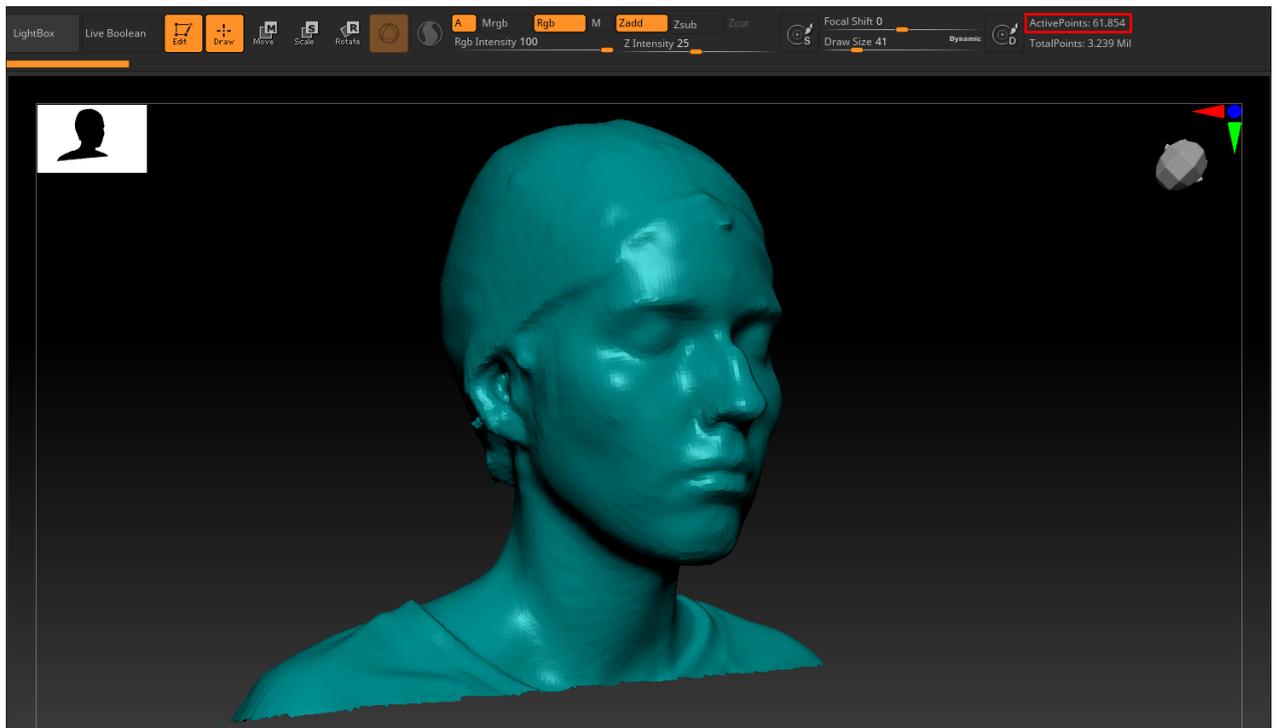
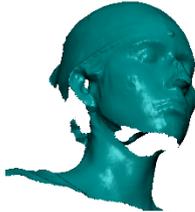
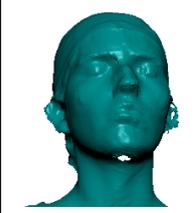
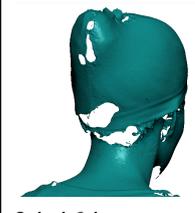


Tabla 26. Modelos obtenidos por usuarios inexpertos

**Modelos resultado del escaneo realizado por usuarios sin experiencia**

Participante	Go Scan	Go Scan + Soporte	Sense	Sense + Soporte
Alexandra	 75,361 polígonos	 86,414 polígonos	 102,552 polígonos	 107,932 polígonos
Carlos	 70,531 polígonos	 78,584 polígonos	 88,482 polígonos	 101,640 polígonos
Diego	 86,288 polígonos	 162,444 polígonos	 110,804 polígonos	 122,800 polígonos
Fabian	 88,863 polígonos	 91,606 polígonos	 121,141 polígonos	 103,912 polígonos
Jessenia	 83,110 polígonos	 98,715 polígonos	 122,082 polígonos	 134,170 polígonos
Joan	 94,464 polígonos	 92,994 polígonos	 160,463 polígonos	 121,221 polígonos

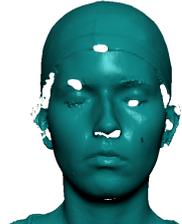
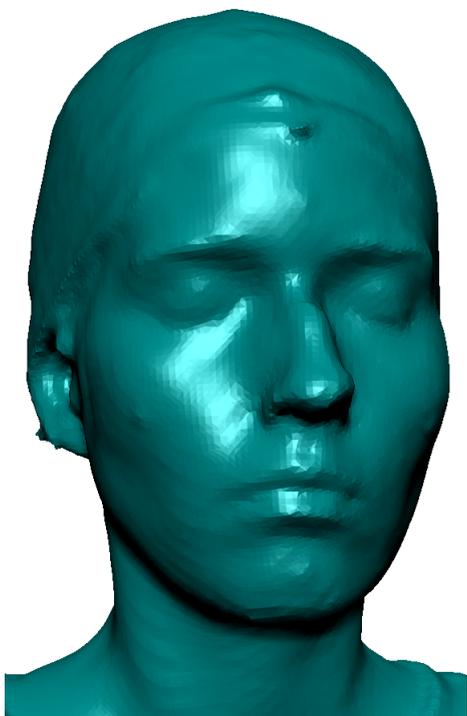
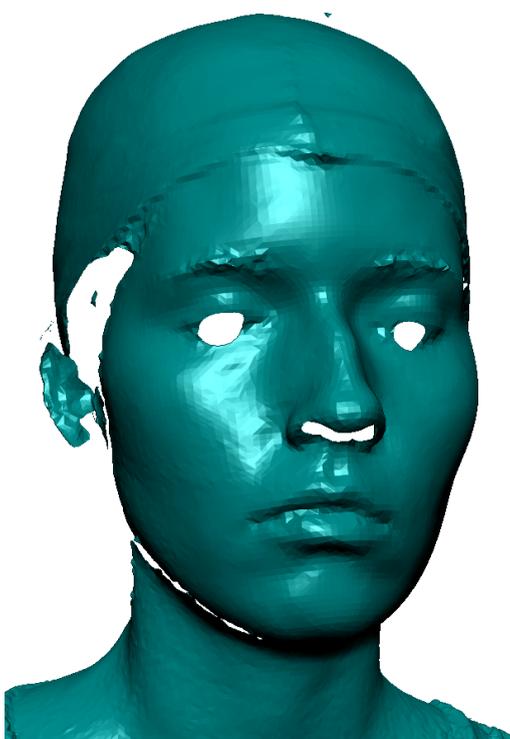
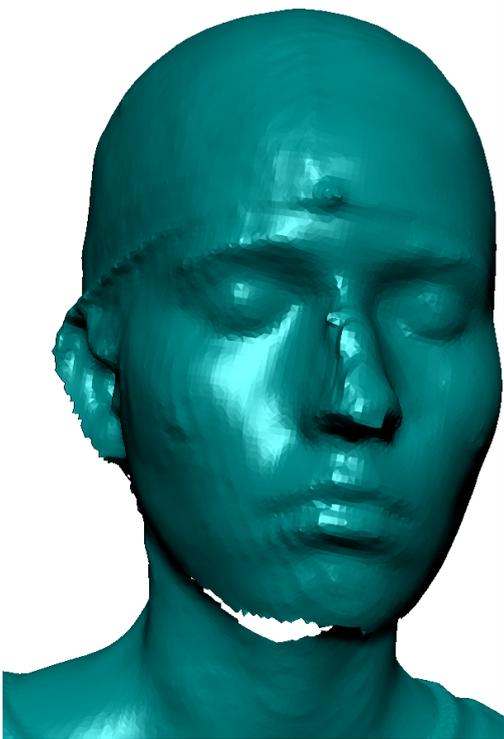
Monica				
	95,094 polígonos	103,086 polígonos	135,577 polígonos	130,602 polígonos
Simón				
	94,818 polígonos	98,500 polígonos	125,521 polígonos	127,210 polígonos
Sneider				
	96,067 polígonos	93,940 polígonos	133,667 polígonos	125,227 polígonos

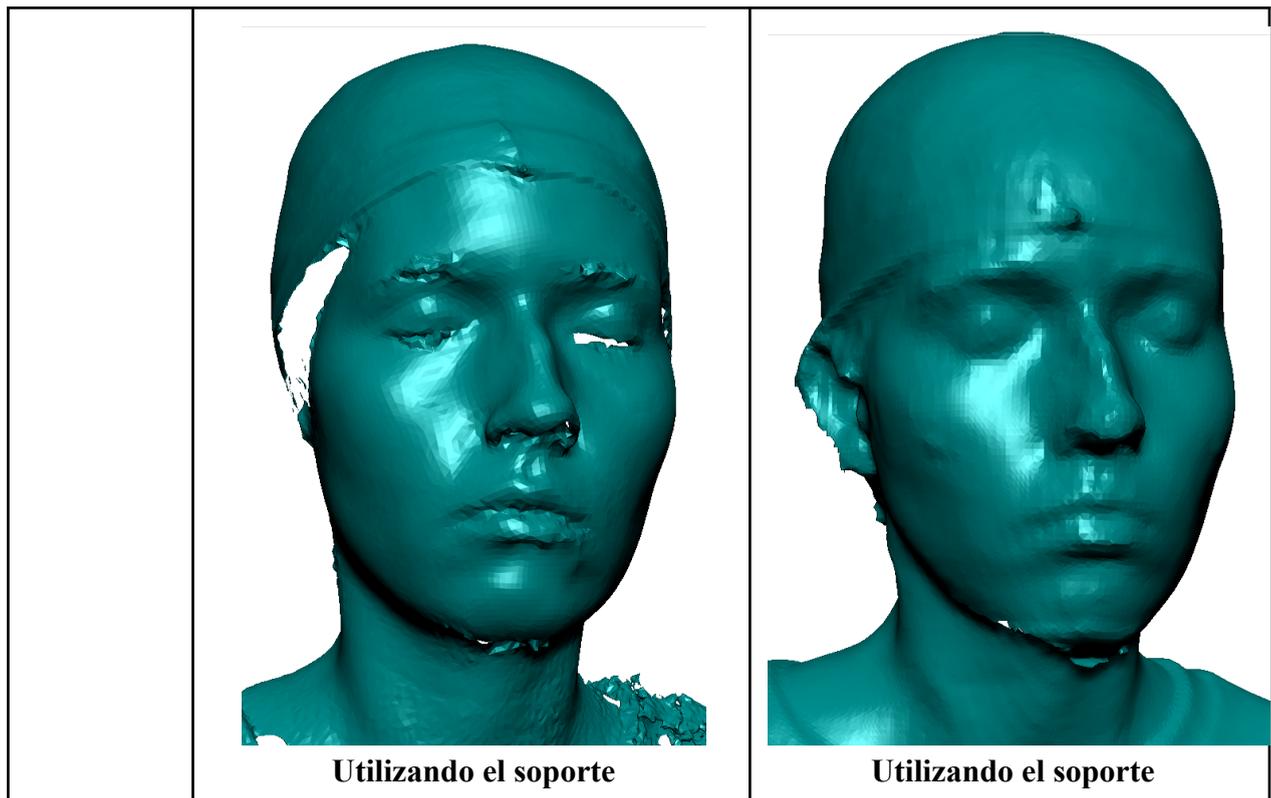
Tabla 27. Diferencia de poligonaje

Diferencia de Poligonaje entre usuario experto y principiante con el Go Scan									
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6	Modelo 7	Modelo 8	Modelo 9
Poligonaje Experto sin soporte.	47,607	47,607	47,607	47,607	47,607	47,607	47,607	47,607	47,607
Poligonaje principiante <b>sin</b> soporte.	75,361	70,531	86,288	88,863	83,110	94,464	95,094	94,818	96,067
	27,754	22,924	38,681	41,256	35,503	46,857	47,487	47,211	48,460
Poligonaje principiante <b>con</b> soporte.	86,414	78,584	162,444	91,606	98,715	92,994	103,086	98,500	93,940

## Análisis de subjetividad del poligonaje

Tabla 28. Análisis poligonaje

Usuario	Go Scan	Sense
Experto	 <p data-bbox="507 1144 807 1182">Sin utilizar el soporte</p>	 <p data-bbox="1050 1144 1350 1182">Sin utilizar el soporte</p>
Principiante	 <p data-bbox="507 1964 807 2002">Sin utilizar el soporte</p>	 <p data-bbox="1050 1964 1350 2002">Sin utilizar el soporte</p>



De primera mano se observa la diferencia de calidad de escaneo entre dispositivos, teniendo en cuenta que entre el Go Scan y el Sense, el Go Scan es el dispositivo más especializado, a esto podemos sumar el factor de experiencia del usuario como uno de los principales aspectos para garantizar resultados óptimos al realizar la actividad, entendiendo por esto que el escaneo 3D con dispositivos de tecnología láser representa una curva de aprendizaje amplia para el usuario principiante y el obtener modelos sólidos y sin mayor deformación sobre las superficies.

El análisis visual de los modelos obtenidos permitió validar cómo la densidad poligonal puede representar en algunos casos un aumento debido a inconsistencias, en la superficie, ajenas al sujeto escaneado y relacionadas directamente con la técnica del usuario, pues al igual que en una fotografía digital, podemos tener imágenes con mayor cantidad de píxeles pero menor calidad, como el encuadre o elementos en escena, como imágenes con menos cantidad de píxeles pero mejor calidad visual. Ahora bien, el punto a resaltar con este análisis es la brecha

que se acorta al implementar el soporte al realizar la actividad, pues vemos como el permitirle un mejor manejo, comodidad y seguridad al usuario, es traducido en escaneos con menos imperfecciones en la superficie, mayor precisión en la captura de detalles y menos tiempo de pulitura para la técnica empleada por el usuario.

Tabla 29. Diferencia de poligonaje entre modelos

<b>Diferencia de Poligonaje Entre Modelos</b>									
	<b>Modelo 1</b>	<b>Modelo 2</b>	<b>Modelo 3</b>	<b>Modelo 4</b>	<b>Modelo 5</b>	<b>Modelo 6</b>	<b>Modelo 7</b>	<b>Modelo 8</b>	<b>Modelo 9</b>
Go Scan VS Go Scan+ Soporte	11.053	8.053	76.156	2.743	15.605	1.470	7.992	3.682	2.127
Sense VS Sense+ Soporte	5.380	13.158	11.996	17.229	12.088	39.242	4.975	1.689	8.440

Como parte del análisis visual de los modelos resultado de la prueba, se valida la diferencia de densidad poligonal entre modelos utilizando un mismo dispositivo de escáner, con y sin implementación del soporte, con ello podemos ver que tenemos 14.320 polígonos de diferencia en promedio realizando la actividad con el Go Scan y 12.688 polígonos de diferencia en promedio con el dispositivo Sense; esto nos da como resultado que el 33% de los modelos sobrepasan los 10.000 polígonos de diferencia en el Go Scan y el 55% de los modelos sobrepasan los 10.000 polígonos de diferencia entre sí utilizando el dispositivo Sense.

### **Análisis general de modelos 3D resultado de la prueba de validación**

Una vez finalizada la prueba, se procede a verificar cada uno de los modelos. Iniciando por el Go Scan, el más especializado de los dos dispositivos, en primer lugar los escaneos realizados manualmente presentan un poligonaje entre 70,000 y 96,000 polígonos, en

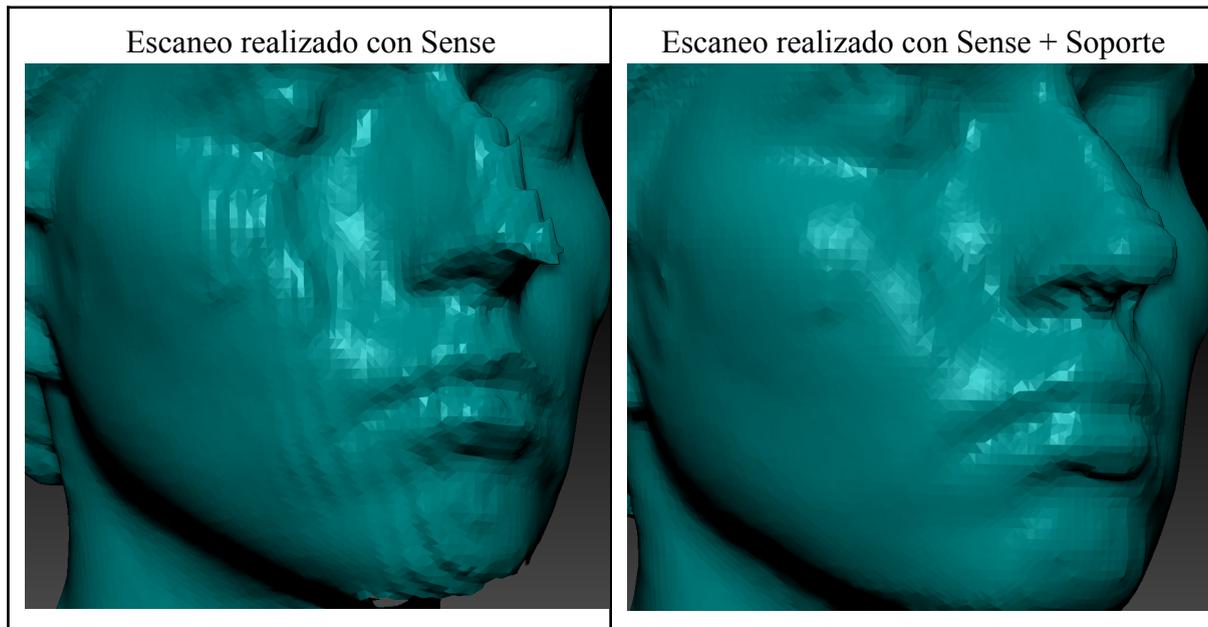
segundo lugar, aquellos realizados utilizando el soporte, presentan un poligonaje entre 78,000 y 162,000 polígonos, esto se ve directamente relacionado a la cantidad de áreas no percibidas por el escáner, pues en los resultados del uso del soporte se evidencia una mejor cobertura de la superficie del sujeto, esto debido a que el usuario posee un mayor rango de acción con relación al esfuerzo físico a realizar, permitiendo al escáner alcanzar zonas de difícil acceso como cavidades y extremos distantes al punto de inicio de la actividad.

Ahora bien, las pruebas realizadas con el Sense, siendo este un escáner con distinta tecnología, dieron como resultado modelos con un poligonaje entre 88,000 y 160,000 polígonos en la actividad manual y entre 101,000 y 130,000 polígonos en la actividad con el soporte. En este caso, al ser el Sense un dispositivo liviano y de cómodo manejo, el rango de área escaneable es más fácil de cubrir, es por esto que la mejora del resultado se evidencia en la estabilidad de las superficies, pues podemos ver como la actividad manual presenta protuberancias e imperfecciones en la superficie del modelo, esto resultado de las vibraciones generadas por el movimiento del usuario. Al usar el Sense en conjunto con el soporte, este le proporciona mayor estabilidad al usuario, traduciéndose en mejor calidad de la superficie del modelo al igual que el ampliar el rango abarcable de escaneo.

Estos modelos como resultado muestran además con relación a las tomas realizadas por el participante con experiencia, que la experticia es puntual a tener en cuenta, pues como se evidencia, los modelos escaneados por el usuario con experiencia nos arrojan mallas con una densidad poligonal menor a los modelos escaneados por los usuarios sin experiencia, esto debido al flujo de escaneo empleado por cada participante, las orientaciones que aplican al dispositivo al usarlo de manera manual, la velocidad al recrear la superficie y la estabilidad del dispositivo. Lo anterior puede traducirse en superficies con imperfecciones, que a su vez generan una mayor concentración poligonal en estas superficies con protuberancias inconsistentes, por ello la densidad poligonal así como está relacionada con la calidad de

detalle de la superficie, también puede ligarse a imperfecciones generadas por falencias durante el procedimiento.

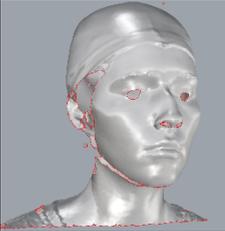
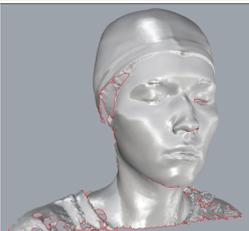
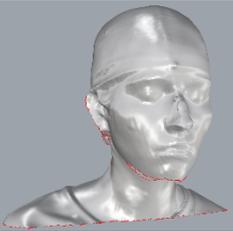
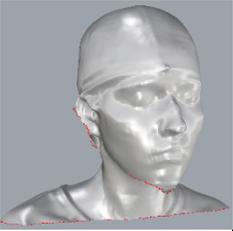
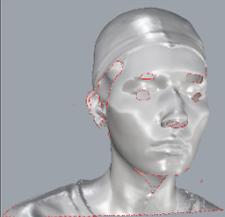
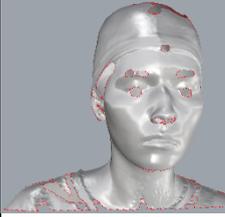
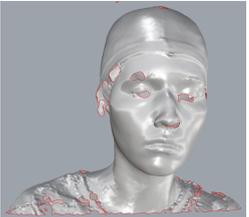
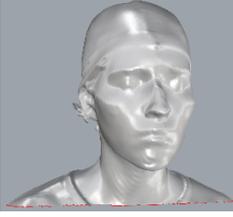
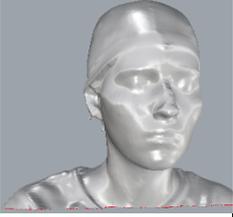
Tabla 29. Diferencia entre superficies

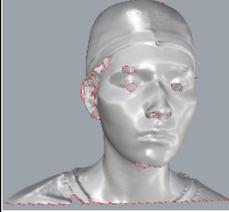
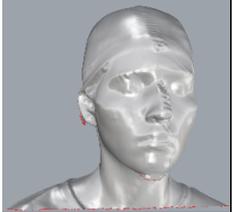
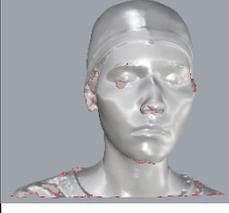
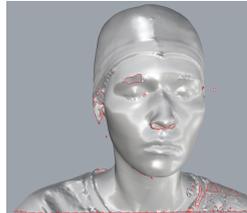


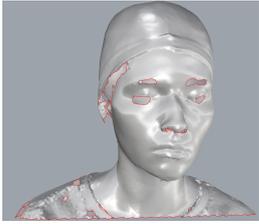
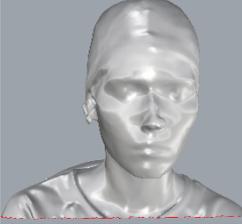
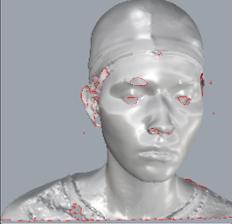
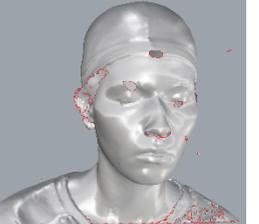
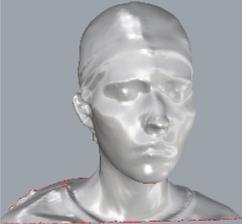
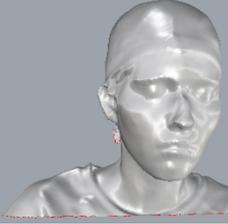
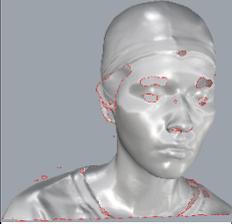
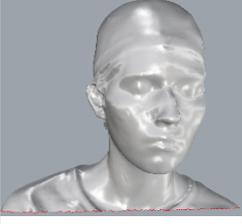
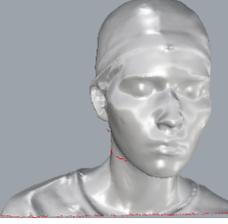
A continuación, se evalúan los modelos anteriormente analizados de manera visual, validando aspectos técnicos por medio de las herramientas de análisis de Rhino 7, específicamente el diagnóstico de comprobación, el cual nos permite visualizar cantidad y ubicación de bordes desnudos y parámetros como la dirección de las normales de cada vértice por polígono.

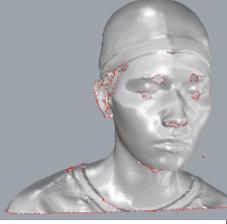
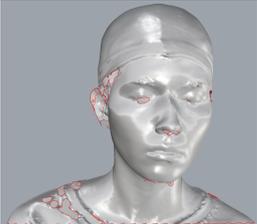
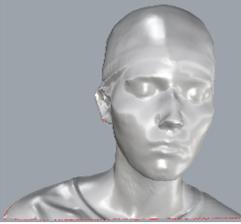
Tabla 30. Análisis técnico resultados

### Análisis Técnico Modelos Resultado

Participante	Go Sacan	Go Scan + Soporte	Sense	Sense + Sopore
Alexandra				
	<p>-La malla tiene 3079 bordes desnudos. -La malla tiene 260 caras con direcciones diferentes de toda la malla en conjunto.</p>	<p>-La malla tiene 3289 bordes desnudos. -La malla tiene 142 caras con direcciones diferentes de toda la malla en conjunto.</p>	<p>-La malla tiene 1364 bordes desnudos.</p>	<p>-La malla tiene 1232 bordes desnudos. -La malla tiene 1 cara donde la normal de cara difiere substancialmente de las normales de los vértices.</p>
Carlos				
	<p>-La malla tiene 3287 bordes desnudos. -La malla tiene 5 caras donde la normal de cara difiere substancialmente de las normales de los vértices. -La malla tiene 149 caras con direcciones diferentes de toda la malla en conjunto.</p>	<p>-La malla tiene 3304 bordes desnudos. -La malla tiene 7 caras donde la normal de cara difiere substancialmente de las normales de los vértices.</p>	<p>-La malla tiene 1394 bordes desnudos.</p>	<p>-La malla tiene 1506 bordes desnudos</p>
Diego				
	<p>-La malla tiene 3 pares de caras que se intersecan entre sí. -La malla tiene 3924 bordes desnudos. -La malla tiene 3 caras donde la</p>	<p>-La malla tiene 3989 bordes desnudos. -La malla tiene 5 caras donde la normal de cara difiere substancialmente de las normales de los vértices.</p>	<p>-La malla tiene 1 borde no múltiple. -La malla tiene 255 pares de caras que se intersecan entre sí. -La malla tiene 428 bordes desnudos.</p>	<p>-La malla tiene 320 bordes desnudos.</p>

	normal de cara difiere substancialmente de las normales de los vértices.		-a malla tiene 5 caras donde la normal de cara difiere substancialmente de las normales de los vértices.	
Fabian				
	-La malla tiene 3095 bordes desnudos. -La malla tiene 5 caras donde la normal de cara difiere substancialmente de las normales de los vértices. -La malla tiene 698 caras con direcciones diferentes de toda la malla en conjunto.	-La malla tiene 3142 bordes desnudos. -La malla tiene 7 caras donde la normal de cara difiere substancialmente de las normales de los vértices.	-La malla tiene 989 bordes desnudos. -La malla tiene 1 cara donde la normal de cara difiere substancialmente de las normales de los vértices.	-La malla tiene 1046 bordes desnudos -La malla tiene 1 cara donde la normal de cara difiere substancialmente de las normales de los vértices.
Jessenia				
	-La malla tiene 2772 bordes desnudos. -La malla tiene 4 caras donde la normal de cara difiere substancialmente de las normales de los vértices. -La malla tiene 303 caras con direcciones diferentes de toda la malla en conjunto.	-La malla tiene 2843 bordes desnudos. -La malla tiene 8 caras donde la normal de cara difiere substancialmente de las normales de los vértices.	-La malla tiene 486 bordes desnudos. -La malla tiene 1 cara donde la normal de cara difiere substancialmente de las normales de los vértices.	-La malla tiene 474 bordes desnudos. -La malla tiene 3 caras donde la normal de cara difiere substancialmente de las normales de los vértices.

Joan				
	<p>-La malla tiene 7 pares de caras que se intersecan entre sí.</p> <p>-La malla tiene 3604 bordes desnudos.</p> <p>-La malla tiene 12 caras donde la normal de cara difiere substancialmente de las normales de los vértices.</p> <p>-La malla tiene 394 caras con direcciones diferentes de toda la malla en conjunto.</p>	<p>-La malla tiene 2884 bordes desnudos.</p> <p>-La malla tiene 5 caras donde la normal de cara difiere substancialmente de las normales de los vértices.</p>	<p>-La malla tiene 826 bordes desnudos.</p>	<p>La malla tiene 791 bordes desnudos.</p>
Monica				
	<p>-La malla tiene 3042 bordes desnudos.</p> <p>-La malla tiene 20 caras donde la normal de cara difiere substancialmente de las normales de los vértices.</p>	<p>-La malla tiene 3124 bordes desnudos.</p> <p>-La malla tiene 33 caras donde la normal de cara difiere substancialmente de las normales de los vértices.</p>	<p>-La malla tiene 1101 bordes desnudos.</p> <p>-La malla tiene 1 cara donde la normal de cara difiere substancialmente de las normales de los vértices.</p>	<p>-La malla tiene 826 bordes desnudos.</p>
Simón				

	-La malla tiene 3364 bordes desnudos. -La malla tiene 3 caras donde la normal de cara difiere substancialmente de las normales de los vértices.	- La malla tiene 2870 bordes desnudos. -La malla tiene 3 caras donde la normal de cara difiere substancialmente de las normales de los vértices.	-La malla tiene 645 bordes desnudos.	-La malla tiene 896 bordes desnudos.
Sneider				
	-La malla tiene 3219 bordes desnudos. -La malla tiene 3 caras donde la normal de cara difiere substancialmente de las normales de los vértices.	-La malla tiene 3328 bordes desnudos. -La malla tiene 6 caras donde la normal de cara difiere substancialmente de las normales de los vértices.	-La malla tiene 1085 bordes desnudos. -La malla tiene 7 caras con direcciones diferentes de toda la malla en conjunto.	-La malla tiene 909 bordes desnudos. -La malla tiene 7 caras con direcciones diferentes de toda la malla en conjunto.

### **Análisis general prueba de comprobación en modelos de la prueba**

De acuerdo con los resultados se evidencia cómo la reconstrucción de los diferentes escaneos poseen ciertos patrones marcados, siendo estas variaciones en la cantidad de bordes desnudos, es decir, bordes sueltos de la geometría. Dicha diferencia tiende a variar dependiendo del participante, por lo que se relaciona directamente con la habilidad o expertis del mismo. Ahora bien, según los resultados del análisis visual con relación al análisis técnico, en las zonas más afectadas suelen ser cavidades o áreas de difícil acceso, y siendo las áreas frecuentes que presentan menor densidad poligonal y mayor concentración de bordes desnudos, áreas como el tope superior del sujeto o la parte posterior del mismo. Nuevamente esto corrobora la mejora en la comodidad y confianza del usuario al implementar el soporte en la actividad, las áreas de difícil alcance son solventadas, pero la calidad del escaneo aún

depende en cierta medida de la interacción del usuario con el software y el dispositivo de escaneo en sí.

Tabla 31. Diferencia de bordes desnudos

<b>Diferencia de Bordes Desnudos Entre Modelos</b>									
	<b>Modelo 1</b>	<b>Modelo 2</b>	<b>Modelo 3</b>	<b>Modelo 4</b>	<b>Modelo 5</b>	<b>Modelo 6</b>	<b>Modelo 7</b>	<b>Modelo 8</b>	<b>Modelo 9</b>
Go Scan VS Go Scan + Soporte	210	17	65	47	57	720	82	494	109
Sense VS Sense + Soporte	132	112	65	57	12	35	275	251	176

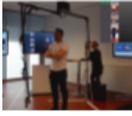
Como parte de la validación técnica entre modelos, nuevamente implementando el soporte y realizando la actividad manual, es preciso definir la diferencia en cantidad de bordes desnudos, lo cual permite validar que tenemos 200 bordes desnudos de diferencia en promedio realizando la actividad con el Go Scan y 123 bordes desnudos de diferencia en promedio utilizando el Sense. Esto nos define que el 44 % de los modelos sobrepasan los 100 bordes desnudos de diferencia entre sí escaneando con el Go Scan y que el 55% de los modelos sobrepasan los 100 bordes desnudos de diferencia utilizando el Sense.

## **6. La Propuesta de Valor del soporte tipo giroscopio**

Con base en los resultados obtenidos una vez definida la arquitectura del producto, se realizó un análisis comparativo con respecto a los conceptos y soluciones de diseño existentes en el

mercado, con el propósito de establecer los atributos diferenciadores de la solución de diseño o desarrollo de nuevo producto logrado en el presente trabajo de grado.

Tabla 32. Propuesta de valor respecto a la competencia

Respecto a la competencia	Estructuras con brazo que gira alrededor del modelo	Cabinas de fotogrametría	Cabinas con varios escáneres que suben y bajan	Brazos robóticos	Bases que rotan el modelo	Estabilizadores de cámara	Soporte tipo Giroscopio
Ejemplo categoría							
Libertad de movimiento del escáner	El movimiento del escáner está limitado por el diámetro de giro fijo del brazo y el movimiento vertical del mismo.	Las cámaras permanecen fijas, es por esto que hay múltiples cámaras en diferentes ángulos.	Los escáneres están limitados a un movimiento vertical a través de un riel solo les permite subir y bajar	A pesar de que el brazo le brinda libertad de movimiento al escáner, al tener una longitud fija no le permite extenderse demasiado.	El escáner permanece fijo y la plataforma hace rotar el modelo, lo que hace posible ejecutar con los brazos, y no es posible inclinar el escáner.	No poseen mayor libertad de movimiento a parte de el que es posible ejecutar con los brazos, y no es posible inclinar el escáner.	Posee libertad de movimiento de 60° hacia delante y 60° hacia atrás.
Profundidad de campo precisa	No hay posibilidad de cambiar la profundidad de campo, y este no considera las diferentes distancias de las partes del cuerpo.	La única forma de que la profundidad de campo sea precisa es ajustando las cámaras automáticamente, pero la estructura no influye.	No hay posibilidad de modificar la profundidad de campo, y este no considera las diferentes distancias de las partes del cuerpo	Al ser totalmente automático, sí le permite escanear a una profundidad de campo precisa.	No hay posibilidad de cambiar la profundidad de campo, y este no considera las diferentes distancias de los objetos no regulares.	La profundidad de campo se puede ajustar manualmente pero no brinda precisión.	Es posible manipular el escáner y ubicarlo a la profundidad precisa, por medio de luces que indican su correcta ubicación.
Acople a diferentes escáneres	No posee acoples para diferentes escáneres.	No posee acoples para diferentes escáneres.	No posee acoples para diferentes escáneres.	No posee acoples para diferentes escáneres.	No posee acoples para diferentes escáneres.	Es posible ajustar gimbals y cámaras de diferente tamaño.	Se puede acoplar a distintos escáneres que tengan cuello elíptico y

							entrada para trípode, incluyendo celulares y tablets.
Retroalimentación clara	No posee retroalimentación clara.	No posee retroalimentación clara.	No posee retroalimentación clara.	No necesita retroalimentación.	No posee retroalimentación clara.	No posee retroalimentación clara.	Posee luces verdes y rojas que le indican si está escaneando a la posición correcta.
Portabilidad	Es fácil de desmontar y plegar, sin embargo necesita de dos personas.	No es nada fácil de transportar ni de instalar.	No es nada fácil de transportar ni de instalar.	No es tan portable debido al peso del brazo robótico.	Sí, son portables por ser pequeños.	Sí, es portable y plegable.	Sí, es portable, liviano y cabe en un maletín.

Tabla 33. Propuesta de valor respecto al escaneo sin soporte

Respecto a los Escáneres	Go Scan	Sense	Soporte Giroscopio
			
Carga concentrada	El escáner es pesado para cargar con una sola mano y aún así el agarre sólo permite cargarlo de esa manera.	El escáner es considerablemente más liviano que el otro, sin embargo el no poder agarrarlo con ambas manos disminuye la sensación de estabilidad.	El soporte permite distribuir la carga en ambas manos aportando estabilidad.
Agarre	El diámetro del agarre es bastante ancho para algunas personas con manos pequeñas y esto hace que deban realizar mayor esfuerzo para sostener el escáner.	La forma del agarre y el hueco en donde deben insertar su mano resulta siendo estorboso.	El diámetro del agarre es más apropiado tanto para manos pequeñas como grandes y la espuma le permite evitar deslizamientos.

Libertad de movimiento	El movimiento del escáner está condicionado por la libertad de movimiento de la muñeca y el hombro y se ve limitada por el peso del escáner y la fuerza del usuario.	El movimiento del escáner está limitado por la libertad de movimiento de la muñeca y el hombro.	El soporte permite mayor libertad de movimiento al escáner al girar 60° hacia delante y 60° hacia atrás.
Postura	Debido a su agarre y limitación en el movimiento, los usuarios deben inclinarse, encorvarse y estirarse para capturar zonas más inclinadas y lejanas a su posición inicial.	Debido a su agarre y limitación en el movimiento, los usuarios deben inclinarse, encorvarse y estirarse para capturar zonas más inclinadas y lejanas a su posición inicial.	Debido a la libertad de movimiento del escáner, es posible girarlo para escanear zonas inclinadas sin necesidad de que el usuario sea quien se incline.
Versatilidad de agarre	Solo posee una forma de agarrarlo	Solo posee una forma de agarrarlo	Es posible agarrarlo tanto horizontal como verticalmente y desde diferentes puntos.
Retroalimentación clara	Posee retroalimentación de luces, sin embargo estas son bastante confusas y difíciles de ver.	No posee retroalimentación por lo que sólo es posible mirar la pantalla para ver el modelo.	Posee luces verdes y rojas que le indican si está escaneando a la posición correcta.

## Análisis

En síntesis, el dispositivo soporte posee libertad de movimiento de 60° hacia delante y 60° hacia atrás, característica que no se evidencia en los demás soportes. Además, es posible manipular el dispositivo para favorecer la profundidad de campo, ya que permite adaptar el escáner y ubicarlo a la profundidad precisa, por medio de luces verdes y una rojas que indican su correcta ubicación. Es portable, liviano y sus dimensiones permiten que sea llevado en maletines o morrales.

## 6.1 Consideraciones finales

Con el fin de facilitar la toma de datos en las reconstrucciones 3D, se logró diseñar y elaborar un sistema de soporte portable y acoplable a los diferentes tipos de dispositivos escáneres 3D manuales de la Escuela de Diseño Industrial UIS. Por medio de la metodología de Design Thinking, se empatizó con el usuario, posteriormente se definió la idea para prototipar y finalmente se realizaron las respectivas verificaciones y validaciones. Este proceso orientador permitió generar una solución centrada en los usuarios, diferenciadora, factible tecnológicamente y versátil.

Para empatizar con el usuario y conocer los problemas que estos presentaban al escanear, se realizaron dos tipos de encuesta, una enfocada a usuarios que tuvieran algún tipo de experiencia con los escáneres en la escuela, y la otra dirigida a estudiantes inexpertos. A partir de estas pruebas y de una vigilancia tecnológica en busca de soluciones similares, se obtuvieron requerimientos que sirvieron para escoger la alternativa ‘Giroscopio’ y que posteriormente se evolucionó.

Se construyó un prototipo funcional con el cual se validó con 10 participantes por medio del Test Clásico de Usabilidad. A partir de la prueba se obtuvieron 3 tipos de resultados, los implícitos de eficiencia, eficacia y satisfacción, y además se hicieron análisis comparativos de posturas y de modelos virtuales.

Del Test Clásico de Usabilidad se obtuvo que la segunda vez que los participantes hicieron uso del soporte, sus resultados en base al tiempo y nivel de éxito en la ejecución en la tarea de escanear, mejoraron considerablemente en comparación con los primeros resultados. También, en la prueba de satisfacción, el soporte logró disminuir la percepción de esfuerzo físico y mental, y mejoró la percepción de incomodidad y confiabilidad.

Del análisis comparativo de posturas se observó que en la mayoría de casos, el soporte le permitió a los participantes hacer menos posturas incómodas debido, principalmente, al mayor rango de giro y extensión que le permite al escáner, evitando así, que estos tuvieran que inclinar de más su muñeca y columna.

Por último se evaluó el margen de error de los modelos virtuales obtenidos por los participantes y se obtuvo que los realizados con el soporte quedaron más completos que los obtenidos únicamente con los escáneres y se acercaron un poco más a los resultados del usuario experto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Morillo, M. A. (2015). Digitalización 3D con escáner de luz estructurada aplicada al área de la gestión de calidad y la conservación del patrimonio histórico-artístico. [Trabajo de grado Universidad de Sevilla]. Biblus.

CHINI, María Rita. (2007). EL EFECTO GIROSCÓPICO

[https://www.ib.edu.ar/images/beca\\_ib\\_alum\\_niv\\_medio/trabajos/2007/Chini.pdf](https://www.ib.edu.ar/images/beca_ib_alum_niv_medio/trabajos/2007/Chini.pdf)

Anand, G., & Kodali, R. (2008). Benchmarking the benchmarking models. *Benchmarking*,

15(3), 257–291. <https://doi.org/10.1108/14635770810876593>

Castillo-Vergara, M., Alvarez-Marin, A., & Cabana-Villca, R. (2014). Design thinking: como guiar a estudiantes, emprendedores y empresarios en su aplicación Design thinking: how to guide students and business entrepreneurs in the application. *Revista Ingeniería Industrial, XXXV*(3), 1815–5936.

Chiu, L. R. (2010). *Compilación de artículos de investigación octubre 2010*. [https://administracionytecnologiaparaeldisenio.azc.uam.mx/publicaciones/cong\\_2010/1.pdf](https://administracionytecnologiaparaeldisenio.azc.uam.mx/publicaciones/cong_2010/1.pdf)

Gerbino, S., Del Giudice, D. M., Staiano, G., Lanzotti, A., & Martorelli, M. (2016). On the influence of scanning factors on the laser scanner-based 3D inspection process. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 84(9–12), 1787–1799. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7830-7>

*Escáners 3D*. (2017, octubre 25). 3D Systems. <https://es.3dsystems.com/3d-scanner/scanner-guide>

Marinas G, David (2016).Diseño y prototipado de un soporte giroscópico para cámara deportiva

Vercator, Thomson, C. (2019) Reality capture 101: point clouds, photogrammetry and LiDAR

<https://info.vercator.com/blog/reality-capture-101-point-clouds-photogrammetry-and-lidar>

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/98712/Resum.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

*Global 3D Scanning Market Size Analysis Report, 2019–2025.* (2014).

<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/3d-scanning-industry>

N. Múnera, G. J. Lora y J. Garcia-Sucerquia. (2011, octubre). *Técnicas De Proyección De Franjas Y De Escaneo Láser Para La Reconstrucción 3D Y Generación De Archivos CAM De Piezas Dentales.* Revista Colombiana de Física.

[https://www.researchgate.net/profile/Natalia-Munera/publication/279484025\\_Tecnicas\\_De\\_Proyeccion\\_De\\_Franjas\\_Y\\_De\\_Escaneo\\_Laser\\_Para\\_La\\_Reconstruccion\\_3D\\_Y\\_Generacion\\_De\\_Archivos\\_CAM\\_De\\_Piezas\\_Dentales/links/56cc78dc08ae96cdd071b99e/Tecnicas-De-Proyeccion-De-Franjas-Y-De-Escaneo-Laser-Para-La-Reconstruccion-3D-Y-Generacion-De-Archivos-CAM-De-Piezas-Dentales.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Natalia-Munera/publication/279484025_Tecnicas_De_Proyeccion_De_Franjas_Y_De_Escaneo_Laser_Para_La_Reconstruccion_3D_Y_Generacion_De_Archivos_CAM_De_Piezas_Dentales/links/56cc78dc08ae96cdd071b99e/Tecnicas-De-Proyeccion-De-Franjas-Y-De-Escaneo-Laser-Para-La-Reconstruccion-3D-Y-Generacion-De-Archivos-CAM-De-Piezas-Dentales.pdf)

Ávila, R., Prado, L., Gonzáles, E., (2015). *Dimensiones antropométricas de la población latinoamericana.* Dimensiones antropométricas de la población latinoamericana.

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/14486/2018sergioboh%C3%B3rquez4.pdf?sequence=6>

Liedtka, J. (2015). Perspective: Linking Design Thinking with Innovation Outcomes through Cognitive Bias Reduction. *Journal of Product Innovation Management*, 32(6), 925–938.

<https://doi.org/10.1111/jpim.12163>

Molina Montoya, N. P. (2005). ¿Qué es el estado del arte? *Ciencia & Tecnología Para La Salud Visual y Ocular*, 3(5), 73. <https://doi.org/10.19052/sv.1666>

Montero, Y. H., Jesús, F., & Fernández, M. (2004). PROPUESTA DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO PARA EL DESARROLLO DE SITIOS WEB ACCESIBLES Title: A proposal of User-Centered Design adaptation for the development of accessible web sites. *Revista Española de Documentación Científica*, 27(1), 330–345. [http://www.yusef.es/DCU\\_accesible.pdf](http://www.yusef.es/DCU_accesible.pdf)

Muñoz, J., Marín, M., & Vallejo, J. (2006). I + D + i: recursos y herramientas. *El Profesional de La Información*, 15(6), 411–419.

Peris-Lopez, P., Hernandez-Castro, J. C., Estevez-Tapiador, J. M., & Ribagorda, A. (2007).

Solving the simultaneous scanning problem anonymously: Clumping proofs for RFID tags. *Proceedings - 3rd International Workshop on Security, Privacy and Trust in Pervasive and Ubiquitous Computing, SecPerU 2007, SecPerU*, 55–60. <https://doi.org/10.1109/SECPERU.2007.12>

Tong, J., Zhou, J., Liu, L., Pan, Z., & Yan, H. (2012). Scanning 3D full human bodies using kinects. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 18(4), 643–650. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2012.56>

Walker, C., Nolen, T., Du, J., & Davis, H. (2019). *Applying Design Thinking*: 19–19. <https://doi.org/10.1145/3347709.3347775>

*FTP FICHAS TÉCNICAS DE PREVENCIÓN.* (s/f). Gub.uy. (2019). <https://www.gub.uy/ministerio-trabajo-seguridad-social/sites/ministerio-trabajo-seguridad-social/files/documentos/publicaciones/Manejo%20Manual%20de%20carga.pdf>

Usal.es.(2008). PROCEDIMIENTO DE PREVENCIÓN EN LA MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS <https://www.usal.es/files/PPRL-100%20Proced.%20Manipulaci%C3%B3n%20manual%20cargas.pdf>

Ingeniería 3D Digital. (2019). Tipos de Escaneo 3D: Conoce la ciencia detrás de la digitalización tridimensional.

<https://tresde.pe/tipos-de-escaneo-3d-conoce-la-ciencia-detras-de-la-digitalizacion-tridimensional/>

Ingeniería 3D Digital. (2019). Tipos de escáner 3D para uso profesional y sus características

<https://ingenieria3ddigital.es/escaneado-3d/tipos-de-escaner-3d-para-uso-profesional-y-sus-caracteristicas/>.

Agudelo, Daniel & Diaz, David & Ibarra, Andrés & Cruel, Carlos & Montoya, Miguel & Hernandez, Camilo. (2019). Caracterización mecánica a tensión de impresiones 3D de PLA y ABS modeladas por deposición fundida.

María, R., Colegio, K., Lorenz, L., De Cuyo, M., Pofesor, G. .:, & Luquez, E. (s/f). (2014).

*EL EFECTO GIROSCÓPICO.*

<http://www2.ib.edu.ar/becaib/cd-ib/trabajos/Chini.pdf>

Dr. Roberto Scopigno . (2010). Digitalización 3D. España: Master en desarrollo de Software.

## ANEXOS

ANEXO 1: TIPOS DE ESCÁNER 3D	141
ANEXO 2: BENCHMARKING	142
ANEXO 3: MATRIZ DE RIESGO	179
ANEXO 4: USUARIO ARQUETIPO	181
ANEXO 5: MAPA DE EMPATÍA	186
ANEXO 6: RESULTADOS DE ENCUESTA 1	187
ANEXO 7: RESULTADOS DE ENCUESTA 2	190
ANEXO 8: FISHBONE	195
ANEXO 9: DIAGRAMA FAST	196
ANEXO 10: MAPA DE INTERACCIONES	197
ANEXO 11: QFD	198
ANEXO 12: PRS	199
ANEXO 13: PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO	200
ANEXO 14: PLANOS TÉCNICOS	202
ANEXO 15: MANUAL DE USO SOPORTE PARA ESCÁNERES 3D	205

## ANEXO 1: TIPOS DE ESCÁNER 3D

Tipos de escáner 3D			Tecnología	Contexto de uso	Construcción del modelo 3D	Técnica de escaneo	Cantidad de Energía que consume	peso
Clase	Nombre	Imagen						
	Fotogrametría manual		Se digitaliza el objeto utilizando una cámara digital con las que se toman múltiples fotografías del mismo. Con las fotografías que tomamos con una cámara normal realizamos, mediante un software específico, la reconstrucción del objeto que necesitamos digitalizar.	Usualmente lo utilizan personas que realizan trabajos de reconstrucción 3D individualmente. No es tan común en empresas grandes dedicadas al escaneo 3d, ya que es un proceso un poco más demorado.	Una vez tomadas las fotografías el usuario debe subir las al pc y allí escoger las que mejor salieron para posteriormente subir las a un software que genera el modelo 3D.	El usuario debe tomar fotografías manualmente de fotografías del volumen desde todos los ángulos y perspectivas posible haciendo todo tipo de posturas incómodas. Debe estar pendiente de capturar todas las imágenes se logren ver con una similitud de luz, profundidad de campo y velocidad de obturación.	Además del consumo de energía del pc en todos los casos, consume únicamente la batería de la cámara, aproximadamente 6,36 Wh. Ya sea cámara réflex, celular, tablet etc cambiará el valor.	0,6 kg aproximadamente
	Visión estereoscópica		Parte de la fotogrametría, pues utiliza cámaras fotográficas para la obtención de los datos, pero este sistema utiliza dos cámaras ligeramente inclinadas al centro imitando la visión estereoa de los ojos humanos. A lo largo de este proceso, todas las imágenes se capturan en la misma escena desde dos ángulos diferentes. Contienen un sistema circuito en su interior que permite la toma de los obturadores de las dos cámaras al mismo tiempo.	Usualmente lo utilizan personas que realizan trabajos de reconstrucción 3D individualmente por ser el método más económico. No es tan común en empresas grandes dedicadas al escaneo 3d, ya que es un proceso un poco más demorado.	Una vez tomadas las fotografías el usuario debe subir las al pc y allí escoger las que mejor salieron para posteriormente subir las a un software que genera el modelo 3D.	Al igual que en la fotogrametría el usuario debe hacer todo tipo de posturas incómodas para capturar la totalidad del volumen con la diferencia que el sistema es más pesado.	Consume la batería de las dos cámaras (6,36 wh) más la batería de 9V usada en el circuito para la alineación de las cámaras.	Menos de 1,5 kg
	De luz estructurada		Mediante un proceso de triangulación trigonométrica, se proyecta un patrón de luz sobre el objeto a digitalizar. Para proyectar ese patrón de luz se emplean un proyector LCD u otra fuente de luz. Mediante varios sensores o cámaras que están un poco alejados del proyector, se analiza la forma que el patrón de luz dibuja sobre el objeto, calculando todas las distancias de los puntos que están dentro del campo de visión.	Es más costoso que la fotogrametría manual, es por esto que muchas industrias y entidades optan por obtenerlo. Entre estos están la medicina, la industria automotriz, de videojuegos, monumentos, piezas arqueológicas entre otros.	El modelado 3D se ejecuta automáticamente al mismo tiempo en que se va capturando la información del modelo.	El usuario manualmente debe rodear el modelo, desde todos los ángulos y perspectivas posibles, con diferencia en que no tiene que ir capturando imágenes, si no que va digitalizando el modelo en tiempo real. Sin embargo, debe estar pendiente de la imagen del modelo que va apareciendo en el pc y se recomienda cargarlo para que no falte ningún detalle.	600-700 vatio	0,9 kg aproximadamente
	Láser		Estos escáneres utilizan triangulación trigonométrica para capturar objetos tridimensionales. Se proyecta un punto o línea láser sobre un objeto y se captura su reflejo mediante sensores, con lo que se obtienen en muy pocos segundos millones de puntos de información. Combina dos conjuntos de información para lograr crear una "nube de puntos" de la superficie de un objeto.	Es más costoso que la fotogrametría manual, es por esto que muchas industrias y entidades optan por obtenerlo. Entre estos están la medicina, la industria automotriz, de videojuegos,	El modelado 3D se ejecuta automáticamente al mismo tiempo en que se va capturando la información del modelo.	El usuario manualmente debe rodear el modelo, desde todos los ángulos y perspectivas posibles, con diferencia en que no tiene que ir capturando imágenes, si no que va digitalizando el modelo en tiempo real. Sin embargo, debe estar pendiente de la imagen del modelo que va apareciendo en el pc y se recomienda cargarlo	600-700 vatio	Menos de 5kg

Información basada en el sitio web Ingeniería 3D Digital. Tipos de escáner (<https://ingenieria3ddigital.es/>)

## ANEXO 2: BENCHMARKING

### Producto 01

<b>Nombre del producto</b>		<b>Patente estadounidense: Portable photogrammetry system</b>
<b>Función principal</b>	Un sistema de fotogrametría portátil de corto alcance consta de dos cámaras colocadas en posiciones fotográficas rígidamente las en los extremos remotos de una barra hueca	
<b>Target</b>	Usuarios e industrias que utilicen modelado 3D	
<b>Imágenes del producto</b>		
<b>Análisis formal</b>		
<b>Color</b>	<b>Materiales</b>	<b>Componentes</b>
Metalizado	Aluminio	2 Cámaras, dos -ashes, una barra hueca, dos asas, dos proyectores, dos haces de luz, circuito eléctrico.
<b>Dimensiones</b>	<b>Peso</b>	<b>Acabados superficiales</b>

Aproximadamente 175 cm de largo  por 30 cm de alto.	2.8 kg aproximadamente	Barra lisa y metálica.  Asas curvas con textura.
<b>Análisis técnico productivo</b>		
<b>Estimación del costo</b>	<b>Sistemas de producción</b>	<b>Tecnología</b>
No especifica pero incluye el costo de las cámaras, flashes y sistema sincronizado.	Laminado, extrusión.	Fotogrametría con visión estereoscópica
<b>Análisis comercial</b>		
<b>Precio comercial</b>	<b>Sistema de empaque</b>	<b>Distribución</b>
No está en el mercado	No está en el mercado	No está en el mercado
<b>Ventajas</b>	<p>Es un sistema portable y de fácil transporte debido a que cuenta con pocos elementos que incluyen:</p> <p>las dos cámaras, los flashes y la barra de soporte con los haces de luces incorporadas.</p> <p>Las fotos pueden ser tomadas desde prácticamente cualquier lugar, no se necesita el soporte de trípode ni el soporte rígido de la cámara, pues se sostiene con la mano.</p> <p>Emplea menos tiempo y cantidad de procedimientos en la toma.</p> <p>Puede utilizarse una unidad estroboscópica en cada cámara para obtener una iluminación exacta, precisa y suficiente.</p> <p>El circuito del flash permite tomar las fotos desde las dos cámaras al mismo tiempo, por lo tanto, la separación espacial y la orientación angular de ambas fotos es la que</p>	

	proporciona la barra en el instante del flash, aunque la barra se sostenga con la mano.
<b>Desventajas</b>	<p>El peso de las dos cámaras, los flashes y el soporte metálico hace que sea difícil de cargar durante un periodo largo de tiempo y más si el usuario debe moverse alrededor del modelo procurando capturar todos los ángulos posibles.</p> <p>No hay precisión en la cantidad y calidad de imágenes a capturar ni de la profundidad de campo precisa y no posee sistema de retroalimentación.</p>

## Producto 02

<b>Nombre del producto</b>	<b>Body Cloner</b>	
<b>Función principal</b>	Escaneo corporal 3D en tiempo real con un dispositivo portátil, automático y de bajo costo. La instalación consiste en un brazo robot con cuatro sensores RGB-D que realiza un bucle completo de 360 grados alrededor de la persona.	
<b>Target</b>	Usuarios e industrias que utilicen modelado 3D	
<b>Imágenes del producto</b>		
		
<b>Análisis formal</b>		
<b>Color</b>	<b>Materiales</b>	<b>Componentes</b>

Plateado y negro	Aluminio	Tecnología: Brazo robot. 4 sensores RGB-D Eje-motor central
<b>Dimensiones</b>	<b>Peso</b>	<b>Acabados superficiales</b>
Aproximadamente 230 cm de alto por 100cm de ancho de la base.	80 kg aproximadamente	Liso, brillante.
<b>Análisis técnico productivo</b>		
<b>Estimación del costo</b>	<b>Sistemas de producción</b>	<b>Tecnología</b>
Menos de 2000 e	Laminado, extrusión.	De luz estructurada
<b>Análisis comercial</b>		
<b>Precio comercial</b>	<b>Sistema de empaque</b>	<b>Distribución</b>
Menos de 3000 e	Caja	Aérea o marítima.
<b>Ventajas</b>	<p>Es un sistema portable, armable, de fácil transporte y ubicación que permite la rápida captura del modelo gracias a su brazo mecánico que se traslada al rededor del objetivo.</p> <p>El usuario no necesita hacer nada físicamente ya que el sistema de brazo automático hace la captura 360 grados con solo iniciarlo.</p> <p>En contraste con las caras cúpulas de cámaras con hasta 100 cámaras, la configuración de este sistema es significativamente más rentable con una calidad de reconstrucción comparable.</p>	

<b>Desventajas</b>	<p>Si observamos, el sistema no captura todos los ángulos del cuerpo ya que gira en el eje vertical y no puede tomar la coronilla ni la planta de los pies, además no puede tomar información que no esté a su alcance visual.</p> <p>No puede precisar la profundidad de campo correcta la que no varía su distancia con respecto al modelo. No posee sistema de iluminación por lo que esta se debe adecuar externamente.</p>
--------------------	---

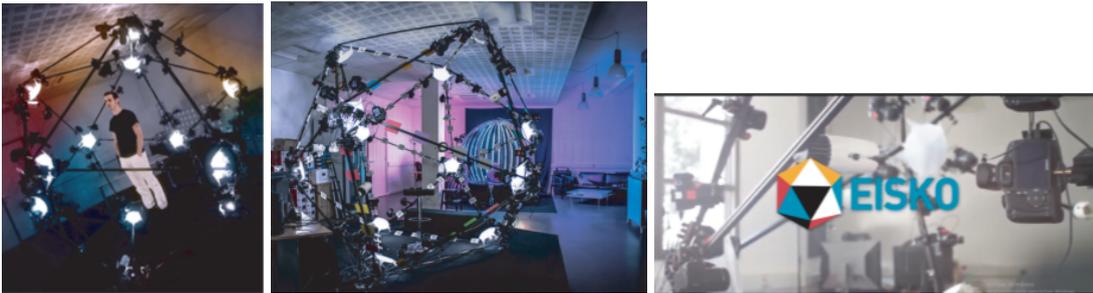
### Producto 03

<b>Nombre del producto</b> <b>VITUS bodyscan 3D</b>		
<b>Función principal</b>	<p>Mide todo el cuerpo en menos de 6 a 10 segundos. El proceso de medición 3D basado en láser es altamente preciso y confiable. Incluso texturas como el color del pelo y el color de la ropa pueden ser capturadas e incluidas con el escáner.</p>	
<b>Target</b>	<p>Usuarios e industrias que utilicen modelado 3D</p>	
<b>Imágenes del producto</b>		
		
<b>Análisis formal</b>		
<b>Color</b>	<b>Materiales</b>	<b>Componentes</b>

Blanco	Aluminio	Tecnología: 4 escáneres laser 4 columnas-rieles verticales Plataforma
<b>Dimensiones</b>	<b>Peso</b>	<b>Acabados superficiales</b>
290 cm x 220 cm de diámetro	250 kg	Liso
<b>Análisis técnico productivo</b>		
<b>Estimación del costo</b>	<b>Sistemas de producción</b>	<b>Tecnología</b>
5000 e	Extrusión.	Laser
<b>Análisis comercial</b>		
<b>Precio comercial</b>	<b>Sistema de empaque</b>	<b>Distribución</b>
60000 euros	Caja	Barco
<b>Ventajas</b>	<p>Escanea todo el cuerpo en menos de 6 a 10 segundos.</p> <p>El proceso de medición 3D basado en láser es altamente preciso y confiable.</p> <p>Incluso texturas como el color del pelo y el color de la ropa pueden ser capturadas e incluidas con el escáner.</p> <p>El usuario no hace ningún esfuerzo físico pues al ser automático sólo necesita estar pendiente de iniciar el proceso.</p> <p>Posee iluminación interna y homogénea.</p>	

<b>Desventajas</b>	<p>El utilizar 4 tipos de escáner de alta tecnología hace que sea un sistema costoso.</p> <p>Es una cabina bastante pesada y grande lo que hace que no sea tan fácil de transportar.</p> <p>La profundidad de campo no es precisa.</p>
--------------------	--

## Producto 04

<b>Nombre del producto</b> EISKO Mobile 3D transportable capture systems			
<b>Función principal</b>	<p>Sistema de escaneo humano 3D por fotogrametría en tiempo real , captura a detalle</p> <p>caras, cuerpo completo, y partes específicas del cuerpo. Además, gracias a su</p> <p>estructura de nodos es fácil de transportar e instalar en cualquier parte del mundo.</p>		
<b>Target</b>	Usuarios e industrias que utilicen modelado 3D		
<p align="center"><b>Imágenes del producto</b></p>			
			
<p align="center"><b>Análisis formal</b></p>			
<b>Color</b>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="577 1783 956 1872"> <b>Materiales</b> </td> <td data-bbox="962 1783 1326 1872"> <b>Componentes</b> </td> </tr> </table>	<b>Materiales</b>	<b>Componentes</b>
<b>Materiales</b>	<b>Componentes</b>		
Negro	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="577 1881 956 2002">         Aluminio </td> <td data-bbox="962 1881 1326 2002">         Barras, 60 cámaras DSLR, 12 luces LED, sensores </td> </tr> </table>	Aluminio	Barras, 60 cámaras DSLR, 12 luces LED, sensores
Aluminio	Barras, 60 cámaras DSLR, 12 luces LED, sensores		

<b>Dimensiones</b>	<b>Peso</b>	<b>Acabados superficiales</b>
3 m de diámetro	170 kg aproximadamente.	Liso, opaco
<b>Análisis técnico productivo</b>		
<b>Estimación del costo</b>	<b>Sistemas de producción</b>	<b>Tecnología</b>
3000 euros	Extrusión	Fotogrametría
<b>Análisis comercial</b>		
<b>Precio comercial</b>	<b>Sistema de empaque</b>	<b>Distribución</b>
4000 euros	Caja	Marítimo o aéreo
<b>Ventajas</b>	<p>La precisión del sistema de escaneo humano 3D reducen la necesidad de intervención manual y preservan los detalles originales para obtener resultados limpios y precisos.</p> <p>Permite capturar toda la gama de expresiones faciales de un sujeto logrando animaciones realistas.</p> <p>El -ujo de trabajo de escaneo 3D patentado por Eisko, diseñado específicamente para humanos, produce geometrías detalladas con mallas de hasta 20 millones de polígonos, perfectas para</p> <p>Renderización PBR y producciones de alto nivel. -</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sombreado realista de la piel para aplicaciones fuera de línea y en tiempo real</li> <li>- Geometría HD y texturas PBR</li> </ul> <p>Posee sistema de iluminación homogénea.</p>	

<b>Desventajas</b>	<p>La gran cantidad de inumentaria utilizada en el escaneo incluyendo 60 cámaras, 12 luces led, los sensores y la gran estructura hace que sea un sistema bastante pesado, grande y difícil de transportar y armar en cualquier lugar. Además que la suma de todos los elementos de por sí es bastante costosa. Sólo es adaptable a un tipo de escáner (cámara).</p>
--------------------	--

Producto 05

<b>Nombre del producto</b> Artec Robotic Scan		
<b>Función principal</b>	<p>Una estación de escaneo 3D automatizada de alta precisión. Es una solución automática de manos libres en su -ujo de trabajo para crear miles de modelos 3D precisos de la forma más rápida y rentable.</p>	
<b>Target</b>	<p>Usuarios e industrias que utilicen modelado 3D</p>	
<b>Imágenes del producto</b>		
		
<b>Análisis formal</b>		
<b>Color</b>	<b>Materiales</b>	<b>Componentes</b>

Plateado y azul	Aluminio, polipropileno	Tecnología Escaner Artec Space spider Brazo robótico UR3
<b>Dimensiones</b>	<b>Especificaciones</b>	<b>Acabados superficiales</b>
Peso: 11 kg Carga útil: 3 kg Alcance 500 mm Rango de las articulaciones: +/- 360° Rotación innita de la última articulación Velocidad: Articulaciones de muñeca: 360 grados/seg Otras articulaciones: 180 grados/segundo	Herramienta: Típico 1 m/s Repetibilidad: +/- 0,1 mm Huella: Ø 128 mm Grados de libertad: 6 articulaciones giratorias Tamaño de la caja de control (AnchoxAltoXLargo): 475 mm x 423 mm x 268 mm	Liso, brillante
<b>Análisis técnico productivo</b>		
<b>Estimación del costo</b>	<b>Sistemas de producción</b>	<b>Tecnología</b>
No especifica	Extrusión	Luz estructurada
<b>Análisis comercial</b>		
<b>Precio comercial</b>	<b>Sistema de empaque</b>	<b>Distribución</b>
No ha sido lanzado al mercado	No está en el mercado	No está en el mercado

<b>Ventajas</b>	<p>A diferencia de los dispositivos de escaneo 3D de mano que tienen que ser operados manualmente,</p> <p>este brazo de escaneo 3D no sólo captura datos automáticamente, sino que también lo hace más rápido y con mayor precisión que una persona.</p> <p>La automatización elimina la necesidad de un trabajo manual que requiere mucho tiempo.</p> <p>Gracias al alto grado de repetibilidad de la captura de datos, puede digitalizar grandes volúmenes de objetos con gran precisión.</p> <p>Es portable y de fácil transporte</p>
<b>Desventajas</b>	<p>Abarca todos los ángulos de un objeto pequeño, pero al escanear un ser humano estaría limitado por el largo del brazo.</p> <p>No tiene luz homogénea incorporada.</p> <p>Sólo es adaptable a un tipo de escáner.</p>

## Producto 06

Nombre del producto	Texel portal
<b>Función principal</b>	<p>Escáner 3D de cuerpo humano El Texel Portal es una gran herramienta para la creación de guras en 3D en miniatura,</p>
<b>Target</b>	<p>Usuarios e industrias que utilicen modelado 3D</p>
<b>Imágenes del producto</b>	



### Análisis formal

Color	Materiales	Componentes
Plateado y negro	Aluminio, polipropileno	Base giratoria Soportes verticales 4 sensores (Intel RealSense, 3D Systems Sense, Structure Sensor, Microsoft Kinect, Asus Xtion).
Dimensiones	Peso	Acabados superficiales
2250 × 2250 × 2480 mm	70 kg154.32 lb	Liso, brillante

### Análisis técnico productivo

Estimación del costo	Sistemas de producción	Tecnología
18,000 USD	Extrusión	Luz estructurada Power input: 600W - 700W

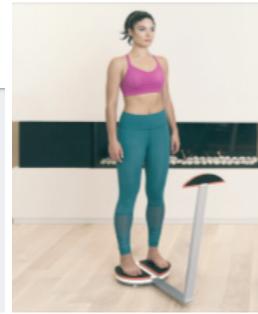
### Análisis comercial

Precio comercial	Sistema de empaque	Distribución
26,000 USD	Caja	Aerea y terrestre

<b>Ventajas</b>	<p>El portal de Texel es capaz de producir escaneos de cuerpo completo o seles en 3D.</p> <p>Se puede escanear completamente una persona en 3D en color en 20 segundos y se puede ver un modelo 3D detallado en 1 minuto.</p> <p>Es totalmente automatizado, fácil de transportar y recoger, no requiere calibrado, equilibrio perfecto entre precio y calidad.</p>
<b>Desventajas</b>	<p>Gira 360 grados, pero sólo abarca el plano vertical del modelo, no abarca planos horizontales.</p> <p>No tiene luz homogénea incorporada.</p> <p>Requiere que la persona esté inmóvil y puede marearse por el movimiento.</p> <p>Sólo es adaptable a un tipo de escáner.</p>

Producto 07

<b>Nombre del producto</b> Shapescale	
<b>Función principal</b>	<p>Escala de escaneo corporal 3D y rastreador de ejercicios que visualiza la pérdida de grasa y las ganancias musculares.</p>
<b>Target</b>	<p>Gimnasios, usuarios deportistas o que realizan actividad física.</p>
<b>Imágenes del producto</b>	



### Análisis formal

Color	Materiales	Componentes
Plateado y rojo	Aluminio, polipropileno	Cámara RGB de 5 megapíxeles Proyector de luz codificada IR 3D sensor Brazo mecánico
Dimensiones	Peso	Acabados superficiales
78.3 cm de largo con brazo recogido 35.6 cm de ancho  120 cm de diámetro de giro  Extensión del brazo de 76 cm a 145 con inclinación cabeza del sensor de -80° a 80°	10lbs / 5kg	Liso, brillante

### Análisis técnico productivo

Estimación del costo	Sistemas de producción	Tecnología
350 USD	Extrusión	Luz estructurada

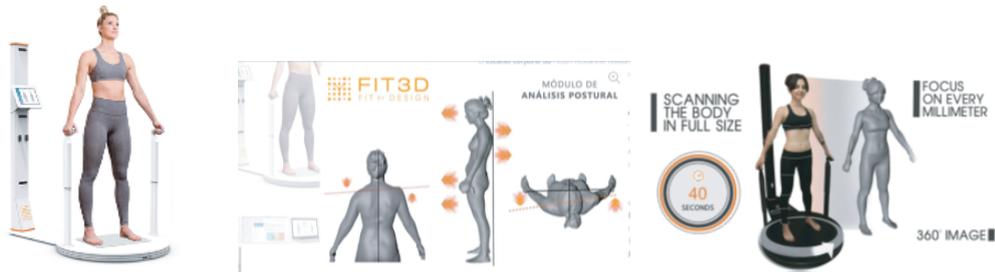
### Análisis comercial

<b>Precio comercial</b>	<b>Sistema de empaque</b>	<b>Distribución</b>
500 USD	Caja	Aérea y terrestre
<b>Ventajas</b>	<p>ShapeScale digitaliza el cuerpo humano para crear un modelo 3d fotorrealista,</p> <p>para mostrar como esta el cuerpo con respecto a musculos y grasa, y como va cambiando con ayuda del ejercicio, a través de "Mapa de calor" y "Vista de diferencias" características.</p> <p>El brazo robótico gira a tu alrededor de la persona y se va extendiendo verticalmente para capturar el cuerpo completo y digitaliza en menos de un minuto para crear un modelo 3D.</p> <p>Es portable y de fácil transporte</p>	
<b>Desventajas</b>	<p>No escanea completamente la cabeza del modelo debido a que a medida que el brazo mecánico va subiendo se va alejando del cuerpo. No tiene luz homogénea incorporada.</p> <p>Sólo es adaptable a un tipo de escáner.</p>	

## Producto 08

<b>Nombre del producto</b>	<b>Fit 3d Yorkshire</b>
<b>Función principal</b>	<p>Una estación de escaneo 3D automatizada de alta precisión. Es una solución automática de manos libres en su entorno de trabajo para crear miles de modelos 3D precisos de la forma más rápida y rentable</p>
<b>Target</b>	Gimnasios, usuarios deportistas o que realizan actividad física

## Imágenes del producto



## Análisis formal

Color	Materiales	Componentes
Plateado y blanco/negro	Aluminio, polipropileno	Plataforma giratoria Dos manijas Soporte del escáner Escáner
Dimensiones	Peso	Acabados superficiales
Se requiere aproximadamente 6 'x 3' de espacio	193 libras /87.54 kg	Liso, mate

## Análisis técnico productivo

Estimación del costo	Sistemas de producción	Tecnología
6,000 USD	Extrusión	Luz estructurada

## Análisis comercial

Precio comercial	Sistema de empaque	Distribución

9,000 USD	Caja	Aérea y terrestre
<b>Ventajas</b>	<p>Capacidad de escaneo autónomo, manijas para precisión y seguridad.</p> <p>El escáner de Fit3D obtiene una imagen completa en 3D del cuerpo en sólo 35 segundos y analiza la postura y la composición corporal. La lectura en 360° mide volúmenes, contornos y superficies para obtener un cálculo automático de peso, equilibrio, porcentaje de grasa corporal, y cantidad de masa grasa y masa magra, así como mide también la postura, todo ello con el fin de evaluar el estado físico de la persona.</p>	
<b>Desventajas</b>	<p>El usuario debe mantenerse inmóvil a pesar de que la plataforma va girando 360 grados. No abarca totalmente las superficies horizontales del modelo debido a la ubicación vertical del mismo. No tiene luz homogénea incorporada. Sólo es adaptable a un tipo de escáner.</p>	

## Producto 09

<b>Nombre del producto</b>	Escáner 3D Raspberry Pi
<b>Función principal</b>	Diseñado para realizar un escaneo de cuerpo completo de una persona en una sola "toma".
<b>Target</b>	Industria del entretenimiento
<b>Imágenes del producto</b>	



### Análisis formal

Color	Materiales	Componentes
Negro Mate	Electrónicos	Tira LED, tablero de control LE, montaje en panel C14, montaje en panel RJ45, cable de alimentación.
Dimensiones	Peso	Acabados superficiales
570 × 210 × 210 mm <sup>3</sup> .	No especifica	Liso, opaco

### Análisis técnico productivo

Estimación del costo	Sistemas de producción	Tecnología
3000 euros	Extrusión	Fotogrametría

### Análisis comercial

Precio comercial	Sistema de empaque	Distribución
\$ € 10,000. \$ 43'153.246	Caja	Terrestre o aéreo

<b>Ventajas</b>	Si desea escanear un volumen alto o desea escanear cosas que no pueden quedarse quietas (niños / animales), esta es una solución que puede escanear el objeto en una fracción de segundo.
<b>Desventajas</b>	El uso de un sistema de múltiples cámaras no es nuevo. Esto se ha utilizado en los últimos años, típicamente basado en 60 a 120 cámaras SLR digitales (canon / nikon). Como puede imaginar, esta es una solución muy cara.  Además implica un tedioso montaje, ya que no es una estructura consolidada, si no elementos para construir esta cabina.

## Producto 10

<b>Nombre del producto</b>	3D MultiArm 3000	
<b>Función principal</b>	Cree rápidamente fotografías de productos en 3D	
<b>Target</b>	Industria enfocada al desarrollo de productos	
<b>Imágenes del producto</b>		
		
<b>Análisis formal</b>		
<b>Color</b>	<b>Materiales</b>	<b>Componentes</b>

Plateado	47,25 "	Plataforma MultiArm, Polipasto hidráulico, brazos, Cajas de control (USB, cables de alimentación y disparador) Ruedas, cabezas de trípode universales
<b>Dimensiones</b>	<b>Peso</b>	<b>Acabados superficiales</b>
82.7 "x 32.3" x 91.7 " Tamaño máximo 62 x 40 "	529 libras	Liso, opaco
<b>Análisis técnico productivo</b>		
<b>Estimación del costo</b>	<b>Sistemas de producción</b>	<b>Tecnología</b>
3000 euros	Extrusión	Fotogrametría
<b>Análisis comercial</b>		
<b>Precio comercial</b>	<b>Sistema de empaque</b>	<b>Distribución</b>
No especifica	Caja	Marítimo o aéreo
<b>Ventajas</b>	Automatiza completamente la creación y unión en 3D de vistas interactivas de productos hemisféricas y esféricas. Una vez calibrado el software de fotografía de productos automatiza todo el proceso, este sistema no requiere que el usuario incline o ajuste las cámaras nuevamente, simplemente coloque un elemento y agilice la fotografía del producto en 3D.	

<b>Desventajas</b>	<p>A pesar de no tener el precio, podemos estimar que es una estructura grande y costosa, ya que cuenta con el espacio para instalar 5 cámaras canon.</p> <p>Además, es una estructura grande, pesada y no permite su fácil movilidad para ser trasladada.</p>
--------------------	--

## Producto 11

<b>Nombre del producto</b>	<b>MULTI-CAMERA SYSTEM</b>	
<b>Función principal</b>	Capturar presentaciones fotográficas en 3D completas en una fracción de tiempo	
<b>Target</b>	Usuarios e industrias que utilicen modelado 3D	
<b>Imágenes del producto</b>		
		
<b>Análisis formal</b>		
<b>Color</b>	<b>Materiales</b>	<b>Componentes</b>
Estructura metálica Negra	Aluminio	
<b>Dimensiones</b>	<b>Peso</b>	<b>Acabados superficiales</b>

1600 × 410 × 1205 mm 63" × 16.1" × 47.4" Radio de tiro: 950 mm /37.4"	16 kg / 35 lbs Energía: AC 115 / 230 V	Liso, opaco
<b>Análisis técnico productivo</b>		
<b>Estimación del costo</b>	<b>Sistemas de producción</b>	<b>Tecnología</b>
	Extrusión	Fotogrametría
<b>Análisis comercial</b>		
<b>Precio comercial</b>	<b>Sistema de empaque</b>	<b>Distribución</b>
	Caja	Marítimo o aéreo
<b>Ventajas</b>	<p>Permite disparar simultáneamente varios ángulos de visión superior en un rango de rotación de 360 ° en unos pocos segundos.</p> <p>Plataforma que automatiza el proceso de escáner, agilizando reduciendo tiempos.</p> <p>Cuenta con la posibilidad de realizar el escaneo con una o varias cámaras. Posee sistema de iluminación homogénea.</p>	

<b>Desventajas</b>	<p>No permite el escáner de personas o partes sin que implique posiciones incómodas.</p> <p>A pesar de no tener el precio, podemos estimar que es una estructura grande y costosa, ya que cuenta con el espacio para instalar 5 cámaras canon.</p> <p>Además es una estructura grande, pesada y no permite su fácil movilidad para ser trasladada.</p>
--------------------	--

## Producto 12

<b>Nombre del producto</b>	<b>OpenScan</b>	
<b>Función principal</b>	Escáner de objetos pequeños	
<b>Target</b>	Usuarios e industrias que utilicen modelado 3D	
<b>Imágenes del producto</b>		
		
<b>Análisis formal</b>		
<b>Color</b>	<b>Materiales</b>	<b>Componentes</b>
A gusto, Impresión 3D	Impresión 3D Polímero	Motor paso a paso Nema 17 (13Ncm), controlador paso a paso, fuente de alimentación 12V / 2A (enchufe de 5,5-2,5 mm) 1x pantalla LCD I2C 20x4  1x control de obturador.

<b>Dimensiones</b>	<b>Peso</b>	<b>Acabados superficiales</b>
Volumen de escaneo de 18x18x18cm (se puede ampliar)	No especifica Energía: 12v/2a	Liso, opaco
<b>Análisis técnico productivo</b>		
<b>Estimación del costo</b>	<b>Sistemas de producción</b>	<b>Tecnología</b>
	Extrusión	
<b>Análisis comercial</b>		
<b>Precio comercial</b>	<b>Sistema de empaque</b>	<b>Distribución</b>
	Caja	Marítimo o aéreo
<b>Ventajas</b>	<p>Fácil de usar ya que la configuración de la cámara se puede cambiar directamente a través del navegador</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vista previa de la imagen de la cámara</li> <li>-Ahorro en costos de envío</li> <li>-Nueva interfaz, respecto a la venta del modelo y las partes para armarla en casa.</li> </ul>	
<b>Desventajas</b>	<p>Limitado a objetos pequeños.</p> <p>Partes que se deben pedir por la página web, lo que implique tiempos de entrega.</p> <p>No se posee control de iluminación</p> <p>La calibración para la toma de imágenes debe ser manual.</p>	

## Producto 13

<b>Nombre del producto</b>		<b>ESCÁNER 3D PRO</b>	
<b>Función principal</b>		Escáner de objetos pequeños	
<b>Target</b>		Modeladores Freelance	
<b>Imágenes del producto</b>			
			
<b>Análisis formal</b>			
<b>Color</b>	<b>Materiales</b>	<b>Componentes</b>	
Negro/Blanco	Aluminio	Matter and Form 3D Scanner USB B cable Adaptador de corriente Tarjeta de calibración	
<b>Dimensiones</b>	<b>Peso</b>	<b>Acabados superficiales</b>	
Altura: 34.5 cm (13.5 in) Ancho: 21 cm (8.25 in)	1.71 kg (3.77 lbs) Energía 100-240 V	Liso, opaco	
<b>Análisis técnico productivo</b>			
<b>Estimación del costo</b>	<b>Sistemas de producción</b>	<b>Tecnología</b>	

3000 euros	Extrusión	
<b>Análisis comercial</b>		
<b>Precio comercial</b>	<b>Sistema de empaque</b>	<b>Distribución</b>
\$ 3.879.045	Caja	Marítimo o aéreo
<b>Ventajas</b>	<p>Agiliza tu proceso de trabajo y convierte en archivos tridimensionales maquetas, piezas fabricadas o cualquier objeto que necesites. Además es plegable y totalmente compatible con tus herramientas o aplicaciones de diseño habitual.</p>	
<b>Desventajas</b>	<p>El escáner está enfocado específicamente al usuario profesional. Es una herramienta muy útil que, bien utilizada, escanea muy bien. Pero como pasa con cualquier scanner, no es «click and scan», para aprovechar su potencial hay que tener en cuenta la morfología de la pieza, la iluminación y los parámetros de escaneo que determinamos. Por eso se vende enfocado a usuarios profesionales.</p>	

## Producto 14

<b>Nombre del producto</b>	Escáner 3D de escritorio con luz blanca EinScan-SE
<b>Función principal</b>	Escaner de objetos pequeños
<b>Target</b>	Profesionales e interesados en animación
<b>Imágenes del producto</b>	



### Análisis formal

Color	Materiales	Componentes
Negro Mate	Plástico	Escáner, mesa giratoria, soporte de escáner, soporte de placa de calibración
Dimensiones	Peso	Energía
570 × 210 × 210 mm <sup>3</sup> .	2.5 Kg	50w

### Análisis técnico productivo

Estimación del costo	Sistemas de producción	Tecnología
	Extrusión	Fotogrametría

### Análisis comercial

Precio comercial	Sistema de empaque	Iluminación
\$ 4' 740.000	Caja	Luz blanca integrada

<b>Ventajas</b>	<p>Liviano</p> <p>Portable</p> <p>Pequeño, para escritorio</p> <p>Reestructura la geometría del objeto capturando finos detalles</p> <p>Calibración automática</p> <p>Compatible directamente a impresoras 3D</p>
<b>Desventajas</b>	<p>Limitado al tamaño (pequeño), limitación de luz, relativamente lento, costoso, debido al tamaño que permite escanear programas/software especializados, uso de puntos de referencia para realizar el escáner.</p>

## Producto 15

<b>Nombre del producto</b>	<b>Naked Home Body Scanner</b>
<b>Función principal</b>	<p>Naked es el primer escáner corporal 3D del mundo para su hogar. Ayuda a visualizar el</p> <p>progreso de su cuerpo para que pueda mantenerse encaminado para alcanzar sus</p> <p>objetivos, sean los que sean.</p>
<b>Target</b>	Usuarios e industrias que utilicen modelado 3D
<b>Imágenes del producto</b>	



### Análisis formal

Color	Materiales	Componentes
Blanco y negro	Aluminio, polipropileno	Cuadro Espejo Bascula Sensores
Dimensiones	Peso	Acabados superficiales
3 m de diámetro Máximo height: 6 ft 6 in (198 cm)  De luz estructurada  Bascula:  Height: 2.5 inches (5.2 cm)  Width: 14.6 inches (37 cm)  Depth: 14.6 inches (37 cm)	Maximum weight: 330 lbs (150 kg).	Liso, mate, espejo.

### Análisis técnico productivo

Estimación del costo	Sistemas de producción	Tecnología
----------------------	------------------------	------------

750 USD	Extrusión	De luz estructurada Mirror: Powered by detachable, grounded 125V AC cable (4 ft/122 cm)
<b>Análisis comercial</b>		
<b>Precio comercial</b>	<b>Sistema de empaque</b>	<b>Distribución</b>
\$ 1,395 USD	Caja	Aerea y terrestre
<b>Ventajas</b>	<p>Naked utiliza los tres sensores de profundidad Intel® RealSense para escanear su cuerpo.</p> <p>El láser de alineación de escala y el anillo de luz interactivo lo ayudan a obtener el escaneo perfecto en todo momento.</p> <p>La báscula giratoria de Naked funciona tanto en alfombras como en superficies duras.</p> <p>Es bastante liviano y portable</p> <p>Se camufla con los muebles de la casa</p>	
<b>Desventajas</b>	La bascula hace girar al usuario y agunos pidrían perder el equilibrio.	

## Producto 16

<b>Nombre del producto</b>	<b>Twinstant Mobile Full Body 3D Scanner</b>
<b>Función principal</b>	Una solución de escaneo 3D de cuerpo completo potente y móvil diseñada para retratos en 3D, AR / VR y mediciones.

<b>Target</b>	Usuarios e industrias que utilicen modelado 3D	
<b>Imágenes del producto</b>		
<b>Análisis formal</b>		
<b>Color</b>	<b>Materiales</b>	<b>Componentes</b>
Negro	Aluminio, polipropileno	89 sensores 25 sensores led 17 paneles
<b>Dimensiones</b>	<b>Peso</b>	<b>Energía</b>
10 ft diameter, 7 ft 2 in height	330lbs (150kg)	120V/20A circuit
<b>Análisis técnico productivo</b>		
<b>Estimación del costo</b>	<b>Sistemas de producción</b>	<b>Tecnología</b>
20,000 USD	Extrusión	De luz estructurada
<b>Análisis comercial</b>		
<b>Precio comercial</b>	<b>Sistema de empaque</b>	<b>Distribución</b>
\$29,995 USD	Caja	Aérea y terrestre

<b>Ventajas</b>	<p>Escáner diseñado para ser llevado a eventos o instalación en tiendas minoristas.</p> <p>Portable, de fácil transporte y montaje. Contiene luz led homogénea incorporada</p> <p>Escanea rápido y automáticamente.</p>
<b>Desventajas</b>	<p>Consta de una cantidad considerable de sensores lo que lo hace costoso.</p> <p>Ocupa una área considerable.</p>

### Producto 17

<b>Nombre del producto</b>	<b>DHO4 Universal 4th Z Axis Detachable Gimbal Spring</b>	
<b>Función principal</b>	Amortigua el movimiento hacia arriba y hacia abajo cuando se utilizan gimbals de cámara de 3 ejes. Produce al menos 30% imágenes más suaves.	
<b>Target</b>	Industrias de producción de video y aficionados	
<b>Imágenes del producto</b>		
		
<b>Análisis formal</b>		
<b>Color</b>	<b>Materiales</b>	<b>Componentes</b>

Negro	ABS	Adaptador del gimball, brazos mecánicos, resortes, agarres
<b>Dimensiones</b>	<b>Peso</b>	<b>Energía</b>
60cmx50cm	1.3 kg	
<b>Análisis técnico productivo</b>		
<b>Estimación del costo</b>	<b>Sistemas de producción</b>	<b>Tecnología</b>
60 USD	Extrusión	Mecánica, resortes de amortiguación.
<b>Análisis comercial</b>		
<b>Precio comercial</b>	<b>Sistema de empaque</b>	<b>Distribución</b>
110 USD	Caja	Aérea y terrestre
<b>Ventajas</b>	<p>Genera tomas de video más estables debido a su sistema de amortiguamiento sin importar que se generen movimientos muy bruscos. Posee el agarre con ambas manos con el peso centrado en el centro de masa del usuario. Se adapta a distintos tipos de gimballs ya que el adaptador se adecua a la forma. No necesita una fuerte de energía externa. El soporte posee adaptadores adicionales en su estructura para ubicar elementos externos que facilitan la toma tales como luces, flashes etc.</p>	
<b>Desventajas</b>	<p>El sistema sólo permite realizar movimientos verticales y horizontales y si se necesita inclinar la cámara para adelante y para atrás se perderá el centro de masa, no funcionará el amortiguamiento y se podrá desequilibrar por el peso.</p>	

## Producto 18

<b>Nombre del producto</b>		<b>FLYCAM Galaxy Arm and Vest Stabilizer</b>	
<b>Función principal</b>	Reduce los rebotes y sacudidas en sus disparos mientras distribuye el peso de sus brazos a su cintura y espalda cuando usa cualquier gimball de un solo mango con un con brazo.		
<b>Target</b>	Industrias de producción de video y aficionados		
<b>Imágenes del producto</b>			
<b>Análisis formal</b>			
<b>Color</b>	<b>Materiales</b>	<b>Componentes</b>	
Negro	ABS	Chaleco, brazo extensible, resortes, adaptador de gimbal	
<b>Dimensiones</b>	<b>Peso</b>	<b>Textura</b>	
18" máxima extensión del brazo. Chest: 38 to 52" / 96.5 to 132 cm. Waist: 28 to 60" / 71 to 152 cm	13.2 lb / 6 kg	Liso, opaco	
<b>Análisis técnico productivo</b>			
<b>Estimación del costo</b>	<b>Sistemas de producción</b>	<b>Tecnología</b>	

280 USD	Extrusión, laminado	Mecánica, amortiguamiento
<b>Análisis comercial</b>		
<b>Precio comercial</b>	<b>Sistema de empaque</b>	<b>Distribución</b>
\$394.00 USD	Caja	Aérea y terrestre
<b>Ventajas</b>	<p>Genera tomas de video más estables debido a su sistema de amortiguamiento sin importar que se generen movimientos muy bruscos.</p> <p>Se adapta a distintos tipos de gimbals.</p> <p>No necesita una fuente de energía externa.</p> <p>Posee múltiples puntos de apoyo para sostener el peso de todo el sistema, es decir en sus brazos, cintura y espalda.</p>	
<b>Desventajas</b>	<p>Resulta un poco estorboso y limitado el movimiento del usuario al tener una especie de chaleco de armadura pesado que le impedirá inclinarse y extenderse con comodidad. Se manipula con una sola mano.</p>	

## Producto 19

<b>Nombre del producto</b>	SmallRig Basic Shoulder Mount
<b>Función principal</b>	Estabilizar su cámara, brindar comodidad durante largos días de filmación y minimizar la rotación al grabar videos con su cámara
<b>Target</b>	Industrias de producción de video y aficionados
<b>Imágenes del producto</b>	



### Análisis formal

Color	Materiales	Componentes
Negro	ABS	Soporte de hombro, rieles de movimiento de la cámara, adaptadores, agarraderas.
Dimensiones	Peso	Textura
6 x 3.2 x 2.4" / 152.7 x 82.5 x 61.5 mm	13.2 lb / 6 kg	Liso, opaco

### Análisis técnico productivo

Estimación del costo	Sistemas de producción	Tecnología
\$50 USD	Extrusión, laminado	Distribución de la carga

### Análisis comercial

Precio comercial	Sistema de empaque	Distribución
\$98.95 USD	Caja	Aérea y terrestre

<b>Ventajas</b>	<p>Genera imágenes más estables debido a que la carga descansa en varios puntos de apoyo y no depende del pulso del usuario únicamente.</p> <p>No necesita una fuente de energía externa.</p>
<b>Desventajas</b>	<p>Resulta un poco estorboso y limitado el movimiento del usuario al tener una carga considerable en el hombro que le impide inclinarse y extenderse con comodidad.</p>

ANEXO 3: MATRIZ DE RIESGO

No.	Paso de proceso/ Entrada	Modo de falla potencial	Efecto de modo de falla	SEVERIDAD	Causas potenciales	OCURRENCIA	Controles	DETECCION	RPN	Acciones recomendadas	Resp.	Acciones tomadas	S	D	E	D	N
	Cual es la etapa o paso de proceso y entradas bajo análisis	De que manera la entrada / actividad puede salir mal	Cual es el impacto en la Y.? O métricas de salida esperadas por el cliente.		Que causas hacen que salga mal? (X's asociadas)		Controles actuales (inspección/prueba) que previenen la falla.			Que disminuyan la ocurrencia o aumenten el control	Responsable	Acciones ejecutadas que hagan variar el NPR	E	J	R	E	N
													A	C	C	I	O
1	Evaluar alternativas	Las alternativas no cumplen con los criterios de evaluación	No cumple el objetivo principal del producto	8	Falta de objetividad en la selección de la alternativa	5	Matriz de criterios funcionales y alternativas	7	280	Evaluar las alternativas teniendo en cuenta los requerimientos	Diseñador del producto	Realizar el respectivo control	3	3	3	27	
2	Desarrollo concepto final	Pocas alternativas de diseño	Una producto con poca propuesta de valor	3	Carencia de métodos de ideación	4	Brainstorming	8	288	Desarrollo de alternativas	Diseñador del producto	Uso de herramientas complementarias para la ideación de nuevas propuestas	2	3	2	12	
3	Definir materiales BOM	Decisiones inadecuadas respecto a los materiales	Desgastes, fracturas, perforaciones	8	Baja resistencia del material seleccionado	6	FEA	8	384	Análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales	Diseñador del producto	Realizar un análisis de resistencia de los materiales	4	3	5	60	
4	Construir modelos funcionales	No establecer y cumplir una ruta clara para la elaboración del modelo	Pérdida de tiempo, dinero, materiales	3	Retraso en los planos técnicos	8	CAD	5	360	Realizar un CAD del producto	Diseñador del producto	Cumplimiento de la entrega de los planos técnicos	3	3	3	27	
5	Conocer los deseos del cliente	Falta de comprensión de los deseos del cliente	Diseño de un producto fuera de su alcance	8	Descontextualización de las características socioeconómicas del usuario	7	Lista de deseos	6	336	Realizar mapa de empatía, Usuario arquetipo, lista de deseos, encuestas	Analista del producto	Correcto análisis de los resultados para mejorar la comprensión de los deseos del cliente	3	4	3	36	
6	Identificar ambiente uso	Incorrecta segmentación del contexto de uso	Descontextualización del producto	7	No se analizan los diferentes escenarios de uso en los que el producto podría estar	5	Mapa de interacciones	3	105	Conocer el entorno en el que el usuario del producto interactúa	Analista del producto	Investigación de posibles escenarios de uso	4	3	1	12	
7	Entender las causas y consecuencias del problema	No identificar el problema principal a resolver	Soluciones que no abarcan la raíz del problema	8	No se realiza un estudio general para conocer las posibles causas	6	FISHBONE-Árbol de problemas	8	384	Clasificar e identificar las causas del problema de diseño	Analista del producto	Realizar encuestas a los posibles usuarios arquetipos del producto	3	3	4	36	
8	Identificar funciones principales y secundarias	No se define el alcance del proyecto	El producto no resuelve el problema de diseño	3	No se identifica que necesidades debe cubrir el producto	7	Diagrama FAST	8	504	Clasificar y jerarquizar la función y principal y secundaria	Analista del producto	Realización e identificación del diagrama FAST	4	4	3	48	
9	Definir la especificación de requisitos del producto	Falta de jerarquización de prioridades en los requerimientos.	No se suplen la totalidad de las necesidades por parte del usuario	3	Ausencia de parámetros de evaluación	5	QFD	8	360	Identificar los requerimientos técnicos y los del cliente para definir prioridades	Analista del producto	Hacer una evaluación comparativa respecto a los requisitos del cliente	4	2	3	24	
10	Garantizar la trazabilidad de los requisitos	Los procesos no facilitan la comprensión de los requisitos	El resultado del producto no cumple los estándares de los objetivos del cliente	3	No se establece un sistema de medida para cada requisito	7	PRS	6	378	Establecer variables	Analista del producto	Documentación de las especificaciones	4	3	3	36	
11	Revisar banco de patentes	Plagiar un producto ya existente	No se hallan resultados de la búsqueda	8	Fallos con la ecuación de búsqueda	8	Estado del arte	5	320	Identificar los motores de búsqueda	Aesor de Marketing	Ampliar la cobertura de búsqueda	3	3	2	18	
12	Identificar modelo de negocio	No se identifica la estructura del modelo negocio	El producto no ofrece una propuesta de valor competitiva	7	No se realiza un estudio de mercado de nuestra competencia	6	Modelo Canvas	4	168	Analizar el modelo de negocios Canvas	Aesor de Marketing	Distinguir las áreas y función de cada una	3	2	2	12	
13	Analizar datos y resultados de la prueba piloto	Interpretación Interfaz errónea	Confusión en el usuario	3	No hay claridad en el lenguaje del producto	6	Registro de pruebas - Plantillas de documentación	5	270	Análisis y reconocimiento de los resultados	Analista	Ampliar el campo de usuarios realizar la prueba	4	3	3	36	
14	Establecer criterios de evaluación	No se evalúa el cumplimiento de la función principal del producto	El producto no resuelve el problema de diseño	7	No se identificaron los parámetros a evaluar	4	Plantilla protocolo de evaluación	4	112	Definir los parámetros de calificación	Analista	Aplicar la estructura de evaluación al producto	3	1	2	6	
15	Secuencia de actividades	Clasificación desafortada	Incumplimiento de gestión del proyecto	7	Incumplimiento de los entregables	6	Gantt,Workflow	7	294	Clasificación y jerarquización de las áreas de proceso	Gerente del producto	Catalogar y ordenar las actividades respecto a áreas	3	2	4	24	
16	Duración de actividades	Congestión en el desarrollo del proceso	Incumplimiento del proyecto en el tiempo estimado	3	No identificar las actividades en las que no me puedo atrasar	7	Diagrama de descomposición - Gantt PERT Y CPM	4	252	Planificación y esquematización objetiva de los tiempos y las actividades	Gerente del producto	Objetividad y precisión para mejorar el desempeño en las actividades del proyecto	3	2	2	12	
17	Estimar costos del proyecto	No sea viable económicamente	El producto no sea asequible	3	No se realiza un estudio preciso de los costos del proyecto	6	Plantilla de cuadro de costos	6	324	Cálculo de la relación costo-beneficio	Gerente del producto	Disminuir los costos del proyecto de manera considerable	4	4	4	64	



## ANEXO 4: USUARIO ARQUETIPO

<p>Usuario</p>	<p>Estudiante de un grupo de investigación</p>
	<p>NOMBRE: Juan David Castro</p>
	<p>EDAD: 23 años</p>
	<p>NIVEL EDUCATIVO: Bachiller</p>
	<p>OCUPACIÓN: Estudiante de universidad</p>
<p><b>BIOGRAFÍA:</b> Juan David es un estudiante de Diseño Industrial de la UIS, es de la ciudad de Bogotá pero actualmente vive con su familia en Bucaramanga. Es muy un poco tímido y una persona muy disciplinada, casi siempre se la pasa buscando nuevas cosas que aprender en internet. Es muy enfocado en sus proyectos; le gusta ponerse metas a corto plazo y cumplirlas, quiere investigar respecto a nuevas tecnologías aplicadas en su carrera. Actualmente hace parte de un semillero de la universidad. Se considera una persona metódica, es muy minucioso con las cosas que hace que todo salga bien.</p>	<p><b>OBJETIVOS:</b> Conocer nuevos procesos y métodos que le permitan alcanzar sus metas durante el proceso de aprendizaje y desarrollo en el semillero de investigación.</p> <p>Obtener los mejores resultados durante sus pruebas y análisis en la reconstrucción digitalizada.</p> <p>Conseguir optimizar su tiempo y realizar la actividad de una manera más efectiva.</p>

MOTIVACIONES: Juan David quiere ser uno de los mejores en su carrera, poder ayudar al desarrollo en el campo de acción que escoja y estar un paso adelante de las soluciones que le faciliten el trabajo. Le gusta sacarle provecho a todos los recursos y oportunidades que ofrece la universidad; se ha sentido agusto en el grupo de investigación y espera recibir oportunidades laborales que tengan relación con la ingeniería inversa. Ha hecho uso de los escáneres de la universidad para sus proyectos, y el verse involucrado con una tecnología que se presta para diversos usos le motiva bastante. Además ya ha investigado empresas que necesitan de estos conocimientos en reconstrucción 3D para aplicar próximamente y contribuir en el desarrollo de productos aplicando I.I.

FRASE: Quiero hacer las cosas lo mejor posible, me gusta aprender nuevas cosas todos los días y mantenerme actualizado para que las cosas me salgan perfectas. Ser el mejor para lograr el éxito.

FRUSTRACIONES: A veces se le dificulta tener la precisión adecuada en el proceso de escanear. Ha encontrado limitaciones en cuanto al espacio, ya que se debe controlar la iluminación y es complejo sacar los dispositivos del salón en el que se encuentran.

También ha notado que gasta mucho tiempo desde que debe sacar y alistar los dispositivos, hasta terminar todo el proceso, le gustaría dedicarse en los espacios entre clases a hacer reconstrucciones 3D para sus proyectos; pero le ha sucedido que no le alcanza el tiempo o llega tarde a sus otras clases.

Usuario

Operario de una empresa 3D Scan



NOMBRE: Elizabeth Arango Macías

EDAD: 27 años

NIVEL EDUCATIVO: Universitario

OCUPACIÓN: Ingeniería Mecánica

**BIOGRAFÍA:** Elizabeth es ingeniera graduada de la Universidad Santo Tomás.

Actualmente vive con su pareja en la ciudad de Bogotá. No le gusta perder el tiempo y es una persona un poco impaciente, siempre se ha considerado apasionada y juiciosa en lo que hace. Ella trabaja en una empresa automotriz, en la que usualmente desarrolla y diseña nuevas ideas innovadoras para contribuir a la industria 3D.

**OBJETIVOS:** Contribuir a la empresa con resultados que aporten a la investigación en su campo laboral. Ascender dentro de la empresa por su esfuerzo.

Estar al tanto de los nuevos softwares y dispositivos en el mercado que le aporten en su trabajo. Encontrar la manera de ahorrar tiempo y facilitar los procesos en la toma de datos, para disminuir el margen de error y mejorar la precisión.

**MOTIVACIONES:** Elizabeth quiere destacar en su campo de acción, anhela salir del país con su trabajo. También le motiva inspirar a los nuevos egresados de las oportunidades que se pueden encontrar cuando se esfuerzan como ella lo hizo. Le emociona el desarrollo de nuevas tecnologías aplicadas a la ingeniería por eso se mantiene al tanto del progreso de nuevos dispositivos.

**FRASE:** Quiero enfocarme en mi trabajo y crecer junto con la industria, encontrar nuevos métodos y procesos que me optimicen el tiempo y el de mis compañeros de trabajo dentro de la empresa.

**FRUSTRACIONES:** Elizabeth se siente frustrada por la relación entre tiempo y margen de error, en la que se siente culpable por no tener la capacidad motriz a veces necesaria a los dispositivos lo suficientemente avanzados. Le preocupa el esfuerzo físico que debe tener con dispositivos que son muy pesados y generan dolores en la muñeca y brazos debido a ciertas posiciones que exigen la reconstrucción tridimensional

<p>Usuario</p>	<p>Docente líder de un grupo de investigación</p>
	<p>NOMBRE: Martha</p>
	<p>EDAD: 40 años</p>
	<p>NIVEL EDUCATIVO: Maestría</p>
	<p>OCUPACIÓN: Profesora de universidad y líder de grupo de investigación.</p>
<p><b>BIOGRAFÍA:</b> Martha es una docente de universidad líder del grupo de investigación enfocado en ingeniería inversa.</p> <p>Está casada pero no tiene hijos porque dice que es como una madre para sus estudiantes.</p> <p>Es apasionada por su trabajo y desea que sus estudiantes se interesen e investiguen en el área de la ingeniería inversa y tengan todas las herramientas para hacerlo. Marta personalmente se encarga de solicitar los insumos y tecnología requeridos en su grupo de investigación.</p>	<p><b>OBJETIVOS:</b> Guiar a sus estudiantes a interesarse por la investigación en el área de la ingeniería inversa.</p> <p>Estar informada de la tecnología actual y opciones viables que contribuyan como herramientas que faciliten la investigación, para solicitar a la universidad el financiamiento.</p>
<p><b>MOTIVACIONES:</b> Martha quiere aportar en la formación de profesionales que se interesen en la investigación en el área de la ingeniería inversa con ayuda de los recursos tecnológicos que la universidad provee y ella con su rol como docente y líder de grupo de investigación puede solicitar nueva instrumentaria a la universidad, para que en un futuro sean sus estudiantes quienes logren avances significativos en la industria.</p>	<p><b>FRASE:</b> Quiero que mis estudiantes tengan todas las herramientas necesarias para crecer en su proceso como investigadores para que desde ya aporten mejoras significativas en la industria.</p>

FRUSTRACIONES: A Martha le frustra los largos procesos del protocolo para adquirir la indumentaria tecnológica que solicitó los cuales algunas veces los rechazan por no culplir con el presupuesto estimado por la universidad para la escuela.

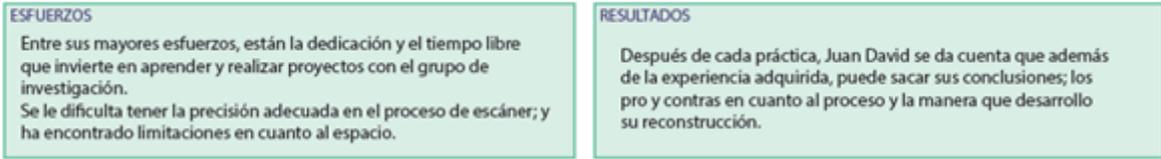
<p>Usuario</p>	<p>Cliente particular dueño de una empresa-investigador</p>
	<p>NOMBRE: Juan Manuel</p>
	<p>EDAD: 45 años</p>
	<p>NIVEL EDUCATIVO: Posgrado</p>
	<p>OCUPACIÓN: Investigador y dueño de una empresa automotriz.</p>
<p>BIOGRAFÍA: Juan Manuel es ingeniero, investigador en el campo de la ingeniería inversa, y tiene una empresa mediana de la industria automotriz. Además del aspecto profesional tiene una familia conformada por sus dos hijos y su esposa. Es una persona sofisticada que le gusta estar al tanto de la tecnología y de herramientas que hagan más eficiente su trabajo, no le gusta desperdiciar tiempo ni dinero.</p>	<p>OBJETIVOS: Hacer crecer su empresa. Optimizar los procesos de manufactura en su empresa Automatizar más procesos de manufactura en su empresa. Liberar más tiempo de su jornada laboral y pasar más tiempo con su familia.</p>

**MOTIVACIONES:** Juan Manuel quiere que su empresa pase de ser una mediana empresa local a una gran empresa que traspase fronteras y conectar con clientes de todas partes del mundo. Quiere optimizar su trabajo para hacer más dinero e invertir en el crecimiento de la misma. En su proceso como investigador necesita probar nuevas técnicas y herramientas de ingeniería inversa.

**FRASE:** Busco herramientas que optimicen mi trabajo que me ayuden a hacer crecer mi empresa. No voy a desperdiciar tiempo ni dinero.

**FRUSTRACIONES:** A Juan Manuel le frustra tener poco tiempo para compartir con su familia debido a que como investigador y jefe de una empresa mediana, necesita pasar tiempo completo trabajando para lograr ver crecer su empresa. No le gusta que la mayoría de las veces es él mismo, quien hace todas las funciones principales de la empresa y debe estar pendiente de todos los procesos, lo que le quita bastante tiempo, le gustaría automatizar sus procesos.

**ANEXO 5: MAPA DE EMPATÍA**



**MAPA DE EMPATÍA PARA Elizabeth**



**ESFUERZOS**

Después de tanto tiempo de dedicación ha notado favorables cambios en cuanto a la presión que ha desarrollado; sin embargo le preocupa lo que ese esfuerzo físico a largo plazo le puede causar.

**RESULTADOS**

Todo el conocimiento y crecimiento personal le han servido para expandir sus expectativas laborales; y los proyectos que puede desarrollar a partir de estas nuevas tecnologías.

**MAPA DE EMPATÍA PARA Martha**



**ESFUERZOS**

En ocasiones Martha debe hacer grandes esfuerzos para que la universidad apruebe la compra de nueva indumentaria y a veces es rechazada por un presupuesto elevado.

**RESULTADOS**

Martha desearía que el grupo de estudio tuviera mayor inversión por parte de la universidad y que sus estudiantes tuvieran todas las herramientas necesarias para involucrarse en un ambito más real de la investigación en el area.

**MAPA DE EMPATÍA PARA Juan Manuel**



**ESFUERZOS**

Tener que pasar tiempo completo en su trabajo y estará pendiente de todos los procesos manufactura de la empresa y no poderle dedicar el tiempo que le gustaría a su familia.

**RESULTADOS**

Aplicar los métodos y elementos necesarios a su empresa para hacerla crecer, optimizar su trabajo, hacer dinero, ser exitoso, tener más tiempo para su familia.

## ANEXO 6: RESULTADOS DE ENCUESTA 1

Ha realizado escaneo o reconstrucción 3D?

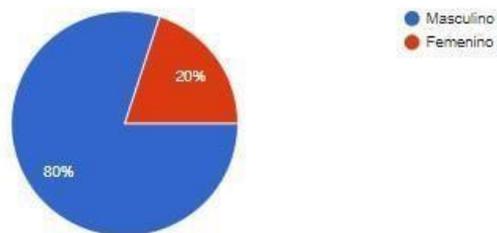
5 respuestas



Si la respuesta es sí, por favor responda:

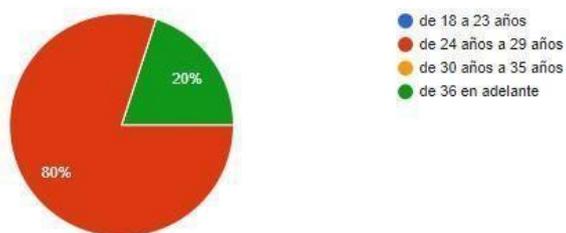
Seleccione su género:

5 respuestas



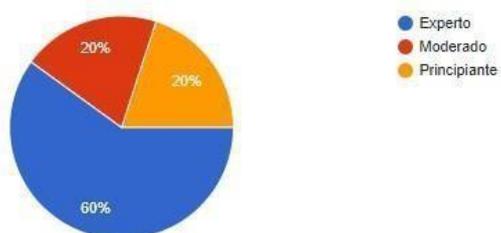
Seleccione su rango de edad:

5 respuestas



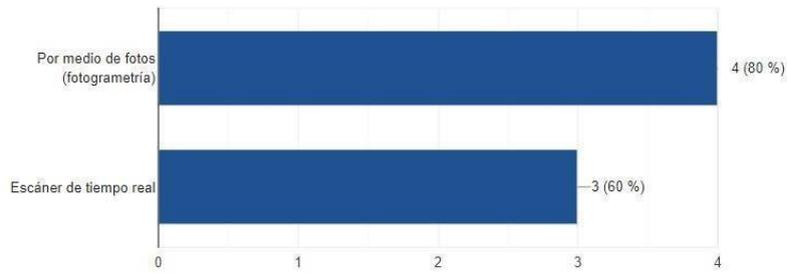
Cual es su nivel de experiencia haciendo escaneos 3D?

5 respuestas



Que tipo de escáner ha utilizado para la reconstrucción 3D?

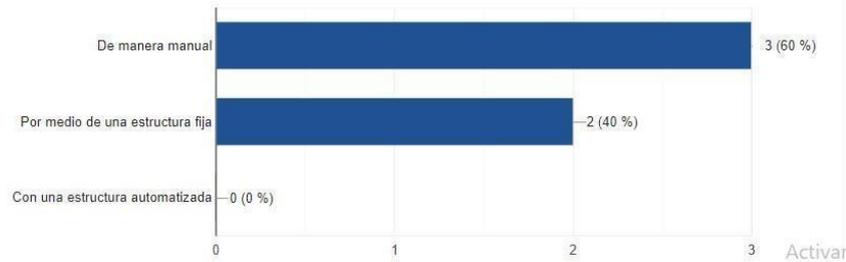
5 respuestas



Activar  
Ve a Con

De que manera realiza el escáner?

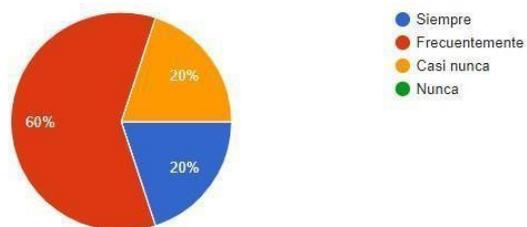
5 respuestas



Activar

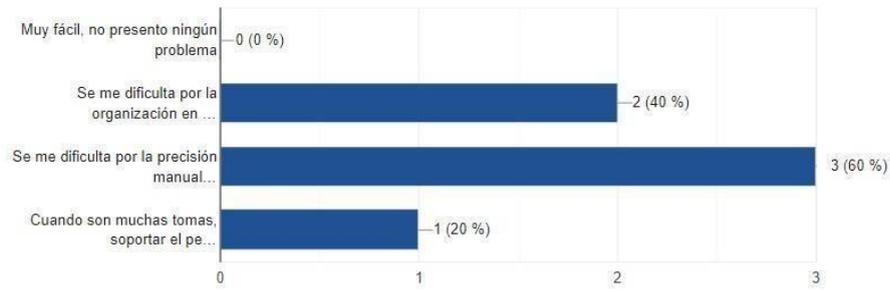
Con que frecuencia presenta inconvenientes de precisión y homogenización de imágenes en la reconstrucción del modelo 3D debido a que realiza el escaneo de manera manual?

5 respuestas



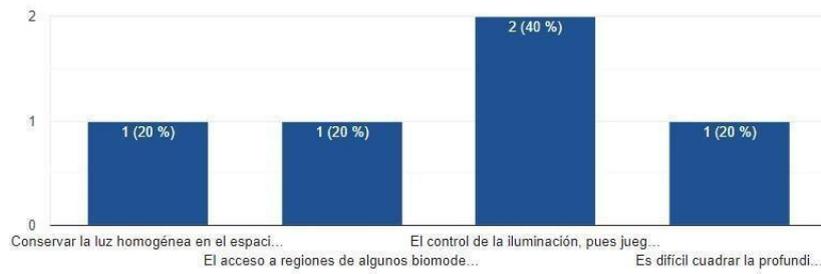
Si realiza el procedimiento de manera manual, Cómo calificaría la facilidad de la toma de imágenes?

5 respuestas



Qué otro tipo de inconvenientes o dificultades ha presentado en el momento de realizar estos procedimientos de escáner 3d?

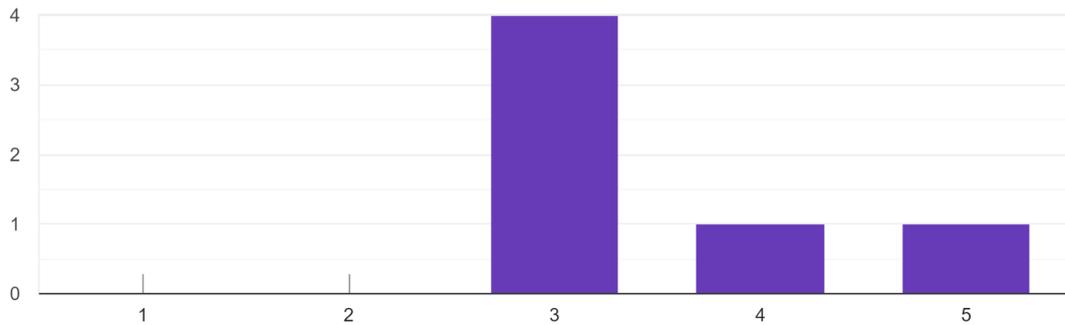
5 respuestas



## ANEXO 7: RESULTADOS DE ENCUESTA 2

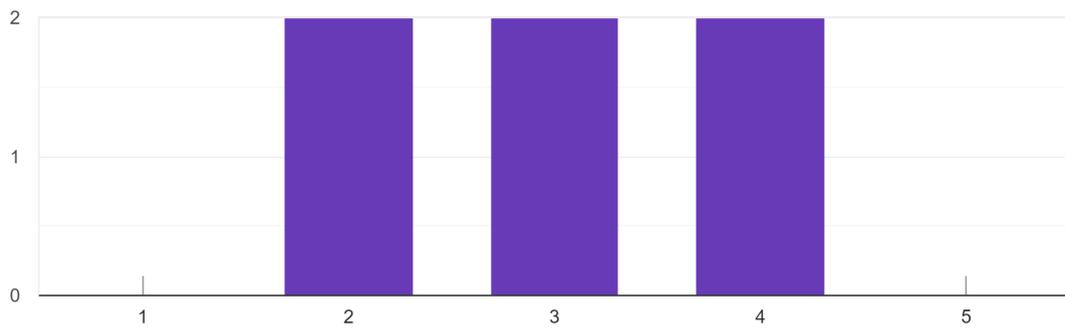
1. Califique su experiencia escaneando de 1 a 5 (Siendo 1 muy mala y 5 excelente)

6 respuestas



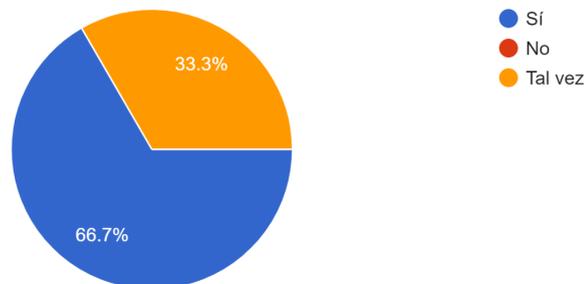
2. ¿Durante el escaneo sintió algún tipo de molestia o cansancio en la muñeca, brazo o mano por el esfuerzo de manipular el escáner? Califique en ...a 5 siendo 1 ninguna molestia y 5 mucha molestia.

6 respuestas



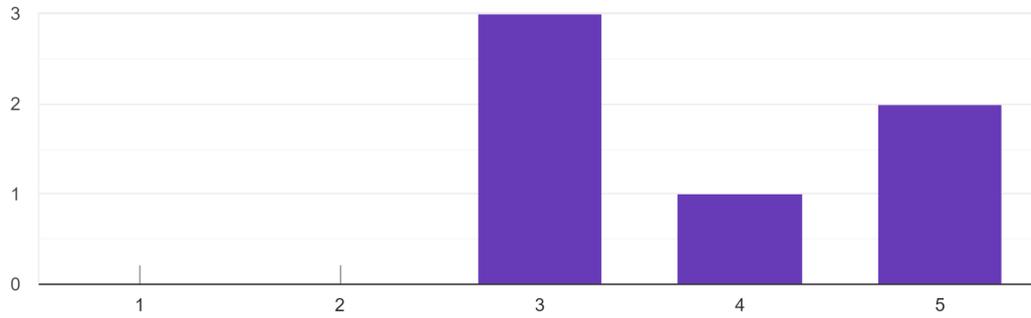
3. ¿Cree que si continúa escaneando durante varias horas, podría presentar fatiga o cansancio en la muñeca?

6 respuestas



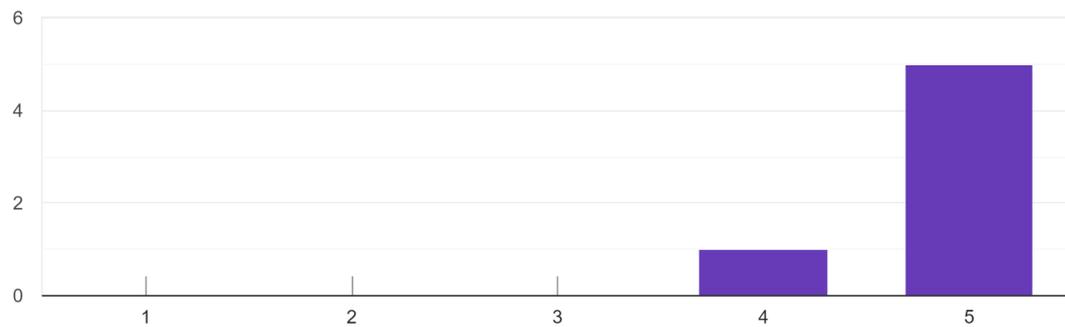
4. Del 1 al 5, que tanto siente que sostener el peso y guiar el dispositivo con una sola mano afecta a la estabilidad y fluidez de la toma?

6 respuestas



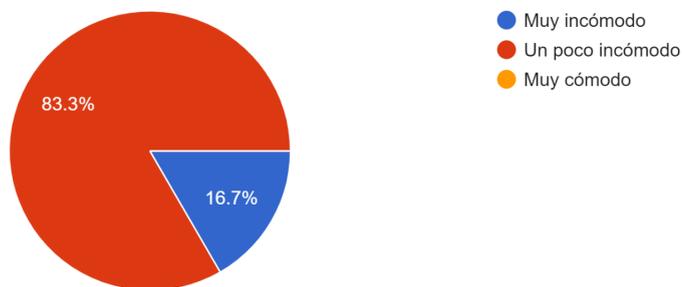
5. Que tanto cree que mejoraría la estabilidad de la toma si se contara con puntos de apoyo adicionales al de la mano con la que se manipula ...? Califique de 1 a 5 siendo 1 muy poco y 5 mucho.

6 respuestas



6. ¿Qué tan incómodo resultó el uso del escáner durante la toma?

6 respuestas



¿Si considera que el proceso de escanear con el Go Scan fue incómodo, a cual atributo del escáner considera que se debe este problema?

Peso y diámetro del agarre, muy grueso y hacía más esfuerzo, tuvo que emplear ambas manos, se enredaba con el cable

Base estorba tamaño, peso cable, difícil para girar, incomprensión de las dos luces rojas profundidad, no tenía la certeza de estar presionando correctamente el botón

La forma, base muy robusta, pesado, incómodo hacer ciertos ángulos, agarre

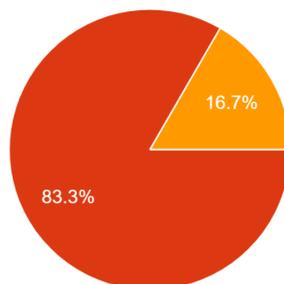
Peso

Al peso distribuido en una sola mano, rotación de la muñeca

El cable es muy largo y se puede enredar, el peso tuvo que manejar con dos manos, con una el peso y con el otra el movimiento, estaba pendiente tanto de la pantalla como de los colores, varios puntos de atención

7. ¿Con qué frecuencia tuvo que realizar posturas incómodas para lograr escanear regiones difíciles de llegar en el modelo?

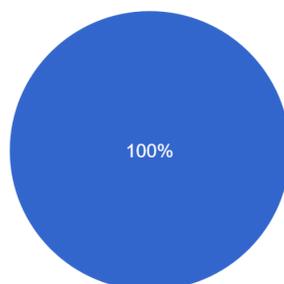
6 respuestas



- En casi toda la toma tuve que realizar posturas incómodas
- En algunas ocasiones de la toma
- En ningún momento tuve que realizar posturas incómodas

8. ¿Cree pertinente la implementación de un dispositivo soporte que se adapte al escáner y le permita realizar el escaneo más fácilmente?

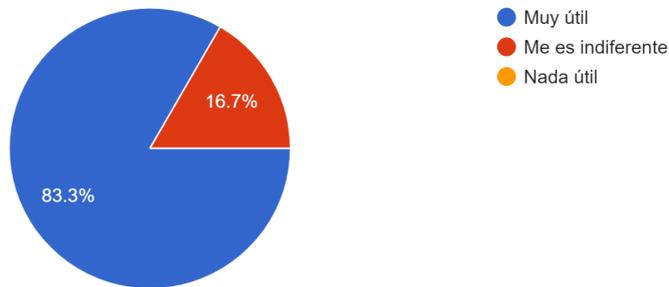
6 respuestas



- Sí
- No

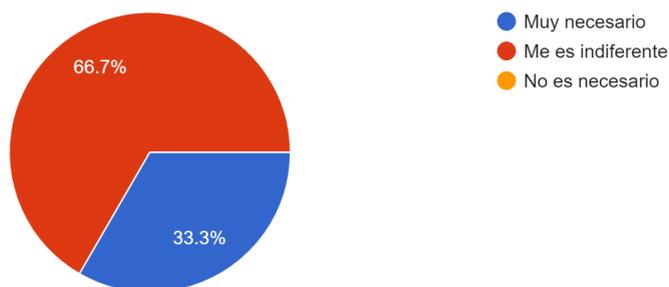
9. ¿Qué tan útil le parecería el hecho de que el dispositivo que se adapte al escáner sea portable y accesible para utilizarlo dentro y fuera de las instalaciones de la universidad?

6 respuestas



10. ¿Qué tan necesario cree que sea la implementación de fuentes de luz adicionales en el dispositivo con el fin de garantizar una iluminación óptima en las tomas?

6 respuestas



11. ¿Si considera que el proceso de escanear con el Sense fue incómodo, a cual atributo del escáner considera que se debe este problema y que cree que se podría mejorar?

No hay un indicador para saber si está escaneando correctamente, tuvo que girar el cuello repetidas veces, posturas incómodas por lo corto de cable

Agarre, el producto no le indica como debería ser la postura ideal, postura incómoda y de la muñeca

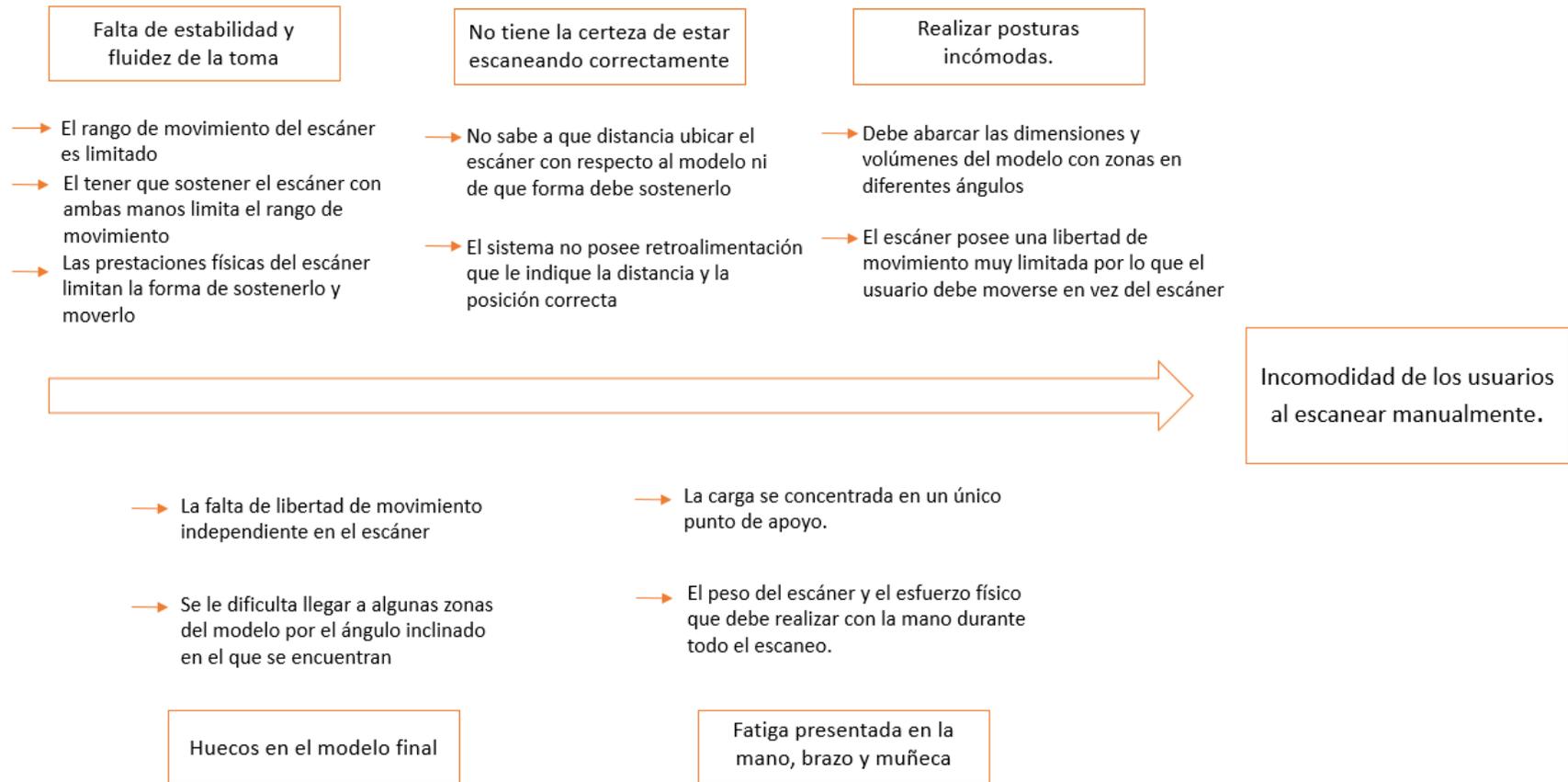
Ubicación del lente, difícil cuadrar para ponerlo en la dirección correcta. No tiene la seguridad si está escaneando bien sin ver la pantalla

No se puede medir la profundidad de campo, no sabe la orientación en la que se debe usar, el cable es muy corto

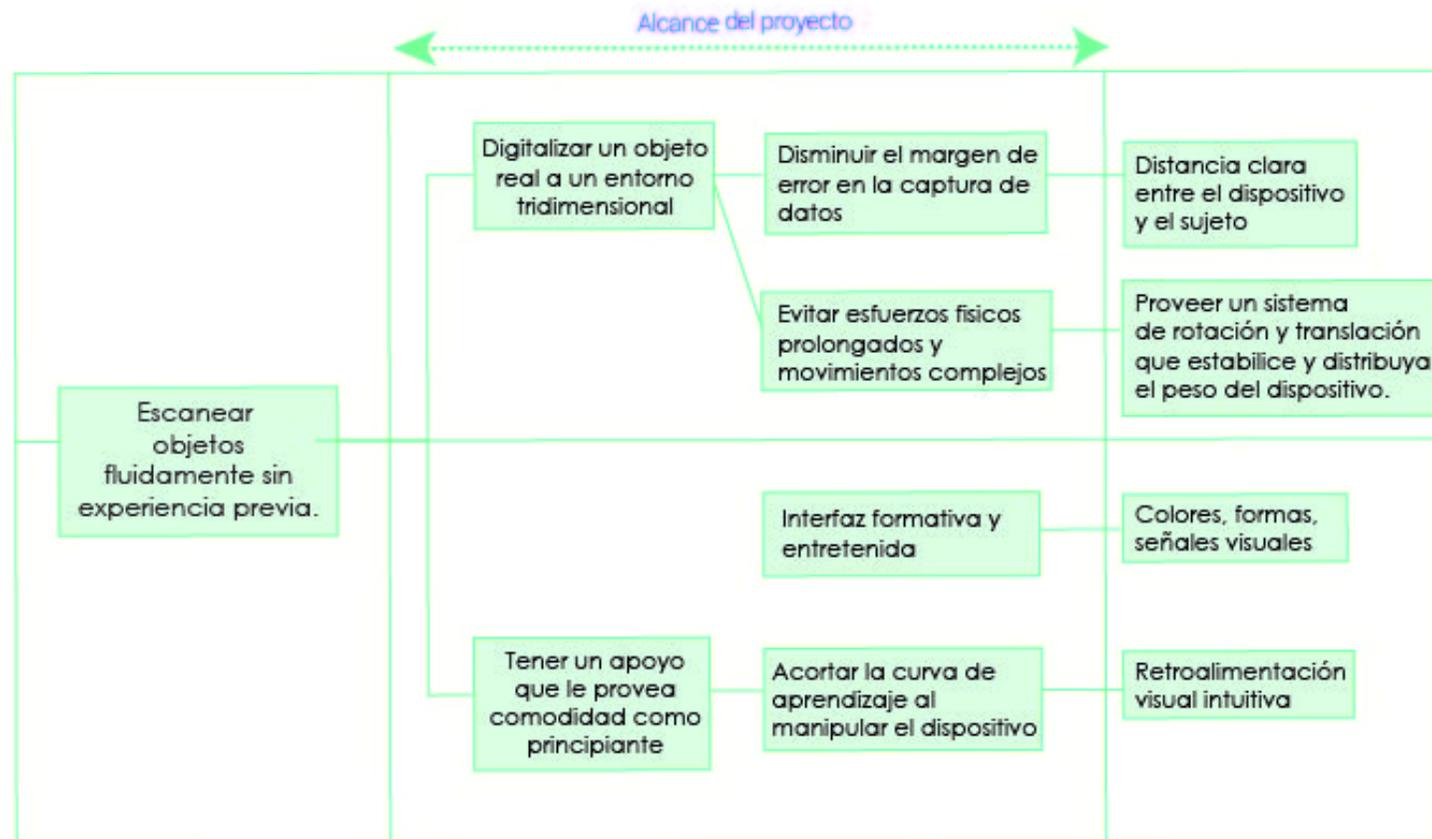
No se tiene la seguridad de precisión



## ANEXO 8: FISHBONE



ANEXO 9: DIAGRAMA FAST



# ANEXO 10: MAPA DE INTERACCIONES



ANEXO 11: QFD

					1														
					3		1												
				2	2	1	1												
			4	5	3	1	1	3											
		14	17	15	12	11	7	Evaluación comparativa respecto a los requisitos del cliente											
Importancia ponderada de los requisitos técnicos		2,00	2,43	2,14	1,71	1,57	1,00												
Qué/Cómo	Importancia para el cliente	Aumentar el grado de libertad de movimiento del escáner	Distribuir el peso del escáner en más puntos de apoyo	Distribuir el volumen de la carga en el centro de masa del usuario	Diámetro del agarre más óptimo	Retroalimentación que indique si se está escaneando a la distancia correcta	Incorporar iluminación en el dispositivo												
		Nosotros	DHO4 Universal	FLYCAM	SmallRig Shoulder	Naked home													
1	No realizar posturas incómodas	3	5	3	3	3	1	1	4	3	3	2	4						
2	Disminuir las superficies huecas en el modelo	5	5	1	1	1	5	3	4	2	2	2	3						
3	Mejorar la estabilidad y la fluidez en la toma	5	5	5	5	3	5	1	4	5	5	3	4						
4	No sentir cansancio en su muñeca	3	3	5	5	5	1	1	3	3	4	2	5						
5	Poder mover el escáner con facilidad	4	5	5	5	5	5	1	4	4	4	3	1						
6	Tener la certeza de escanear a la distancia correcta	4	1	1	1	1	5	1	4	3	3	2	3						
7	Eliminar las manchas oscuras en los modelos 3D	2	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	3						
Importancia absoluta ponderada respecto a los requerimientos del cliente		100	80	80	70	98	44	24	21	22	15	23							
Importancia relativa ponderada respecto a los requerimientos del cliente		2,27	1,82	1,82	1,59	2,23	1,00												
Evaluación ponderada de los requisitos del cliente respecto a los productos		Abso	200	194,285714	171,428571	120	154	44											
		Relativa	4,55	4,42	3,90	2,73	3,50	1,00											
Evaluación comparativa respecto a los requisitos técnicos		Nosotros	5	4	4	5	5	2	25										
		DHO4 Universal	3	4	4	5	1	2	19										
		FLYCAM	4	5	4	5	1	2	21										
		SmallRig Shoulder	3	4	4	5	1	2	19										
		Naked home	3	5	5	3	4	4	24										



### ANEXO 13: PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO

Criterio 1	Aumentar el grado de libertad de movimiento del escáner
Criterio 2	Distribuir el peso del escáner en más puntos de apoyo
Criterio 3	Diámetro de agarre más óptimo
Criterio 4	Versatilidad en el agarre del escáner

Alternativa 1	Flexible
Alternativa 2	Agarre f
Alternativa 3	Adaptadores i
Alternativa 4	Giroscopio

	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Matriz Normalizada				Ponderación
Criterio 1	1	3	5	3	0,54	0,64	0,50	0,38	0,51
Criterio 2	1/3	1	3	3	0,18	0,21	0,30	0,38	0,27
Criterio 3	1/5	1/3	1	1	0,11	0,07	0,10	0,13	0,10
Criterio 4	1/3	1/3	1	1	0,18	0,07	0,10	0,13	0,12
Total	1,87	4,67	10,00	8,00					

Matriz de alternativas en función del criterio 1:  
Aumentar el grado de libertad de movimiento del escáner

	Flexible	Agarre f	Adaptadores i	Giroscopio	Matriz Normalizada				Ponderación
Flexible	1	1/3	1/3	1/7	0,07	0,05	0,04	0,09	0,06
Agarre f	3	1	3	1/5	0,21	0,15	0,32	0,13	0,20
Adaptadores	3	1/3	1	1/5	0,21	0,05	0,11	0,13	0,13
Giroscopio	7	5	5	1	0,50	0,75	0,54	0,65	0,61
Total	14,00	6,67	9,33	1,54					

Matriz de alternativas en función del criterio 2:  
Distribuir el peso del escáner en más puntos de apoyo

	Flexible	Agarre f	Adaptadores i	Giroscopio	Matriz Normalizada				Ponderación
Flexible	1	1/2	1/2	1/2	0,14	0,17	0,09	0,17	0,14
Agarre f	2	1	2	1	0,29	0,33	0,36	0,33	0,33
Adaptadores	2	1/2	1	1/2	0,29	0,17	0,18	0,17	0,20
Giroscopio	2	1	2	1	0,29	0,33	0,36	0,33	0,33
Total	7,00	3,00	5,50	3,00					

Matriz de alternativas en función del criterio 3:  
Diámetro de agarre más óptimo

	Flexible	Agarre f	Adaptadores i	Giroscopio	Matriz Normalizada				Ponderación
Flexible	1	1/2	3	1/2	0,19	0,23	0,21	0,14	0,19
Agarre f	2	1	5	2	0,38	0,45	0,36	0,54	0,43
Adaptadores	1/3	1/5	1	1/5	0,06	0,09	0,07	0,05	0,07
Giroscopio	2	1/2	5	1	0,38	0,23	0,36	0,27	0,31
Total	5,33	2,20	14,00	3,70					

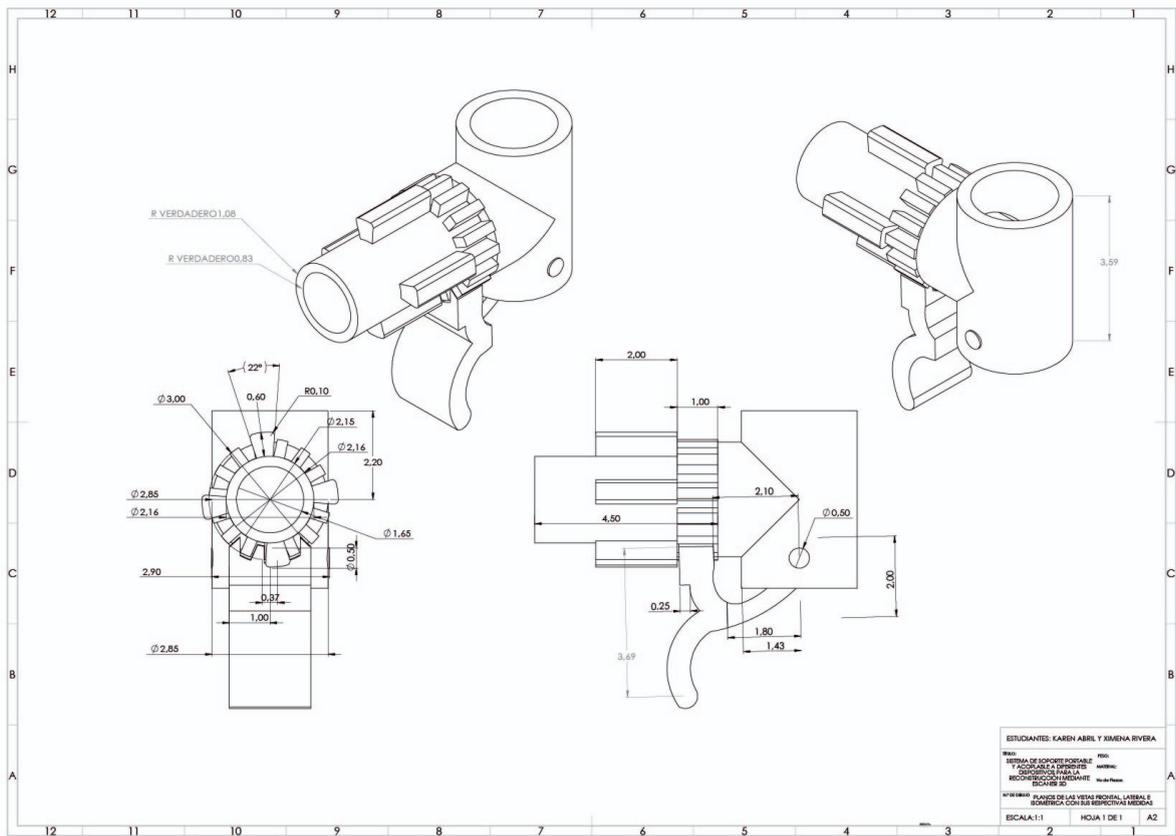
Matriz de alternativas en función del criterio 4:  
Versatilidad en el agarre del escáner

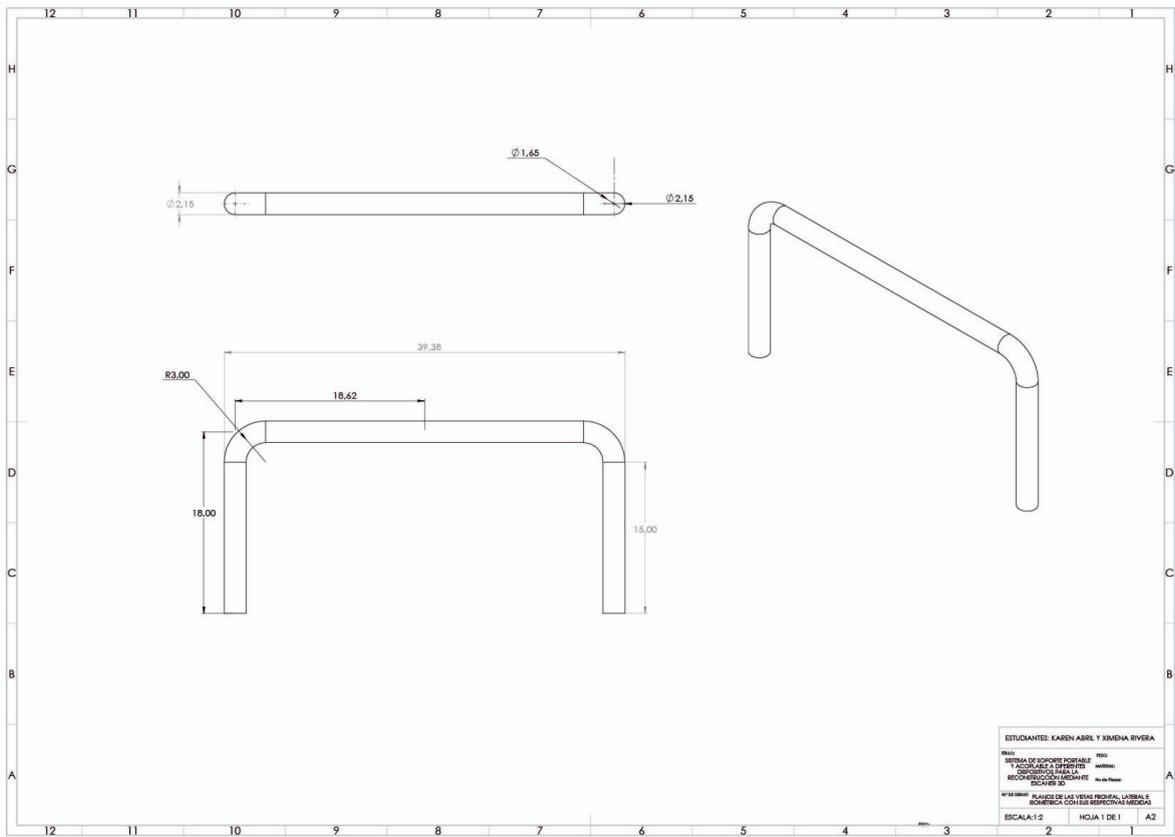
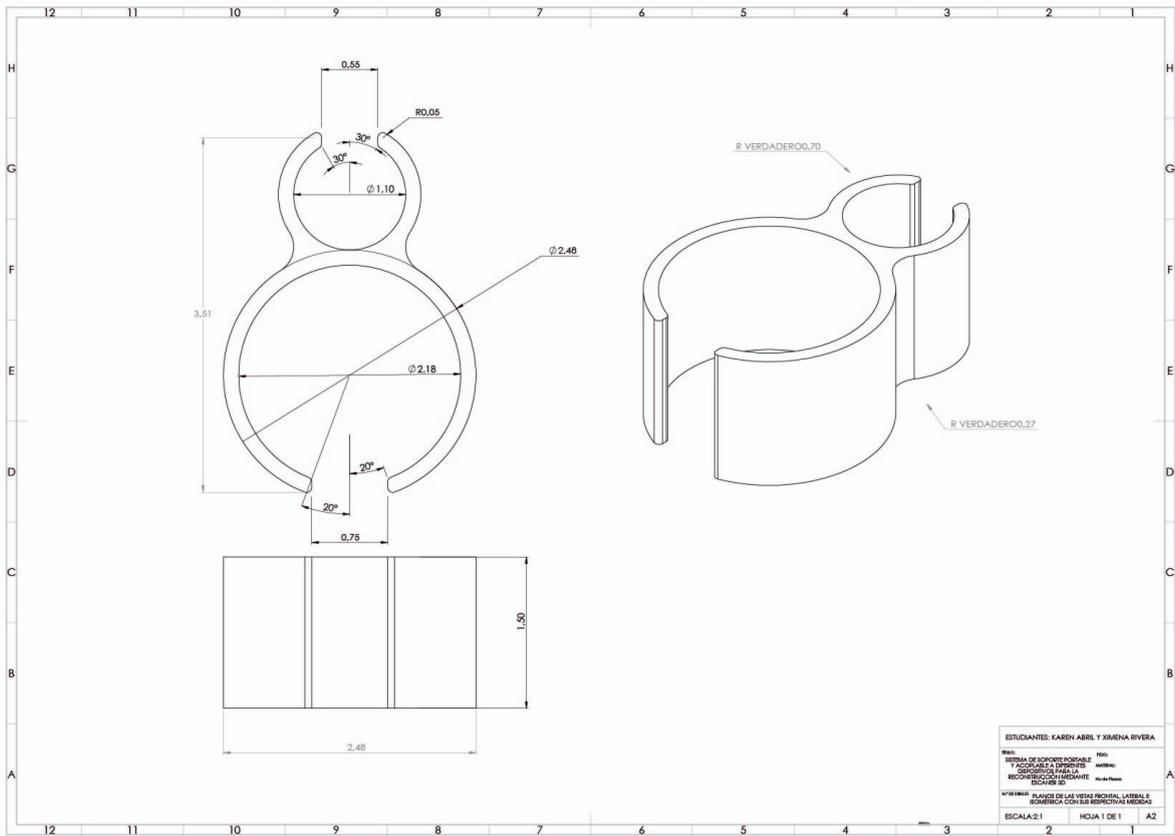
	Flexible	Agarre f	Adaptadores i	Giroscopio	Matriz Normalizada				Ponderación
Flexible	1	1/7	1/7	1/3	0,06	0,06	0,06	0,03	0,05
Agarre f	7	1	1	5	0,39	0,43	0,43	0,44	0,42
Adaptadores	7	1	1	5	0,39	0,43	0,43	0,44	0,42
Giroscopio	3	1/5	1/5	1	0,17	0,09	0,09	0,09	0,11
Total	18,00	2,34	2,34	11,33					

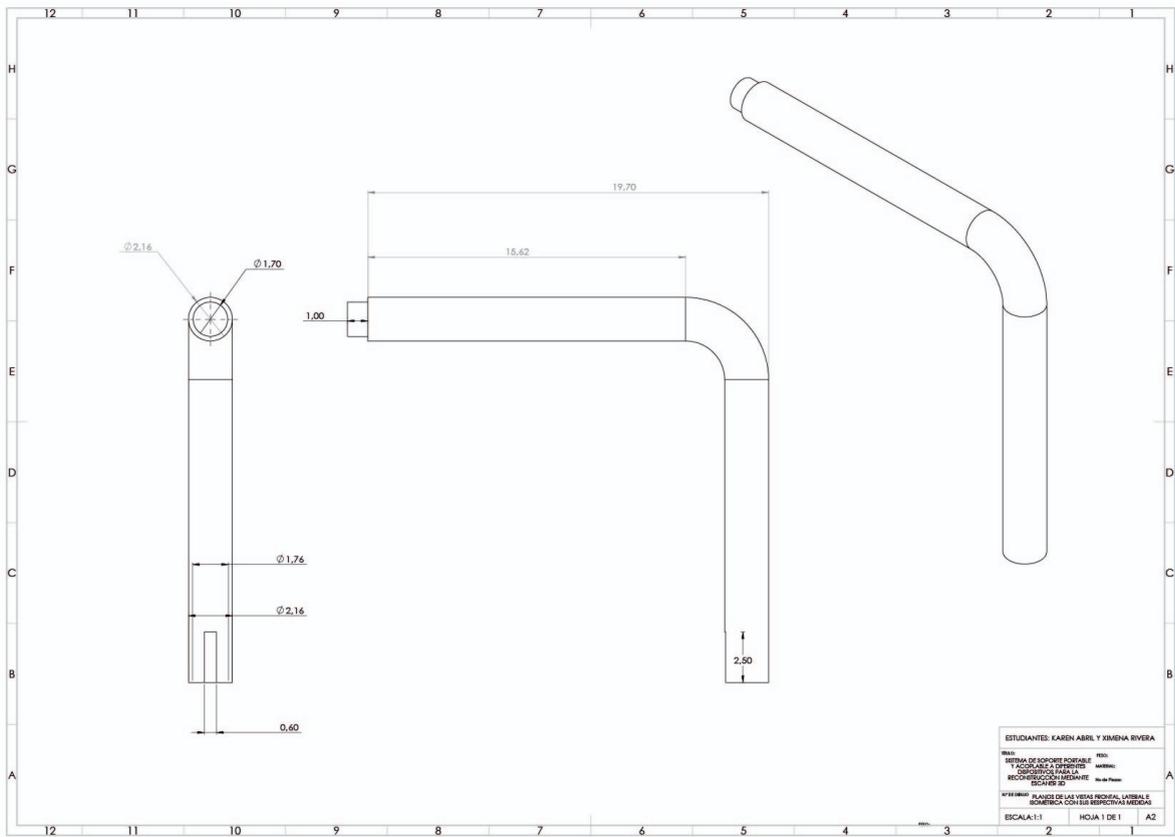
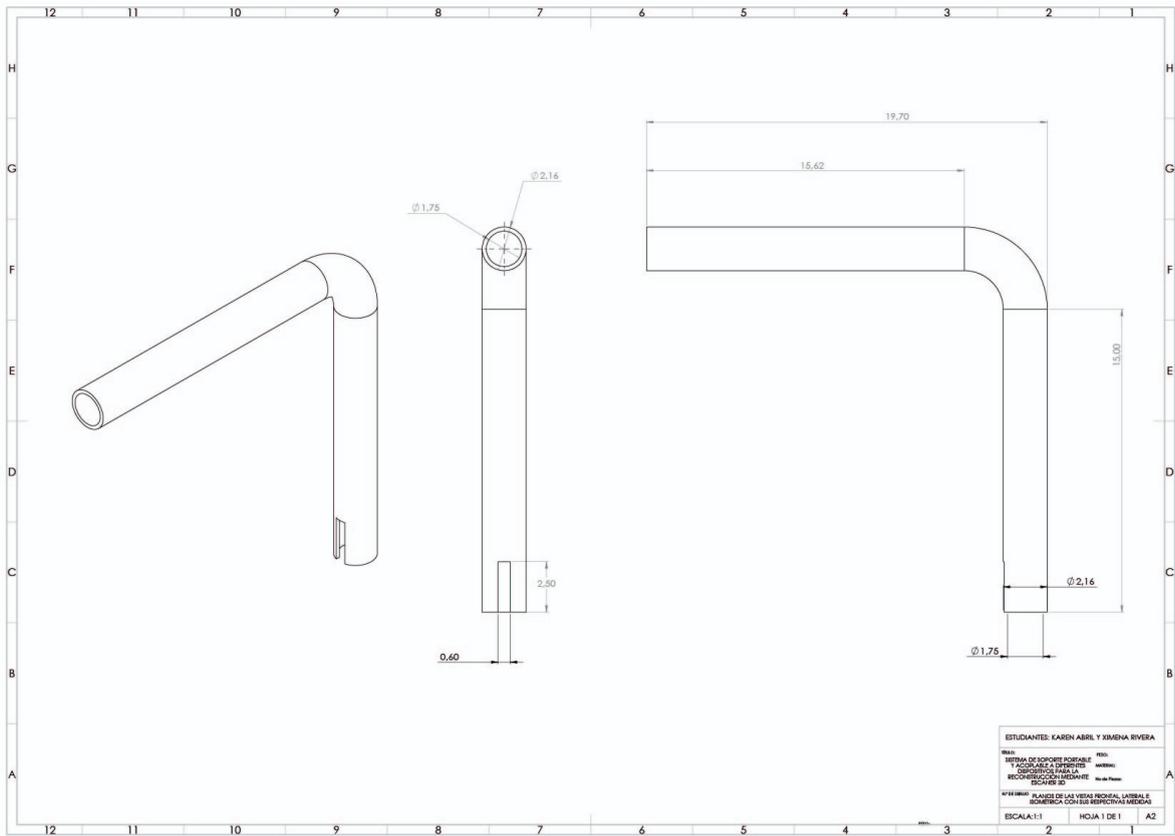
Priorización general

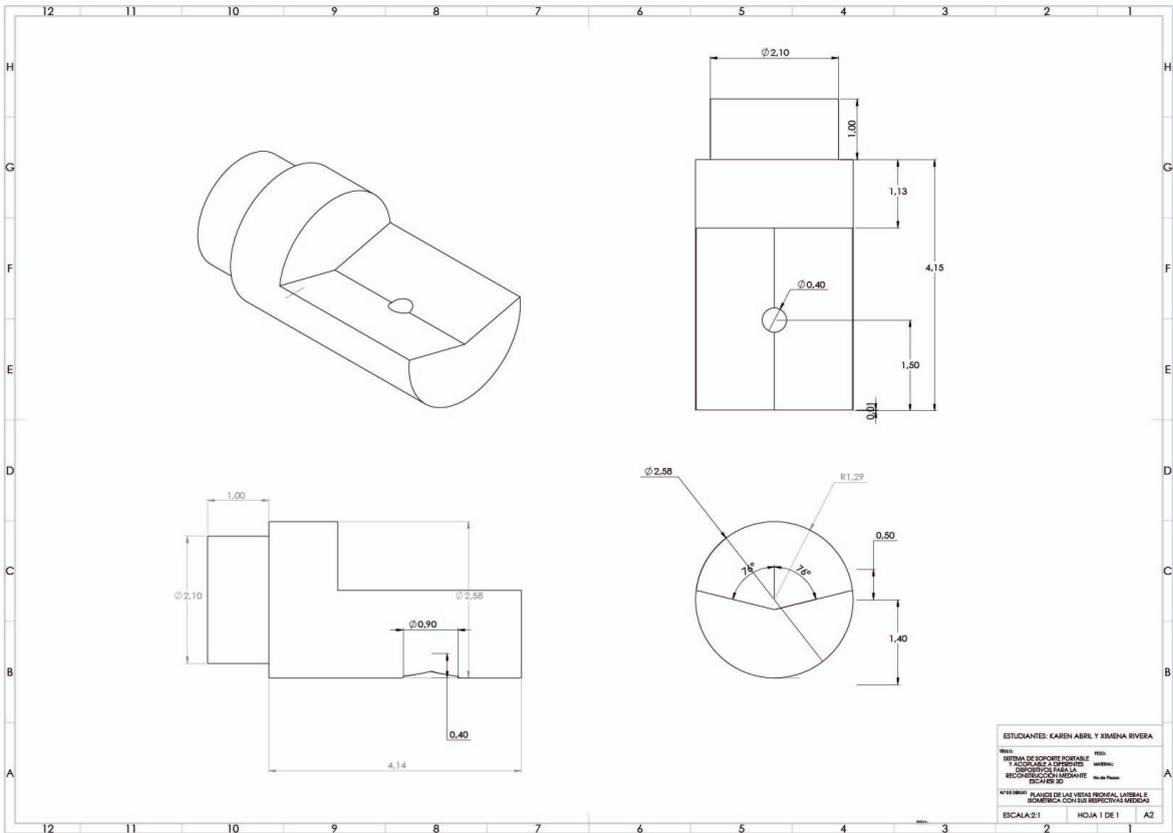
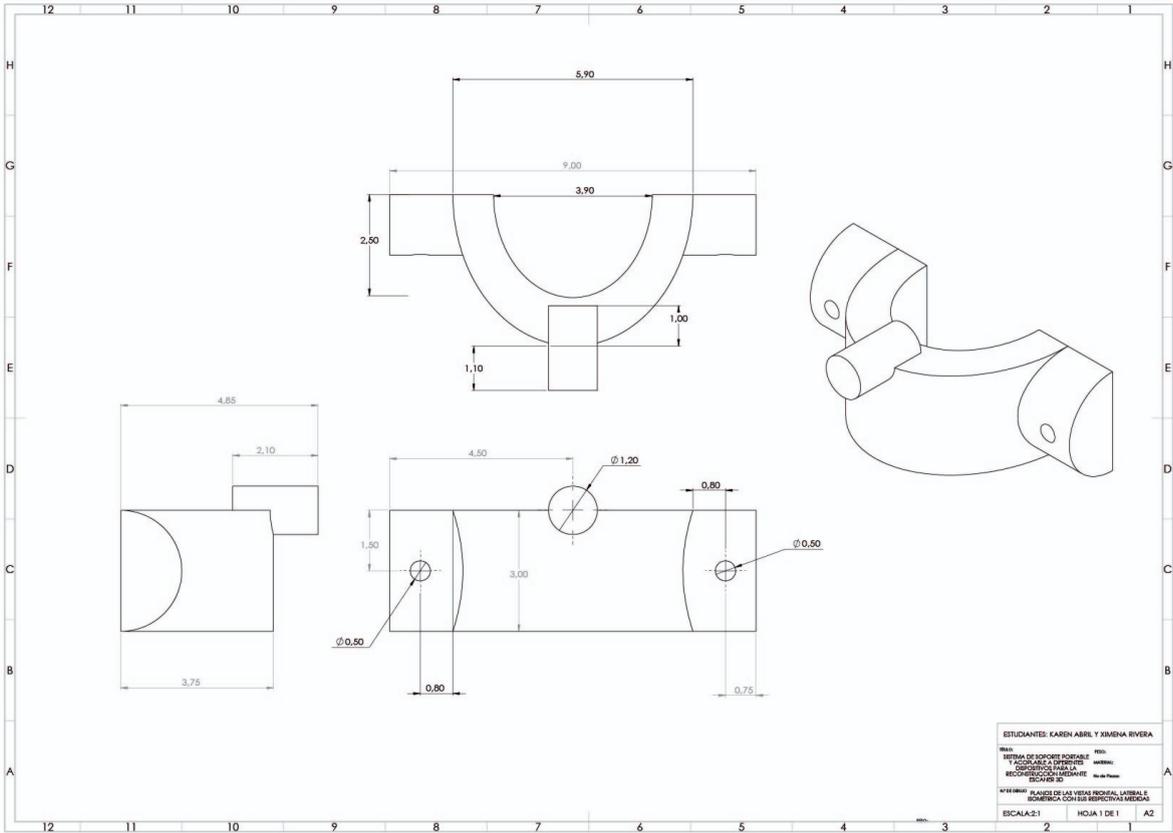
	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Priorización
Flexible	0,06	0,14	0,19	0,05	0,10
Agarre f	0,20	0,33	0,43	0,42	0,29
Adaptadores	0,13	0,20	0,07	0,42	0,17
Giroscopio	0,61	0,33	0,31	0,11	0,44
Ponderación	0,51	0,27	0,10	0,12	

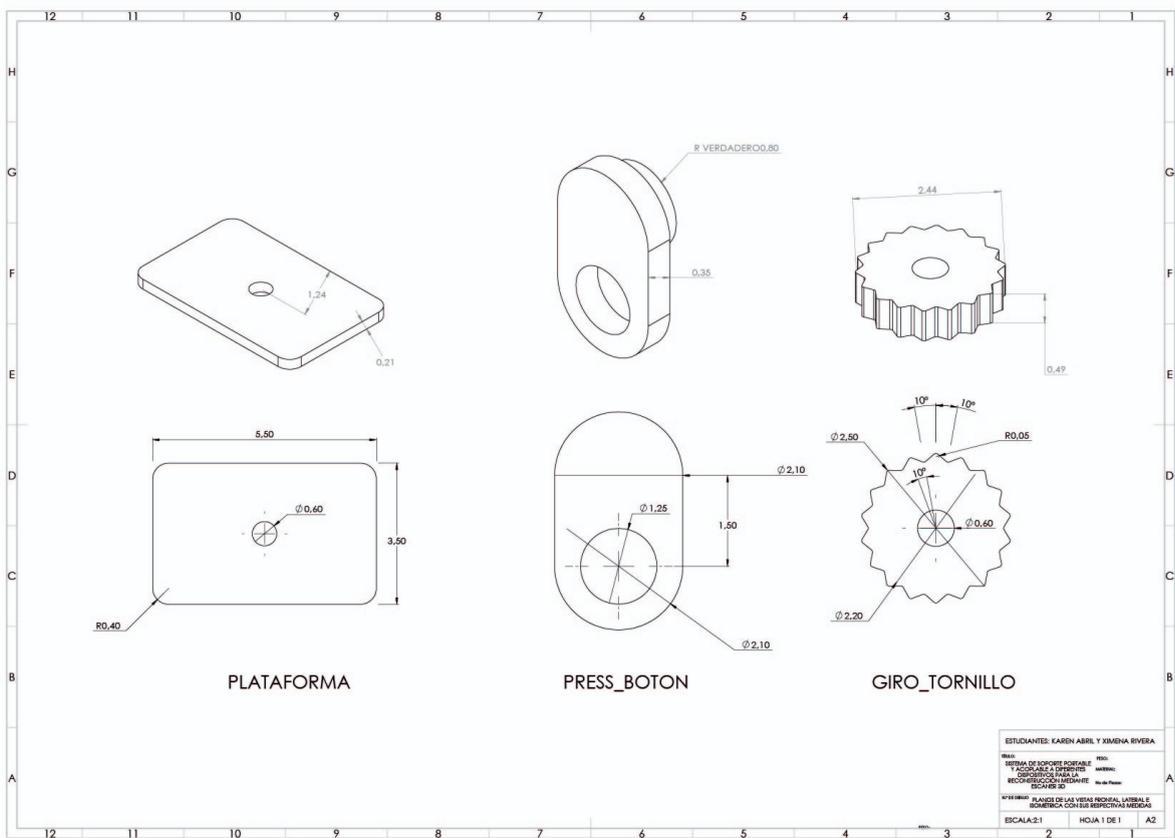
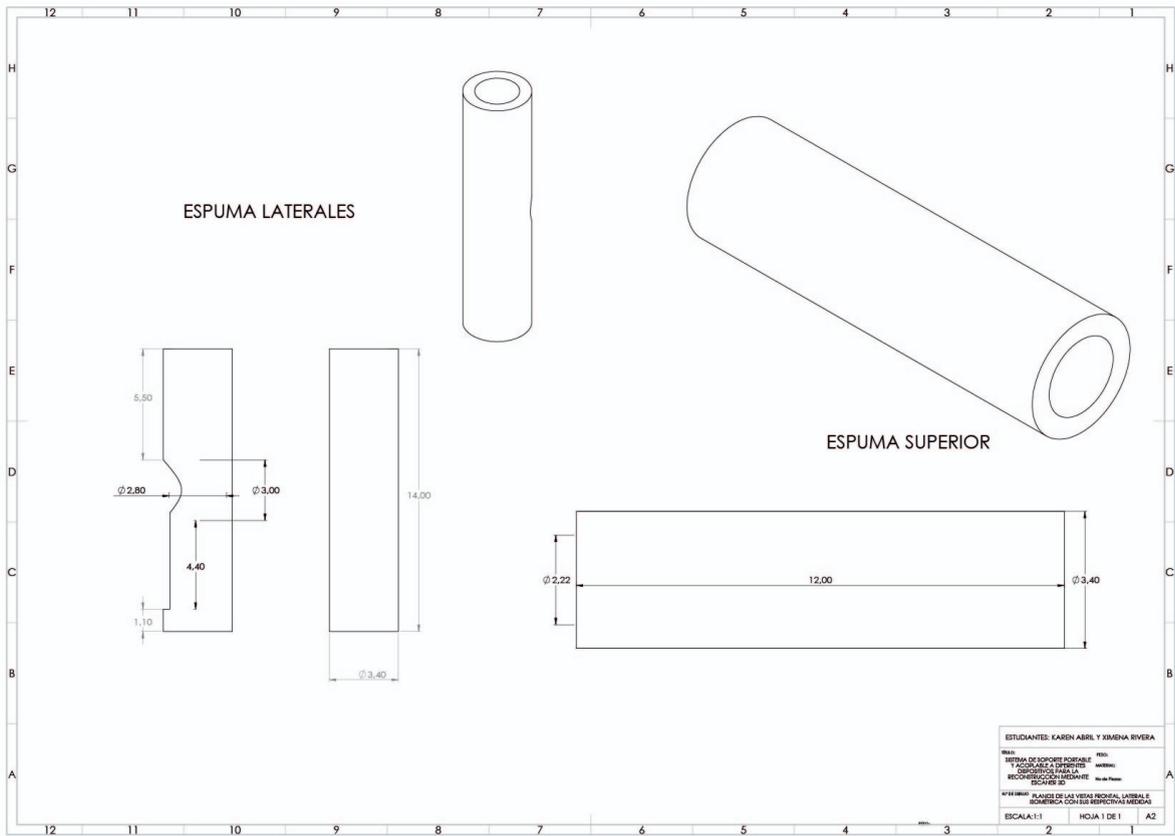
# ANEXO 14: PLANOS TÉCNICOS

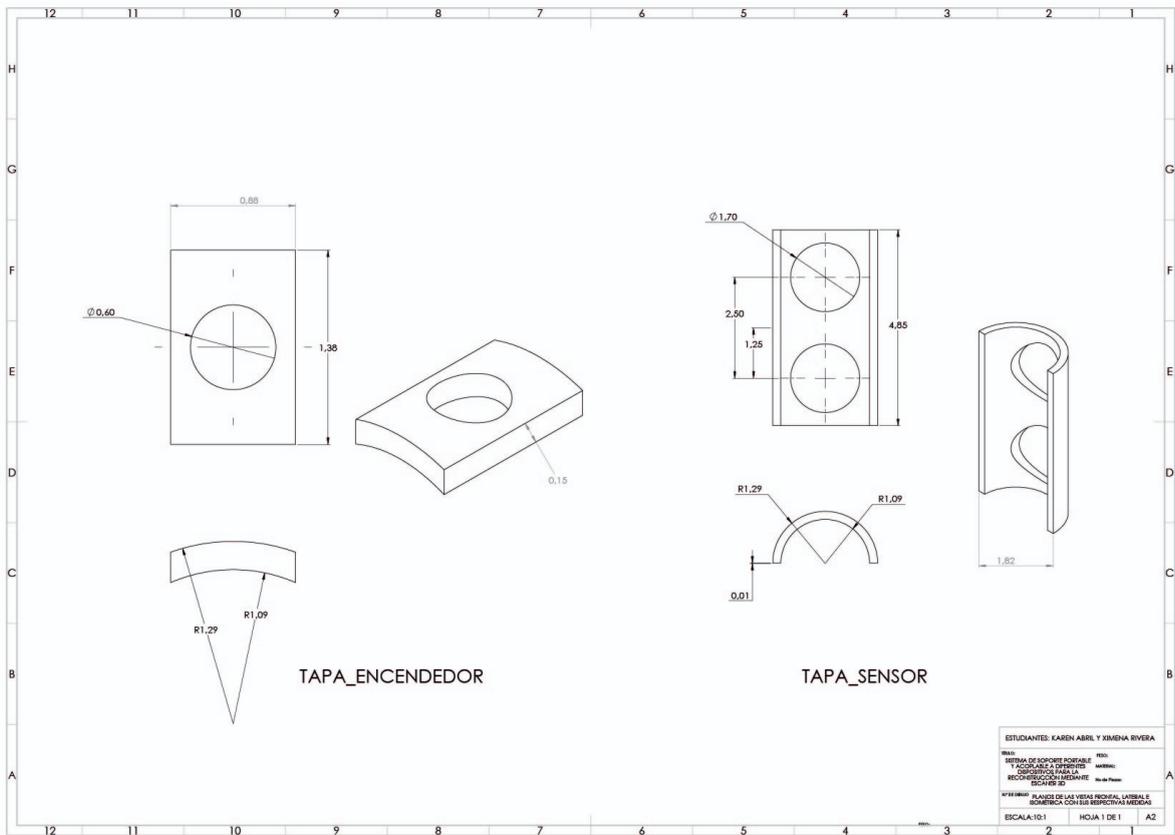
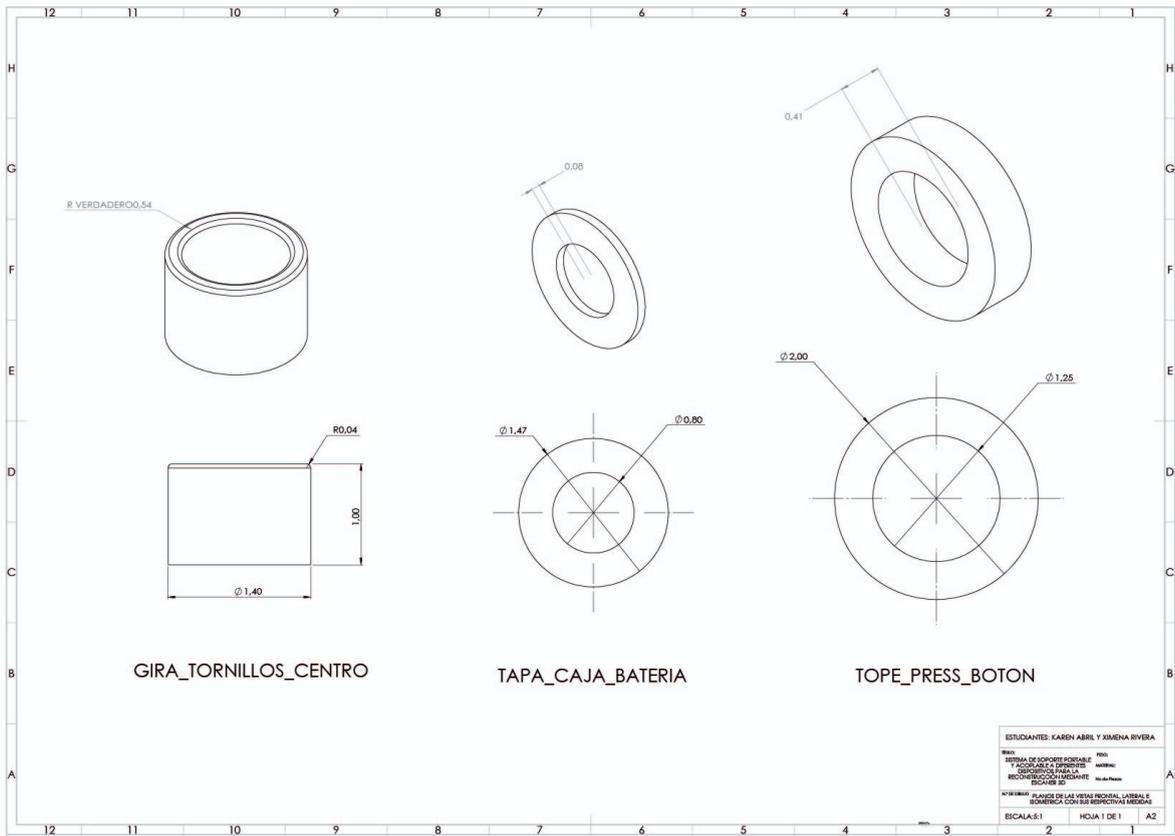


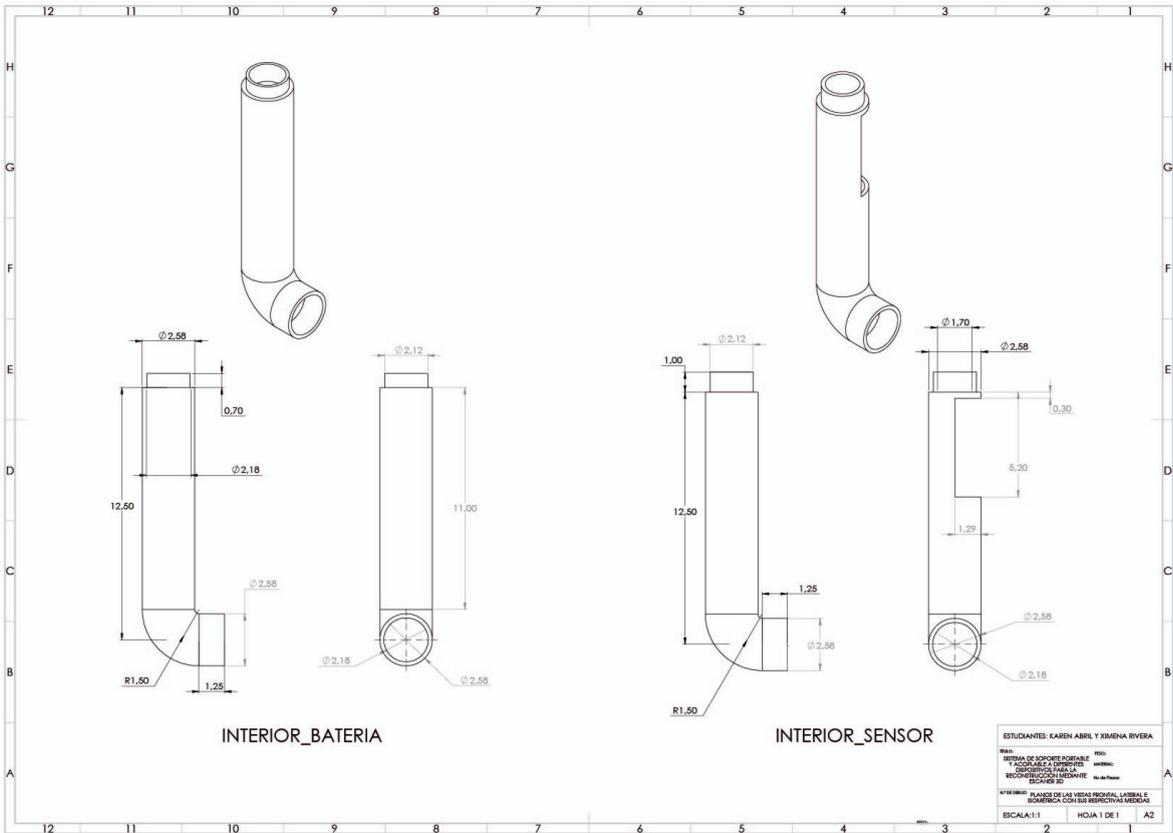
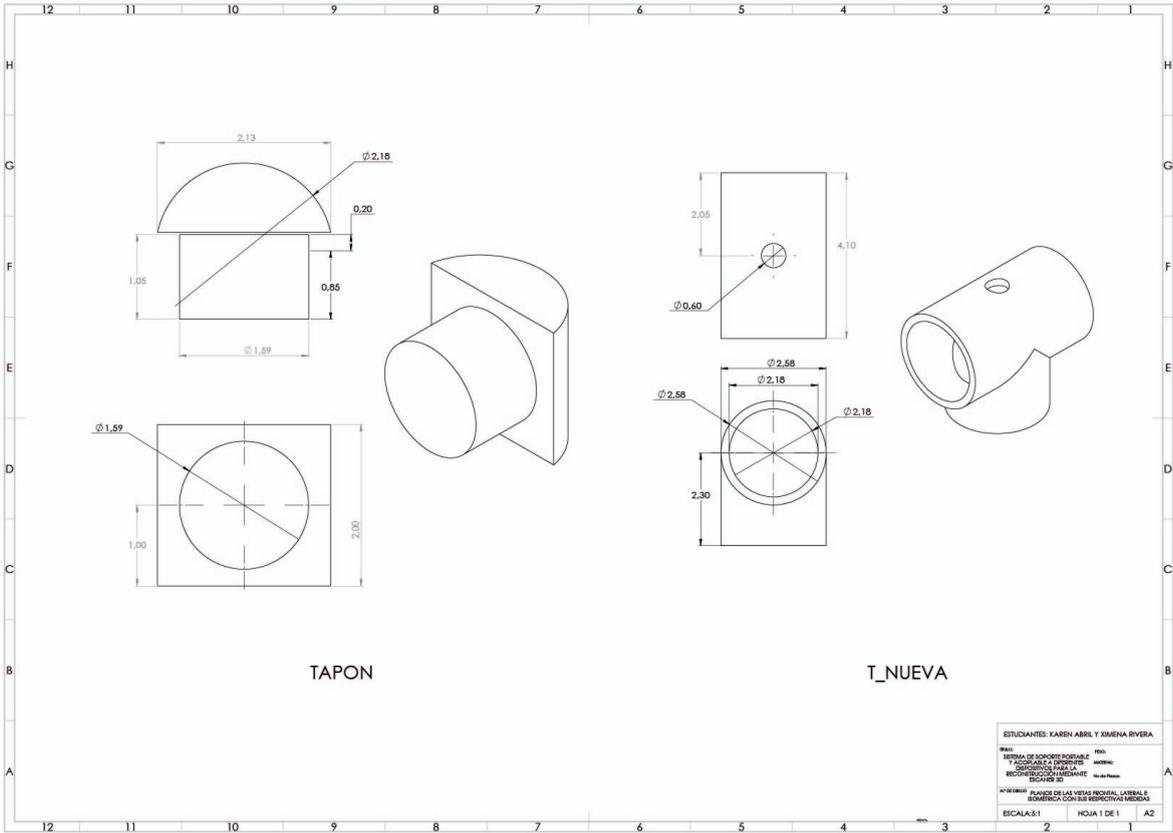


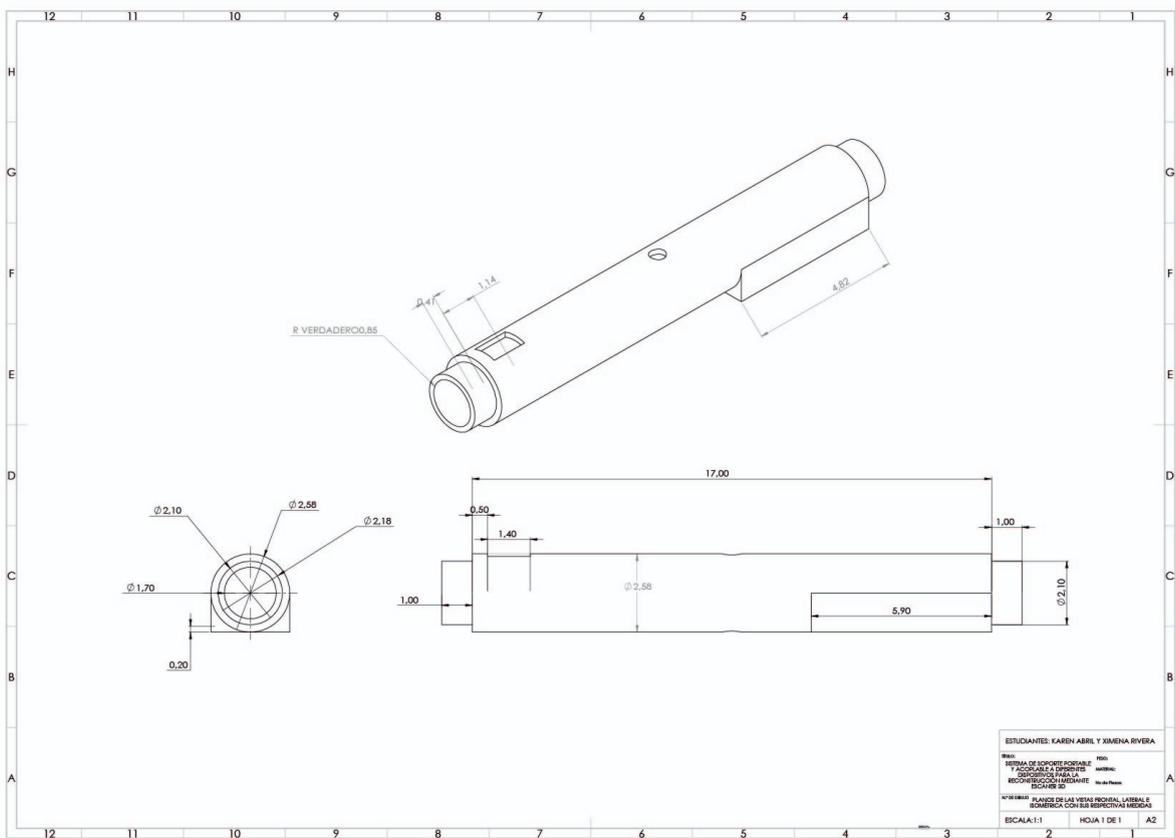
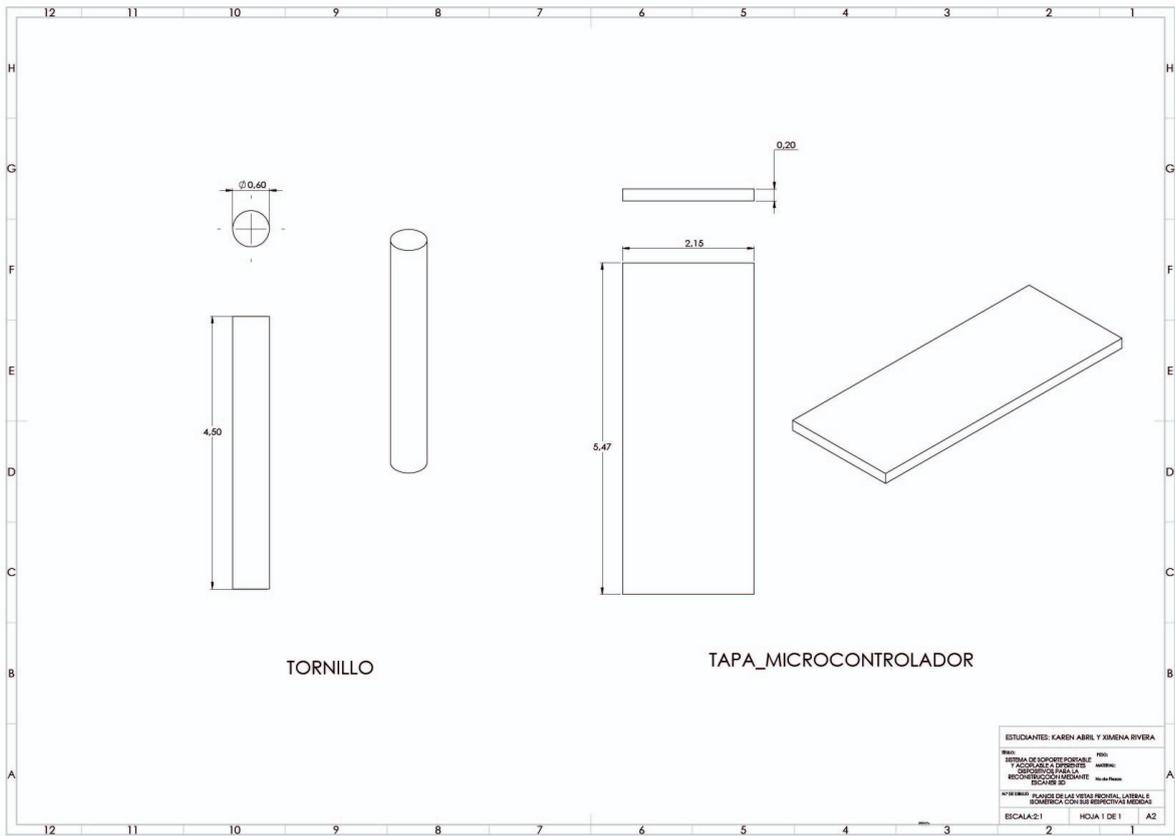


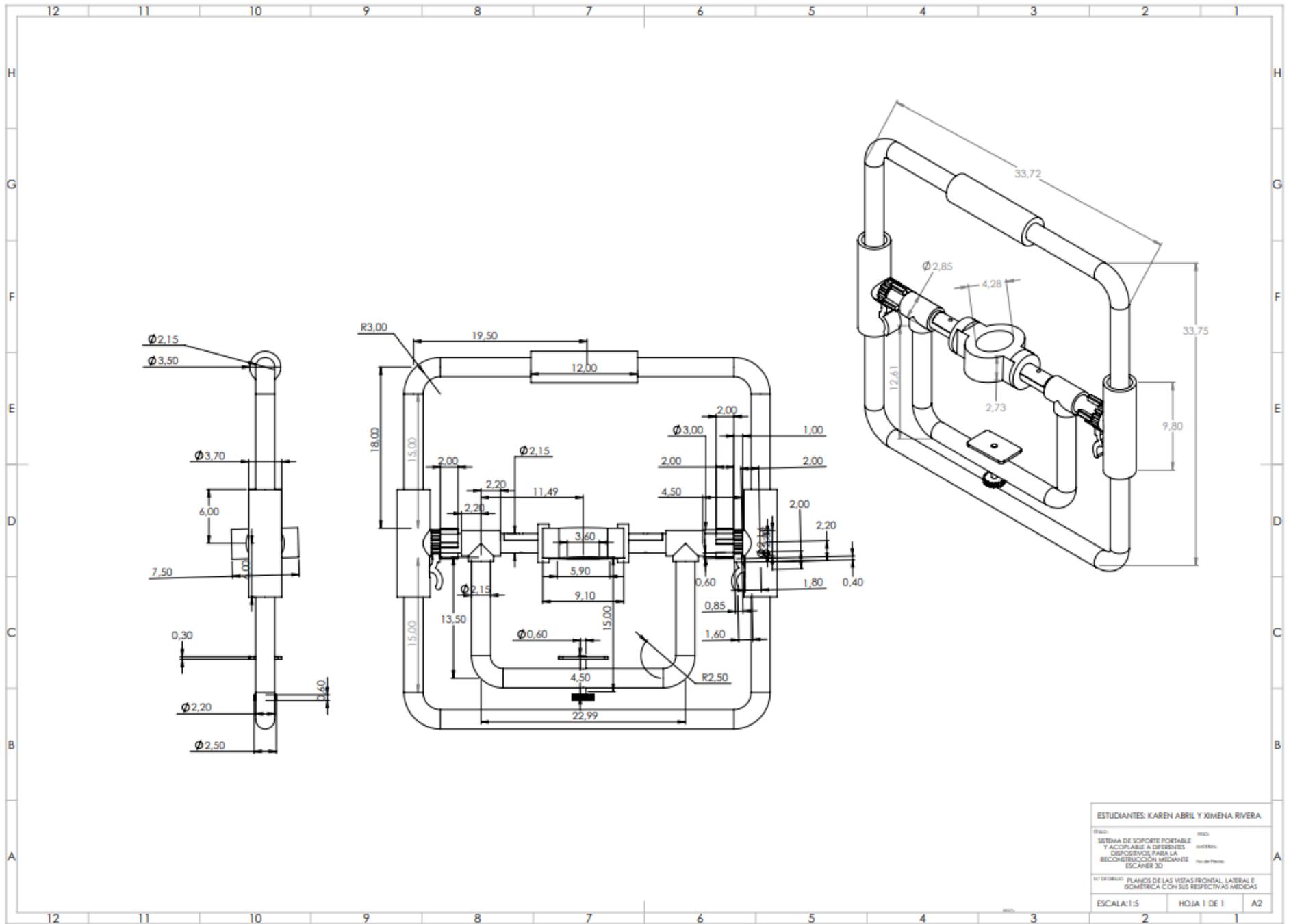








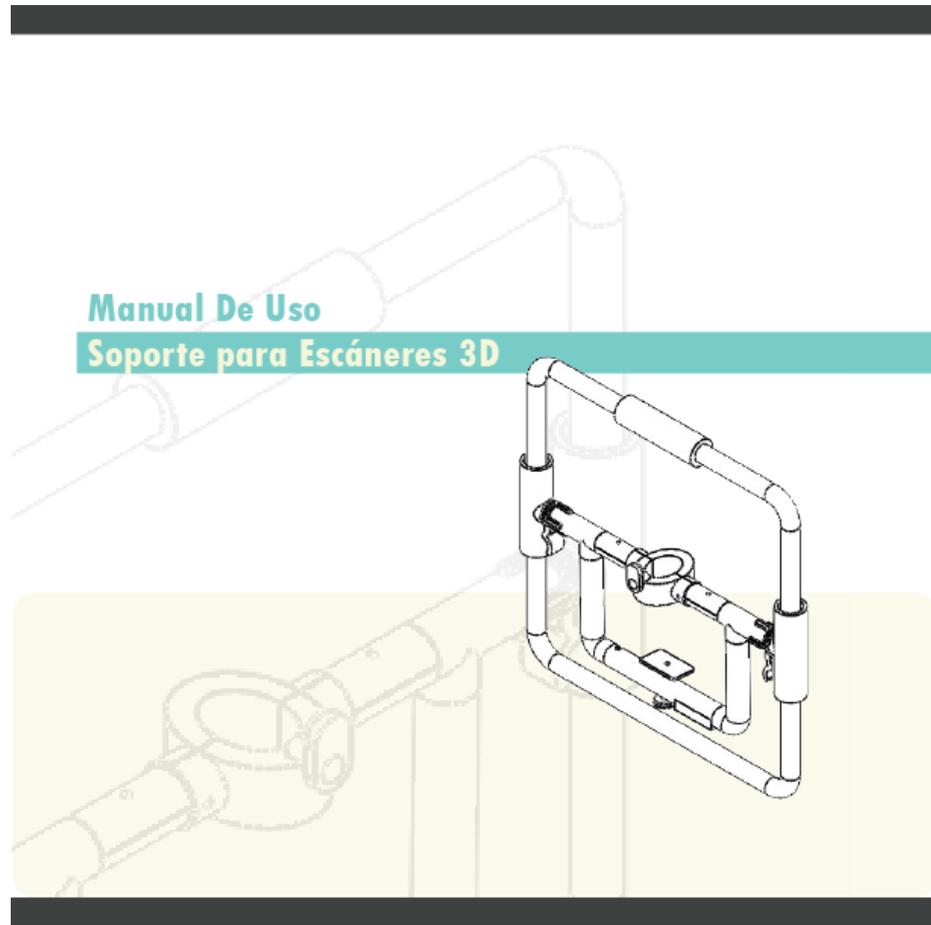




ESTUDIANTES: KAREN ABRIL Y XIMENA RIVERA		
PROYECTO	PROYECTO	
SISTEMA DE SOPORTE PORTABLE Y ACOPLAJE A DIFERENTES	ANÁLISIS	
DISPOSITIVOS PARA LA RECONSTRUCCIÓN MEDIANTE	USO DE PLANTAS	
ESCÁNER 3D		
Nº DE ORDEN: PLANOS DE LAS VISTAS FRONTAL, LATERAL E ISOMÉTRICA CON SUS RESPECTIVAS MEDIDAS		
ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 1	A2



## ANEXO 15: MANUAL DE USO SOPORTE PARA ESCÁNERES 3D



## Introducción

Este soporte es diseñado con el principal objetivo de proveer una mayor comodidad y seguridad al realizar actividades de escaneo específicamente cuando el usuario no tiene experiencia previa en la manipulación de mecanismos como el Go Scan o e Sense.

De esta manera podrá llevar a cabo la actividad manteniendo protocolos ergonómicos como el equilibrio de la carga y la prevención de posiciones, torciones o inclinaciones de su cuerpo que generen inconvenientes físicos, permitiendo mantener la carga estable, a una distancia correcta al realizar el agarre con respecto a sus hombros y permitiendo realizar inclinaciones del dispositivo que no dependan de rotar o inclinar alguna de sus extremidades de manera incomoda.

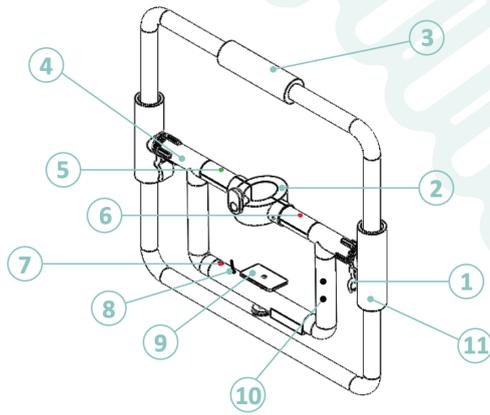
- Piezas Disponibles
- Advertencias
- Ensamble
- Inclinaciones
- Retroalimentación Visual
- Recomendaciones

## Piezas Disponibles

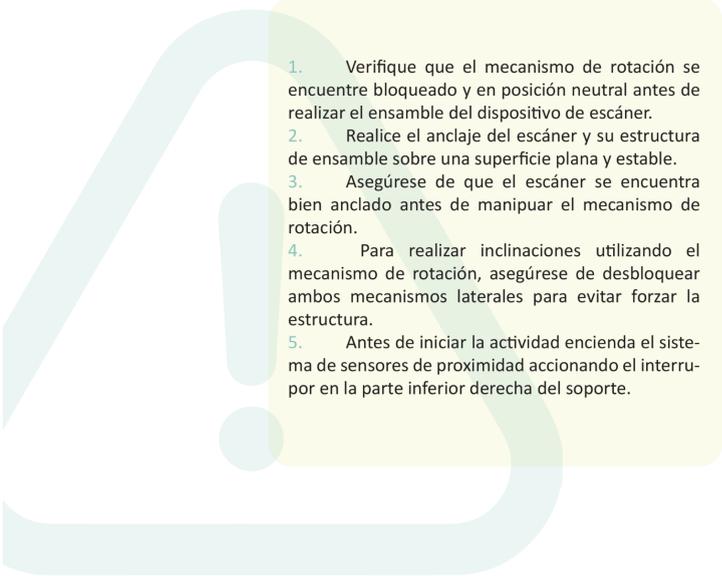
La estructura del soporte está compuesta por módulos ensamblables que permiten su fácil transporte y manipulación, al mismo tiempo que el intercambiar el módulo de anclaje dependiendo del dispositivo de escaner a utilizar, siendo los principales el anclaje general de trípode y un módulo hecho a medida para el dispositivo Go Scan.

A continuación encontrará cada una de las piezas que componen el soporte y su posición dentro de la estructura:

1. Gatillos laterales
2. Anclaje Go Scan
3. Agarre Superior
4. Eje rotante
5. LED Distancia correcta
6. LED Distancia incorrecta
7. LED sensores encendidos
8. Interruptor sensores de proximidad
9. Plataforma anclaje rosca tipo trípode
10. Sensores de proximidad
11. Agarre lateral



## Advertencias

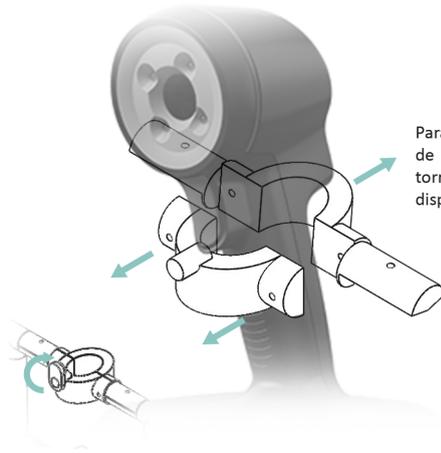
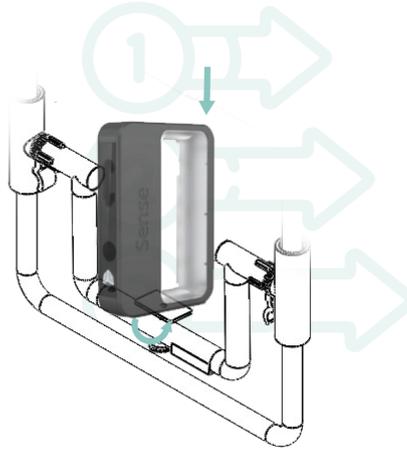
- 
1. Verifique que el mecanismo de rotación se encuentre bloqueado y en posición neutral antes de realizar el ensamble del dispositivo de escáner.
  2. Realice el anclaje del escáner y su estructura de ensamble sobre una superficie plana y estable.
  3. Asegúrese de que el escáner se encuentra bien anclado antes de manipular el mecanismo de rotación.
  4. Para realizar inclinaciones utilizando el mecanismo de rotación, asegúrese de desbloquear ambos mecanismos laterales para evitar forzar la estructura.
  5. Antes de iniciar la actividad encienda el sistema de sensores de proximidad accionando el interruptor en la parte inferior derecha del soporte.

## Ensamble

Inicialmente se presentan dos estructuras que se adaptan a los dispositivos Go Scan y Sense.

Para el Go Scan, separe el anillo conector retirando los tornillos que lo unen.

Una vez las dos piezas se encuentren independientes, ubique el dispositivo Go Scan en medio de ellas y ajuste nuevamente las dos piezas, tanto entre sí como al cuerpo del eje rotante, finalmente introduzca el botón de bloqueo y gírelo sobre el gatillo del Go Scan antes de iniciar la actividad.

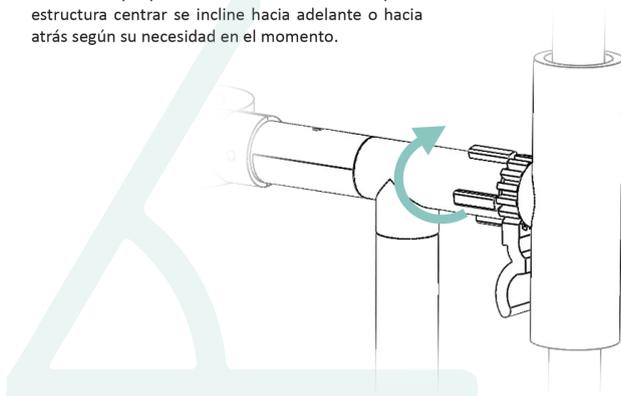
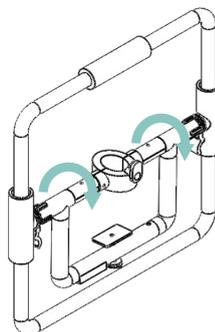


Para el Sense, ubique el dispositivo en la plataforma de anclaje inferior y a continuación enrosque el tornillo incluido en la rosca de entrada inferior del dispositivo Sense

## Inclinaciones

Para realizar inclinaciones del dispositivo de escáner, con el fin de alcanzar áreas mas bajas o altas del rango de sus extremidades superiores, se disponen dos mecanismos de rotación en los laterales de la estructura de rotación del soporte.

Estos mecanismos en estado neutro se encuentran bloqueados por medio de un sistema de muescas, para activarlos y permitir que la estructura central rote, y con ella el dispositivo de escáner, es necesario accionar los dos gatillos ubicados en los laterales del soporte justo debajo de los mecanismos de rotación, esta acción liberará las ruedas dentadas del mecanismo y le permitirá al inclinar sus manos que la estructura central se incline hacia adelante o hacia atrás según su necesidad en el momento.



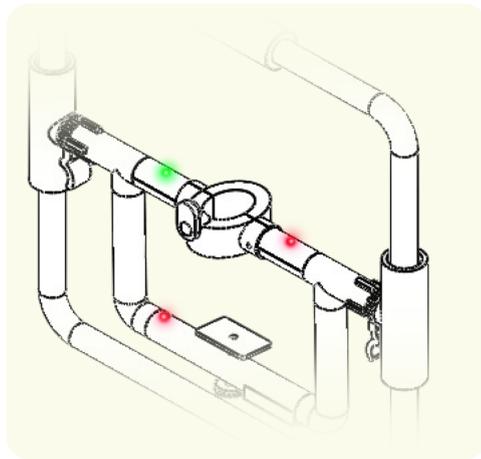
## Retroalimentación Visual

La estructura de soporte posee LEDs y sensores que permiten validar la distancia adecuada a la que se debe estar con relación del sujeto a escanear para obtener un resultado óptimo.

El LED de color **Rojo** ubicado en la parte inferior de la estructura de rotación informa si el sensor se encuentra encendido o apagado (Sensor encendido = Led Rojo Encendido).

El LED de color **Rojo** ubicado en el lateral derecho de la estructura de rotación indicará cuando el dispositivo se encuentra muy lejos o muy cerca de sujeto.

Por último, el LED de color **Verde** ubicado en el lateral izquierdo de la estructura de rotación, comunica la distancia óptima para realizar el escaneo ( LED Verde encendido = Distancia correcta)



Karen J. Abril

Ximena Ruzza



---

**Firmas de los estudiantes responsables.**

**Firma Director de proyecto**