



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Treball de Fi de Grau

GRAU D'ENGINYERIA INFORMÀTICA
Facultat de Matemàtiques i Informàtica
Universitat de Barcelona

Usabilitat en entorns de Realitat Augmentada

Pau Rodríguez Trens

Director: Dra. Mireia Isabel Turro Ribera

Realitzat a: Departament de
Matemàtiques i Informàtica

Barcelona, 5 de juny de 2023

Abstract

This project aims to develop a specific evaluation plan for Augmented Reality (AR) applications. Two representative applications of the technology will be evaluated: RoomPlanner and YouCam Makeup. Augmented Reality is an emerging and promising technology that combines virtual objects with the real world, but still lacks clear standards in terms of usability.

The first objective is to create a usability evaluation plan adapted to the unique characteristics of Augmented Reality applications. This involves exploring existing practices and methods in the field of usability and adapting them to AR.

The second objective is to apply the evaluation plan developed in the RoomPlanner and YouCam Makeup applications. These applications represent different functionalities and problems of Augmented Reality. Usability tests will be performed and relevant data will be collected to verify the effectiveness of the plan.

In summary, this project seeks to contribute to the creation of norms and standards in the design of interaction with users in the emerging technology of Augmented Reality. Specific applications will be evaluated and an evaluation plan adapted to this technology will be developed.

Resum

Aquest projecte pretén desenvolupar un pla d'avaluació específic per a aplicacions de Realitat Augmentada (AR). S'avaluaran dues aplicacions representatives de la tecnologia: RoomPlanner i YouCam Makeup. La Realitat Augmentada és una tecnologia emergent i prometedora que combina objectes virtuals amb el món real, però encara no té estàndards clars en termes d'usabilitat.

El primer objectiu és crear un pla d'avaluació d'usabilitat adaptat a les característiques úniques de les aplicacions de Realitat Augmentada. Això implica explorar les pràctiques i els mètodes existents en el camp de la usabilitat i adaptar-los a l'AR.

El segon objectiu és aplicar el pla d'avaluació desenvolupat a les aplicacions RoomPlanner i YouCam Makeup. Aquestes aplicacions representen diferents funcionalitats i problemàtiques de la Realitat Augmentada. Es faran proves d'usabilitat i es recopilaran dades rellevants per verificar l'eficàcia del pla.

En resum, aquest projecte busca contribuir a la creació de normes i estàndards en el disseny de la interacció amb usuaris a la tecnologia emergent de Realitat Augmentada. S'avaluaran aplicacions específiques i es desenvoluparà un pla d'avaluació adaptat a aquesta tecnologia.

Resumen

Este proyecto pretende desarrollar un plan de evaluación específico para aplicaciones de Realidad Aumentada (AR). Se evaluarán dos aplicaciones representativas de la tecnología: RoomPlanner y YouCam Makeup. La Realidad Aumentada es una tecnología emergente y prometedora que combina objetos virtuales con el mundo real, pero aún carece de estándares claros en términos de usabilidad.

El primer objetivo es crear un plan de evaluación de usabilidad adaptado a las características únicas de las aplicaciones de Realidad Aumentada. Esto implica explorar las prácticas y métodos existentes en el campo de la usabilidad y adaptarlos a la AR.

El segundo objetivo es aplicar el plan de evaluación desarrollado en las aplicaciones RoomPlanner y YouCam Makeup. Estas aplicaciones representan diferentes funcionalidades y problemáticas de la Realidad Aumentada. Se realizarán pruebas de usabilidad y se recopilarán datos relevantes para verificar la eficacia del plan.

En resumen, este proyecto busca contribuir a la creación de normas y estándares en el diseño de la interacción con usuarios en la tecnología emergente de Realidad Aumentada. Se evaluarán aplicaciones específicas y se desarrollará un plan de evaluación adaptado a esta tecnología.

Índex

1.	Introducció	1
	Context històric.....	1
	Què és la usabilitat?.....	2
2.	Motivació	3
	Interès personal.....	3
	Treball previ.....	4
3.	Objectius	5
4.	Planificació.....	6
5.	Funcionalitats principals AR.....	7
	Cerca de dues aplicacions AR	8
	RoomPlanner	9
	YouCam Makeup.....	11
6.	Pla d'avaluació.....	13
	Mètode amb usuaris: Test d'usuaris.....	16
	Nombre d'usuaris	16
	Guió del test d'usuaris.....	17
	Preparatiu.....	18
	Disseny de mètriques.....	20
	Room Planner Tasca 1: Medir l'habitació amb la càmera	23
	Room Planner Tasca 2: Posicionar objectes.....	24
	Room Planner Tasca 3: Redissenyar	25
	YouCam Makeup Tasca 1: Cabell, llavis i nas	26
	YouCam Makeup Tasca 2: Vídeo de 10 canvis	28
	YouCam Makeup Tasca 3: Diagnòstic de la pell	29
	Qüestionari HARUS	30
	Criteris d'inclusió i exclusió d'usuaris	35
	Mètode d'inspecció - Revisió Heurística	37
	Mètode d'inspecció - Revisió de Directrius.....	40
7.	Estudi de resultats	42
	RoomPlanner	42

RoomPlanner - Mètode amb usuaris: Test d'usuaris	42
RoomPlanner – Tasca 1: Medir l'habitació amb la càmera.....	42
RoomPlanner – Tasca 2: Posiconar objectes.....	44
RoomPlanner – Tasca 3: Redissenyar.....	45
RoomPlanner – HARUS i Satisfacció:.....	46
RoomPlanner - Mètode d'inspecció: Heurístiques.....	50
RoomPlanner - Mètode d'inspecció: Directrius Apple	52
RoomPlanner - Conclusions.....	53
YouCam Makeup.....	54
YouCam Makeup - Mètode amb usuaris: Test d'usuaris.....	54
YouCam Makeup – Tasca 1: Cabell, llavis i nas.....	54
YouCam Makeup – Tasca 2: Vídeo de 10 canvis.....	55
YouCam Makeup – Tasca 3: Diagnòstic de la pell.....	56
YouCam Makeup – HARUS i Satisfacció:	58
YouCam Makeup - Mètode d'inspecció: Heurístiques	62
YouCam Makeup - Mètode d'inspecció: Directrius Apple	63
YouCam Makeup - Conclusions	64
Com avaluar una aplicació AR.....	66
8. Conclusions	67
Treball futur	67
9. Annexos.....	68
A. Document de consentiment	68
B. Figures de revisió heurística.....	69
C. Sessions de Formació.....	70
Guia Room Planner.....	70
Guia YouCam Makeup	71
D. Gràfiques del test d'usuaris RoomPlanner.....	72
E. Gràfiques del test d'usuaris YouCam Makeup.....	79
10. Referències.....	87

1. Introducció

Context històric

Des dels seus inicis la tecnologia que ens envolta ha estat sotmesa a un procés constant d'evolució i canvi. I precisament un dels factors més importants d'aquest canvi té a veure amb la forma en què les persones interactuem amb aquesta tecnologia.

Aquest llarg camí va començar amb les primeres computadores electròniques per a càlculs complexos durant els anys 1940, que disposaven d'una interacció bàsica limitada a taulers cablejats amb interruptors i endolls [1].

Durant els anys 60 arribarien les primeres interfícies basades en pantalles amb objectes visibles que podien ser manipulades amb dispositius d'apuntat primitius.

Pocs anys després, l'Stanford Research Laboratory començaria amb el disseny experimental del primer mouse. I en els anys vuitanta va començar l'era de les GUI (Graphic User Interface) popularitzades per Microsoft i Apple.

Però podríem dir que la primera gran revolució va arribar amb la comercialització dels primers dispositius mòbils. Tot i que originalment estaven pensats exclusivament per trucades, a poc a poc es van anar afegint funcions com la bústia de veu i altres.

Poc després van arribar les primeres interfícies de pantalla tàctil, popularitzades per l'iPhone d'Apple el 2007. La causa d'això va ser la facilitat d'accés i la millora de la usabilitat. I és que la interacció tàctil va superar ràpidament en aquest aspecte als teclats físics tradicionals de Nokia i Blackberry, que encara confiaven en la sensació hàptica d'un botó físic.

Tot això ens porta a l'època actual, la de la Interacció Immersiva [2]. Aquesta nova forma d'entendre la tecnologia es basa en una experiència digital que permeti als usuaris anar un pas més enllà i interactuar directament amb el seu entorn mitjançant la veu, els ulls i els gestos.

Un dels principals exemples d'aquest nou fenomen són els xatbots i assistents de veu com Alexa, Siri o Google Assistant. Aquests sistemes utilitzen tecnologia de reconeixement de veu, IA i processament de llenguatge natural per respondre a les persones i realitzar tota mena de tasques.

A continuació tenim la *Realitat Virtual (VR)* mitjançant ulleres com les de HTC, Oculus o Meta i sensors de posició/moviment. I Finalment està la *Realitat Augmentada (AR)*.

Tot i que puguin resultar molt similars a primera vista, la principal diferència entre aquestes dues tecnologies és que la VR consisteix en la substitució total de l'entorn real de l'usuari per un món totalment virtual.

Per altra banda, la AR té com a objectiu crear una experiència immersiva en superposar elements virtuals (objectes, interfícies, animacions...) sobre el món real. Això és possible gràcies a sistemes de visió artificial i intel·ligència artificial que són capaços d'entendre l'entorn de l'usuari. El resultat és la unió del món real i el món virtual a través d'una pantalla com la d'un dispositiu mòbil.

Què és la usabilitat?

La usabilitat fa referència a la mesura en què un producte pot ser utilitzat per usuaris concrets per assolir objectius específics amb eficàcia, eficiència i satisfacció en un context d'ús determinat [3].

L'eficàcia es refereix a la precisió i la plenitud amb què els usuaris assoleixen els objectius especificats. Això inclou la facilitat d'aprenentatge, la taxa d'errors i la facilitat de recordar les funcionalitats del producte.

L'eficiència es refereix als recursos emprats en relació amb la precisió i la plenitud amb què els usuaris assoleixen els objectius. Això inclou la facilitat d'aprenentatge, la taxa d'errors i la facilitat de recordar les funcionalitats del producte.

La satisfacció fa referència a l'absència d'incomoditat i a una actitud positiva cap a l'ús del producte. És un factor subjectiu que depèn de l'experiència de l'usuari.

La usabilitat es basa en una aproximació a l'usuari on s'enfoca a conèixer, entendre i treballar amb els usuaris actuals o potencials del producte. També implica tenir un ampli coneixement del context d'ús, comprenent els objectius de l'usuari i les tasques que el producte automatitza, modifica o millora. A més, és important que el producte satisfaci les necessitats de l'usuari, ja que són ells els qui determinen si un producte és fàcil d'utilitzar.

La usabilitat és important a causa dels beneficis que aporta. Aquests inclouen una reducció dels costos de producció, manteniment i suport, així com una millora de la qualitat del producte. A més, els sistemes més fàcils de fer servir milloren la productivitat i la qualitat de les accions i decisions dels usuaris.

La usabilitat s'ha de considerar a totes les etapes del procés de desenvolupament, des de l'inici del projecte fins a les accions finals abans de llançar el producte al públic. És essencial comprendre les característiques dels usuaris i els aspectes més importants del producte des del principi, per estalviar temps i diners en implementacions addicionals. Fins i tot després que el producte estigui al mercat, és rellevant recopilar informació sobre les necessitats i actituds dels usuaris.

2. Motivació

Interès personal

La Realitat Aumentada ha despertat des de fa anys un cert interès en mi, ja que ofereix una combinació fascinant entre el món digital i el món real. Sempre m'ha cridat l'atenció la seva aplicació en àmbits com els videojocs, com és el cas de Pokemon Go.

És un tema que ha captat la meua atenció personal en els darrers anys, i hi ha diverses raons per les quals em resulta fascinant.

La principal és el potencial inexplorat dels jocs i les aplicacions de Realitat Augmentada. Fins al 2016, la realitat augmentada era considerada només com una novetat, sovint confosa amb la realitat virtual.

No obstant això, el llançament de jocs com Pokémon Go va marcar un punt d'inflexió. L'interès mundial en la realitat augmentada va experimentar un augment notable, i la gent va començar a reconèixer el seu potencial.

Des que vaig veure l'èxit d'aquestes aplicacions, on les criatures i objectes virtuals cobren vida a través de la càmera d'un Smartphone i les possibilitats de convertir qualsevol lloc en un entorn interactiu, em vaig adonar del fascinant potencial que té l'AR per crear experiències úniques i captivadores.

A més a més, la similitud entre la realitat augmentada i la realitat virtual també m'ha intrigat. Tot i que són diferents, tenen característiques en comú i en general es podria dir que la Realitat Augmentada és més accessible per un major nombre d'usuaris a causa de les plataformes disponibles.

De fet, fa anys vaig tenir l'oportunitat d'experimentar amb dispositius de realitat virtual, com ara HTC Vive i PlayStation VR, i em van impressionar les possibilitats que ofereixen.

Per tant, explorar el potencial del camp de l'AR i comprendre com es relaciona amb la interacció gestual, la navegació i la usabilitat em va semblar una decisió natural.

La possibilitat de treballar en aquest àmbit i contribuir al desenvolupament de noves funcionalitats i interfícies d'usuari més efectives i intuïtives per a aplicacions ha estat la motivació principal d'aquest projecte.

Treball previ

Abans de començar aquest projecte d'usabilitat en entorns de realitat augmentada ja existents, em vaig plantejar inicialment la creació d'una aplicació Android amb Unreal Engine 5 utilitzant l'ARCore de Google [4].

La idea consistia a desenvolupar una aplicació destinada a la detecció de superfícies, posicionat d'objectes (principalment una cubeta de pintura i un pinzell) i ser capaç de detectar parets i canviar el seu color, així com interactuar amb la cubeta, seleccionar textures, colors, i altres funcionalitats. A més, el projecte en si contindria una guia d'ús per a principiants per crear aplicacions de realitat augmentada amb Unreal Engine 5.

Desafortunadament, vaig trobar moltes dificultats amb Unreal Engine 5 degut a la seva recent publicació. Això va provocar diferents errors i mancances de compatibilitat. Llavors, vaig decidir començar de zero amb Unreal Engine 4 per solucionar aquests problemes.

D'aquesta manera, vaig aconseguir desenvolupar una petita aplicació amb un menú principal que permetia als usuaris entrar, escanejar una superfície i afegir-hi una cubeta de pintura i un pinzell. També vaig assolir mostrar botons sobre els objectes i moure'ls.

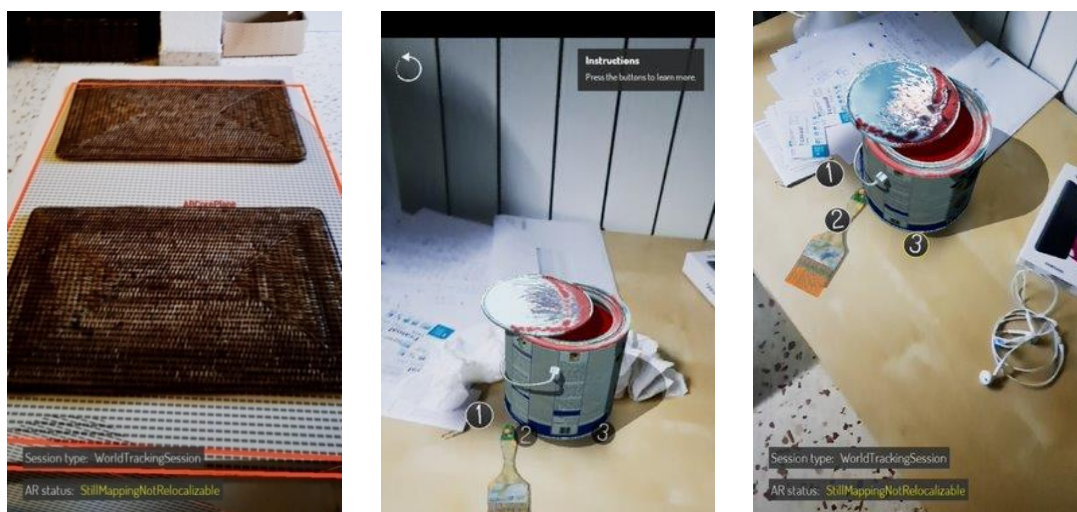


Figura 1. Aplicació per Android creada amb Unreal Engine 4 capaç de detectar superfícies i superposar una cubeta i pinzell amb botons.

No obstant això, la gran manca de suport i documentació sobre el desenvolupament de realitat augmentada amb Unreal Engine va fer que ràpidament m'adonés que els objectius que m'havia marcat no eren realistes.

Per tant, vaig prendre la decisió de començar aquest nou projecte i analitzar la usabilitat de dues aplicacions ja existents, proposant primer un pla teòric d'avaluació d'usabilitat i posant-lo així en pràctica.

3. Objectius

Aquest projecte té dos objectius principals molt clars:

1. **Creació d'un pla d'avaluació d'usabilitat en el camp de la Realitat Augmentada:**

L'objectiu principal d'aquest projecte és desenvolupar un pla d'avaluació de la usabilitat específic per a aplicacions de Realitat Augmentada. La motivació d'aquest punt és l'exploració de les pràctiques i mètodes existents en l'àmbit general de la usabilitat i adaptar-los a les característiques úniques de la Realitat Augmentada.

Les aplicacions de Realitat Augmentada mostren força inconsistències encara. Malauradament, no hi ha uns paràmetres de disseny consolidats.

També hi contribueix el fet que algunes aplicacions separen els controls dels menús de navegació dels objectes/hologrames fins al punt que és difícil entendre què es controla. Per altra banda, altres els integren juntament amb gestos sobre pantalles tàctils que poden ser difícils d'identificar i aprendre.

2. **Provar el pla devaluació en dues aplicacions de Realitat Augmentada:**

L'altre objectiu d'aquest projecte és aplicar el pla d'avaluació desenvolupat en dues aplicacions de Realitat Augmentada que siguin representatives de les principals funcionalitats i problemàtiques d'aquesta tecnologia, per a fer-ne una primera validació.

S'haurà de fer sobre dues aplicacions, i no només una, a causa de la gran quantitat de funcionalitats de la Realitat Augmentada. Aplicar el pla d'avaluació sobre un tipus d'aplicació concret no garanteix la seva validesa en aplicacions conceptualment molt diferents. Per tant, serà important escollir-ne dues que incloguin diferents aspectes d'AR.

Això implicarà la realització de totes les proves d'usabilitat definides en el pla d'avaluació en aquestes aplicacions i la recopilació de dades rellevants. Un cop fet això, s'haurà de fer una anàlisi exhaustiva dels resultats per tal de verificar l'eficàcia del pla d'avaluació desenvolupat. Això implicarà la interpretació de les dades, la identificació de tendències i patrons, i la determinació de l'adequació del pla d'avaluació.

A més, es proposaran millores i conclusions basant-se en els resultats obtinguts i en l'anàlisi feta. No obstant això, és molt important remarcar que la proposta de millores per aquestes dues aplicacions en concret no és un objectiu directe d'aquest projecte sinó una necessitat per tal de demostrar la validesa del pla.

En resum, la Realitat Augmentada és un camp que encara manca de cohesió i estàndards clars en termes d'usabilitat i, per tant, en intentar assolir aquests dos objectius el que es pretén és contribuir a la creació de normes i estàndards per al disseny de la interacció amb usuaris en aquesta tecnologia emergent.

4. Planificació

Aquest treball no consta d'una part de desenvolupament de codi sinó que se centra directament en l'anàlisi i estudi dels mètodes d'avaluació de la usabilitat en AR i en la seva aplicació en de dues aplicacions. Per tant, el treball es dividirà principalment en tres parts: recerca inicial, estudi d'usabilitat i anàlisi de resultats i conclusions.

Dit això, les tasques principals a realitzar durant el desenvolupament del projecte són les següents:

- Recerca general de l'estat de l'art AR.
- Identificar principals usos pràctics d'AR.
- Cercar i escollir dues apps d'ús públic directament relacionades amb alguna d'aquestes funcionalitats o usos d'AR.
- Recerca i lectura de tota la literatura d'estudi d'usabilitat tan general com específica de Realitat Augmentada.
- Definir pla d'avaluació.
- Realització d'un test d'usuaris
 - o Preparar infraestructura tècnica (laboratori, qüestionaris, material...).
 - o Realitzar prova pilot dels tests d'usuaris.
 - o Redefinir test d'usuaris a partir de la prova pilot.
 - o Definir perfil usuaris finals i escollir almenys 10 per cada aplicació.
 - o Fer tots els tests d'usuari.
 - o Processat i visualització de les dades obtingudes de les sessions de test (passar les respostes obtingudes dels formularis a Excel i crear taules i gràfiques pertinents).
 - o Anàlisi dels resultats.
- Avaluació heurística.
- Revisió de principis d'usabilitat.
- Proposar millores i conclusions a partir dels resultats experimentals.

5. Funcionalitats principals AR

La realitat augmentada és una tecnologia que combina el món real amb elements virtuals superposats generats per un dispositiu [9][10]. Durant aquest treball ens centrarem en aplicacions de Realitat Augmentada portàtil, per tant, quan utilitzem l'acrònim HAR (Handheld Augmented Reality), serà en referència a aquest concepte. Algunes **característiques** clau d'aquesta tecnologia inclouen:

- Superposició del món real i digital: L'AR afegeix capes addicionals d'informació digital al món real, permetent que elements virtuals coexisteixin amb objectes físics.
- Temps real: L'AR ofereix una visió del món físic en temps real, on els elements digitals es generen i s'actualitzen en funció de les entrades del dispositiu.
- Interacció 3D: L'AR permet la interacció amb objectes virtuals i reals en temps real, mitjançant elements tridimensionals.

Pel que fa als **tipus de realitat augmentada**, els més comuns són:

- Basada en projecció: Projecta imatges digitals sobre objectes físics en un espai real, creant una visualització ampliada dels objectes.
- Basada en reconeixement: Utilitza codis QR o marcadors per reconèixer objectes i activar elements virtuals relacionats.
- Basada en la superposició: Utilitza el reconeixement d'objectes per reemplaçar total o parcialment un objecte físic amb una visió augmentada, proporcionant informació addicional o millorada.
- Basada en la ubicació: Utilitza tecnologies com el GPS per identificar la ubicació d'un dispositiu i superposar informació rellevant en funció d'aquesta ubicació.
- Basada en esquemes: Projecta imatges virtuals que no poden ser visualitzades directament en el món real, com ara en el cas de càmeres d'automòbils que mostren límits de la carretera o perills.

La realitat augmentada ofereix una varietat d'**aplicacions i avantatges** en diferents àrees, incloent:

- Millora de l'experiència de l'usuari: La combinació d'elements virtuals amb el món real enriqueix l'experiència de l'usuari, proporcionant una major satisfacció en l'ús de productes o serveis.
- Ús de productes: L'AR proporciona informació addicional sobre els productes, permetent als consumidors prendre decisions més informades i oferint una experiència de compra més enriquidora.
- Foment de la interacció social: L'AR fomenta la interacció social permetent als usuaris interactuar i compartir experiències amb altres a través d'elements virtuals.

- Millora de l'aprenentatge: La RA ofereix oportunitats d'aprenentatge interactiu, permetent als usuaris adquirir coneixements i practicar habilitats d'una manera immersiva.

Malgrat les seves avantatges, la realitat augmentada també presenta algunes

desavantatges:

- Costosa: La implementació de l'AR pot requerir equips i tecnologia especialitzats, cosa que pot resultar costós per a algunes organitzacions.
- Riscos de seguretat: La immersió en l'AR pot distreure els usuaris i ocultar senyals del món real, el que pot donar lloc a accidents o situacions perilloses.

Cerca de dues aplicacions AR

Un cop definides quines són les principals funcionalitats i l'estat de l'art general de la tecnologia, s'ha procedit a cercar i escollir dues aplicacions que representin la majoria de les característiques de l'AR.

Per tal d'aconseguir això, primer s'ha utilitzat la cadena de cerca "diseño de interiores" a la PlayStore de Google. A continuació, s'ha seleccionat aquelles que tinguessin un major nombre de descàrregues i valoracions positives. El llistat resultant ha estat Houzz Decoración para tu hogar, RoomPlanner, IKEA Place, HomeByMe, Planner5D, Diseño interior, magicplan, Design Home: Estilo de Vida, Home Depot i Dulux Visualizer.

Un cop determinada aquesta llista d'aplicacions potencials, es va procedir a instal·lar-les una a una, fer una revisió de les seves funcionalitats i comparar-les. En un principi, IKEA Place semblava la més prometedora, però per desgràcia les funcionalitats d'AR d'aquesta aplicació no estan disponibles per Android a Espanya encara. Per tant, es va optar per la següent més prometedora, RoomPlanner.

Aquesta aplicació, que definirem en detall a continuació, destaca per implementar un sistema AR basat en **projecció** capaç de detectar superfícies i col·locar imatges virtuals sobre elles. Pel que fa als avantatges d'AR comentats anteriorment, destaca per facilitar l'ús/compra de productes al permetre provar-los sense necessitat de comprar-los o desplaçar-se.

Pel que fa a la segona aplicació a escollir, es va decidir que seria més interessant optar per una amb característiques diferents de RoomPlanner i així poder estudiar diferents perspectives de l'AR. Per tant, en comptes de disseny d'interiors es va optar per buscar aplicacions de prova de roba i maquillatge.

Seguint la mateixa metodologia que a l'altre cas, es va arribar a un llistat de tres aplicacions: Adidas, YouCam Makeup i Gucci. Aquestes tres aplicacions es basen en AR de **superposició**, és a dir, substitueixen parts del món real per imatges/efectes virtuals. Adidas i Gucci tenien l'avantatge de comptar amb productes de marques reconegudes i un sistema de navegació i etiquetatge de molta qualitat. No obstant això, les funcionalitats

d'AR eren molt bàsiques, oferint només la possibilitat de provar unes sabates sense poder ni tan sols canviar el color. Per tant, es va optar per YouCam Makeup, ja que, com es veurà més endavant, ofereix més personalització i profunditat.

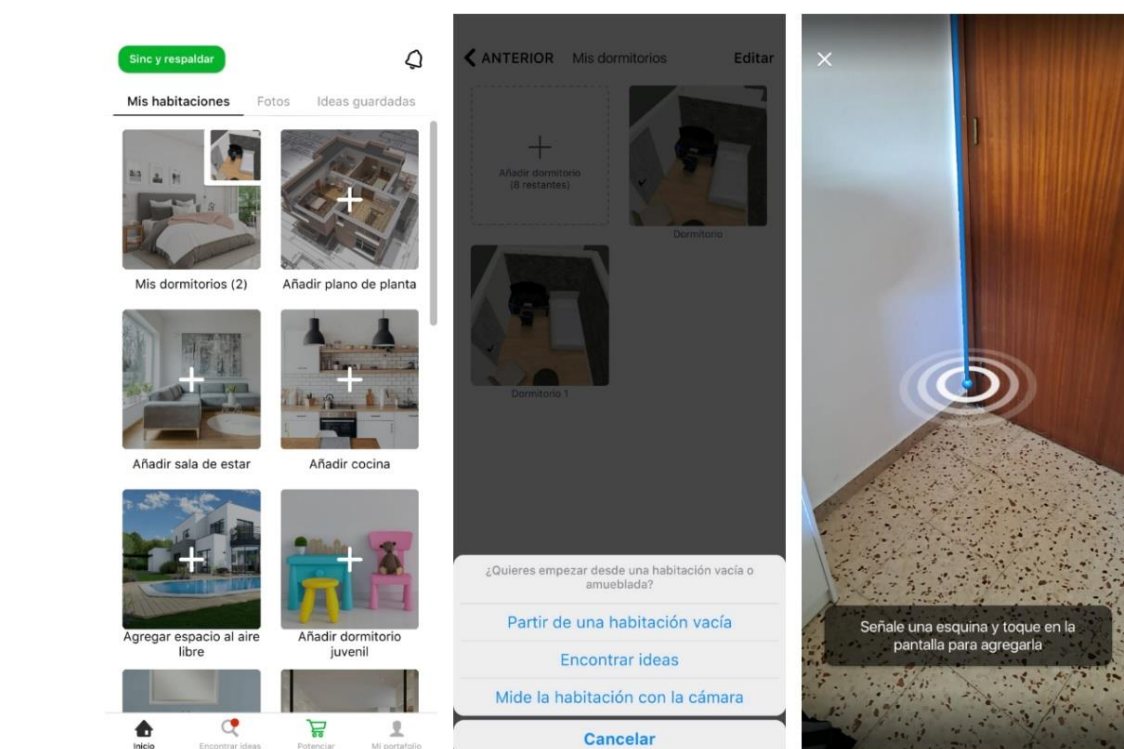
RoomPlanner

RoomPlanner [11] és una aplicació centrada en el disseny d'interiors. El seu principal atractiu és que mitjançant l'ús de la realitat augmentada permet crear una rèplica d'una habitació de la nostra casa (dormitori, sala d'estar, menjador...) mantenint les mides i forma.

Això és possible gràcies a una funcionalitat de realitat augmentada que demana a l'usuari situar punts sobre les cantonades de la casa i unir-los automàticament. Un cop fet això, l'aplicació genera un model 3D de l'habitació amb la qual l'usuari pot interactuar i col·locar mobles, finestres i fins i tot canviar colors i materials de les parets.

La part més interessant d'aquesta aplicació és que permet seleccionar una gran varietat de mobles de marques conegudes i veure com quedarien sense necessitat de comprar-los ni haver de moure els que ja hi té col·locats, ja que el model creat està buit i permet dissenyar des de zero. A més ofereix moltes opcions d'interacció amb l'escenari, perquè pràcticament tots els elements permeten rotacions, translacions, canvis de propietats i mides.

A causa d'això, pot semblar que està pensada per persones que vulguin dedicar-se al disseny complet d'una casa o que s'hi dediquin professionalment. Però això no és necessàriament així, ja que una persona que només vulgui canviar una habitació en un moment determinat pot trobar de gran utilitat les funcionalitats que ofereix RoomPlanner.



9

Figura 2. Aplicació RoomPlanner. De dreta a Esquerra, Menú principal de l'aplicació, Menú de creació d'habitació, Pantalla de posicionat de punts.

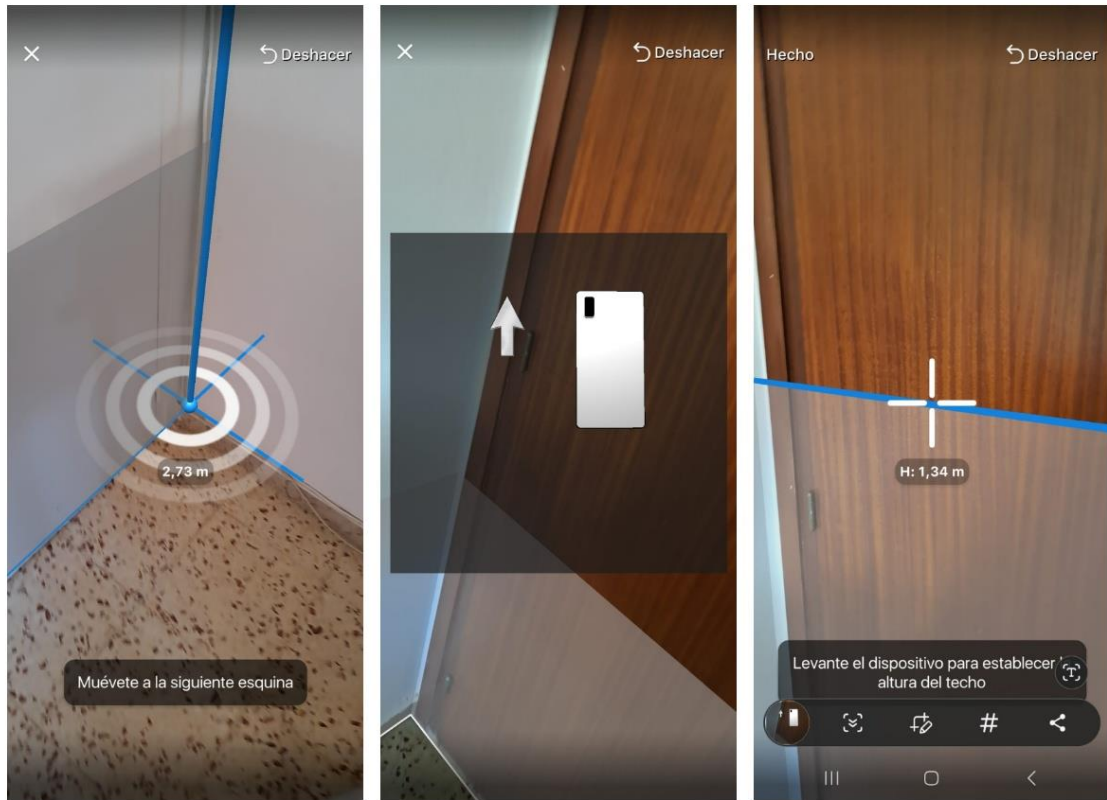


Figura 3. Aplicació RoomPlanner. D'esquerra a dreta, Pantalla de posicionament de punts, Informació de suport per definir altura, Pantalla d'altura del sostre.

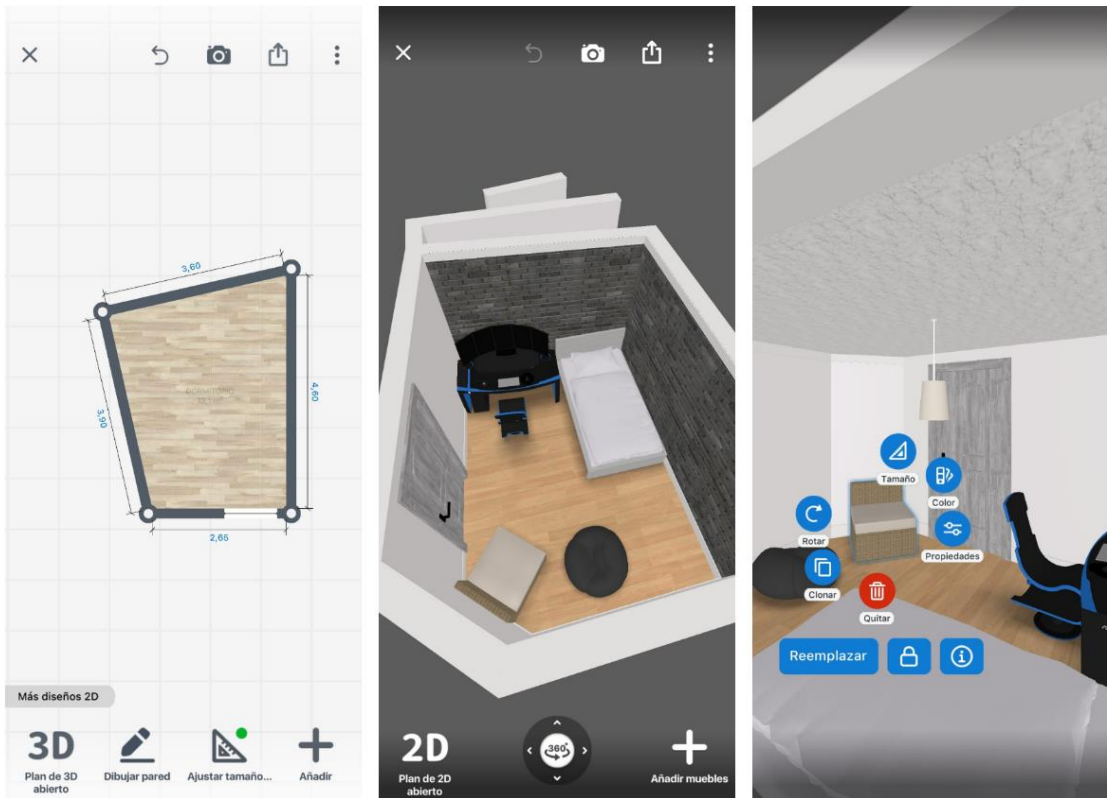


Figura 4. Aplicació RoomPlanner. D'esquerra a dreta, Model 2D de l'habitació creada, Model 3D de l'habitació, Vista dintre de l'habitació amb menú desplegable sobre objecte seleccionat.

YouCam Makeup

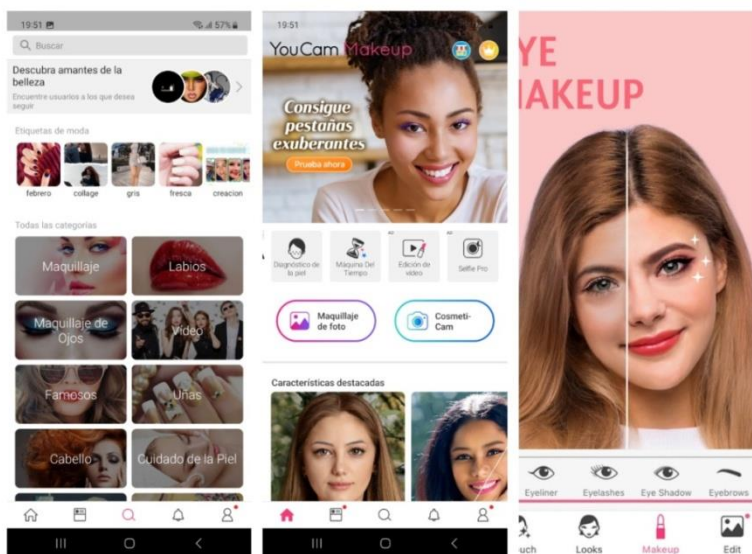
YouCam Makeup [12] és una aplicació gratuïta de cosmètics de realitat augmentada que ens ofereix una gran varietat de colors, textures i productes. A més, disposa de moltes opcions, ja que els usuaris poden decidir si editar una imatge, un vídeo o si ho volen fer en temps real amb realitat augmentada. Principalment ofereix tres funcionalitats:

- CosmetiCam: Des de la pàgina principal, figura 5, l'usuari pot obrir la CosmetiCam. Això obre una interfície amb la visió de la càmera del mòbil al centre i una barra de navegació a la part inferior, figura 6. Des d'aquesta barra l'usuari pot canviar entre diferents seccions (Efectos, Cabello, Aspectos, Maquillaje i Retoque). Dintre de cada secció i a diferents opcions que permeten a l'usuari veure en temps real com li queden diferents canvis i productes (color d'ulls, llavis...).
- Màquina del temps: Aquesta funcionalitat permet que l'usuari obri una foto o en faci una i accedeixi a un selector d'edat que permeti canviar la seva aparença.
- Diagnòstic de la pell (figura 7): Finalment, aquesta funcionalitat permet també fer o obrir una foto i detectar-hi defectes, arrugues, possibles malalties etc...

El que és realment interessant d'aquesta aplicació és que en comptes d'estar limitada a processament d'imatges, també funciona en temps real. A més, mentre que la majoria de *software* similar genera resultats molt exagerats, YouCam Makeup és capaç de generar resultats molt més realistes.

La part més interessant d'avaluar d'aquesta aplicació és descobrir si el menú de selecció de característiques és prou intuïtiu, però també si és còmode utilitzar una aplicació d'aquest estil en temps real.

No obstant això, en cas de fer una fotografia l'usuari pot editar la imatge mentre reposa el mòbil sobre una taula. Amb AR s'introdueix un possible problema: haver de mantenir la càmera del mòbil constantment mirant a la cara amb la mateixa orientació.



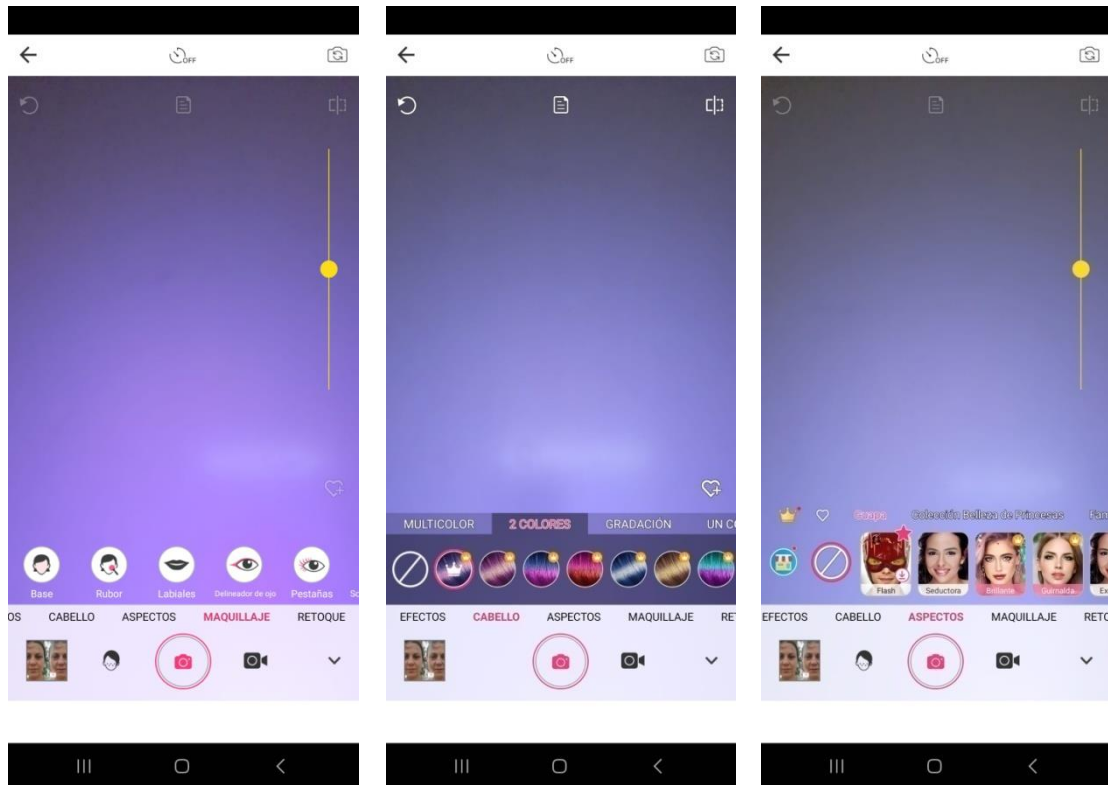


Figura 6. Aplicació YouCam Makeup. D'esquerra a dreta, pantalla CosmetiCam a secció Maquillaje, secció Cabello i secció Aspectos.

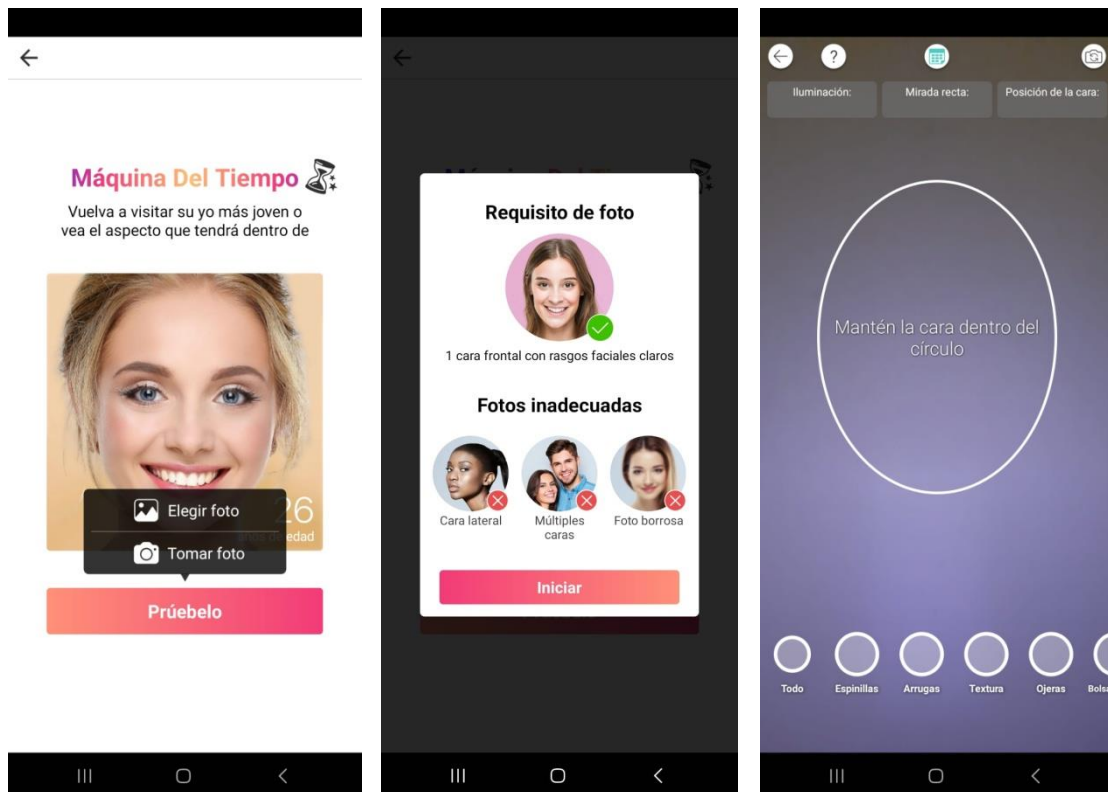


Figura 7. Aplicació YouCam Makeup. D'esquerra a dreta, pantalla Máquina del tiempo, requisitos de foto per la màquina del temps i pantalla de reconeixement de cara.

6. Pla d'avaluació

Realitzar proves d'usabilitat sense un pla és una situació perillosa, ja que pot conduir a investigacions sense sentit, projectes interminables i anàlisis inútils. Fer un pla afegirà un pas addicional al procés de proves d'usabilitat, però és clau per garantir que la recerca d'usabilitat estigui organitzada, sigui productiva i aportí idees.

Un pla de proves d'usabilitat és una visió general dels passos que es duran a terme i les metodologies que s'utilitzaran durant les proves. Inclou detalls sobre els objectius de la recerca, els participants i les metodologies necessàries, l'enfocament per analitzar els resultats, els resultats desitjats i els propers passos a seguir.

Primer de tot, s'han revisat alguns dels principals mètodes d'avaluació. A continuació, es descriuen i es fa una valoració sobre la seva validesa:

- A/B testing: Aquest mètode permet decidir entre dues possibles opcions de disseny en funció de la reacció dels usuaris [30]. El procediment consisteix a preparar dues versions del sistema en qüestió i que aleatòriament els usuaris visiten una opció o l'altra i es mesuri l'efecte en el seu comportament. Desgraciadament, aquest mètode presenta dos problemes.
 - Requereix un nombre d'usuaris alt per ser vàlid.
 - Requereix dues versions de l'aplicació en qüestió, cosa que no es pot aconseguir durant el desenvolupament d'aquest projecte.

- Card Sorting: Serveix per millorar l'arquitectura de la informació. Es demana als usuaris que organitzin ítems en grups i assignin categories a cada grup [31]. Hi ha dos variants:
 - Tancat: Els usuaris han d'agrupar la informació de les diferents targetes en categories predefinides.
 - Obert: No hi ha categories predefinides. Els usuaris han de posar nom a les categories i agrupar els ítems.

- Passeig cognitiu: És un mètode d'avaluació que s'utilitza per inspeccionar la interacció entre l'usuari i la interfície mitjançant algunes tasques predefinides. El focus és l'exploració de l'aprenentatge. L'aprenentatge en aquest context representa com un usuari nou pot usar la interfície sense cap formació prèvia. El mètode requereix la participació de múltiples avaluadors. Un dels experts avaluadors prepara una tasca i els altres han de fer-la i analitzar-la des de la perspectiva d'un usuari potencial [7].

Després de realitzar una revisió de la literatura existent [5] **Error! Reference source not found.**[7], he decidit seleccionar tres mètodes principals per tal de definir el pla d'avaluació: el Test d'Usuari, l'Avaluació Heurística i la Revisió de Directrius.

- El primer pas consistirà a aplicar un **Mètode amb Usuaris** per obtenir dades directament dels usuaris potencials de l'aplicació. Realitzarem un Test d'Usuari, amb l'objectiu que aquests intentin executar un conjunt d'escenaris, cadascun definit a partir de tasques individuals.

Haurem d'establir diferents perfils d'usuari per a l'aplicació en qüestió que vulguem estudiar. Aquesta fase té com a objectiu definir clarament les necessitats i expectatives dels usuaris. Seguidament, és important establir un conjunt de mètriques i dades que utilitzarem per comparar els nostres resultats amb altres aplicacions i aconseguir retroalimentació dels usuaris.

Durant la realització d'aquestes tasques l'expert en usabilitat prendrà notes i observacions de la interacció entre l'usuari i l'aplicació. A més es gravaran les sessions per tal de poder revisar-les i extreure dades a posteriori.

A més, en finalitzar aquests tests d'usuari es realitzaran una sèrie de qüestionaris que ens donaran informació sobre la seva percepció directa

- A continuació farem ús de dos **Mètodes d'Inspecció**, que seràn aplicats per l'expert d'usabilitat amb l'objectiu d'identificar directament possibles problemes a solucionar.

En aquest sentit, aplicarem primer una **avaluació Heurística** per identificar si el disseny compleix una sèrie de principis bàsics i, en cas de violar-los, determinar quin risc comporta i quin és la seva importància per a la solució.

Finalment, farem una **Revisió de Directrius** específiques d'Aplicacions de Realitat Augmentada.

Les pautes d'usabilitat, com les d'Apple per a la realitat augmentada són conjunts de recomanacions i de millores pràctiques que s'utilitzen per crear experiències d'usuari efectives i satisfactòries en un context determinat, en aquest cas, la realitat augmentada. En el context de la realitat augmentada, aquestes pautes se centren a oferir una experiència immersiva i convincent en combinar objectes virtuals amb el món real.

Serà necessari revisar una a una cadascuna d'aquestes directrius i comprovar si l'aplicació en qüestió segueix aquestes recomanacions.

Un cop recollides les dades a partir dels diferents mètodes es farà una anàlisi i comparació dels resultats. Aquesta informació s'utilitzarà per determinar si les aplicacions ofereixen

una experiència d'usuari acceptable i també per elaborar una sèrie de principis de desenvolupament que s'haurien de seguir en el futur per tal de millorar-les de ser necessari.

Finalment, és important tenir en compte que els mètodes que s'han definit inicialment de A/B testing, Card Sorting i Passeig cognitiu, tot i ser vàlids i molt útils pels objectius marcats no s'utilitzaran.

En el cas del passeig cognitiu, aquest mètode requereix la participació d'un grup d'experts en usabilitat tal com s'ha explicat, cosa que no és possible en aquest projecte. Per altra banda, l'A/B testing requereix tenir contacte directe amb els desenvolupadors del sistema i obtenir dues versions d'aquest, cosa que tampoc és possible.

Pel que fa al Card Sorting, és un mètode que per RoomPlanner no és gaire interessant. Per altra banda, sí que permetria identificar més problemes i solucions per YouCam Makeup a causa de la importància de l'etiquetatge en aquest últim. No obstant això, es considera que la dedicació i recursos necessaris per elaborar un card sorting addicionalment als mètodes ja mencionats en el pla no és realista.

Mètode amb usuaris: Test d'usuaris

Les avaluacions basades en mètodes amb usuaris consisteixen a recórrer als usuaris potencials de la nostra aplicació perquè participin directament en el procés d'estudi de la usabilitat. Es convida els usuaris a executar tasques típiques amb el producte o simplement se'ls demana explorar-lo lliurement, mentre s'observen i es registren els seus comportaments per identificar defectes de disseny que causen errors o dificultats als usuaris.

Durant aquestes observacions, s'enregistra el temps requerit per completar una tasca, les taxes de finalització de les tasques i el nombre i tipus d'errors.

La implementació d'un Test d'Usuaris generalment passa per diverses etapes. Algunes d'aquestes són la definició dels objectius de la prova, la qualificació i reclutament dels participants de la prova, la selecció de les tasques que els participants hauran de realitzar i la creació i descripció dels escenaris de tasques.

També és important fer una elecció de les mètriques que es prendran i la manera com es registraran i processaran les dades, la preparació dels materials de la prova i de la infraestructura tècnica (el laboratori d'usabilitat), l'elecció de l'interventor/s i el disseny del guió general del test (instruccions, protocol, document de consentiment, etc.), el disseny i/o la selecció de qüestionaris de satisfacció i els procediments d'anàlisi de dades.

Nombre d'usuaris

El nostre objectiu és identificar la majoria dels problemes de disseny d'una interfície amb el menor cost possible. Alguns estudis asseguren que, en l'àmbit qualitatiu, amb quatre o cinc participants es pot descobrir aproximadament el 80-85% dels problemes d'usabilitat [8].

No obstant això, les aplicacions de Realitat Augmentada presenten una interacció complexa i per tant ens interessa realitzar un estudi exploratori que ens permeti recollir dades quantitatives. No obtindrem validesa estadística, però sí unes primeres dades que podrem usar de *benchmark* per a futurs estudis. En conseqüència, per aquest pla d'avaluació reclutarem un mínim de 10 usuaris.

En general, en el cas dels estudis qualitius, cal anar augmentant el nombre d'usuaris per determinar el nombre òptim a reclutar. Quan un investigador deixa de prendre observacions i notes noves dels participants, idealment aquest és el que coneixem com a punt de saturació.

En arribar a aquest punt es conclou que la investigació s'ha dut a terme correctament amb un nombre òptim de participants i, per tant, tota la informació que puguem obtenir amb més usuaris seria redundant.

Guió del test d'usuaris

Per a la realització del test d'usuaris he establert el següent guió:

1. En primer lloc, fer la presentació dels interventors, projecte i objectius de la sessió. Recalcar a l'usuari que no està sent avaluat i que pot desistir del test en qualsevol moment.
2. Signar el consentiment (enviar a l'usuari una còpia) [Annex A].
3. Realitzar l'enregistrament de la pantalla i, si és possible, la cara de l'usuari.
4. Abans de començar amb les tasques, fer una breu guia d'introducció a l'aplicació en qüestió, especialment en cas que es consideri que els usuaris no tenen cap experiència prèvia.
5. No respondre preguntes sobre com fer les tasques.
6. Presentar les tasques a realitzar d'una en una:
 - a. Presentar la tasca per escrit de manera clara i que l'usuari la pugui llegir en qualsevol moment.
 - b. Realitzar el següent qüestionari ASQ després de cadascuna:
 - i. En general, estàs satisfet amb la facilitat per fer la tasca?
 - ii. Estàs satisfet amb la quantitat de temps que has trigat a completar aquesta tasca?
 - iii. Estàs satisfet amb la informació de suport que se t'ha donat?
7. Durant el test o posteriorment en base als enregistraments, l'interventor haurà d'emplenar un formulari d'observació apuntant els temps que ha trigat cada usuari a realitzar cada tasca i observacions extretes de cadascuna.
8. Un cop conclòs el test, l'usuari haurà d'emplenar un test HARUS i un test de satisfacció.
9. Comiat formal agraint la seva participació.

Preparatius

Infraestructura tècnica del test

Per a la realització de la prova es repartirà els usuaris en diferents sessions. Es prepararà un entorn aïllat on l'usuari se sentí còmode i tingui espai suficient per a dur a terme les activitats de Room Planner.

Per al test de YouCam Makeup s'assegurarà que hi hagi una bona il·luminació i que l'usuari tingui una taula i cadira on reposar mentre executa les activitats.

En tot moment l'usuari ha de disposar d'un text on es descrigui exactament que és el que se li demana. A més se li ha de proporcionar aigua per si vol beure.

Prova Pilot

Abans de realitzar els tests definitius a tots els usuaris, es realitzarà sempre un test pilot del qual s'extrauran possibles millores o defectes tant en el guió com en la descripció de les tasques a realitzar.

En els dos casos d'estudi en què ens centrarem, s'ha identificat que els usuaris tenien dificultats per utilitzar alguns sistemes bàsics de les aplicacions, com per exemple la selecció del tipus d'habitació adequat, el nombre de punts necessari per crear un model... A causa d'això s'ha decidit definir una guia d'introducció prèvia a les tasques de cada aplicació.

Recollida de Dades

Per recopilar les dades durant les sessions de prova, s'han utilitzat formularis de Google Forms. Aquests formularis proporcionen una manera estructurada i eficient de recopilar la informació necessària per avaluar les aplicacions seleccionades.

Per a l'aplicació RoomPlanner, s'han utilitzat els següents formularis:

- ASQ Tasca 1 de RoomPlanner: <https://forms.gle/ZsupCrVWBgsTtyNe7>
- ASQ Tasca 2 de RoomPlanner: <https://forms.gle/9TTox4scr7dpqHJg7>
- ASQ Tasca 3 de RoomPlanner: <https://forms.gle/TnKChaddJc8zZjiE6>
- HARUS de RoomPlanner: <https://forms.gle/NMNwAA68L3CUggYc7>
- Formulari Satisfacció de RoomPlanner: <https://forms.gle/DY6X8SLb2UHop1Qa9>

Per a l'aplicació YouCam Makeup, s'han utilitzat els següents formularis:

- ASQ Tasca 1 de YouCam Makeup: <https://forms.gle/MVmfHgpu6fjfsiBZ7>
- ASQ Tasca 2 de YouCam Makeup: <https://forms.gle/nkandNYhMCm55Q3h9>
- ASQ Tasca 3 de YouCam Makeup: <https://forms.gle/WgqDT9hh2NV9zcBr7>

- HARUS de YouCam Makeup: <https://forms.gle/zXM7ihMjPJFcRjgd8>
- Formulari Satisfacció de YouCam Makeup: <https://forms.gle/ZtTBaAjdNPNVdG1X6>

Por favor introduzca su nombre y apellidos *

Tu respuesta

En general, estoy satisfecho con la facilidad de realizar esta tarea *

1 2 3 4 5 6 7

Totalmente en desacuerdo Totalmente de acuerdo

En general, estoy satisfecho con la cantidad de tiempo que se tardó en completar esta tarea *

1 2 3 4 5 6 7

Totalmente en desacuerdo Totalmente de acuerdo

En general, estoy satisfecho con la información de soporte (ayuda en línea, documentación, etc.) al completar esta tarea *

1 2 3 4 5 6 7

Totalmente en desacuerdo Totalmente de acuerdo

Enviar Borrar formulario

Figura 8. Formulari ASQ de la Tasca 1 de RoomPlanner.

A més, és important aclarir que, tot i que en els formularis es demana el nom i cognoms dels usuaris, en realitat aquests camps s'ompliran amb un identificador únic per tal de garantir la privacitat de les dades i emprar-lo en comptes del nom, tal com es veurà a la secció de *Criteris d'inclusió i exclusió d'usuaris*.

Disseny de mètriques

Abans de definir les tasques per a cada una de les aplicacions, és important definir les mètriques d'usabilitat. A la definició de cada tasca ja es concretarà la mètrica de forma precisa, però abans hem d'establir que és el que volem mesurar.

El seu objectiu és servir com a sistema de mesura de l'eficàcia, l'eficiència i la satisfacció dels usuaris que treballen amb el producte. És a dir, s'utilitzen per mesurar com de fàcil i efectiu és el producte per als usuaris.

Cadascuna de les aplicacions tindrà les seves pròpies mètriques de Satisfacció Eficàcia i Eficiència. La forma d'obtenir aquestes dades serà mitjançant un test ASQ en finalitzar cada tasca (per a la Satisfacció) i a partir de les observacions durant el test (Eficàcia i eficiència).

Room Planner - Satisfacció

La satisfacció de l'usuari mesura el nivell de felicitat de l'usuari respecte el nostre software. Una manera de mesurar-ho, que farà servir, és un petit qüestionari ASQ que realitzaran els nostres usuaris una vegada finalitzada cada tasca [13][14].

Consta de tres preguntes on cada possible resposta ha de ser un número entre 1 i 7. El 1 representa "Totalment en desacord" mentre que el 7 representa "Totalment d'acord".

- *En general, estic satisfet amb la facilitat de fer aquesta tasca.*
- *En general, estic satisfet amb la quantitat de temps que es va trigar a completar aquesta tasca.*
- *En general, estic satisfet amb la informació de suport (ajuda en línia, documentació, etc.) en completar aquesta tasca.*

A més, en l'àmbit global, no només per a cada tasca sinó com a conclusió general de l'aplicació, s'ha optat per la creació d'un qüestionari fet a mida amb preguntes específiques de RoomPlanner. L'objectiu és obtenir una valoració general de les funcionalitats de l'aplicació des del punt de vista de l'usuari, així com un breu comentari amb possibles suggeriments i observacions.

- *La funció de realitat augmentada de RoomPlanner m'ha permès veure com quedarien els mobles a casa meva/oficina d'una manera més precisa i realista que simplement veient imatges en una pàgina web.*
- *Considero que RoomPlanner m'estalviaria temps i diners en permetre'm veure com quedarien els mobles abans de comprar-los.*
- *Crec que RoomPlanner és una eina útil per a persones que busquen canviar la decoració d'una habitació sense necessitat de contractar un dissenyador d'interiors.*

Tant per l'ASQ com pel qüestionari de satisfacció, un cop recollits els resultats, s'ha de calcular la puntuació. La forma de procedir és molt senzilla, simplement cal fer la mitjana aritmètica de les 3 respostes. Les puntuacions més altes són millors que les més baixes a causa de la definició de l'escala Likert [15].

Room Planner – Eficàcia i Eficiència:

L'eficàcia es pot calcular mesurant la taxa de finalització. És la mètrica d'usabilitat fonamental, ja que és la més objectiva i representa un gran problema en cas que el resultat sigui negatiu.

La taxa de finalització o compleció es calcula dividint el nombre de tasques que l'usuari ha completat satisfactòriament pel número de subtasques total d'una tasca en concret [16].

$$Effectiveness = \frac{\text{Number of tasks completed successfully}}{\text{Total number of tasks undertaken}} \times 100\%$$

Figura 9. Càlcul d'eficàcia

Per tal de fer això, el primer pas és dividir les tasques definides anteriorment en subtasques. Per altra banda, l'eficiència es mesura en termes de temps per tasca, és a dir, el temps (en segons i/o minuts) que triga el participant a completar amb èxit una tasca.

¿Com podem mesurar l'eficiència de la nostra aplicació? La forma en què ho farem serà definir uns valors d'eficiència esperats (en segons) per tasca i comparar-ho amb els valors experimentals que obtinguem.

Cal tenir en compte que, tot i que l'objectiu ideal sempre és una taxa de compleció del 100%, segons un estudi realitzat per Jeff Sauro, la taxa mitjana de finalització de tasques és del 78% (basat en una anàlisi de 1.200 tasques).

En el mateix estudi, també es va observar que la taxa de finalització depèn molt del context de la tasca que s'està avaluant.

“El context és important a l'hora de decidir quina és una bona taxa de finalització d'una tasca, però, saber quines són les altres taxes de finalització de tasques pot ser una bona guia per establir objectius.

Una anàlisi de gairebé 1.200 tasques d'usabilitat mostra que la taxa mitjana de finalització de tasques és del 78%.

Amb aquesta distribució podem veure que la meitat de les tasques tenien uns percentatges de compleció superior al 78%. Per tant, aquest és un llindar de bo i dolent, amb qualsevol cosa per sobre d'un 78% per sobre de la mitjana. Si estàs dubtant i buscant un punt de referència per a una tasca, utilitzar el 78% seria un bon lloc per començar.

Per tenir una taxa de finalització al quartil superior (75%), voldríeu una taxa de finalització superior al 92%. Una taxa de finalització inferior al 49% et situa al quartil inferior (25%)”,

Jeff Sauro, *What Is A Good Task-Completion Rate?* [17].

YouCam Makeup - Satisfacció

De la mateixa manera que amb RoomPlanner, pel cas d'estudi de YouCam Makeup també farem ús d'un After Senario Questionnaire (ASQ) [13][14] per mesurar la satisfacció de cada tasca.

Per altra banda, per mesurar la satisfacció general de l'aplicació també farem ús d'un qüestionari de satisfacció de tres preguntes i una pregunta oberta d'opinió/observacions.

No obtsnat això, en aquest cas si és necessari redefinir les preguntes, ja que han de ser específiques de YouCam Makeup. L'objectiu és obtenir una valoració general de les funcionalitats de l'aplicació des del punt de vista de l'usuari, així com un breu comentari amb possibles suggeriments i observacions.

- *La funció de realitat augmentada de YouCam Makeup em permet veure com quedarien diferents colors i productes de maquillatge a la cara de manera precisa i realista.*
- *Crec que YouCam Makeup ofereix una àmplia varietat de productes i colors de maquillatge per provar en temps real amb realitat augmentada.*
- *La funció de mesura de la salut de la pell de YouCam Makeup m'ofereix una avaluació precisa i útil de l'estat de la pell.*
- *Finalment, ens seria de gran utilitat si poguessis compartir algunes opinions personals sobre la teva experiència amb aquesta aplicació. Hi ha res que t'hagi resultat especialment difícil? Quins aspectes creus que necessiten algun canvi o millora?*

De la mateixa forma que amb RoomPlanner, tant per l'ASQ com pel qüestionari de satisfacció, un cop recollits els resultats, s'ha de calcular la puntuació. La forma de procedir és molt senzilla, simplement cal fer la mitjana aritmètica de les 3 respostes. Les puntuacions més altes són millors que les més baixes a causa de la definició de l'escala Likert [15].

YouCam Makeup – Eficàcia i Eficiència:

Pel que fa a la mesura de l'eficàcia, l'única diferència respecte RoomPlanner són les subtasques que es definiran i els temps d'eficiència esperats per a cada un. Es concretaran a la descripció interna de cada tasca.

Room Planner Tasca 1: Medir l'habitació amb la càmera

Objectiu

Aconseguir una rèplica virtual de la seva habitació per començar a col·locar objectes.

Context

L'usuari vol començar a dissenyar la seva nova habitació. Això implica col·locar un llit, una taula, cadires, canviar el color de les parets... Però per fer tot això primer necessita una còpia virtual de la seva habitació.

Instruccions per l'usuari

Per tal de no influir en les decisions i la interacció amb l'aplicació, durant l'execució d'aquesta tasca l'usuari només rebrà les següents instruccions:

"El teu objectiu és mesurar aquesta habitació i crear una rèplica virtual. Obre l'aplicació i situa punts on creguis convenient per construir el model".

Passos ideals a seguir

L'usuari obre l'aplicació Room Planner des de la icona al seu dispositiu.

Immediatament, accedeix a la pàgina principal, que consisteix en un menú de selecció d'habitació. Aquí l'usuari ha de decidir si el que vol mesurar el seu dormitori, sala d'estar, cuina, menjador...

Un cop l'usuari seleccioni un tipus d'habitació, haurà de decidir entre les opcions: "Partir de una habitación vacía", "Encontrar ideas" i "Mide la habitación con la cámara".

L'usuari seleccionarà la tercera opció. Aquesta acció obrirà la càmera del seu dispositiu i li demanarà permisos per accedir-hi. A continuació, es demanarà que es col·loquin una sèrie de punts virtuals per tal de definir la mida i forma de l'habitació.

El següent pas serà definir l'altura del model. Per això simplement haurà de moure el dispositiu cap a dalt fins que arribi a veure al sostre tal com se li indica. En acabar polsarà el botó "Hecho" a la part superior esquerra.

Un cop fet això, l'usuari haurà completat la tasca i accedirà al model virtual de la seva habitació, que conté una opció de visualització 2D o 3D.

Descripció interna

A nivell qualitatiu, els conceptes que es volen estudiar amb aquesta tasca són els següents:

- L'usuari entén que inicialment ha de moure la càmera per escanejar la superfície de l'habitació?

- En col·locar els punts, els usuaris s'apropen prou a les cantonades per posicionar-los amb precisió o es deixen "enganyar" per la perspectiva provocant que els punts no estiguin del tot alineats?
- Els usuaris són capaços d'entendre que per "tancar" l'habitació és necessari tornar al punt inicial?
- En "tancar" l'habitació, interpreten correctament el feedback que dona el sistema per notificar-los que estan col·locant el punt final? El punt final de l'habitació sempre apareix de color blanc, això pot suposar problemes si els usuaris no associen correctament aquesta representació simbòlica amb el seu significat real.
- Són capaços d'entendre els gestos i accions necessàries per crear la porta/finestra?

Eficàcia i Eficiència: Tasca 1 - Medir l'habitació amb la càmera:

- Accedeix a la pàgina principal: [1-3]s
- Selecciona un tipus d'habitació adequat: [4-7]s
- Selecciona l'opció "Mide la habitación con la cámara": [4-5]s
- Situa correctament un dels punts: [5-15]s
- Situa tots els punts i tanca l'estança: [200-300]s
- Assigna correctament l'alçada de l'habitació: [10-20]s
- Afegeix una porta: [5-10]s
- Clica el botó "Hecho" per finalitzar la creació:[3-10]s

Room Planner Tasca 2: Posicionar objectes

Objectiu

Posicionar una sèrie d'objectes sobre l'habitació.

Context

Un cop l'usuari ja ha creat l'estança i s'ha familiaritzat amb els controls és hora de buscar i posicionar alguns objectes sobre l'habitació.

Instruccions per l'usuari

Per tal de no influir en les decisions i la interacció amb l'aplicació, durant l'execució d'aquesta tasca l'usuari només rebrà les següents instruccions:

"El teu objectiu és primer obrir el model 3D de l'habitació.

Ara has de buscar una taula, cadira i televisió que t'agradi. Quan trobis els objectes posicionals sobre l'estança on creguis convenient, però assegurat de col·locar la televisió sobre la taula".

Passos ideals a seguir

L'usuari clica el botó "Añadir muebles" a la part inferior dreta. Això obre un menú de selecció de mobles. Si troba directament una categoria que li interessa pot obrir-la i mirar els mobles allà directament. En cas contrari pot utilitzar la barra de cerca per localitzar els mobles que se li han demanat.

Quan ja tingui l'objecte només ha d'arrossegar-lo amb el dit cap a la posició que li interessi. Si vol moure'l de posició pot tornar a polsar-lo i arrossegar-lo amb els dits on vulgui.

Descripció interna

A nivell qualitatiu, els conceptes que es volen estudiar amb aquesta tasca són els següents:

- Es fàcil pels usuaris identificar quin botó permet obrir el menú de cerca de mobles?
- Els hi costa guiarse pel menú per buscar els mobles que s'els demana?
- Un cop trobat l'objecte, resulta clar com introduir-lo al model?
- Resulta intuïtiu pels usuaris com seleccionar i moure els objectes un cop estan sobre el terra?
- Els costa descobrir com es pot pujar la televisió sobre la taula?

Eficàcia i Eficiència: Tasca 2 - Posicionar objectes:

- Clica el botó "Añadir muebles": [2-5]s
- Troba una taula: [5-15]s
- Col·loca la taula: [5-8]s
- Troba una cadira: [5-15]s
- Col·loca la cadira: [5-8]s
- Troba una televisió: [5-15]s
- Col·loca la televisió: [5-15]s

Room Planner Tasca 3: Redissenyar

Objectiu

Canviar característiques dels mobles ja posicionats i afegir-ne nous.

Context

Després d'haver col·locat alguns mobles i decoracions a l'habitació, l'usuari vol revisar la seva distribució i fer canvis segons els seus gustos.

Instruccions per l'usuari

"Observa l'habitació que has creat. Primer intenta moure i desplaçar-te per ella i fer zoom in/zoom out.

Ara elimina la cadira que has creat prèviament, mou la taula i assegura't de tornar a col·locar la televisió a sobre si és necessari. A més, canvia el color/textura de les parets".

Passos ideals a seguir

L'usuari obre de nou el model 3D en cas d'haver sortit. El primer que fa és moure la càmera per l'habitació, intentar allunyar-se o apropar-se per veure diferents perspectives.

A continuació intenta moure algun moble arrossegant-lo amb el dit. També n'elimina i afegeix alguns. Finalment per canviar el color de les parets clica sobre una d'elles i accedeix a la secció d'edició. Des d'aquí selecciona "Color" o "Ladrillo" per veure les opcions disponibles i escull la que més li agradi.

Descripció interna

A nivell qualitatiu, els conceptes que es volen estudiar amb aquesta tasca són els següents:

- En intentar eliminar la cadira, se'ls acudeix que poden fer des del menú desplegable de selecció sobre un objecte? Dintre del menú identifiquen ràpidament l'opció que busquen?
- Se'ls hi presenta algun problema en intentar moure la taula? Què passa amb la televisió? Es desplaça sempre amb la taula o se separa?
- En algun moment es plantegen utilitzar el botó 360°/passos per alternar entre el mode desplaçament i el mode vista del model 3D?
- El menú desplegable d'opcions de la paret apareix de forma prou responsiva i ràpida quan cliquen la paret? Localitzen amb facilitat l'opció de "color" dintre d'aquest menú?

Eficàcia i Eficiència: Tasca 3 - Redissenyar:

- Elimina la cadira: [4-6] s
- Mou la taula: [2-5]s
- Pinta les parets: [10-25]s
- Fa Zoom in/Zoom out: [5-15]s
- Col·loca televisió sobre taula: [4-5]s

YouCam Makeup Tasca 1: Cabell, llavis i nas

Objectiu

Provar a aplicar diferents maquillatges, colors de cabell i pintallabis.

Context

L'usuari vol estalviar temps i utilitzar YouCam per veure com li queden alguns productes abans de comprarlos.

Instruccions per l'usuari

"El teu objectiu és maquillar-te amb l'ajuda d'aquesta aplicació. Hauràs d'intentar canviar el color del teu cabell, utilitzar un pinta llavis i finalment modificar la mida del nas.

Accedeix a la pàgina principal en obrir l'aplicació i busca com utilitzar la càmera per aplicar aquestes tècniques en temps real. Un cop acabis has de fer una foto i guardar-la".

Passos ideals a seguir

Des de la pàgina principal l'usuari pot veure un botó amb la icona d'una càmera i amb l'etiqueta "Cosmeti-Cam". Si el clica s'obrirà la seva càmera junt amb un menú de selecció d'aspectes i estils.

Accedint a "Maquillaje" podrà aplicar diferents modificacions als llavis, pestanyes, ulls. Pot fer el mateix amb el cabell des de la secció "Cabellos" a la barra de navegació. Les opcions de nas no obstant, les trobarà a la secció "Retoques".

Descripció interna

A nivell qualitatiu, els conceptes que es volen estudiar amb aquesta tasca són els següents:

- En general, resulta fàcil per l'usuari desplaçar-se pels menús laterals mentre cerca les opcions que se li demanen?
- Es correspon allò que l'usuari llegeix/veu en el menú amb el qual es mostra sobre la seva cara quan selecciona cada una de les opcions? Li resulta realista?
- Com que les opcions de cabell, llavis i nas estan en tres seccions totalment diferents ("Cabello", "Maquillaje" i "Retoque"), dificulta això trobar el que vol? En general, l'etiquetatge representa un problema pels usuaris?
- El fet de navegar pels menús laterals mentre veu la seva cara a la part central de la pantalla i al mateix temps sosté el mòbil amb les mans, resulta marejant o especialment esgotador físicament o mentalment?
- És intuïtiva la forma de fer una fotografia en acabar de fer la sessió de maquillatge?

Eficàcia i Eficiència: Tasca 1 - Cabell, llavis i nas:

- Accedeix a la pàgina principal: [1]s
- Canvia el color dels cabells: [15-30]s
- Utilitza el pintallavis: [15-30]s
- Modifica la mida del nas: [15-30]s

- Cerca com utilitzar la càmera: [1-2]s
- Fa una foto i la guarda: [1-5]s

YouCam Makeup Tasca 2: Vídeo de 10 canvis

Objectiu

Provar a aplicar moltes opcions de maquillatge mentre es graba un video.

Context

L'usuari vol estalviar temps i utilitzar YouCam per veure com li queden alguns productes abans de comprarlos.

Instruccions per l'usuari

"Un cop ja has provat un parell d'opcions, ara has de gravar un vídeo mentre vas provant diferents coses. En concret has de provar un total de 10 opcions de maquillatge diferents. En acabar, guarda el vídeo".

Passos ideals a seguir

Des de la pàgina principal l'usuari pot veure un botó amb la icona d'una càmera i amb l'etiqueta "Cosmeti-Cam". Si el clica s'obrirà la seva càmera junt amb un menú de selecció d'aspectes i estils.

Accedint a "Maquillaje" podrà aplicar diferents modificacions. No obstant hi ha algunes característiques, com l'altura de l'ull i la mida del nas que es troben a "retoque". L'objectiu és que l'usuari realitzi una sessió de maquillatge més llarga que l'anterior per així poder analitzar possibles problemes de fatiga en estar un temps considerable utilitzant-la.

Descripció interna

A nivell qualitatiu, els conceptes que es volen estudiar amb aquesta tasca són els següents:

- Resulta fàcil pels usuaris iniciar la gravació del vídeo abans de començar la sessió de maquillatge? El posicionament de la icona de gravació molesta durant la posterior navegació en els menús?
- Al tenir llibertat de decisió sobre les opcions de maquillatge, hi ha alguna secció en concret que prioritzi sobre les altres? Si és així hi ha alguna raó observable?
- S'observa alguna millora en la navegació a causa de l'experiència prèvia de l'altra tasca? Hi ha un cert nivell d'aprenentatge o mantenen problemes de la tasca anterior?

Eficàcia i Eficiència: Tasca 2 - Video de 10 canvis:

- Accedeix a la pàgina principal: [1]s
- Prova 10 opcions de Maquillatge: [150-250]s
- Grava un vídeo mentre prova: [1-5]s
- Desa el vídeo: [1-5]s

YouCam Makeup Tasca 3: Diagnòstic de la pell

Objectiu

Realitzar un diagnòstic de la pell amb l'ajuda de la funció de mesurament de YouCam Makeup.

Context

L'usuari vol conèixer la salut de la seva pell i obtenir informació detallada sobre les arrugues, taques i edat dermatològica per determinar si el seu tractament actual és efectiu.

Instruccions per l'usuari

"El teu objectiu és, per una banda, envellir/rejovenir amb la màquina del temps i, per altra banda, realitzar un diagnòstic de la teva pell amb l'ajuda de l'aplicació YouCam Makeup.

Accedeix a la pàgina principal en obrir l'aplicació i cerca la secció "Màquina del tiempo". Obre la càmera i assegurat de mantenir la cara dintre del cercle. Espera que l'aplicació processi la informació. Un cop acabi, mou el selector d'edat i comprova el resultat.

A continuació accedeix a la secció "Diagnòstic de la pell" de la barra de navegació principal. Utilitza la càmera per capturar una imatge del teu rostre i espera que l'aplicació realitzi el diagnòstic.

Finalment, elimina les imperfeccions que t'indiqui el sistema".

Passos ideals a seguir

Accedeix a la pàgina principal de l'aplicació i busca la secció "Diagnòstic de la pell" a la barra de navegació. Clica sobre aquesta secció i accedeix a la funció de diagnòstic. Utilitza la càmera del teu dispositiu per capturar una imatge del teu rostre. Espera que l'aplicació realitzi el diagnòstic de la teva pell i et mostri la puntuació, el nombre d'arrugues i taques, l'edat dermatològica i altres detalls importants. Analitza els resultats del diagnòstic i compara'ls amb el teu tractament actual per determinar si és efectiu o si cal fer algun canvi. Repeteix aquesta tasca regularment per fer seguiment de l'evolució de la teva pell i avaluar l'efectivitat dels teus tractaments.

Descripció interna

A nivell qualitatiu, els conceptes que es volen estudiar amb aquesta tasca són els següents:

- En intentar fer l'activitat relacionada amb la "Màquina del tiempo", han de moure molt la cara els usuaris perquè el sistema la reconegui? Reben alguna indicació per part de l'aplicació indicant que han de canviar de perspectiva o apropar-se?
- En interactuar amb el selector de temps de la barra, tenen algun problema?
- El temps de processament de la cara un cop reconeguda els hi resulta massa llarg.
- A l'activitat de "Diagnòstic de la pell", tenen també algun problema amb el reconeixement de la pell? Concretament amb el temps, posició de la cara i feedback del sistema?
- Un cop detectades les imperfeccions, resulta clar com poden eliminar-les?

Eficàcia i Eficiència: Tasca 3 - Diagnòstic de la pell:

- Cerca diagnòstic de la pell a la pàgina principal: [1-5]s
- Utilitza la càmera per capturar imatge del rostre: [1-5]s
- Espera que l'aplicació faci el diagnòstic: [5-10]s
- Elimina imperfeccions indicades pel sistema: [5-10]s
- Accedeix a "Màquina del temps": [1-5]s
- Fa una foto: [1-3]s
- Utilitza la barra de temps: [15-30]s

Qüestionari HARUS

Els qüestionaris d'usabilitat estandarditzats són qüestionaris dissenyats per a l'avaluació de la usabilitat percebuda, normalment amb un conjunt específic de preguntes amb regles per generar puntuacions basades en les respostes dels enquestats. S'utilitzen per poder generar un benchmark que permet avaluar la nostra aplicació en referència a altres.

Hi ha qüestionaris que poden ser utilitzats en àmbits molt generals com el System Usability Scale (SUS). El gran inconvenient és que la realitat augmentada presenta característiques úniques que necessiten un estudi específic.

El problema que s'ha detectat en aquest treball és que hi ha una certa manca d'eines d'avaluació específiques i fiables per a AR. En revisar estudis previs per a aplicacions de Realitat Augmentada, per exemple *Usability Evaluation for Augmented Reality [7]*, el que he pogut observar és que la majoria d'aquests estudis simplement apliquen a mètodes d'avaluació convencionals que en general no tenen en compte aspectes específics de la Realitat Augmentada. Per exemple, utilitzen directament heurístiques, passeig cognitiu i qüestionaris com SUS, però no s'aprofundeix en les problemàtiques d'AR

Afortunadament, després d'una recerca extensa he pogut arribar a un article de Marc Erison titulat *Toward Standard Usability Questionnaires for Handheld Augmented Reality*

[18] que pretén establir un qüestionari específic del camp de la Realitat Augmentada similar a SUS.

Aquest qüestionari utilitza l'escala HARUS (Handheld Augmented Reality Usability Scale) que es compon de dos subqüestionaris, l'escala de Comprensibilitat i l'escala de *Maniobrabilitat*.

El HARUS es compon de 16 preguntes que aproximadament corresponen als problemes que es troben habitualment a les aplicacions HAR. Es demana als usuaris que puntuïn cada pregunta mitjançant l'escala Likert de 7 punts, on l'1 representa *Totalment en desacord* i el 7 *Totalment d'acord*.

No obstant això, és important tenir en compte que, tal com es veu a la taula 1, aquest qüestionari està dividit en dos subqüestionaris, cadascun especialitzat en un aspecte diferent.

- La *Maniobrabilitat* (pregunta 1-8) la facilitat de manejar el sistema HAR mentre l'usuari aconsegueix la tasca. Mesura possibles problemes ergonòmics.
- La Comprensibilitat (pregunta 9-16) és la facilitat d'entendre la informació presentada pel sistema HAR. Mesura possibles problemes de percepció.

Per calcular les puntuacions de *Maniobrabilitat* i Comprensibilitat, primer hem de convertir les puntuacions a valors entre zero i sis.

- Per a les preguntes amb afirmacions positives, restem 1 de la resposta de l'usuari (P-1).
- Per a les afirmacions negatives, restem la resposta de l'usuari de set (7-N).
- Sumem totes aquestes respostes i convertim la suma a un rang de 0 a 100. Per fer-ho, simplement dividim la suma entre la puntuació més alta possible de 48 i després multipliquem el resultat per 100.
- Finalment, per obtenir no només el resultat individual de cada subqüestionari sinó la puntuació HARUS global, simplement hem de fer la mitjana de les puntuacions de *Maniobrabilitat* i Comprensibilitat.

Interpretació de HARUS

L'únic punt negatiu és que aquest estudi no és precisament recent, ja que es va publicar l'any 2015. No obstant això, considero que en l'àmbit teòric els conceptes continuen aplicant per als possibles problemes a analitzar en usabilitat d'AR.

A més, malauradament HARUS no disposa d'una interpretació clara dels resultats a partir de l'estudi d'una gran quantitat d'aplicacions que permeti establir un *benchmarking*.

Com a conseqüència, haurem de fer una interpretació dels resultats directament a partir de la definició del qüestionari. A més, també pot ser interessant tenir com a referència, tot i que en cap cas com una mesura definitiva, la comparació amb SUS. La raó és que, de fet, HARUS es va crear basant-se directament en SUS.

Com ja he mencionat prèviament, SUS és una eina que proporciona una manera "ràpida i senzilla" de mesurar la usabilitat. Consisteix en un qüestionari de 10 preguntes amb cinc opcions de resposta per als participants, des de "Totalment d'acord" fins a "Totalment en desacord" [19][20].

Creat inicialment per John Brooke el 1986, permet avaluar una àmplia varietat de productes i serveis, incloent-hi maquinari, programari, dispositius mòbils, llocs web i aplicacions.

Sauro i Lewis [21] van utilitzar dades de 241 estudis i enquestes d'usabilitat industrial per crear aquesta escala de qualificació corbada.

El que van observar és que la puntuació SUS de 68 es troba al centre del rang per a una qualificació "C". En una escala de qualificació corbada típica.

- El percentil 50 (mediana) correspon al centre del rang per a una qualificació mitjana (C).
- Els 15 punts percentils més alts i més baixos corresponen als rangs A i F, respectivament.
- Finalment, van dividir els 15 percentils superiors de les puntuacions mitjanes del SUS en A+, A i A-, El mateix es va repetir per a les qualificacions B i C.

A continuació, a la Taula 2 es pot veure l'escala de qualificacions completa amb el rang de puntuacions SUS:

Qualificació	SUS	Percentil
A+	84.1 - 100	96 - 100
A	80.8 - 84.0	90 - 95
A-	78.9 - 80.7	85 - 89
B+	77.2 - 78.8	80 - 84
B	74.1 - 77.1	70 - 79
B-	72.6 - 74.0	65 - 69

C+	71.1 - 72.5	60 - 64
C	65.0 - 71.0	41 - 59
C-	62.7 - 64.9	35 - 40
D	51.7 - 62.6	15 - 34
F	0 - 51.6	0 - 14

Taula 1. Escala de qualificació SUS

Tenint en compte això, es pot arribar a la conclusió que, en el cas de SUS, una experiència mitjana estaria entorn de la puntuació SUS = 68 (C), mentre que una bona experiència estaria per sobre de SUS = 80 (A) [21].

Tornant al cas de HARUS, l'estudi de *Toward Standard Usability Questionnaires for Handheld Augmented Reality* [18], es basa en quatre experiments amb aplicacions HAR (handheld augmented reality):

- Aplicació d'annotació de text (SUS=62, HARUS=65).
- Aplicació d'informe d'estat (SUS=80, HARUS=74).
- Aplicació de memorització de paraules (SUS=74, HARUS=61).
- Aplicació de col·locació de fletxes de posicionament (SUS=57, HARUS=58).

Amb aquesta mostra reduïda evidentment no es pot establir una escala de qualificació com la de SUS (basades en +1000 experiments), però la conclusió a la que arriben es la següent:

“La puntuació HARUS té una relació positiva molt forta amb la puntuació SUS i una forta relació negativa amb el temps de la tasca. A més, tant les puntuacions de Comprensibilitat com de Maniobrabilitat tenen una relació positiva molt forta amb la puntuació SUS i una relació negativa forta amb el temps de la tasca.

...

Hem calculat l'alfa de Cronbach en els quatre experiments per mesurar la consistència interna de HARUS, l'escala de Comprensibilitat i l'escala de Maniobrabilitat. Tots els alfa obtinguts estan entre 0,7 i 0,9, de manera que HARUS i els seus subqüestionaris tenen una bona consistència interna”[18].

Per tant, en aquest pla d'avaluació tindrem en compte aquesta relació entre HARUS i SUS alhora d'estimar els resultats.

Handheld Augmented Reality Usability Scale (HARUS)

Instructions: For each of the following statements, mark one circle that best describes your reaction to the handheld augmented reality application.

1. I think that interacting with this application requires a lot of body muscle effort.	Strongly Disagree	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Strongly Agree
2. I felt that using the application was comfortable for my arms and hands.	Strongly Disagree	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Strongly Agree
3. I found the device difficult to hold while operating the application.	Strongly Disagree	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Strongly Agree
4. I found it easy to input information through the application.	Strongly Disagree	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Strongly Agree
5. I felt that my arm or hand became tired after using the application.	Strongly Disagree	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Strongly Agree
6. I think the application is easy to control.	Strongly Disagree	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Strongly Agree
7. I felt that I was losing grip and dropping the device at some point.	Strongly Disagree	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Strongly Agree
8. I think the operation of this application is simple and uncomplicated.	Strongly Disagree	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Strongly Agree
9. I think that interacting with this application requires a lot of mental effort.	Strongly Disagree	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Strongly Agree
10. I thought the amount of information displayed on screen was appropriate.	Strongly Disagree	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Strongly Agree
11. I thought the information displayed on screen was difficult to read.	Strongly Disagree	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Strongly Agree
12. I felt that the information display was responding fast enough.	Strongly Disagree	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Strongly Agree
13. I thought that the information displayed on screen was confusing.	Strongly Disagree	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Strongly Agree
14. I thought the words and symbols on screen were easy to read.	Strongly Disagree	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Strongly Agree
15. I felt that the display was flickering too much.	Strongly Disagree	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Strongly Agree
16. I thought that the information displayed on screen was consistent.	Strongly Disagree	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Strongly Agree

Handheld Augmented Reality Usability Scale (HARUS) by Marc Ericson C. Santos is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Recommended Citation: Marc Ericson C. Santos, Jarkko Polvi, Takafumi Taketomi, Goshiro Yamamoto, Christian Sandor and Hirokazu Kato. Toward Standard Usability Questionnaires for Handheld Augmented Reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 35(5):pp.66–75, 2015.

[View publication stats](#)

Críteris d'inclusió i exclusió d'usuaris

El primer a tenir en compte és que hem de seleccionar usuaris el més similar possibles als usuaris potencials de la nostra aplicació.

En general és possible que hi hagi usuaris que formin part de diferents grups amb característiques específiques. Sempre s'ha d'intentar tenir representació de tots aquests grups de persones.

Per a proves pilot pot utilitzar-se personal del mateix projecte, ja que només es realitza una prova de la metodologia i, per tant, les dades no es tenen en compte en els resultats finals. Però és important que el personal intern mai s'utilitzi per complementar les proves.

S'han seleccionat un total de 19 usuaris segons els següents críteris:

- Persones amb edat entres els 20 i els 60 anys.
- Utilitzen aplicacions mòbils amb freqüència.
- Estan interessats en almenys una de les aplicacions (tenen interès en decoració d'interiors, en maquillatge o les dues).

Tots aquests usuaris han deixat per escrit el seu consentiment amb nom, signatura i DNI:

ID	Edat	Domini tecnologia	Professió	Interés decoració d'interior	Interés maquillatge
1	47	No	Estanquer	Si	No
2	45	No	Hosteleria	Si	No
3	42	Si	Esteticista	Si	Si
4	32	Si	Immobilari	Si	No
5	56	Si	Informàtic	Si	No
6	32	No	Gerent en empresa	Si	Si
7	33	No	Qímica	No	Si
8	34	No	Polícia local	No	Si
9	43	No	Esteticista	No	Si

10	48	No	Manteniment a fàbrica	Si	No
11	53	No	Comercial	Si	No
12	59	Si	Hostaleria	Si	Si
13	60	No	Hostaleria	Si	No
14	35	Si	Lampista	Si	Si
15	37	Si	Electricista	Si	No
16	38	Si	Dentista	No	Si
17	52	Si	Auxiliar d'infermeria	No	Si
18	36	Si	Dependent	No	Si
19	55	Si	Dependent	Si	Si

Taula 2. Usuaris escollits per al test de RoomPlanner i YouCam Makeup.

Mètode d'inspecció - Revisió Heurística

Heurístiques de Nielsen

L'avaluació heurística consisteix en el fet que un grup d'experts d'usabilitat examinin un sistema i avaluïn la seva interfície en relació amb una llista de principis d'usabilitat prèviament definits i reconeguts, anomenats heurístiques.

Aquestes heurístiques són principis generals que fan referència a propietats comunes entre diferents sistemes, aplicacions i webs. Un exemple seria utilitzar el llenguatge comú de l'usuari, intentar que el diàleg sigui senzill i natural, minimitzar la necessitat de memoritzar conceptes per part dels usuaris, ser coherent...

En realitzar una avaluació heurística, l'avaluador ha de centrar-se en el disseny i en l'estructura d'interacció en detall, avaluant-ho sempre en relació amb les heurístiques predefinides.

Cal tenir en compte que normalment aquesta avaluació heurística no es fa per un únic expert, sinó que hi ha un grup d'avaluadors. Cada avaluador revisa el sistema dues vegades. Primer, per tenir una idea general del sistema i la seva estructura de navegació.

En segon lloc, se centra en la disposició de la pantalla, l'estructura d'interacció amb més detall, el disseny i la implementació comparant-ho amb les heurístiques predefinides.

Cada avaluació heurística dona lloc a una llista de defectes d'usabilitat amb referència a l'heurística vulnerada. Després de detectar els problemes, preferiblement cada avaluador estima de manera independent la seva gravetat i prioritat. Un cop realitzades totes les avaluacions independents, els resultats són comparats i recopilats en un informe que resumeix les conclusions.

Un cop finalitzada, cada avaluació heurística resulta en una llista de problemes d'usabilitat amb referència a l'heurística violada. Però no és suficient amb identificar els problemes. Quan es troben és necessari estimar la gravetat de cada problema.

L'informe heurístic resultant ha de descriure tots els problemes d'usabilitat en relació amb les heurístiques violades i així com una qualificació de la gravetat i la prioritat en cas d'haver de canviar el disseny per tal de resoldre aquests problemes.

Les heurístiques de Nielsen [24] són una recopilació de 10 principis generals a seguir molt utilitzats com a mètode d'inspecció d'usabilitat. No obstant això, presenten dos problemes per ser aplicades en una tecnologia com la Realitat Augmentada:

- Les heurístiques sovint tenen descripcions molt generals, i els avaluadors poden interpretar-les de diferents maneres, produint resultats diferents.
- No incorporen cap principi o directriu específica per les característiques úniques de la Realitat Augmentada.

Heurístiques AR

Per tal de resoldre aquest problema s'ha fet una revisió de la literatura disponible. Aquesta recerca ha consistit a buscar, principalment Google Scholar, diferents articles relacionats amb heurístiques d'AR.

La selecció dels articles s'ha basat en criteris de rellevància temàtica i qualitat científica i prioritant anys de publicació dels estudis més recents. Aquesta metodologia és la que s'ha seguit durant tot el desenvolupament del projecte.

Una de les primers que es van trobar, *Heuristic Evaluation In Mobile Augmented Reality Applications In Designing Houses* [28], mostra un exemple d'us heurístiques de Nielsen per l'avaluació d'una aplicació de disseny d'interior. A més presenta els resultats experimentals obtinguts, identifica problemes en els principis *Error Prevention*, *Flexibility* i *Efficiency of use*, i conclou que es un mètode vàlid.

No obstant això, l'estudi no proporcionava la interpretació exacta que es va fer de les heurístiques i, per tant, no és fiable. Per altra banda, l'altre estudi que es va poder trobar, *Adapting Usability Heuristics to the Context of Mobile Augmented Reality* [25], si que proporciona una adaptació clara i vàlida de les heurístiques per AR.

És interessant remarcar també que aquestes heurístiques es van revisar precisament agafant referència una sèrie d'aplicacions de disseny d'interiors molt similars a RoomPlanner (*KEA Place*, *Houzz Home Design Renovation*, *Interior Define AR*, *Stresslesshome*, *Graham Brown Design Renovation*, and *Sayduck*).

A continuació es presenten aquestes heurístiques, tal com apareixen presentades a l'article mencionat [25]:

- **Visibilitat de l'estat del sistema:** El sistema ha de mantenir l'usuari informat durant la interacció. En escanejar superfícies, per exemple, l'usuari ha d'estar informat quan els materials de les superfícies són difícils de detectar (per exemple, massa reflectants o massa fosques). Després de la detecció de la correcta superfície, el sistema hauria de notificar a l'usuari que es pot col·locar l'objecte. Si triga temps a carregar un objecte, el sistema hauria d'informar l'usuari.
- **Coincidència entre el sistema i el món real:** Els objectes virtuals haurien d'aparèixer i comportar-se de la manera més realista possible. Les seves mides han de ser proporcionals a l'entorn físic i s'han de fixar a terra, com passa al món real. Els objectes no s'han de superposar entre si, és a dir, les col·lisions entre els objectes han de ser detectades pel sistema.
- **Control de l'usuari i llibertat:** És possible que l'usuari col·loqui un objecte virtual en una ubicació no desitjada, que l'elimini o el giri per error. Per tant, el sistema

hauria de suportar l'acció de desfer i refer i s'ha de confirmar amb l'usuari abans d'eliminar.

- **Coherència i estàndards:** Tots els gestos utilitzats per traduir i girar un objecte haurien de ser intuïtius. És especialment important per indicar a l'usuari com es pot manipular l'objecte. Si ajustar l'alçada és necessari per a un objecte, hauria de fer-se amb un component de UI addicional (per exemple, un control lliscant vertical) perquè es pot moure directament l'objecte sobre la dimensió vertical i això es confon fàcilment amb la translació d'objectes.
- **Prevenió d'errors:** Els possibles errors inclouen la col·locació o la supressió d'un objecte per error. Per a aquestes accions propenses a errors que poden comportar conseqüències negatives i inconvenients, el sistema hauria de demanar confirmació. Si l'usuari no confirma, es tornaria l'objecte a la seva ubicació original.
- **Reconeixement abans que record:** Totes les possibles accions relacionades amb la interacció amb objectes virtuals haurien de ser sempre visibles. Quan s'afegeix un objecte a l'escena, per evitar el record (és a dir, recordar quin objecte s'ha d'afegir), el sistema hauria de mostrar una imatge de l'objecte seleccionat o remarcar-lo d'alguna forma (color, text...).

Quan se selecciona un objecte, totes les accions possibles s'han de mostrar a la pantalla (per exemple, desfer/refer, suprimir, canviar de color). També s'han d'indicar gestos útils per traduir i girar l'objecte. Quan no s'ha seleccionat cap objecte, el sistema hauria de mostrar les possibles accions relacionades amb tota l'escena (per exemple, fer una foto, preferits, restablir l'escena).

- **Flexibilitat i eficiència d'ús:** Pel que fa a les accions freqüents, el sistema hauria de permetre a l'usuari col·locar diversos objectes a la mateixa escena al mateix temps. A més, si és tecnològicament possible, els objectes haurien de ser automàticament col·locats per defecte a un racó, cosa que reduiria el nombre d'accions necessàries per a l'usuari.
- **Disseny estètic i minimalista:** El sistema no ha de mostrar informació irrellevant o poc utilitzada per a l'usuari. Informació addicional es podria mostrar quan l'usuari fa la corresponent selecció. Exemples de la informació rellevant comuna durant les diferents etapes d'interacció són: (1) a l'hora de col·locar un objecte, hi hauria d'haver una forma de col·locació que indiqui la posició i mida de l'objecte; i (2) en seleccionar un objecte, un indicador de selecció i opcions per a l'objecte s'hauria de mostrar.
- **Ajudar als usuaris a reconèixer, diagnosticar i recuperar-se dels errors:** L'ajuda per a la recuperació d'errors és important. Per exemple, en el moment en el qual sistema té problemes per detectar superfícies, l'usuari hauria de ser informat del motiu i rebre ajuda per corregir l'error. Si l'usuari està movent un objecte virtual sobre una superfície no detectada, l'usuari hauria de tenir l'opció de reactivar la detecció de superfícies.

- **Ajuda i documentació:** Aquest tipus de sistema normalment no hauria de tenir documentació explícita perquè hauria de ser intuïtiu d'utilitzar. Tanmateix, hauria de tenir un breu tutorial per la primera vegada. En particular, la detecció de superfícies és una acció amb què molts usuaris no estan familiaritzats. Per tant, hi hauria d'haver un breu tutorial i una indicació explícita que indica a l'usuari com detectar superfícies. La possibilitat de translació i gir dels objectes també s'hauria de comunicar clarament a l'usuari.

Traducció de *Adapting Usability Heuristics to the Context of Mobile Augmented Reality*, [25].

Mètode d'inspecció - Revisió de Directrius

A part de les heurístiques i els altres mètodes estàndards d'usabilitat, per a l'estudi d'aquestes aplicacions s'avaluarà també que compleixin algunes directrius bàsiques. Afortunadament, existeixen diverses directrius proporcionades per algunes de les principals plataformes que suporten la tecnologia AR.

Un exemple és el de Google, que ofereix una sèrie de recomanacions per l'ús del seu ARCore [29], entre elles, seguretat, confort, disposició del contingut. És una aportació interessant, però les descripcions que ofereix són massa generals i ho acompanya de pocs exemples visuals.

Per altra banda, Apple en el seu ARKit [26] també ofereix una sèrie de directrius. Després de revisar-les i comparar-les amb les de Google, s'ha considerat que són més apropiades, ja que ofereixen exemples visuals (pantalles de mostra, icones...) així com informació més detallada. A continuació es mostra una selecció de les directrius més rellevants:

- **Maximitzar espai de pantalla:** Quan s'utilitzen funcionalitats de realitat augmentada és important maximitzar tot el possible la quantitat de pantalla que es dedica a la visualització de la càmera i els objectes. Com menys interfícies i botons innecessaris millor.
- **Il·lusions convincents:** És important que els objectes i efectes creats amb Realitat Augmentada siguin detallats i amb textures realistes per maximitzar la seva semblança en l'entorn físic on els col·loqueu.

És especialment rellevant evitar trencar la il·lusió que crees, assegura't que els objectes no semblin saltar o parpellejar.

- **Minimitzar text:** Com menys text aparegui en pantalla més realista serà l'experiència i ajudarà a mantenir la "il·lusió" que ofereix la realitat augmentada.
- **Guia:** Incloure ajudes i guies en començar una experiència AR de forma que s'indiqui clarament el que s'ha de fer. És recomanable que mentre es mostri aquestes ajudes s'amagui la resta de la interfície.

- **Detecció de superfícies:** És important que l'usuari sigui conscient quan el sistema ha aconseguit escanejar la superfície i ha detectat un lloc disponible per col·locar-hi un objecte. Aquestes àrees haurien d'estar ressaltades d'alguna forma.
- **Temps de càrrega:** Com més tardi a posicionar-se sobre el món real menys creïble serà l'efecte de la Realitat Augmentada.
- **Control directe preferible:** Sempre és preferible que l'usuari pugui interactuar directament amb els objectes 3D en comptes de fer-ho amb botons.

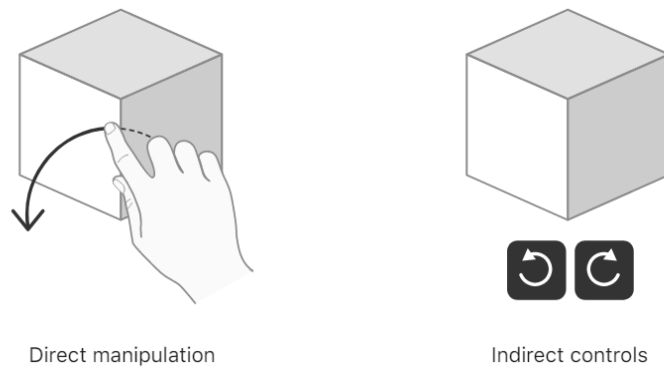


Figura 11. A l'esquerra exemple de model 3D amb manipulació directa, a la dreta exemple de model 3D amb manipulació per botons [26].

- **Etiquetes/Suggeriments 3D:** En un context 3D és preferible recórrer a elements 3D.

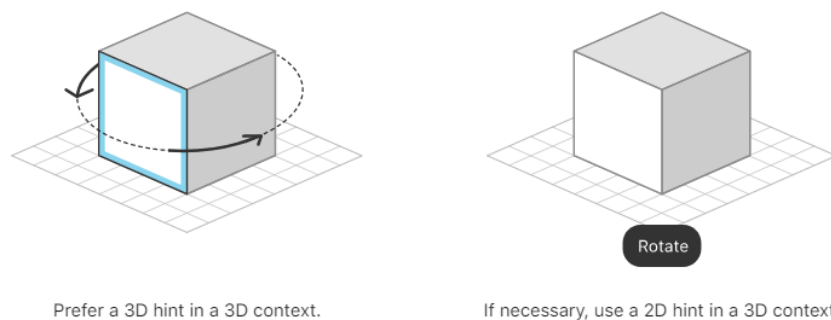


Figura 12. A l'esquerra exemple de model 3D amb etiqueta 3D, a la dreta exemple de model 3D amb etiqueta 2D [26].

- **Terminologia:** Utilitzar text instructiu amb una terminologia no tècnica.

Si	No
No es pot trobar una superfície. Prova de traslladar-te al costat o reposicionar el telèfon.	No es pot trobar un pla. Ajusta el seguiment.

Toqueu una ubicació per col·locar el [nom de l'objecte que s'ha de col·locar].	Selecciona un pla per carregar i vincula un model a la seva posició.
Hi ha poca llum, prova de millorar la il·luminació.	Característiques insuficients.
Proveu de moure el telèfon més lentament	Moviment excessiu detectat.

Taula 3. Tipus de text instructius recomanats per accions de Realitat Augmentada [26].

7. Estudi de resultats

Un cop definit tot el pla d'avaluació, ara és moment de posar-lo a prova aplicant-lo en les dues aplicacions de Realitat Augmentada RoomPlanner i YouCam Makeup.

Tal com s'ha definit als objectius, això implica la realització de totes les proves d'usabilitat definides en el pla d'avaluació en aquestes aplicacions i la recopilació de dades rellevants.

A continuació es descriuen les proves realitzades, la interpretació de les dades i la proposta de millores individuals per cada aplicació.

RoomPlanner - Mètode amb usuaris: Test d'usuaris

El test de RoomPlanner s'ha fet amb els usuaris d'ID 1,2,3,4,5,9,10,11,12,13,15,17.

A continuació presentaré i analitzaré els resultats de RoomPalnner incloent-hi els resultats dels tests ASQ de les tres tasques de cada test així com el qüestionari HARUS, el qüestionari de satisfacció i les mètriques d'Eficàcia i Eficiència de cada tasca. Les gràfiques relatives a les tasques de RoomPlanner es troben a l'annex D.

RoomPlanner – Tasca 1: Medir l'habitació amb la càmera

Centrant-nos de moment només en l'ASQ de la primera tasca, a la figura D2 tenim que la mitja de la pregunta 1 és 6, la de la pregunta 2 és 6,4 i la de la pregunta 3 és 6,1. A més, la puntuació ASQ d'aquesta tasca, que es calcula com la mitja de les tres, és 6,2.

El primer que podem dir és que, tenint en compte el funcionament de l'escala Liekert de 7 punts, és evident que es tracta d'una bona valoració, ja que es troba molt més a prop del 7, que representa "totalment d'acord", que de l'1, que representa "totalment en desacord".

En general la diferència de puntuació entre les tres preguntes no és gaire gran, però podríem dir que els usuaris estan més satisfets amb el temps de compleció de la tasca que no pas amb la facilitat i la informació de suport.

Pel que fa als usuaris podem veure, figura D1, que el 5,9,10 i 11 són els que valoren més positivament mentre que el 2 i el 3 els que valoren més negativament. Ara relacionarem això amb les mètriques de temps i eficiència.

A la figura D3 observem que la taxa de compleció mitjana (calculada com la mitjana aritmètica entre la taxa de compleció de cada usuari) és de 92%. En total 7 usuaris de 12 aconseguixen completar al 100% la tasca mentre que 3 usuaris están entorn al 90% i només 2 per sota del 80%.

A la figura D4 observem que la subtasca 5, que consisteix a situar tots els punts sobre l'habitació per tal de crear el seu model virtual 3D, és la que té una taxa de compleció més baixa. A més, a la figura 19 veiem que aquesta mateixa subtasca és la que ha obtingut el temps de compleció més gran. Això és esperable, ja que és la subtasca més complexa i important.

Per altra banda, podem veure que la subtasca 7 de la figura D4 té una compleció força baixa, del 83%. Això s'ha vist també reflectit tant en els comentaris del qüestionari de satisfacció que veurem més endavant com en les observacions experimentals que s'han fet.

En general els usuaris no han sabut com utilitzar els gestos tàctils necessaris per crear la porta/finestra sobre les parets.

A més, a la figura D5 podem veure que tot i que l'usuari 13 és el que menys tarda en completar la tasca, no està entre els que millor valora la seva satisfacció amb el temps a l'ASQ de la figura D1. En canvi, el 5,10 i 11, que tarden més sí que ho valoren més positivament.

Finalment, respecte les preguntes definides a la descripció interna de la tasca 1, això és el que s'ha observat:

- *L'usuari entén que inicialment ha de moure la càmera per escanejar la superfície de l'habitació? Sí, cap dels usuaris ha presentat problemes a l'hora d'escanejar la superfície. La guia que es mostra funciona i és intuïtiva.*
- *En col·locar els punts, els usuaris s'apropen prou a les cantonades per posicionar-los amb precisió o es deixen "enganyar" per la perspectiva provocant que els punts no estiguin del tot alineats?*

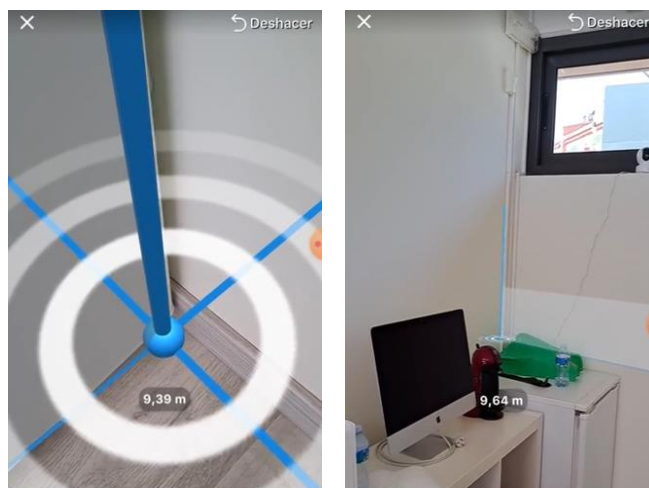


Figura 13. A l'esquerra col·locació d'un punt de l'usuari 2, a la dreta col·locació d'un punt de l'usuari 4.

Tal com s'observa a la figura 20, la majoria d'usuaris, com el 2, col·loquen els punts amb precisió sobre el terra apropant-se. No obstant això, s'ha vist que un dels usuaris, el 4, posava els punts a massa alçada i molt lluny del punt real on havia d'estar.

- *Els usuaris són capaços d'entendre que per "tancar" l'habitació és necessari tornar al punt inicial?* Sí, tots els usuaris han entès com tancar l'habitació.
- *En "tancar" l'habitació, interpreten correctament el feedback que dona el sistema per notificar-los que estan col·locant el punt final?* No, dos usuaris han tingut problemes interpretant el significat del color blanc del punt final.
- *Són capaços d'entendre els gestos i accions necessàries per crear la porta/finestra?* No, a molts usuaris no els ha resultat intuïtiu la forma de crear les portes/finestres.

RoomPlanner – Tasca 2: Posicionar objectes

A la figura D6 podem veure que la mitjana de la pregunta 1 (facilitat) és 5,8, la de la pregunta 2 (temps) és 6,2 i la de la pregunta 3 és 5,6 (informació de suport). A més, la puntuació ASQ d'aquesta tasca, que es calcula com la mitja de les tres, és 5,8.

El temps continua sent l'aspecte que menys preocupa als usuaris, mentre que la satisfacció general de la tasca es manté en valors similars. No obstant això, el suport en aquest cas sí que representa un problema més gran respecte a la tasca 1. Això és esperable, ja que, mentre que la tasca 1 sí que conté guies, tutorials i inclús entrenaments previs a l'activitat, durant la tasca 2 el sistema no ajuda pràcticament en cap moment a l'usuari.

Això causa que, com es pot veure a la figura D8, els usuaris se sentin perduts durant algunes accions complexes com col·locar un objecte sobre un altre (televisió sobre taula).

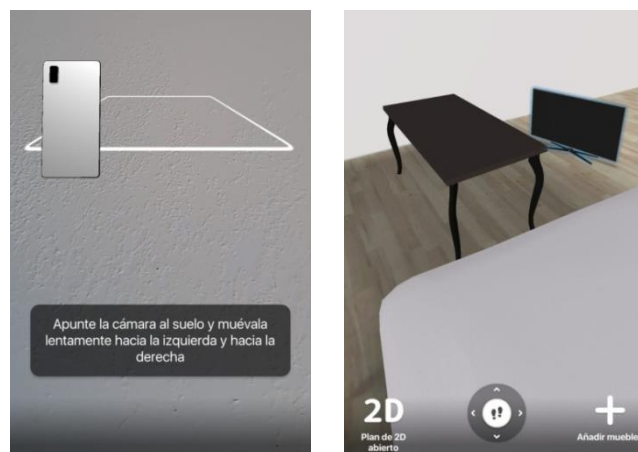


Figura 14. A l'esquerra exemple de guia d'ús a la tasca 1, a la dreta exemple de situació complexa sense cap guia d'ús a la tasca 2.

A la figura D7 observem que 8 usuaris aconseguen fer totes les tasques (100% compleció) mentre que 4 no. A la figura 22 veiem que l'única tasca que no estan assolint tots és la 6, que consisteix a col·locar la televisió sobre la taula.

Finalment, respecte les preguntes definides a la descripció interna de la tasca 2, això és el que s'ha observat:

- *Es fàcil pels usuaris identificar quin botó permet obrir el menú de cerca de mobles?* Sí, el botó per obrir aquest menú apareix a la part inferior dreta de la pantalla amb un símbol + que els hi ha resultat fàcil d'interpretar.
- *Els hi costa guiar-se pel menú per buscar els mobles que s'els demana?* No, cap usuari ha tingut dificultats per cercar els mobles demanats.
- *Un cop trobat l'objecte, resulta clar com introduir-lo al model?* Sí, dintre del menú d'informació del moble el botó per afegir-lo apareix a la part inferior amb un text descriptiu i de color blau.
- *Resulta intuïtiu pels usuaris com seleccionar i moure els objectes un cop estan sobre el terra?* Si, ràpidament entenen que han de seleccionar-lo, mantenir el dit a sobre i arrossegar-lo cap a la direcció on vulguin posar-lo.
- *Els hi costa descobrir com es pot pujar la televisió sobre la taula?* No, això ha suposat molts problemes. L'aplicació no és gaire consistent amb això, ja que depenent de la mida de la taula pot ser més fàcil/difícil pujar la televisió.

RoomPlanner – Tasca 3: Redissenyar

A la figura D11 podem veure que la mitjana de la pregunta 1 (facilitat) és 6,4, la de la pregunta 2 (temps) és 6,4 i la de la pregunta 3 és 5,9 (informació de suport). A més, la puntuació ASQ total d'aquesta tasca és 6,3.

La facilitat de la tasca creix considerablement respecte a la tasca 1 i 2. La raó és que aquesta tasca no introdueix tants conceptes/accions noves sinó que es limita a demanar als usuaris que canviïn propietats d'objectes ja existents (eliminar, moure, canviar color...). Per altra banda, la informació de suport continua sent la principal preocupació dels usuaris.

De la mateixa manera que en la tasca anterior, la televisió continua donant problemes als usuaris. A part d'això, alguns usuaris tenen problemes amb el Zoom, ja que el sistema no els explica que existeix un botó per canviar entre mode vista i mode desplaçament.

Finalment, respecte les preguntes definides a la descripció interna de la tasca 3, això és el que s'ha observat:

- *En intentar eliminar la cadira, se'ls hi acudeix que poden fer des del menú desplegable de selecció sobre un objecte? Dintre del menú identifiquen ràpidament l'opció que busquen? Sí, cap usuari ha mostrat dificultats.*
- *Se'ls hi presenta algun problema en intentar moure la taula? Què passa amb la televisió? Es desplaça sempre amb la taula o se separa? L'aplicació no és consistent en aquesta acció. Depenent de la taula i televisió, a vegades els dos objectes es mouen junts i altres no.*
- *En algun moment es plantegen utilitzar el botó 360°/passos per alternar entre el mode desplaçament i el mode vista del model 3D? No, aquest botó, tot i ser molt útil no ha estat utilitzat per cap dels 12 usuaris.*
- *El menú desplegable d'opcions de la paret apareix de forma prou responsiva i ràpida quan cliquen la paret? Localitzen amb facilitat l'opció de "color" dintre d'aquest menú? Sí, cap usuari ha tingut problemes interactuant amb les parets.*

RoomPlanner – HARUS i Satisfacció:

Un cop vistes les mètriques de cada tasca individualment, ara anem a presentar les mètriques globals de l'aplicació RoomPlanner. Primer presentaré els resultats del qüestionari de satisfacció:

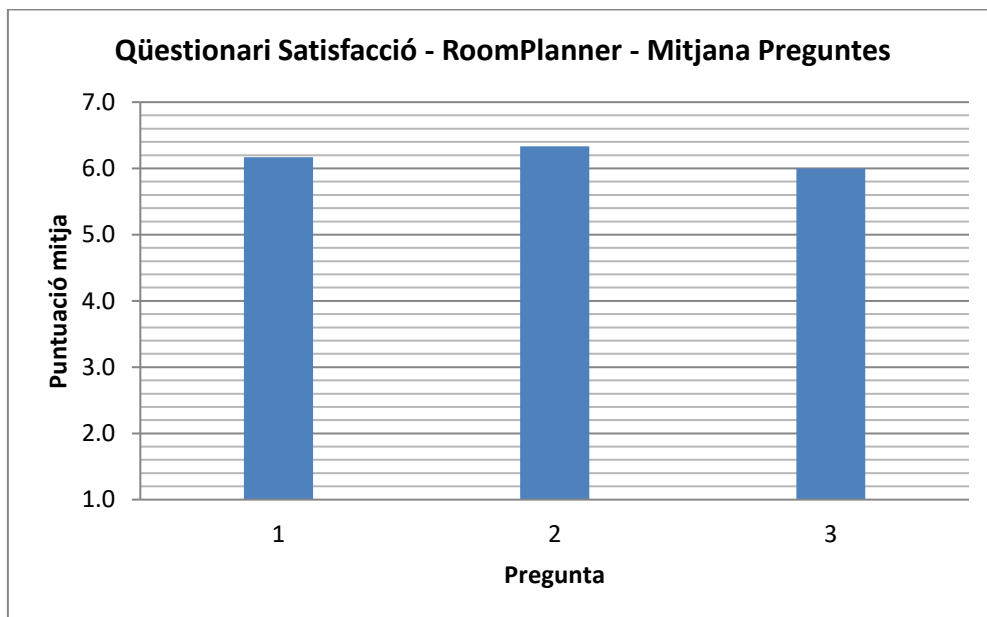


Figura 15. Qüestionari de satisfacció RoomPlanner.

Les preguntes que han contestat els 12 usuaris són:

- **Pregunta 1:** La funció de realitat augmentada de RoomPlanner m'ha permès veure com quedarien els mobles a casa meva/oficina d'una manera més precisa i realista que simplement veient imatges en una pàgina web (6,2).

- Pregunta 2: Considero que RoomPlanner m'estalviaria temps i diners en permetre'm veure com quedarien els mobles abans de comprar-los (6,3).
- Pregunta 3: Crec que RoomPlanner és una eina útil per a persones que busquen canviar la decoració d'una habitació sense necessitat de contractar un dissenyador d'interiors (6,0).

Les tres preguntes tenen una valoració molt positiva, per sobre de 6. La valoració mitjana és de 6,2. Per tant, en general els usuaris estan satisfets en quant a la utilitat de RoomPlanner com a aplicació de disseny d'interiors.

Per altra banda, aquests són els comentaris que han deixat a la pregunta oberta:

- ID 1: *Lo más complicado ha sido el medir y cerrar la habitación por un desnivel*
- ID 2: *Agilizar menú para arrastrar muebles y opciones*
- ID 3: *En la colocación de puertas y ventanas, el tamaño de las mismas, se complica su uso. También para poder mirar desde varias perspectivas, la de mirar desde arriba no lo conseguí.*
- ID 9: *Al mover la mesa la televisión no se mueve con ella, es un poco entretenido tener que moverla otra vez la tele ya que cuesta un poco subirla a la mesa. No deja.*
- ID 10: *La app es intuitiva y sencilla . Muy recomendable*
- ID 11: *Muy intuitiva*
- ID 17: *Cuesta colocar la televisión sobre la mesa.*

Pel que fa al qüestionari HARUS, s'ha fet el càlcul tant de la puntuació HARUS global com dels subqüestionaris de Maniobrabilitat i Comprensibilitat. A la figura 16 s'observa que la Maniobrabilitat obté un 85,8 i la Comprensibilitat un 85,4. Considero que té sentit que els dos valors siguin tan semblants.

El principal problema de Maniobrabilitat és el que s'ha comentat a les tasques 2 i 3 amb la taula i la televisió, mentre que el principal problema de Comprensibilitat ha estat la interpretació dels gestos necessaris per crear la porta/finestra a la tasca 1.

La puntuació HARUS global de RoomPlanner és de 85,6 que, com a aproximació, en l'escala SUS representaria una valoració A+ en el percentil 96-100 (*Taula 2. Escala de qualificació SUS*).

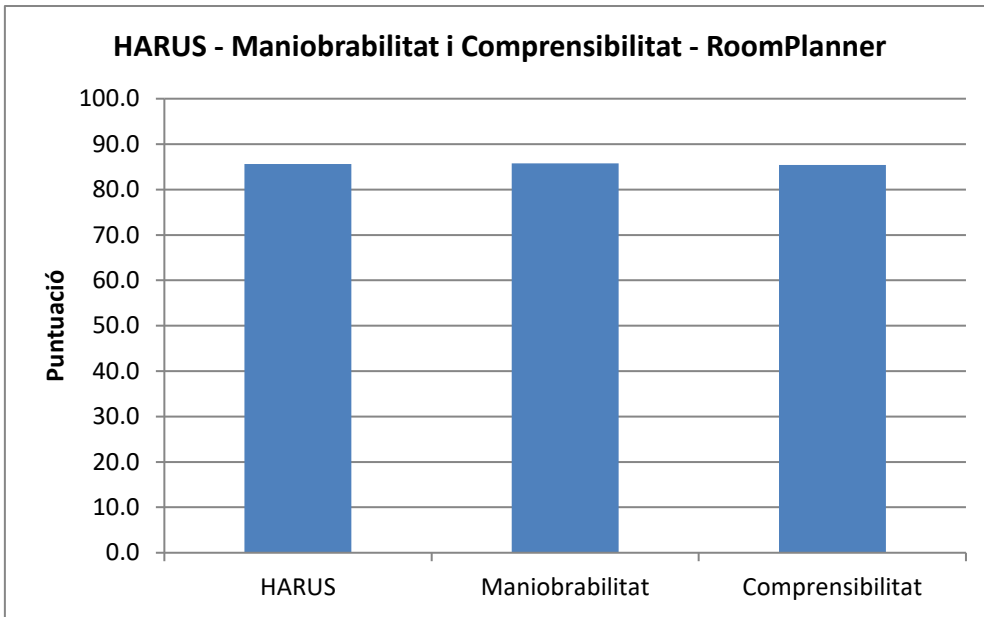


Figura 16. HARUS, Maniobrabilitat i Comprensibilitat de RoomPlanner.

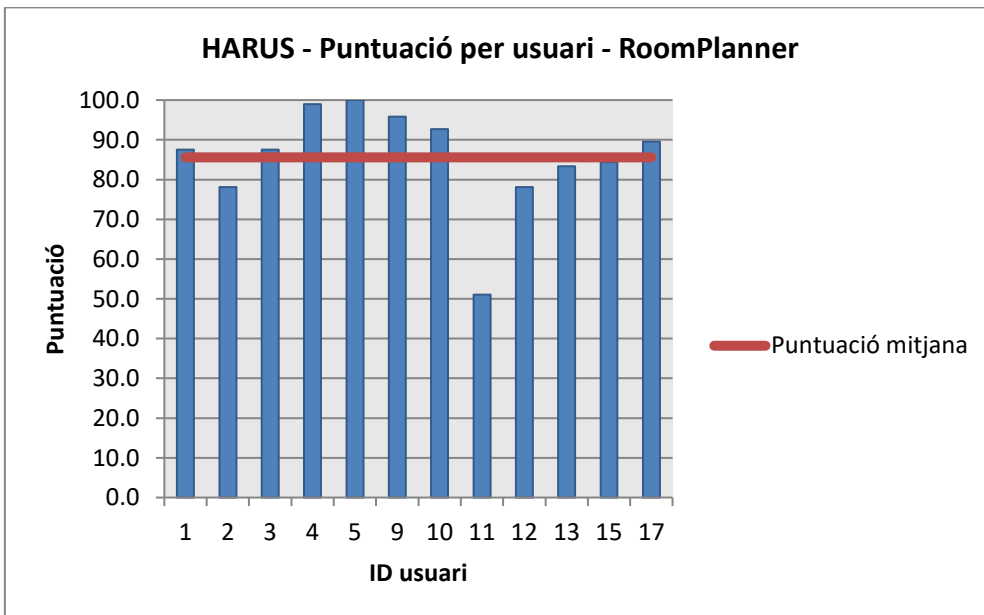


Figura 17. Valoració HARUS de cada usuari, en vermell la mitjana de 85,6.

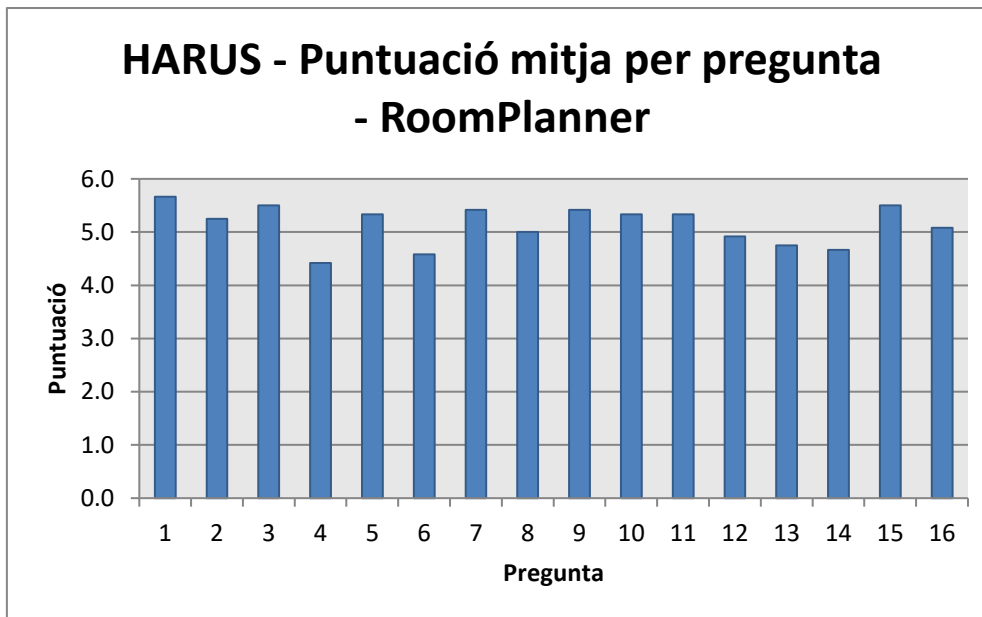


Figura 18. Puntuació de cada afirmació del qüestionari.

A la figura 18 podem veure que a la part de Maniobrabilitat l'afirmació amb la valoració més baixa és la 4, (4.P) *He trobat fàcil afegir dades, informació o accions a través de l'aplicació*, mentre que a la part de Comprensibilitat la valoració més baixa correspon a la 14, (14.P) *Penso que les paraules i símbols a la pantalla eren fàcils de llegir*.

En l'àmbit general de tota l'aplicació, també s'ha de tenir en compte que de les mètriques d'Eficiència que havíem marcat al pla en forma de rangs de temps esperat, s'han complert per quasi totes les subtasques. Les úniques que no han tingut el temps esperat són:

- Afegir una porta:
El temps esperat era de [5-10]s. En canvi, la mitjana de temps de compleció ha estat de 16 segons. Com ja s'ha explicat, aquesta tasca ha suposat problemes degut a la falta de support i ús de gestos complexos.
- Col·loca la televisió:
El temps esperat era de [5-15]s. En canvi, la mitjana de temps de compleció ha estat de 27 segons. A la tasca 2 també hem explicat la raó d'això, principalment a causa d'un error que provoca que a vegades la televisió no pugi encara que es realitzi l'acció correctament.
- Mou la taula:
El temps esperat era de [2-5]s. En canvi, la mitjana de temps de compleció ha estat de 17 segons. De nou, això és conseqüència que en moure la taula a vegades la televisió de sobre no queia a terra.

Finalment, cal remarcar que com s'observa en la figura 17 només un dels usuaris, l'11, mostra una puntuació molt allunyada de la mitja. En revisar les seves respostes, he vist que ha donat una valoració de 5 a totes (excepte una, amb 4). Per tant, les seves valoracions no s'han tingut en compte per la mitjana de HARUS.

RoomPlanner - Mètode d'inspecció: Heurístiques

Ratings: **5** Excellent **4** Good **3** Acceptable **2** Poor **1** Bad

- **Visibilitat de l'estat del sistema:** (5) Es compleix totalment. En cas que la superfície no es reconegui bé per falta de llum, el sistema mostra un avís aconsellant a l'usuari que encengui la llum i verifiqui que la càmera no està tapada.

Per altra banda, en cas que la superfície es detecti correctament, immediatament s'avisava a l'usuari que ja pot començar a col·locar els punts sobre el terra (Figura B1, apartat 8 Annex B).

- **Coincidència entre el sistema i el món real:** (3) Es compleix parcialment. En el cas dels mobles, tenen un aspecte molt realista i detallat. A més, les físiques i col·lisions amb les parets funcionen perfectament de forma que el sistema no deixa posar mobles fora dels límits de l'habitació. No obstant això, les col·lisions entre mobles no són del tot realistes, ja que el sistema permet per exemple posar una taula sobre un llit o deixar una televisió sota una taula (encara que no hi hagi espai).
- **Control de l'usuari i llibertat:** (4) En cas que l'usuari posi un objecte en una posició no desitjada, sempre pot desfer el canvi amb un botó (icona de fletxa corbada cap a l'esquerra) a la part superior de la pantalla.

No obstant això, en cas que l'usuari premi el botó d'eliminar un moble, preferiblement el sistema hauria de demanar confirmació, cosa que no succeeix. Aquest seria un punt de millora, tot i que no molt prioritari tenint en compte que es pot desfer el canvi si no és desitjat. També seria important afegir un botó de refer, que actualment no existeix a RoomPlanner.

- **Coherència i estàndards:** (2) En general els gestos per translació i gir d'objectes són consistents amb els estàndards d'interacció tàctil:
 - Per seleccionar objectes s'utilitza Tap (tocar la pantalla amb un dit i deixar-lo anar).
 - Per moure objectes Drag (arrossegar el dit cap a la posició desitjada) mentre es té l'objecte seleccionat.
 - Per girar objectes Rotation (mantenir els dos dits sobre l'objecte mentre es mouen circularment).
 - Per centrar la càmera sobre un objecte Double Tap (tocar la pantalla i deixar-la anar dues vegades) [27].

No obstant això, hi ha un estàndard relacionat amb gestos que no compleix. Quan es demana crear la porta/finestra, es mostra un hint/tutorial que mostra una animació d'un requadre creixent des d'un punt d'origen fins a l'altre extrem.

Això porta a pensar que l'usuari ha d'utilitzar Drag per arrossegar el dit des del punt original fins al final, en diagonal. Però en realitat no és així. Per poder crear la porta satisfactòriament el que s'ha de fer és fer Tap al punt original i Tap al punt final. Això no és gens intuïtiu tenint en compte l'animació que es dona d'exemple i és un punt d'errors, confusió i frustració molt freqüent (Figura B2, apartat 8 Annex B).

- **Prevenició d'errors:** (4) De la mateixa manera que a l'heurística de llibertat i control, per tal de prevenir errors seria recomanable demanar confirmació per al posicionament i eliminació dels mobles.
- **Reconeixement abans que record:** (4) Els objectes que l'usuari afegeix apareixen seleccionats, per tant és fàcil per l'usuari reconèixer quin és el que ha afegit. A més, quan se selecciona un objecte apareixen totes les opcions en forma de botons en un menú desplegable.

L'únic punt a millorar seria afegir alguna visualització que permetés veure tots els gestos disponibles en seleccionar un objecte (visualment ensenyar a l'usuari que el pot rotar...).

- **Flexibilitat i eficiència d'ús:** (3) El sistema no permet a l'usuari col·locar múltiples objectes al mateix temps. Aquesta és una funcionalitat molt important que s'hauria d'afegir per tal d'agilitzar el procés d'omplir l'habitació de mobles. Això és especialment rellevant en casos en què es dissenyin sales industrials molt grans amb grups d'objectes molt nombrosos.

A part d'això, també seria una bona pràctica que quan un objecte, per exemple un llit, s'afegeix a l'escena, es posicioni directament a una cantonada. Això és necessari, ja que aquest tipus de mobles sempre van al costat de la paret, mai en mig de l'habitació.

- **Disseny estètic i minimalista:** (5) En general aquesta heurística es compleix íntegrament. No he detectat que hi hagi cap situació en què es mostri més informació de l'estrictament necessària.
- **Ajudar als usuaris a reconèixer, diagnosticar i recuperar-se dels errors:** (5) Tal com s'ha comentat també a la primera heurística, el sistema ajuda a l'usuari a identificar el problema en cas que no es detecti una superfície.

En altres casos com el d'eliminació també permet desfer el canvi amb un botó. Inclús el posicionament de punts i portes es pot desfer en cas que hi hagi un error.

- **Ajuda i documentació:** (2) El sistema no proporciona suficients tutorials als usuaris. Tenint en compte la complexitat de les tasques hauria d'haver-hi més guies o inclús animacions explicatives abans de cada pas.:
 - En el cas de la porta/finestra, en comptes de mostrar un rectangle expandint-se, es podria mostrar un dit fent Tap en un punt i Tap en altre punt.
 - En el cas de la col·locació de punts també s'hauria d'ensenyar breument com posar-los amb precisió.
 - Pel moviment dels mobles, s'hauria d'ensenyar també com pujar l'un sobre l'altre en casos de taules.

El resultat final és 37/50. En general l'aplicació no té massa problemes greus o amb molta prioritat. Les funcionalitats principals estan molt ben dissenyades i són sòlides. La prioritat seria afegir més guies, permetre col·locar múltiples objectes alhora, demanar confirmació en algunes accions i afegir els objectes per defecte a parets i cantonades.

RoomPlanner - Mètode d'inspecció: Directrius Apple

- **Maximitzar espai de pantalla:** RoomPlanner compleix aquesta recomanació completament, ja que mentre la càmera està oberta per detectar superfícies i posar punts no hi ha ni un sol menú, barra de navegació interfície. Simplement, es mostra el botó de *desfer* i el botó de *sortir* i tornar al menú principal.
- **Il·lusions convincents:** Els objectes de RoomPlanner són molt detallats i amb textures realistes. Durant el moviment, els objectes no salten ni parpellejaren en cap moment.
- **Minimitzar text:** Durant la fase de creació del model amb els punts, portes, finestres i alçada, pràcticament no hi ha text a la pantalla. Només apareix temporalment en durant les guies/tutorials.
- **Guia:** Igual que s'ha comentat a la revisió heurística, seria necessari afegir més guies per tal d'evitar problemes com el de la porta.
- **Detecció de superfícies:** La detecció de superfícies en general és ràpida i en cas d'errors o dificultats s'informa l'usuari adequadament.
- **Temps de càrrega:** El punt es posicionen molt de pressa sobre el terra. La línia de l'alçada també puja i baixa de forma molt responsiva i sensible als moviments de l'usuari. Finalment, els objectes s'introdueixen a l'escena en menys d'un segon.

- **Control directe preferible:** En el cas de RoomPlanner es dona la possibilitat de moure els objectes tant amb botons com amb interacció 3D. Per exemple, en el cas del gir pot fer un gest de rotació o pot seleccionar l'objecte, desplegar el menú i anar prement el botó Rotar fins que estigui a la posició que busca.
- **Etiquetes/Suggeriments 3D:** Aquest és un dels punts de millora, pot ser en cas de les rotacions per exemple seria bona idea afegir una etiqueta en forma de senyal/fletxa, entorn l'objecte que servis de pista de l'acció en qüestió:
- **Terminologia:** El text és prou clar i entenedor tal com és. Alguns exemples són: "Está muy oscuro. Encienda la luz y verifique que la cámara no esté cubierta" o "Apunta tu teléfono al suelo".

RoomPlanner - Conclusions

Un cop realitzat tot l'estudi de RoomPlanner amb els diferents mètodes, podem fer unes breus valoracions i suggeriments:

- En primer lloc, és evident que el principal problema de l'aplicació té a veure amb les guies i suport proporcionat pel sistema. Casos problemàtics com la creació de finestres es podrien solventar molt fàcilment amb instruccions més clares i consistents.
- En el cas dels objectes en si, podem assegurar que els mobles són realistes i permet crear models 3D creïbles a escala dels reals.
- Una millora important seria poder afegir múltiples mobles alhora.
- Hi ha un botó amb una funcionalitat molt important, canvi entre mode vista/mode, desplaçament, que en general passa molt desapercebut i que té una funcionalitat poc clara. Igual que en el primer punt, seria recomanable afegir una guia que expliqués la seva utilitat.
- Afegir *hints* o pistes 3D sobre els objectes podria facilitar la identificació dels moviments disponibles (fletxes circulars per indicar rotació, dits per indicar translació...).
- Vist això, es considera que la puntuació HARUS de 85 obtinguda per RoomPlanner és força realista. Tot i que presenta nombrosos problemes com els mencionats anteriorment, les funcionalitats principals són sòlides i robustes.

YouCam Makeup - Mètode amb usuaris: Test d'usuaris

El test de YouCam Makeup s'ha fet amb els usuaris d'ID 3,6,7,8,9,12,14,16,17,18,19.

A continuació presentaré i analitzaré els resultats de YouCam Makeup incloent-hi els resultats dels tests ASQ de les tres tasques així com el qüestionari HARUS, el qüestionari de satisfacció i les mètriques d'Eficàcia i Eficiència de cada tasca. Les gràfiques relatives a les tasques de YouCam Makeup es troben a l'annex E.

YouCam Makeup – Tasca 1: Cabell, llavis i nas

A partir de les dades recollides (ID usuari, resposta pregunta 1,2,3) es calcula la puntuació ASQ mitjana de cada usuari, la mitjana de cada tasca i el resultat global de tota la tasca. A continuació es pot veure la representació gràfica a les figures 36 i 37.

Centrant-nos de moment només en l'ASQ de la primera tasca, a la figura E2 tenim que la mitja de la pregunta 1 és 5,6, la de la pregunta 2 és 6,1 i la de la pregunta 3 és 4,9. A més, la puntuació ASQ d'aquesta tasca, que es calcula com la mitja de les tres, és 5,5.

El primer que podem dir és que, tenint en compte el funcionament de l'escala Likert de 7 punts, es tracta d'una valoració bona, però més baixa que les de RoomPlanner. De fet, la pregunta 3 (satisfacció amb la informació de suport) té una puntuació molt baixa, de 4,9.

De fet, si observem la figura E1 podem veure que els usuaris 7, 18 i 19 han valorat aquesta pregunta amb un 4. Mentre que a RoomPlanner la valoració més baixa de qualsevol usuari a una pregunta era de 5.

Tal com veurem més endavant, la raó d'això és que els usuaris han tingut problemes amb la navegació dintre del menú de selecció d'opcions de maquillatge i la seva forma de reflectir aquest malestar ha estat puntuant més negativament la pregunta 3. Això es pot interpretar com que s'hauria d'afegir un suport/tutorial de navegació bàsic per part de la mateixa aplicació per tal d'evitar aquests problemes.

A la figura E3 observem que 6 dels 11 usuaris aconseguen fer totes les tasques. La compleció mitjana és del 93%, per sobre del 78% mínim establert al pla d'avaluació. A la figura E4 veiem que l'única tasca que no estan assolint els 5 usuaris restants és la 6, que consisteix a canviar la mida del nas.

A més, a la figura E5 veiem que la tasca 6 és precisament la que més temps de mitja ha tingut entre tots els usuaris. Ara relacionarem això amb les preguntes definides a la descripció interna de la tasca 1. Això és el que s'ha observat:

- *En general, resulta fàcil per l'usuari desplaçar-se pels menús laterals mentre cerca les opcions que se li demanen? Sí, els usuaris no han tingut problemes amb l'acció en si de canviar de pestanya dintre del menú de navegació.*

- *Es correspon allò que l'usuari llegeix/veu en el menú amb el qual es mostra sobre la seva cara quan selecciona cada una de les opcions? Li resulta realista? En la majoria dels casos sí, no obstant dos usuaris m'han informat que, en la seva opinió, les accions de canviar mida del nas i canviar alçada del nas haurien d'estar canviades (és a dir l'etiqueta associada a cada acció s'hauria de canviar per l'altre).*
- *Com que les opcions de cabell, llavis i nas estan en tres seccions totalment diferents ("Cabello", "Maquillaje" i "Retoque"), dificulta això trobar el que vol? En general, l'etiquetatge representa un problema pels usuaris?*

Sí, l'etiquetatge representa el problema més gran pels usuaris en aquesta aplicació. No és intuïtiu que el nom d'algunes accions (com les del nas mencionades) facin el que es descriu.

Tampoc és intuïtiu el contingut que es troba dintre de les seccions. Per exemple, el color dels ulls no hauria d'estar a la secció de maquillatge sinó a una pròpia.

- *El fet de navegar pels menús laterals mentre veu la seva cara a la part central de la pantalla i al mateix temps sosté el mòbil amb les mans, resulta marejant o especialment esgotador físicament o mentalment? No, en principi cap usuari m'ha informat que hagi tingut sensacions d'aquest estil. Tampoc s'ha vist reflectit en els qüestionaris ni en les preguntes amb resposta oberta.*
- *És intuïtiva la forma de fer una fotografia en acabar de fer la sessió de maquillatge? Sí, el botó es troba en una posició central molt visible sota la barra de navegació i en cap cas ha suposat un problema.*

YouCam Makeup – Tasca 2: Vídeo de 10 canvis

A la figura E7 podem veure que la mitjana de la pregunta 1 (facilitat) és 6,2, la de la pregunta 2 (temps) és 5,8 i la de la pregunta 3 és 5,4 (informació de suport). A més, la puntuació ASQ d'aquesta tasca, que es calcula com la mitjana de les tres, és 5,8.

A més, de la mateixa manera que passava a la tasca 1, a la 2 la informació de suport continua sent la menys valorada de les tres. La valoració mitjana també continua per sota de 6, igual que a la tasca 1.

No obstant això, si bé a la tasca anterior hi havia múltiples usuaris amb valoracions de 4, en aquesta tasca la puntuació més baixa ha estat de 5.

A la figura E8 observem que 8 dels 11 usuaris aconseguen fer totes les tasques. La compleció mitjana és del 86%, per sobre del 78% recomanat que hem establert al pla. A la figura E9 veiem que les tasques que no estan assolint aquests 3 són la tres i la quatre, que consisteixen a començar a gravar el vídeo i guardar-lo al final de la sessió de maquillatge.

La raó és que aquests tres usuaris van oblidar començar a gravar el vídeo i, per tant, tampoc podien guardar-lo, en conseqüència, la subtasca 4 queda directament afectada en la seva compleció per la 3.

A més, a la figura E10 veiem que la tasca 2 és la que ha tingut una mitjana de temps més gran entre tots els usuaris. Sobre això és important comentar dues coses:

- És normal que el temps sigui tan gran comparat amb les altres subtasques ja que el que es vol veure aquí es l'aprenentatge respecte la tasca anterior i per això se'ls demana fer tantes accions.
- El temps no és una mètrica rellevant en aquesta tasca, ja que cada usuari escolleix aplicar diferents opcions de maquillatge.

Ara relacionarem això amb les preguntes definides a la descripció interna de la tasca 2. Això és el que s'ha observat:

- *Resulta fàcil pels usuaris iniciar la gravació del vídeo abans de començar la sessió de maquillatge? El posicionament de la icona de gravació molesta durant la posterior navegació en els menús?* No, com ja he comentat 3 usuaris no han pogut iniciar el vídeo. Respecte a la posició de la icona, un cop començat el vídeo apareix situada en el centre. En principi no hauria de suposar problemes en la visibilitat del menú.
- *Al tenir llibertat de decisió sobre les opcions de maquillatge, hi ha alguna secció en concret que prioritzin sobre les altres? Si és així hi ha alguna raó observable?* Sí, la secció "maquillatge" és la que més visiten amb molta diferència. La raó és que conté totes les opcions de color d'ulls, llavis, pestanyes...
- *S'observa alguna millora en la navegació a causa de l'experiència prèvia de l'altra tasca? Hi ha un cert nivell d'aprenentatge o mantenen problemes de la tasca anterior?* Sí, no triguen tant a trobar el que volen. Però s'ha de tenir en compte que aquí no se'ls imposa una acció en concret sinó que ells decideixen, per tant, és més difícil que no trobin que el vulguin.

YouCam Makeup – Tasca 3: Diagnòstic de la pell

A continuació ens centrem en la tercera tasca. L'objectiu de l'usuari és envellir/rejuvenir amb la màquina del temps i realitzar un diagnòstic de la pell. El test ASQ consta de les mateixes preguntes que a l'apartat anterior.

A la figura E12 podem veure que la mitjana de la pregunta 1 (facilitat) és 6,1, la de la pregunta 2 (temps) és 6,3 i la de la pregunta 3 és 5,8 (informació de suport). A més, la puntuació ASQ d'aquesta tasca, que es calcula com la mitjana de les tres, és 6,0.

Aquests resultats confirmen la tendència que hem vist durant la tasca 1 i 2 quant a la puntuació de la pregunta 3 "En general, estic satisfet amb la informació de suport per completar aquesta tasca". A la tasca 3 aquesta pregunta continua sent la menys valorada, amb 5,8.

A la figura E13 observem que en aquesta tasca també 8 dels 11 usuaris aconseguen fer totes les subtasques. La compleció mitjana és del 97%, molt per sobre del 78% recomanat que hem establert al pla. A la figura 48 veiem que les tasques que no estan assolint els 3 restants són la tres i la vuit.

El problema de la 3 és que a alguns usuaris els hi costa apropar/centrar la cara al cercle de detecció facial.

Per altra banda, la problemàtica principal de la 8 és que tal com es veu a la figura 19, el punter de la barra que permet desplaçar-se a una edat diferent té una àrea de selecció molt petita. És a dir, l'usuari ha de passar el dit exactament per sobre del punt.

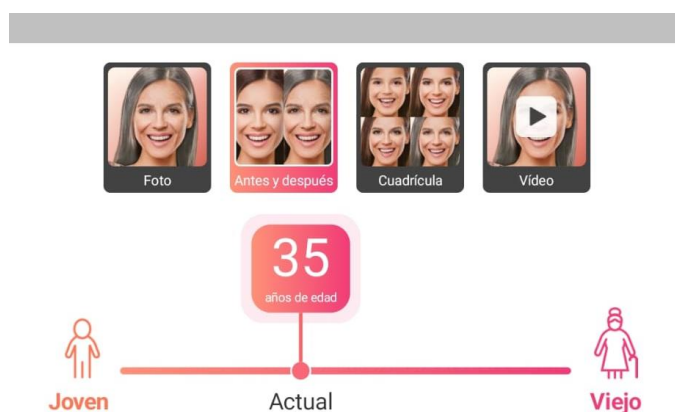


Figura 19. Barra de selecció d'edat de la tasca 3 de YouCam Makeup.

En alguns casos, si en intentar-ho per primera vegada l'usuari clica una mica cap a la dreta/esquerra i no al centre, veu que la barra no es mou i es confon pensant que el selector no funciona. Això s'hauria de millorar ampliant l'àrea de selecció d'aquest punter.

Ara relacionarem això amb les preguntes definides a la descripció interna de la tasca 3. Això és el que s'ha observat:

- *En intentar fer l'activitat relacionada amb la "Máquina del tiempo", han de moure molt la cara els usuaris perquè el sistema la reconegui? Reben alguna indicació per part de l'aplicació indicant que han de canviar de perspectiva o apropar-se? Sí, han tingut problemes per posicionar bé la cara al centre i que sigui detectada.*
- *En interactuar amb el selector de temps de la barra, tenen algun problema? Sí, com ja s'ha comentat el selector té poca àrea de selecció.*
- *El temps de processament de la cara un cop reconeguda els hi resulta massa llarg. No, no hi ha cap mètrica ni observació que indiqui que el temps no hagi estat satisfactori.*

- A l'activitat de "Diagnòstic de la pell", tenen també algun problema amb el reconeixement de la pell? Concretament amb el temps, posició de la cara i feedback del sistema? Sí, de la mateixa manera que amb la màquina del temps, la detecció de la cara presenta problemes.
- Un cop detectades les imperfeccions, resulta clar com poden eliminar-les? Sí, simplement han de seleccionar el botó "Eliminar imperfeccions" de la part inferior dreta. És molt visible i cap usuari ha tingut problemes per trobar-lo.

YouCam Makeup – HARUS i Satisfacció:

Un cop vistes les mètriques de cada tasca individualment, ara anem a presentar les mètriques globals de l'aplicació YouCam Makeup. Primer presentaré els resultats del qüestionari de satisfacció:

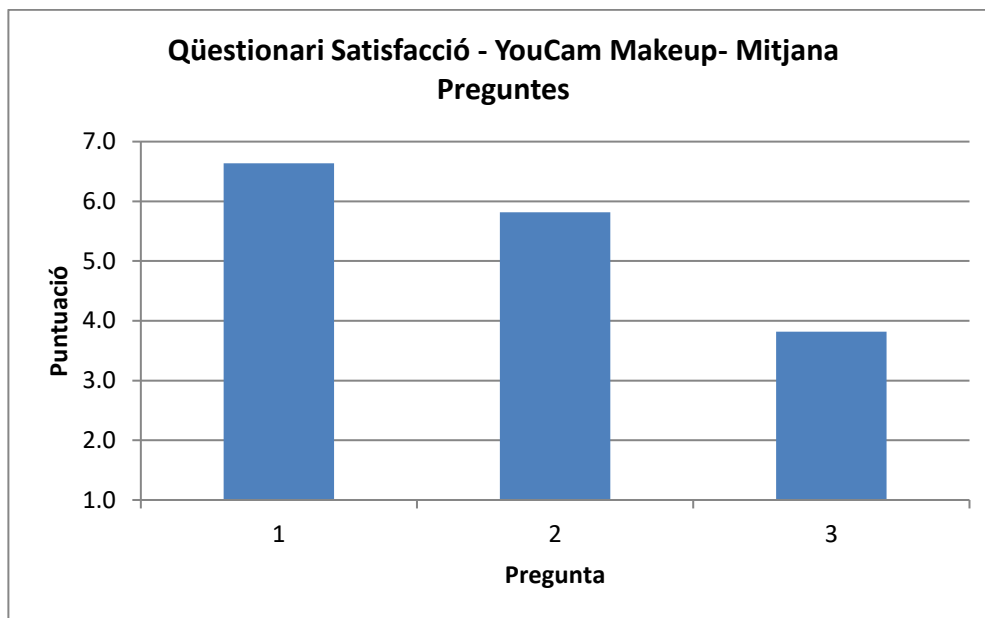


Figura 20. Qüestionari de satisfacció YouCam Makeup.

Les preguntes que han contestat els 11 usuaris són:

- La funció de realitat augmentada de YouCam Makeup em permet veure com quedarien diferents colors i productes de maquillatge a la cara de manera precisa i realista (6,6).
- Crec que YouCam Makeup ofereix una àmplia varietat de productes i colors de maquillatge per provar en temps real amb realitat augmentada (5,8).
- La funció de mesura de la salut de la pell de YouCam Makeup m'ofereix una avaluació precisa i útil de l'estat de la pell (3,8).

La conclusió que podem treure és que els usuaris están molt satisfets amb els efectes de maquillatge i amb la varietat de productes i colors. No obstant això, la funció de Diagnostic de la pell de la tasca 3 obté un resultat molt més negatiu, només un 3,8.

Els usuaris van explicar durant el test que en general moltes de les imperfeccions que es detectaven no existien realment i, per tant, el resultat no era precís. A més, la visualització és molt caòtica i no queda clar que representa cada color/forma.

Per altra banda, aquests són els comentaris que han deixat a la pregunta oberta:

- ID 3: *En retoque de nariz, me costó encontrar la forma de volver atrás, sin ir a la página original. Luego de probar y probar lo logré.*
- ID 6: *Lo único que no me ha gustado de la aplicación es que tiene algunas descripciones confusas. Por ejemplo: Modificar el tamaño de los ojos (grandes o pequeños) está descrito como "altura de ojos" cuando debería ser "tamaño de ojos". Lo mismo cuando quieres cambiar el color de ojos, debería estar en "retoques" y no en "maquillaje". El resto de la aplicación es maravillosa. Va muy muy bien y es muy rápida.*
- ID 7: *Necesitaría mejorar el nombre para ver tu edad. Y el resultado obtenido para ver mi edad a los 70 años ya que me ha cambiado el color de los ojos*
- ID 9: *El cambio de color de ojos lo cambiaría de categoría, en maquillaje es difícil de encontrar. El cambio de nariz demasiado sutil.*
- ID 19: *Sería positivo poder ampliar la foto y así observar con precisión los cambios que va haciendo la aplicación.*

Finalment, de la mateixa forma que amb RoomPlanner, per YouCam Makeup s'ha fet el càlcul tant de la puntuació HARUS global com dels subqüestionaris de Maniobrabilitat i Comprensibilitat.

Si bé a RoomPlanner hem observat dos valors molt semblants, es veu que a YouCam Makeup, figura 21, la Maniobrabilitat obté un 92,2 i la Comprensibilitat un 85,0.

Això té molt de sentit, ja que en general YouCam Makeup no és una aplicació amb tanta càrrega d'interacció tàctil i amb moviment d'objectes com RoomPlanner, per tant els problemes ergonòmics (excepte en el cas de la barra del temps) són pràcticament inexistents.

Per altra banda, l'aplicació té molts problemes de Comprensibilitat al presentar informació confusa i poc consistent. Sobretot alhora d'anomenar les etiquetes de seccions i opcions de maquillatge així com la distribució d'algunes opcions (com la dels ulls) a llocs poc adequats.

La puntuació HARUS global de RoomPlanner és de 88,6 que, com a aproximació, en l'escala SUS representaria una valoració A+ en el percentil 96-100 (Taula 2).

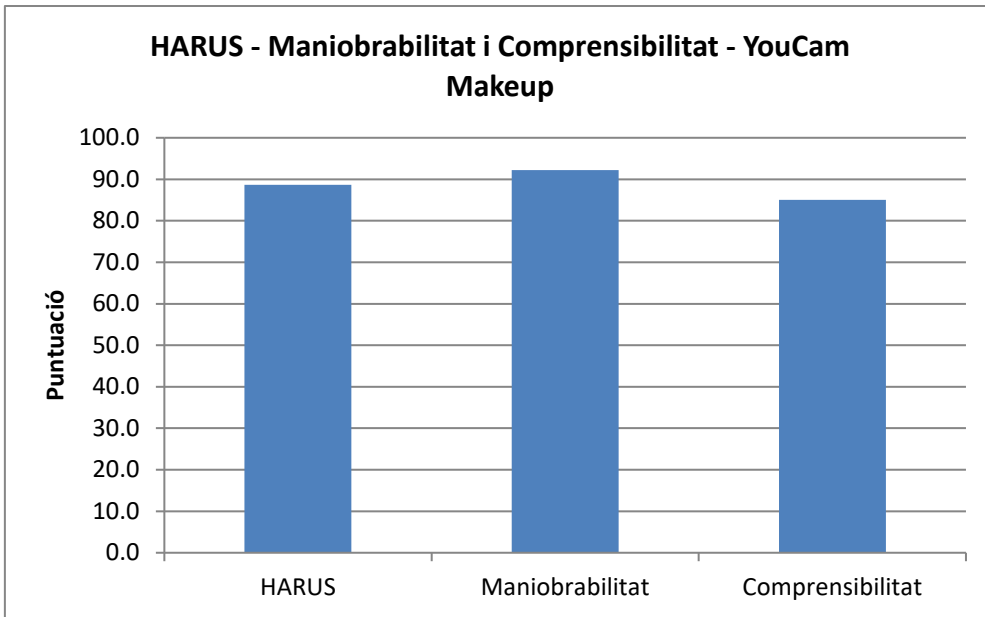


Figura 21. HARUS, Maniobrabilitat i Comprensibilitat de YouCam Makeup.

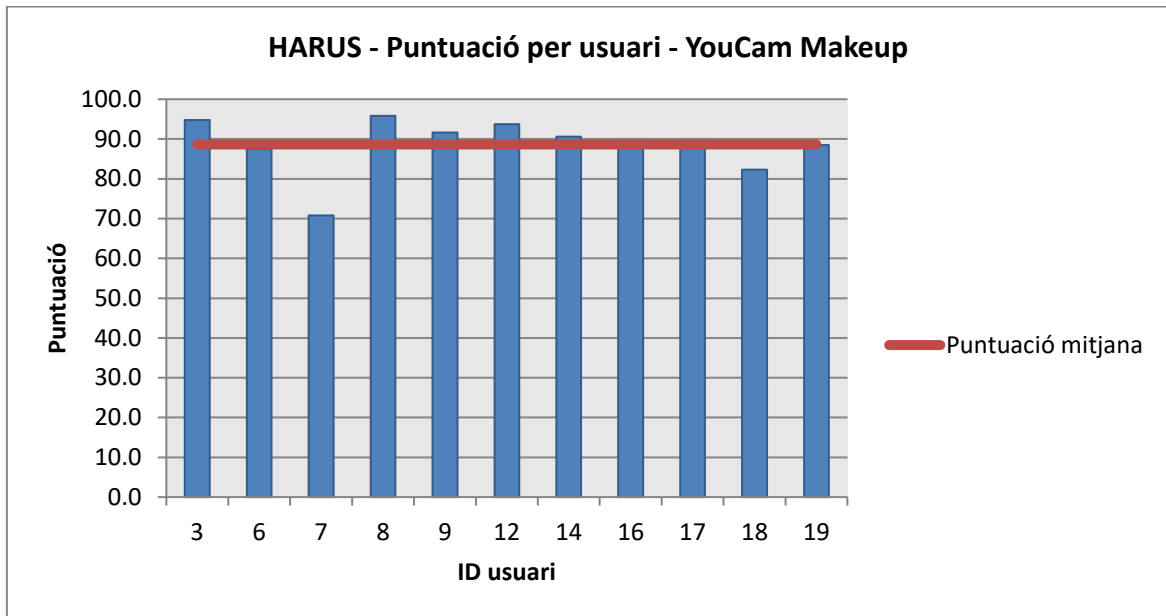


Figura 22. Puntuació HARUS mitjana per usuari de YouCam Makeup.

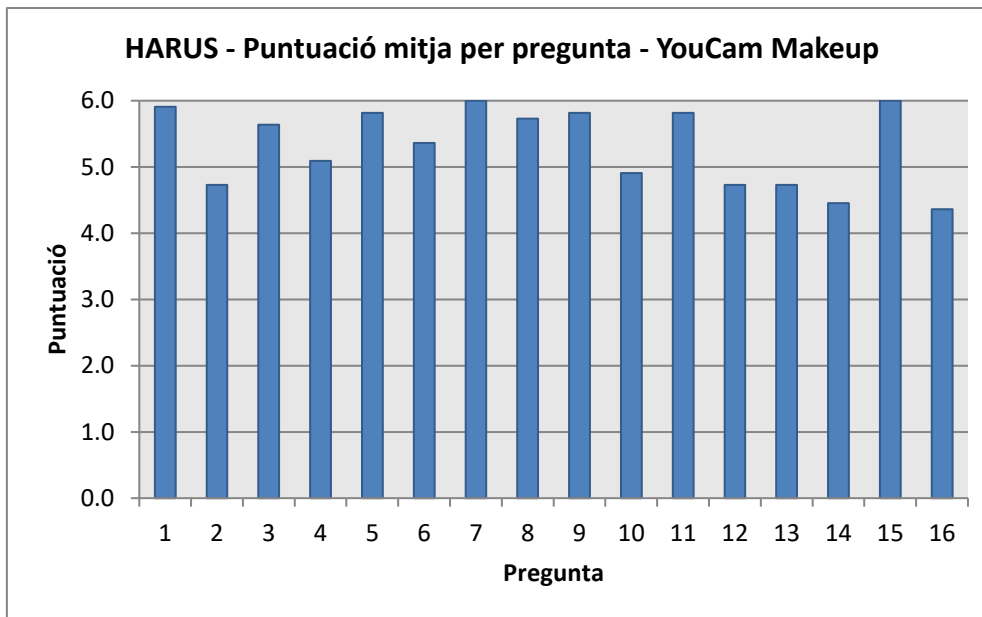


Figura 23. Puntuació HARUS mitjana de cada afirmació a YouCam Makeup.

A la figura 23 podem veure que a la part de Maniobrabilitat l'afirmació amb la valoració més baixa és la 4, (2.P) *He sentit que fer servir l'aplicació era còmode per als meus braços i mans*, mentre que a la part de Comprensibilitat la valoració més baixa correspon a la 17, (16.P) *Crec que la informació mostrada a la pantalla era consistent*.

En l'àmbit general de tota l'aplicació, també s'ha de tenir en compte que de les mètriques d'Eficiència que havíem marcat al pla en forma de rangs de temps esperat, s'han complert per quasi totes les subtasques. Les úniques que no han tingut el temps esperat són:

- Modifica la mida del nas:
El temps esperat era de [15-30]s. En canvi, la mitjana de temps de compleció ha estat de 41 segons. Com ja s'ha explicat, aquesta tasca ha suposat problema perquè no era intuïtiu on es podia trobar aquesta opció dintre del menú.
- Utilitza la barra de temps:
El temps esperat era de [15-30]s. En canvi, la mitjana de temps de compleció ha estat de 51 segons. Tal com hem vist, això és a causa del problema amb el selector de la barra.

Finalment, cal remarcar que a la figura 22 no s'observa que hi hagi cap usuari massa allunyat de la mitjana o que hagi respost de forma irracional a les preguntes.

YouCam Makeup - Mètode d'inspecció: Heurístiques

Ratings: **5** Excellent **4** Good **3** Acceptable **2** Poor **1** Bad

- **Visibilitat de l'estat del sistema:** (5) Es compleix totalment. Mentre s'intenta detectar la cara al Diagnòstic de la pell es mostren tres indicadors d'estat, Il·luminació, Mirada i Posició de la cara (Figura B3, apartat 8 Annex B). Per altra banda, mentre la màquina del temps processa la cara, es mostra un missatge que ho indica.
- **Coincidència entre el sistema i el món real:** (2) Es compleix parcialment. En el cas del maquillatge, els efectes són molt realistes i creïbles. No obstant això, tant el diagnòstic de la pell com la màquina del temps produeixen resultats molt qüestionables. És un aspecte a millorar molt important.
- **Control de l'usuari i llibertat:** (1) A la part superior Esquerra hi ha un botó per desfer els canvis, el problema és que desfà tots els canvis de cop! En cas que l'usuari vulgui desfer només l'últim canvi no pot. Ha de començar de zero.

A més, si l'usuari desfà sense voler, no pot rectificar l'error, ja que no hi ha botó de refer. Considero que aquests dos problemes són molt greus i haurien de tenir prioritat absoluta en cas de continuar el desenvolupament de l'aplicació.

- **Coherència i estàndards:** (3) YouCam Makeup és una aplicació que presenta molt poca interacció amb la pantalla. Simplement, permet prémer sobre la cara directament per fer una fotografia. Com a millores evidentment es podria afegir el canvi de color seleccionant una part de la cara directament. Però si avaluem només el que està fet, el principal problema de consistència estaria en l'etiquetatge, que no és molt clar pels usuaris.
- **Prevenició d'errors:** (5) El principal error que pot ocórrer és que l'usuari desfaci sense voler els canvis. Per evitar això l'aplicació demana confirmació abans de desfer.
- **Reconeixement abans que record:** (4) Pot ser complicat haver de recordar cada vegada on estava cada una de les opcions de maquillatge que es busquen (nas, ulls, mida, color...). Per tal d'evitar haver de recordar constantment estaria bé afegir un camp de cerca amb autocompletat de forma que l'usuari pugui buscar paraules clau.
- **Flexibilitat i eficiència d'ús:** (3) Una millora important seria permetre que l'usuari realitzi diverses opcions alhora. Per exemple, canviar el color dels ulls, pestanyes i cabell a blau de cop.

- **Disseny estètic i minimalista:** (5) La pantalla de maquillatge es força minimalista. Però potser la barra superior amb el botó de tornada al menú principal i el canvi de sentit de la càmera podria eliminar-se i passar aquests botons a la part inferior, alliberant així una quantitat considerable d'espai.
- **Ajudar als usuaris a reconèixer, diagnosticar i recuperar-se dels errors:** (4) El principal problema és l'eliminació no desitjada que ja he comentat a l'heurística 5. No hi ha possibilitat a recuperació, ja que no es poden refer canvis. Pel que fa al diagnòstic d'errors, quan la càmera no detecta bé la cara s'avisava a l'usuari com ja s'ha vist a la primera heurística (Figura B3, apartat 8 Annex B).
- **Ajuda i documentació:** (3) El sistema pràcticament no proporciona cap guia d'ús en forma de tutorials. No és estrictament necessari, ja que les accions possibles a l'aplicació són senzilles, però és una possible millora.

Total de 35/50. YouCam Makeup té unes funcionalitats sòlides, no hi ha tants casos d'errors com a RoomPlanner, però, per altra banda, sí que fa l'experiència de l'usuari menys eficient en perdre temps durant la navegació i no poder desfer/refer canvis de forma àgil i ràpida així com fer diferents accions alhora (canvi de color de múltiples faccions).

YouCam Makeup - Mètode d'inspecció: Directrius Apple

- **Maximitzar espai de pantalla:** YouCam Makeup compleix aquesta recomanació parcialment. No és un problema greu, però es podria reduir/eliminar l'espai que ocupa la barra d'opcions superior.
- **Il·lusions convincents:** Per una banda, els efectes de maquillatge són realistes, per l'altra, la màquina del temps i el diagnòstic són poc fiables.
- **Minimitzar text:** El text de la barra de navegació podria fer-se més petit, canviar les paraules en majúscules per minúscules i fer que les icones siguin més petites.
- **Guia:** Tal com s'ha comentat a les heurístiques, YouCam Makeup disposa de poques guies. En particular es podria afegir una per ajudar en la navegació.
- **Detecció de superfícies:** La detecció de cares es fa sense problemes un cop posicionada adequadament en el centre. El temps de processament és molt curt i en cap cas representa un problema.
- **Temps de càrrega:** Un cop seleccionada una opció de maquillatge, aquesta s'aplica molt de pressa sobre la cara. No hi ha temps d'espera pràcticament.

- **Control directe preferible:** En el cas de la fotografia, es pot premer directament sobre la cara per fer la foto en comptes d'utilitzar el botó de la camera de la part inferior-central. No obstant, cap de les funcionalitats del maquillatge es interactuable amb la pantalla.
- **Etiquetes/Suggeriments 3D:** Seria útil que hi hagués una opció toggle de mostrar directament sobre la cara el nom de les diferents parts i algun indicador del seu estat actual (pintat/no pintat...).
- **Terminologia:** La terminologia és molt millorable. L'etiquetatge en general genera confusions i no permet identificar correctament algunes funcionalitats.

YouCam Makeup - Conclusions

Un cop realitzat tot l'estudi de YouCam Makeup amb els diferents mètodes, podem fer unes breus valoracions i suggeriments:

- En primer lloc, és evident que hi ha un problema d'etiquetatge general que s'ha identificat reiteradament en tots els estudis realitzats. És la prioritat principal. Especialment en el cas de les funcionalitats relacionades amb nas i ulls és important canviar noms i/o canviar-les de secció. A continuació relacionaré això amb l'arquitectura de la informació de l'aplicació:
 - Sistema d'organització: El sistema d'organització de la informació està estructurat per temes. Concretament, estan separats en *Efectos* (il·luminació, fons de pantalla temàtics...), Cabello (multicolor, 2 colors, gradació...), Aspectos (conjunt de múltiples efectes alhora), Maquillaje (llavis, pestanyes, color d'ulls...) i Retoque (amplada cara, mida nas...).

Alguns usuaris han suggerit canviar algunes opcions de Retoque a Maquillaje i crear una nova secció per canvis relacionats amb els ulls, ja que no ho consideren maquillatge.

- Sistema de navegació: És un sistema de navegació mixt, hi ha una jerarquia secció-opcions interiors, però la navegació no és unidireccional. Des de la barra de navegació inferior de CosmetiCam l'usuari pot fer dues coses: Canviar de secció i seleccionar elements dintre de cada secció. Ambdues accions es poden fer directament seleccionant amb el dit l'opció que es vulgui. La navegació és automàtica i no ha suposat problemes per cap usuari ni s'ha valorat negativament a les heurístiques.
- Sistema de cerca: L'aplicació no disposa de cap sistema de cerca per a les funcionalitats de CosmetiCam. Afegir un sistema de cerca amb suggeriments i autocompletat seria una possible millora futura, ja que agilitzaria el procés de trobar les opcions desitjades.

- Sistema d'etiquetatge: Les icones són correctes. El text de les diferents opcions, per exemple les del nas (Elevant, pont, mida, amplada, alçada...), és molt curt i als usuaris no els hi resulta molt clara. Aquest text no es pot expandir, ja que ocuparia massa espai, però si es podria afegir una funcionalitat de tooltip de forma que quan l'usuari passi el dit per sobre d'una es mostri un missatge explicatiu més gran.
- La barra de la màquina del temps té un selector amb molt poca sensibilitat, és important augmentar l'àrea de selecció.
- La funcionalitat de Diagnòstic de la pell i Màquina del temps són molt millorables pel que fa a efectes realistes. Com ja s'ha detallat anteriorment, els punts d'imperficcions no són precisos, molts usuaris han considerat que no es corresponien amb la realitat. Pel que fa a la màquina del temps, la predicció de l'edat de la imatge és poc fiable, i en general sol envellir més del que cal.
- Els efectes de maquillatge si han resultat creïbles i satisfactoris.
- Hi ha elements de la interfície que podrien eliminar-se per aconseguir un disseny més minimalista.
- Hi ha poca interacció amb la pantalla/cara. Seria interessant afegir funcionalitats com la selecció de parts de la cara amb el dit, menús desplegable sobre aquestes parts, múltiples canvis alhora...
- Finalment, dir que tot i haver identificat aquests problemes l'aplicació ha obtingut un bon resultat HARUS. En aquest sentit, es podria dir que aquest resultat discrepa amb l'avaluació heurística, que dona una valoració (35/50) força més baixa.

La raó d'això és que hi ha alguns aspectes que l'avaluació heurística contempla però el test d'usuaris i el qüestionari HARUS no. Per exemple, tots els problemes relacionats amb el botó de *desfer/refer* canvis no es van incloure en cap tasca del test i, per tant, els usuaris no ho van poder tenir en compte en respondre el qüestionari.

Com avaluar una aplicació AR

Durant aquest projecte s'ha vist tot el procés d'avaluació de dues aplicacions concretes de Realitat Augmentada. Per tal de generalitzar això a qualsevol aplicació, a continuació es donaran una sèrie de pautes i conclusions generals a les quals s'han arribat:

- En cas de no tenir coneixement previ sobre l'estat de l'aplicació a avaluar, un bon primer pas es que l'avaluador faci una primera visita per tots els sistemes i funcionalitats. A continuació pot fer una segona exploració una mica més en detall i agafant notes i observacions.
- Fer un pla d'avaluació. A partir d'aquestes exploracions inicials, és important començar a organitzar que és el que es vol analitzar, com i en quin ordre. Identificar l'abast de l'estudi, és a dir, definir si la prioritat és només avaluar les funcionalitats AR o també aspectes com arquitectura de la informació.
- Una bona idea seria fer primer una avaluació heurística tenint en compte la interpretació específica que s'ha revisat en aquest projecte [25]. S'ha de fer especial èmfasi en identificar possibles problemes amb les funcionalitats principals d'AR, ja que la seva bona implementació és prioritària per a una experiència satisfactòria. Això inclou la correcta detecció de superfícies, feedback a l'usuari sobre l'estat del sistema, col·locació ràpida d'objectes, colors i textures apropiades i gestos estandarditzats i reconeguts.
- A continuació, depenent de la plataforma on s'hagi desenvolupat aquesta aplicació, s'han de revisar les directrius específiques existents. En cas d'Android, Google proporciona recomanacions d'ús del seu ARCore [29], mentre que per IOS, Apple dona les seves pròpies directrius per l'ARKit [26][27].
- En cas de fer un test d'usuaris, definir primer en detall tasques que permetin avaluar els principals problemes relacionats amb les funcionalitats AR. Una bona pràctica seria inclour aquí algunes de les accions que s'hagin identificat com a problemàtiques a l'avaluació heurística. Per exemple, si s'arriba a la conclusió que la detecció de superfícies es molt lenta, fer èmfasi en això al test i preguntar als usuaris la seva opinió amb qüestionaris.
- Finalment, si és possible, sempre és preferible que aquest estudi es realitzi per un grup d'almenys 3 o 4 experts. Si el temps i recursos ho permeten, també es poden incorporar altres mètodes complementaris com l'A/B testing o el passeig cognitiu.

8. Conclusions

Com ja s'ha comentat a la motivació i treball previ, aquest projecte va començar com a continuació d'un primer projecte de desenvolupament d'una aplicació. Tot i que aquest ha tingut un enfocament més centrat en la revisió de literatura, investigació i estudi de resultats, he intentat incorporar tots els coneixements adquirits prèviament.

Pel que fa als objectius, s'han assolit els dos que es van definir. En primer lloc, s'ha aconseguit crear un pla d'avaluació d'usabilitat que pot ser utilitzar en sistemes de Realitat Augmentada i que té en compte les seves característiques úniques.

En segon lloc, s'ha aplicat de forma pràctica aquest pla sobre dues aplicacions representatives de la tecnologia. Durant l'avaluació de les aplicacions, s'han identificat tant els punts positius com negatius i també s'ha pogut suggerir possibles millores per ambdues aplicacions.

Respecte a la metodologia seguida, com s'explica a la planificació el primer que es va fer va ser intentar informar-se el màxim possible sobre les principals funcionalitats, usos, aplicacions i camps de recerca de la Realitat Augmentada. Com ja s'ha explicat anteriorment, la selecció dels articles s'ha basat en criteris de rellevància temàtica i qualitat científica i prioritzant anys de publicació dels estudis més recents.

A part d'això, es van decidir dues aplicacions interessants, que tinguessin un nivell de qualitat considerable, però amb punts visibles a millorar per tal d'assegurar que el pla d'avaluació acabes donant algun resultat interessant.

Com a valoració personal, crec que, tenint en compte la manca d'estàndards i precedents pel que fa a l'estudi i anàlisi d'aquest tipus de tecnologia, el resultat és satisfactori.

Treball futur

Hi ha dos aspectes a tenir en compte de cara al futur:

- El pla d'avaluació proposat parteix d'un ordre definit com Test d'usuaris, Avaluació Heurística i Revisió de Guidelines. Aquest ordre no necessàriament es el millor, ja que fer primer l'avaluació herustica podria ajudar a definir millors les tasques del test d'usuaris
- El qüestionari HARUS, tot i tenir una estructura molt coherent, no disposa d'una escala de qualificació creada a partir de l'estudi de centenars de casos que permeti identificar com de bo/dolent és un resultat (com el cas de SUS). En el futur, en cas d'aplicar-se experimentalment a una mostra considerable, es podria generar aquesta escala i permetre interpretar els resultats de forma més vàlida i fiable.

9. Annexos

A. Document de consentiment

Consentimiento para el uso de sus datos personales extraídos de la sesión de test

Yo, _____ acepto participar en el estudio realizado por Pau Rodríguez Trens en su Trabajo Final de Grado para la Universidad de Barcelona con el objetivo de recoger datos sobre la usabilidad de tres aplicaciones de Realidad Aumentada.

Además entiendo que la participación en este estudio de usabilidad es voluntaria y acepto plantear de inmediato cualquier inquietud o área de incomodidad durante la sesión con el administrador del estudio. Además, soy consciente de que los datos recogidos en este estudio son privados, no se compartirán con personas externas al proyecto y no se usarán más allá del ámbito de estudio.

En cualquier caso, tiene derecho en cualquier momento a acceder, rectificar, opositar, o cancelar los datos referentes a su persona, incluidos en nuestro fichero solicitando los impresos a tal fin o por escrito dirigiéndose a Pau Rodríguez Trens mediante el correo rodriguez.trens.pau@gmail.com

A continuación indique sus datos personales y firme para indicar que ha leído y comprende la información de este formulario y que se han respondido todas las preguntas que pueda tener sobre la sesión:

DNI del participante: _____

Fecha: _____

Firma del participante: _____

Firma del interventor: _____

B. Figures de revisió heurística

A continuació es presenten algunes de les imatges a les quals es fa referència en la secció de *Mètode d'inspecció: Heurístiques*.

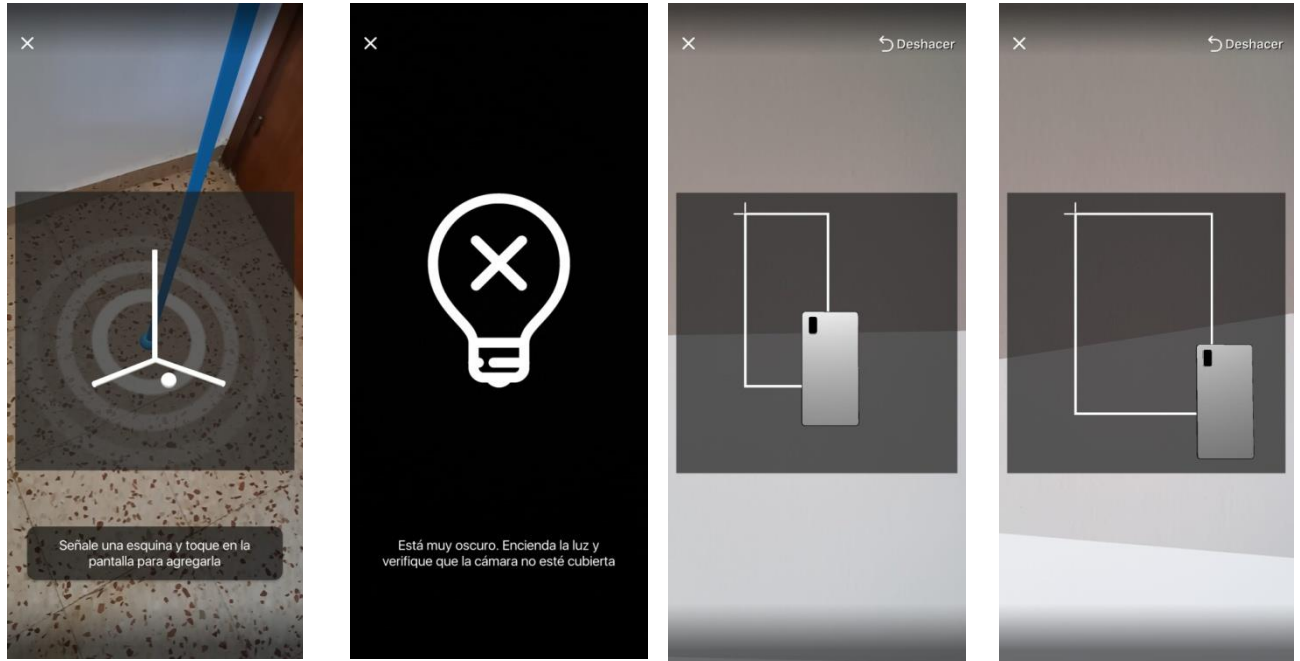


Figura B1. D'esquerra a dreta, estat del sistema en cas de detecció, estat del sistema en cas de poca llum a RoomPlanner

Figura B2. D'esquerra a dreta, animació de guia per la creació de les portes/finestres durant la tasca 1 de RoomPlanner.

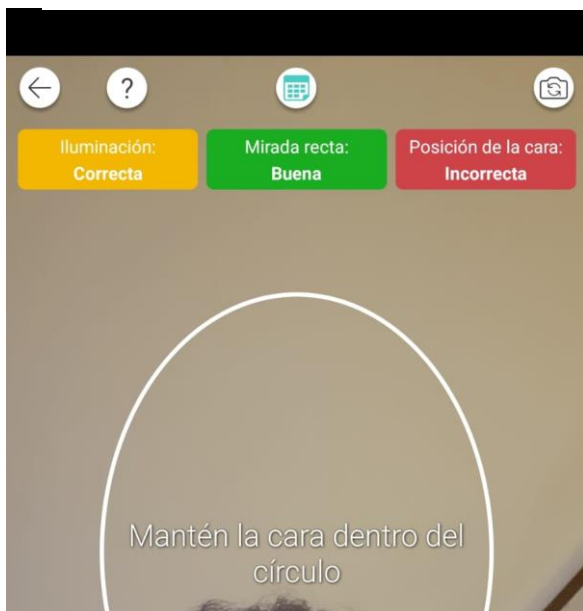


Figura B3. D'esquerra a dreta, mostra de l'estat del sistema mentre s'intenta detectar la cara, estat del sistema mentre es processa la cara a la màquina del temps de YouCam Makeup.

C. Sessions de Formació

A causa de la possible dificultat de la interacció amb la tecnologia, he decidit que per a l'estudi de les aplicacions primer es realitzarà una petita sessió de formació prèvia.

La finalitat d'aquesta sessió és que els participants adquireixin habilitats bàsiques i coneguin les funcionalitats principals de l'aplicació, cosa que els permetrà fer les tasques posteriors, que són molt més complexes, amb més facilitat i precisió.

Per tant, el guió que se seguirà és el següent:

1. Presentar breument l'aplicació i la finalitat.
2. Proporcionar als participants una guia o tutorial bàsic que expliqui les principals funcionalitats de l'aplicació.
3. Preguntar als participants si tenen algun dubte i tornar a explicar els aspectes bàsics de l'aplicació de ser necessari.
4. Realitzar les tasques.

Guia Room Planner

Primer mostrar a l'usuari la pàgina principal de l'aplicació on s'expliquen algunes de les funcionalitats principals [11].

A continuació obrir l'aplicació i fer una visita guiada pels menus principals.

Primer de tot explicar a l'usuari la pàgina principal de l'aplicació. Aquí pot seleccionar que és el que vol mesurar (una sala d'estar, una oficina...). En clicar sobre una d'aquestes opcions, pot seleccionar "Medir con la cámara" per començar a mesurar i posicionar diferents punts.

A partir d'aquí, únicament es donarà dos consells bàsics a l'usuari, que col·loqui els punts el més a prop possible de les cantonades i que en crear portes o finestres seleccioni un punt inicial i arrossegui el mòbil fins al punt final. Aquestes dues instruccions es donen com que molts usuaris no tenen molt interioritzats aquest tipus de funcionalitats.

No s'anirà més enllà durant la fase de guia, ja que tampoc es vol influir molt en el comportament posterior de l'usuari quan faci les tasques. L'objectiu simplement és que es familiaritzi amb conceptes bàsics de la tecnologia.

Guia YouCam Makeup

Primer mostrar a l'usuari la pàgina principal de l'aplicació on s'expliquen algunes de les funcionalitats principals.

<https://www.perfectcorp.com/es/consumer/apps/ymk>

A continuació obrir l'aplicació i fer una visita guiada pels menús principals.

L'objectiu és que l'usuari vegi una demostració dels efectes que es poden aconseguir amb YouCam Makeup així com els botons del menú principal amb què pot accedir a les funcionalitats CosmetiCam, Màquina del Temps i Diagnòstic de la pell en les que haurà de complir les tasques que se li demanin.

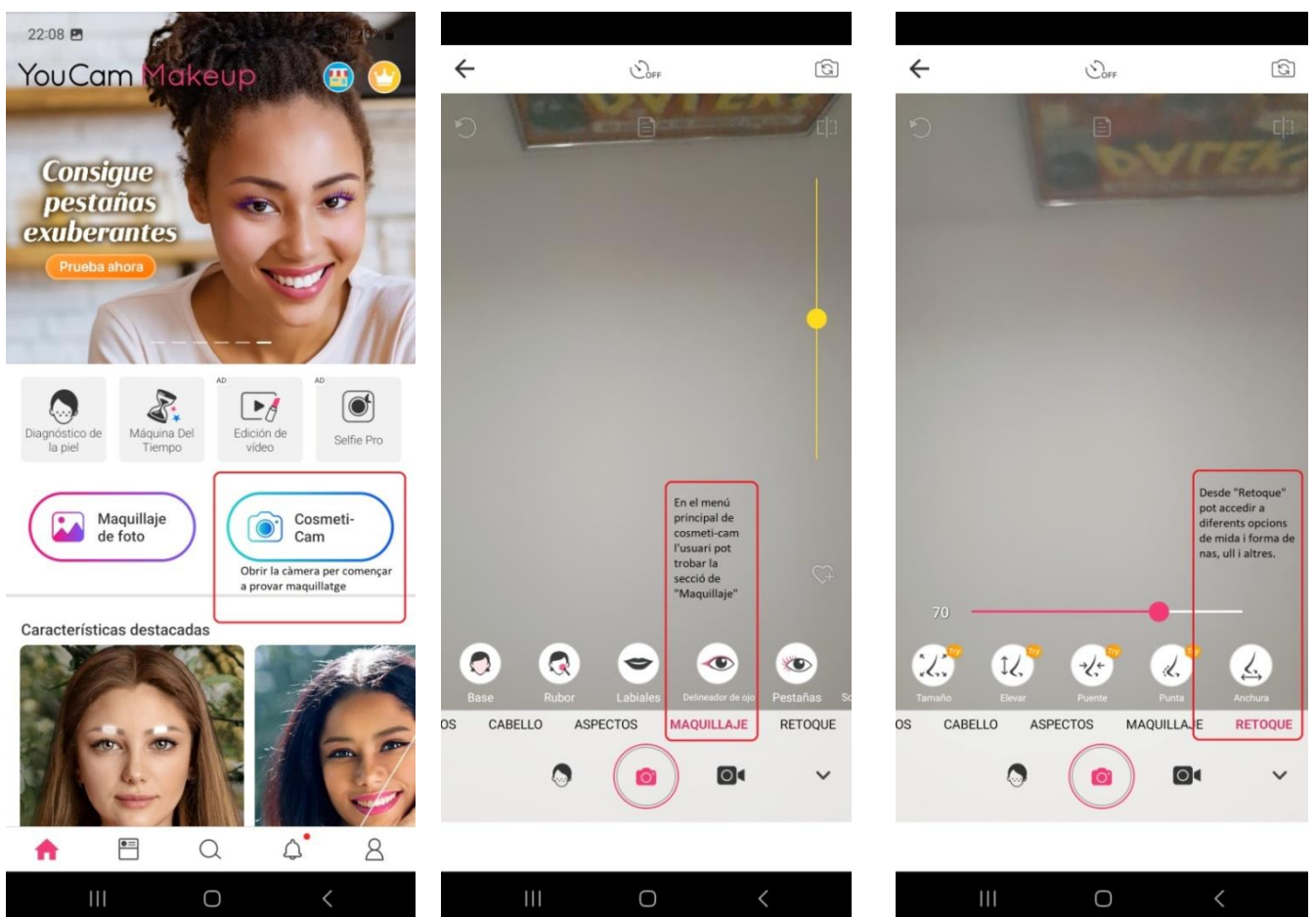


Figura C1. Exemple de Guia per l'usuari a l'aplicació YouCam Makeup. Es mostren alguns elements de navegació i conceptes bàsics.

D. Gràfiques del test d'usuaris RoomPlanner

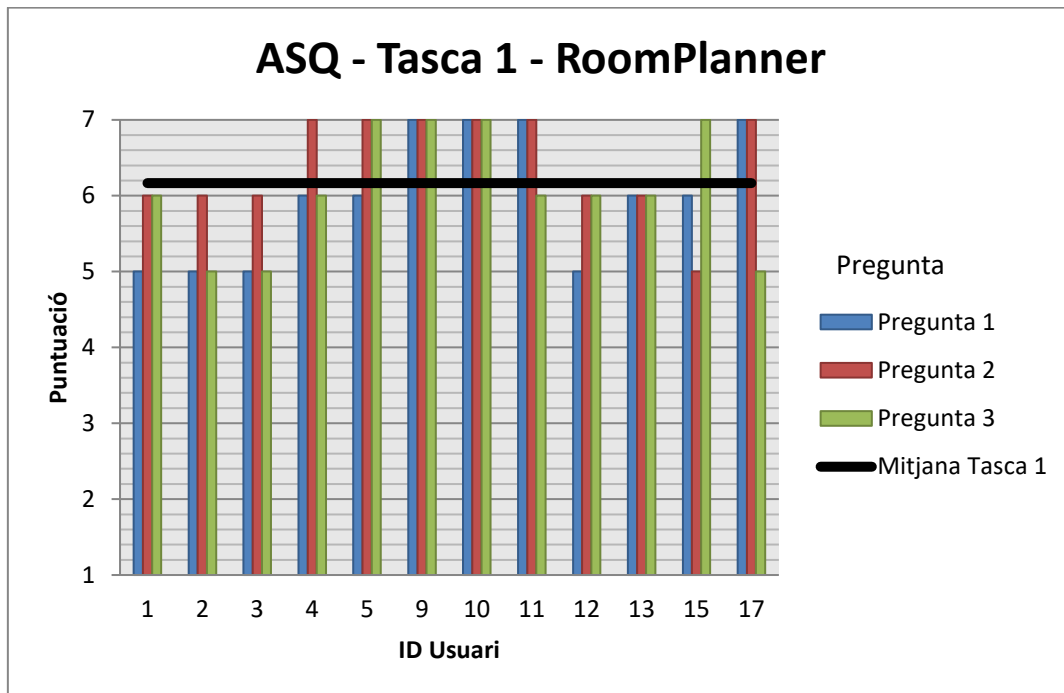


Figura D1. Gràfica de les valoracions dels usuaris a cada pregunta del qüestionari ASQ. En negre la puntuació mitjana de la tasca 1.

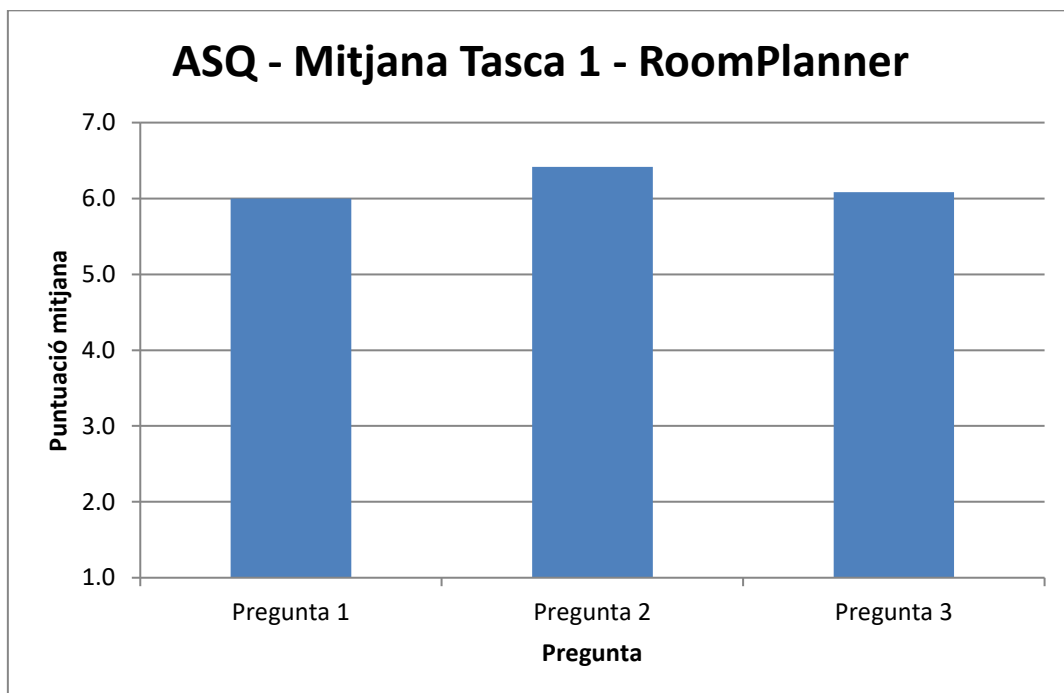


Figura D2. Gràfica de les valoracions mitjanes del qüestionari ASQ.

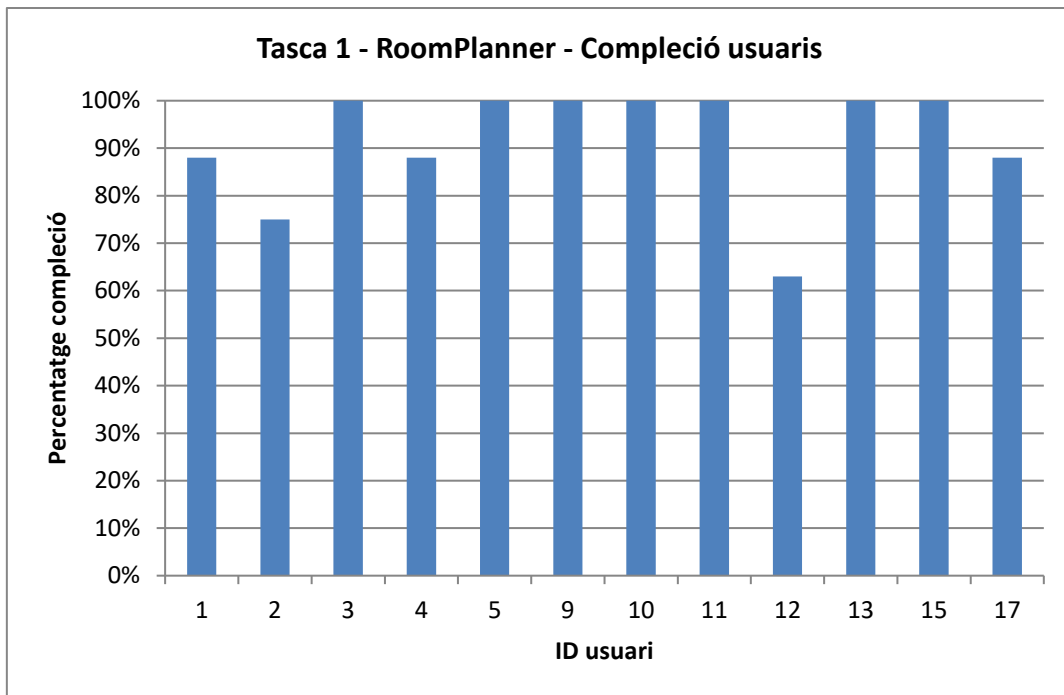


Figura D3. Gràfica de complació mitjana dels usuaris de la tasca 1 de RoomPlanner.

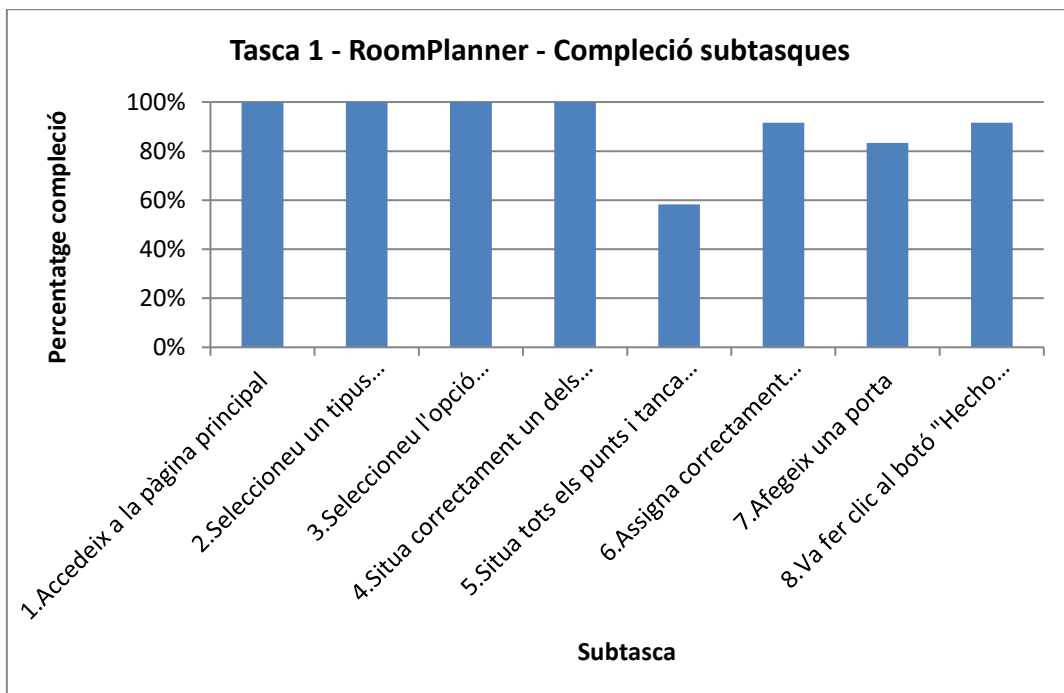


Figura D4. Gràfica de complació mitjana de les subtasques de la tasca 1 de RoomPlanner.

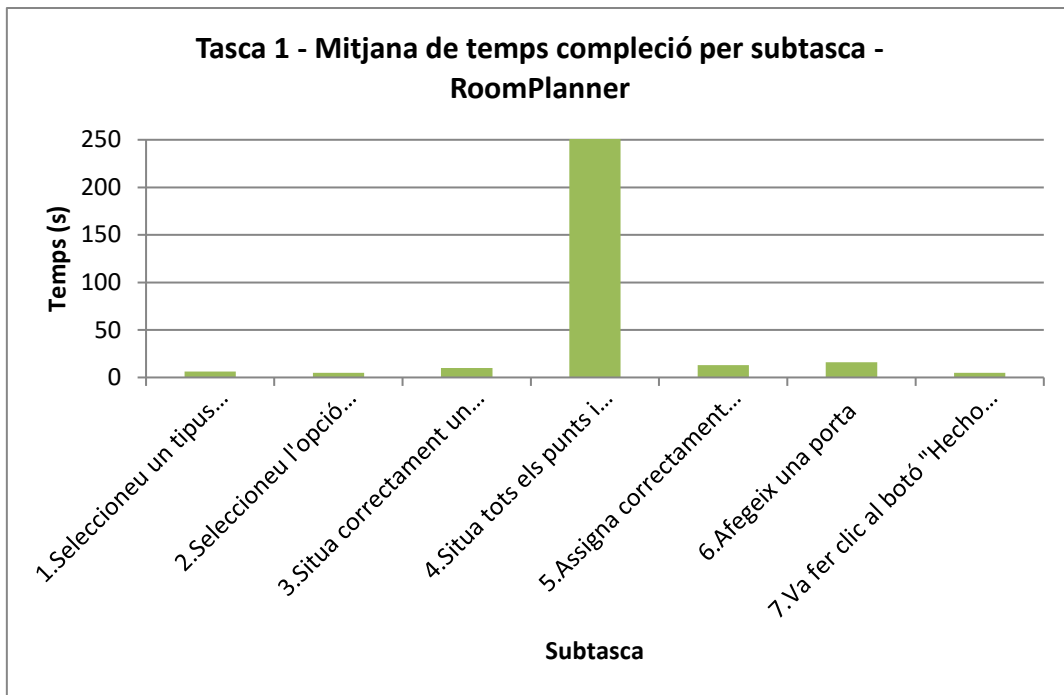


Figura D4. Gràfica de temps de completió de les subtasques de la tasca 1 de RoomPlanner.

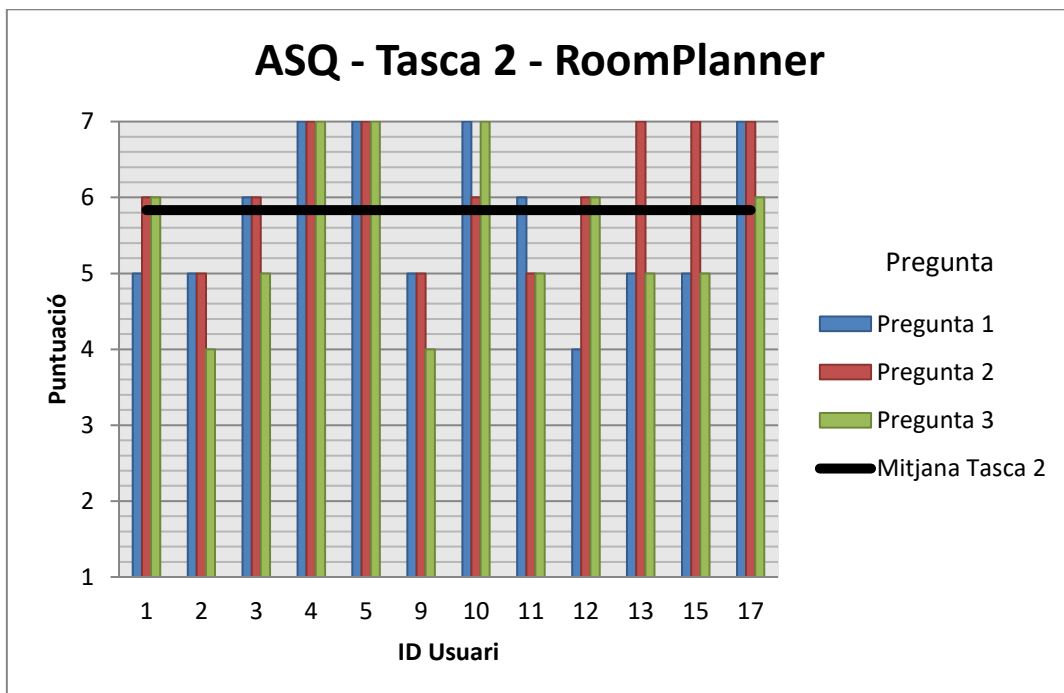


Figura D5. Gràfica de les valoracions dels usuaris a cada pregunta del qüestionari ASQ. En negre la puntuació mitjana de la tasca 2.

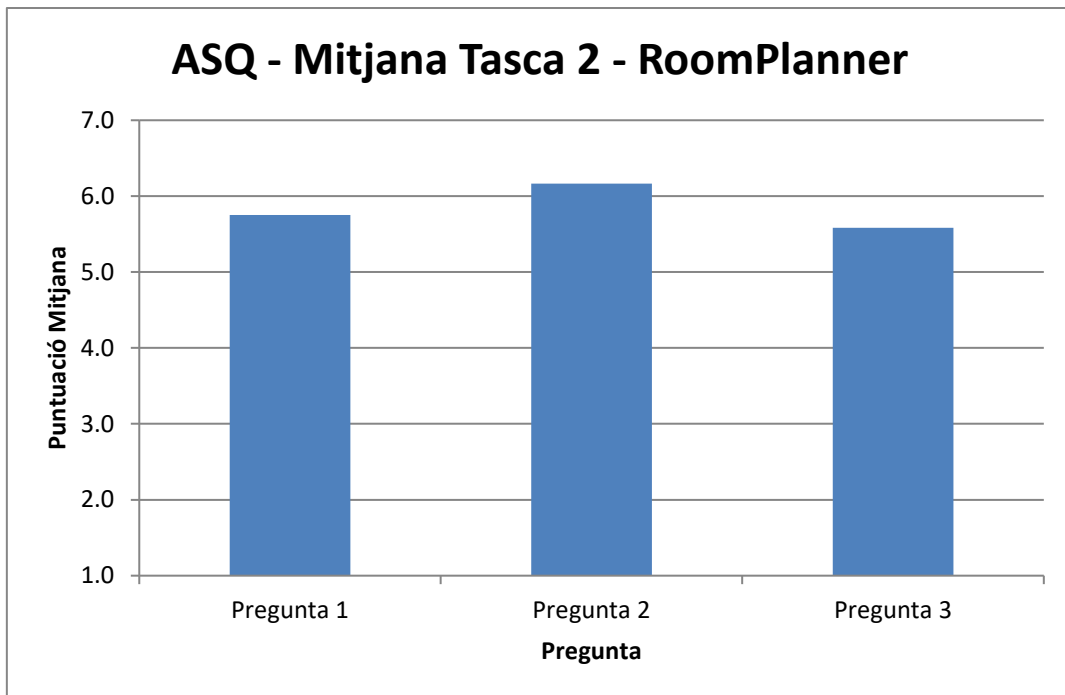


Figura D6. Gràfica de les valoracions mitjanes del qüestionari ASQ, tasca 2 RoomPlanner.

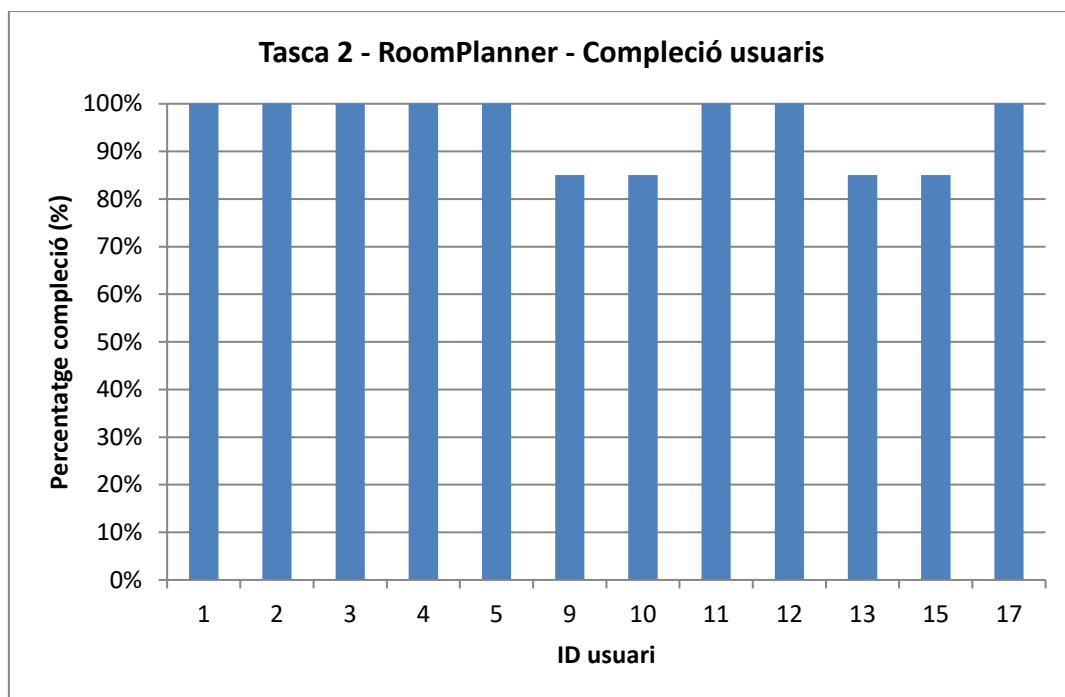


Figura D7. Gràfica complació dels usuaris, tasca 2 RoomPlanner.

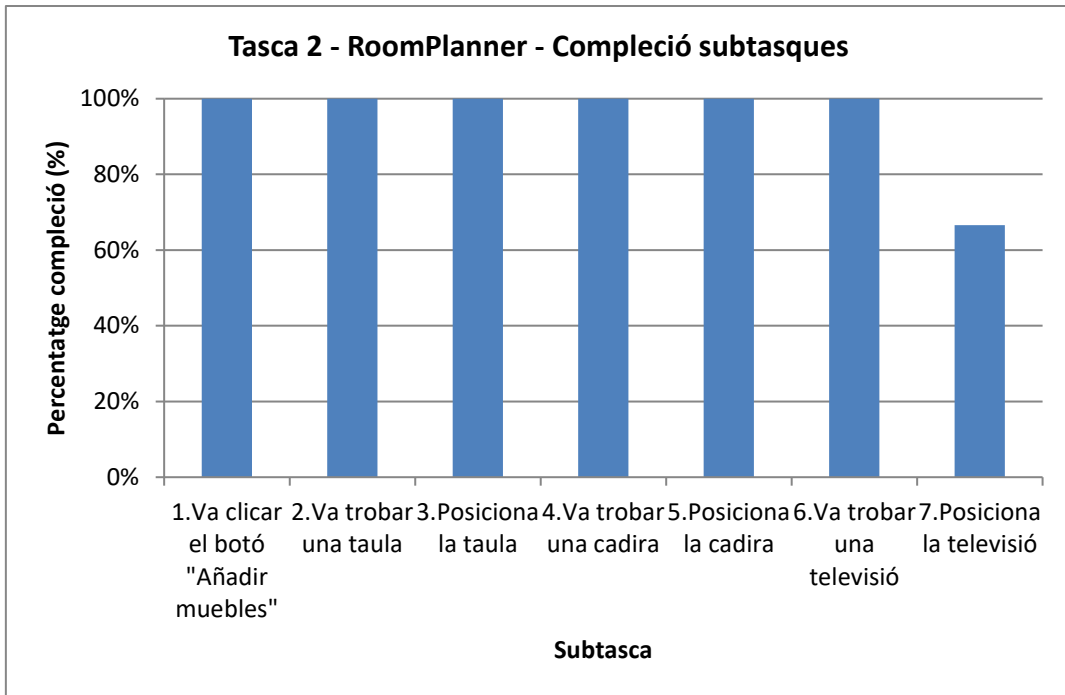


Figura D8. Gràfica completió de subtasques, tasca 2 RoomPlanner.

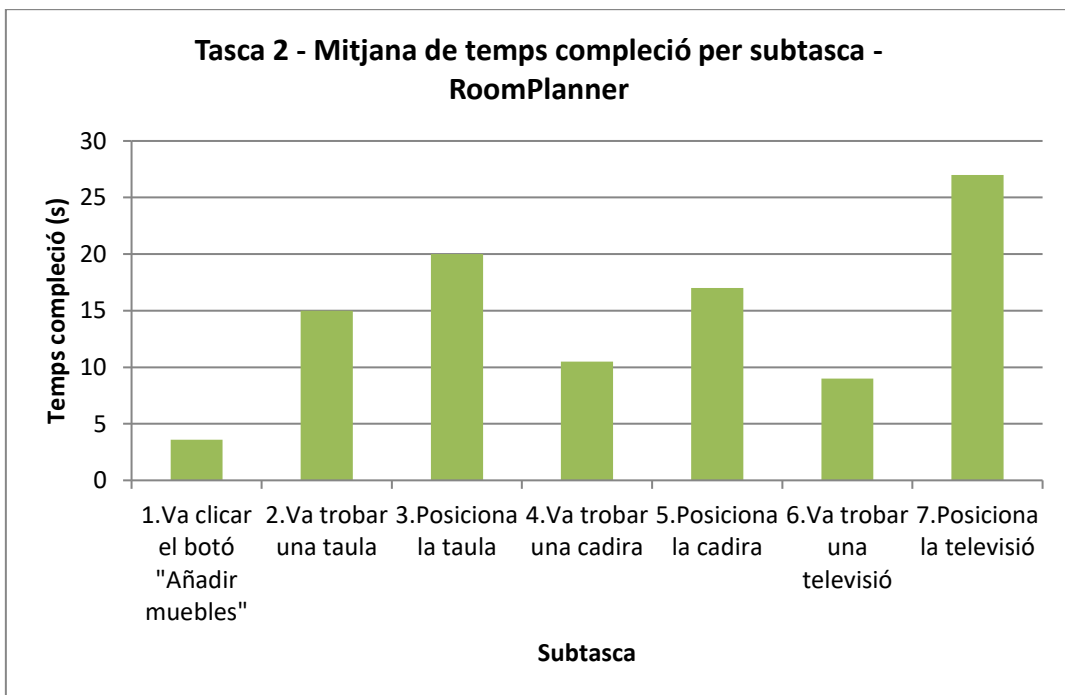


Figura D9. Gràfica temps de completió de subtasques, tasca 2 RoomPlanner.

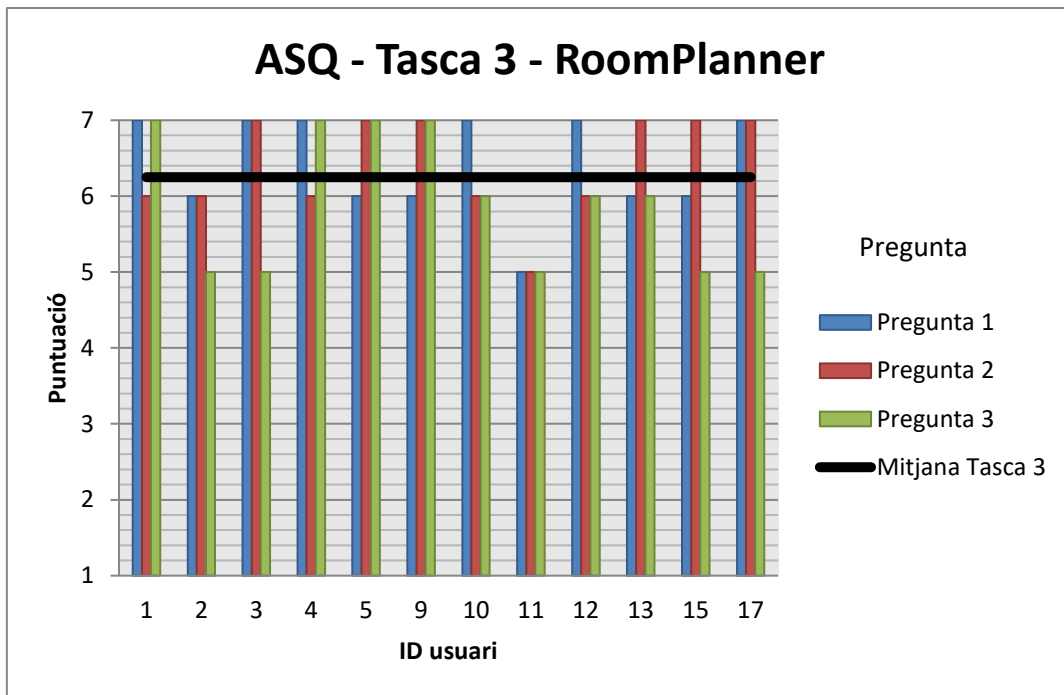


Figura D10. Gràfica valoracions al qüestionari ASQ. En negre la mitjana de la tasca 3.

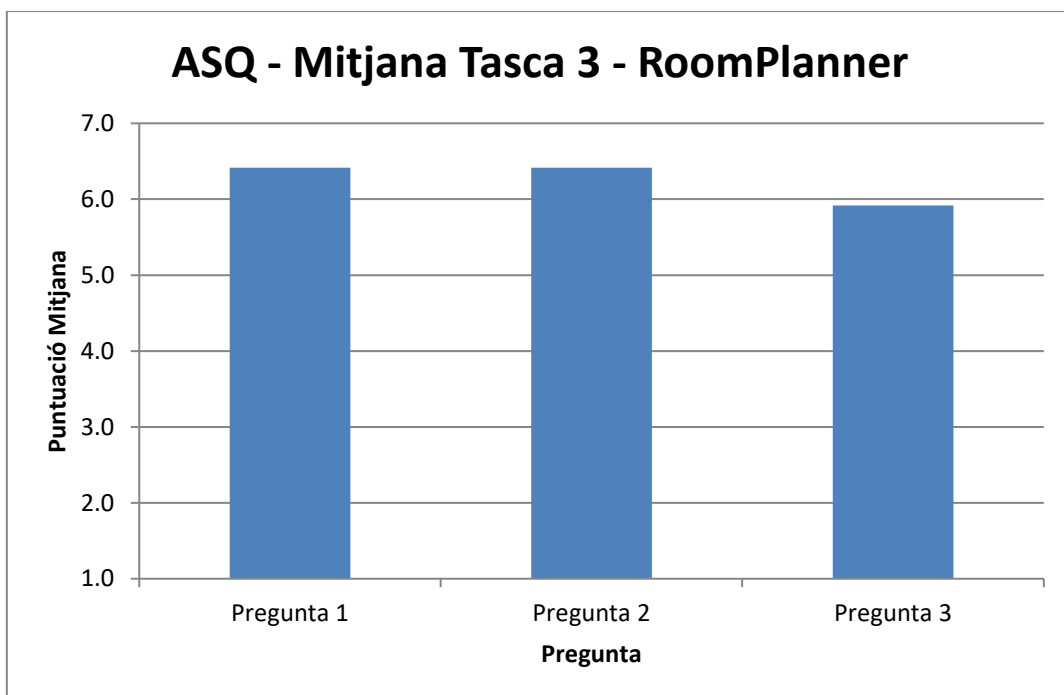


Figura D11. Gràfica valoracions mirjanes al qüestionari ASQ, tasca 3 RoomPlanner.

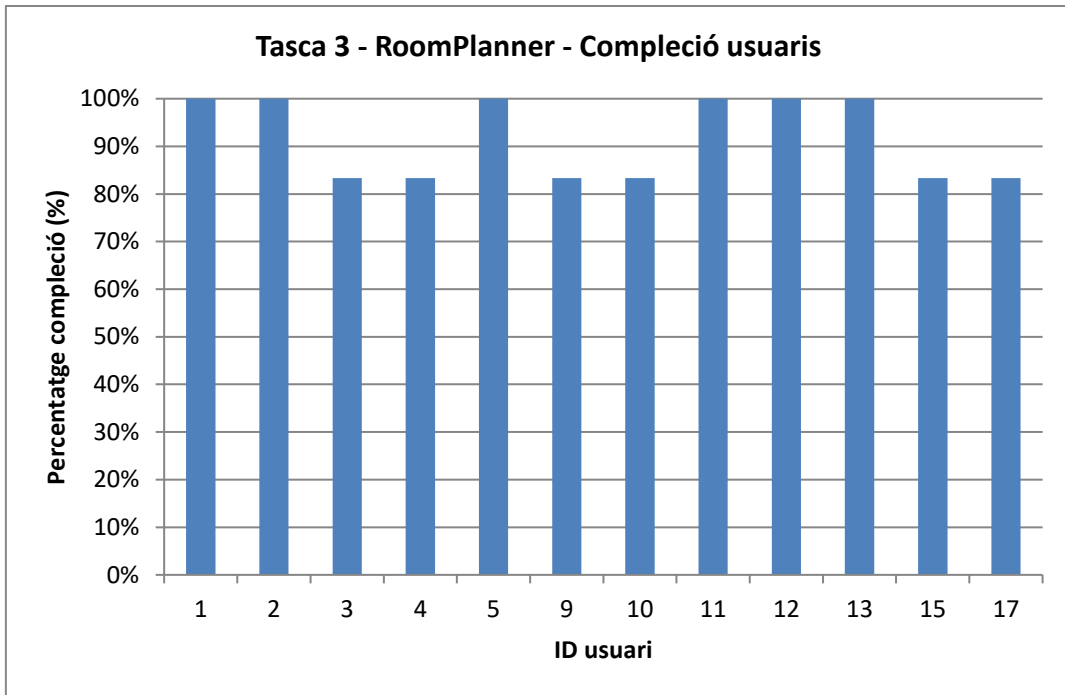


Figura D12. Gràfica complació mitjana dels usuaris, tasca 3 RoomPlanner.

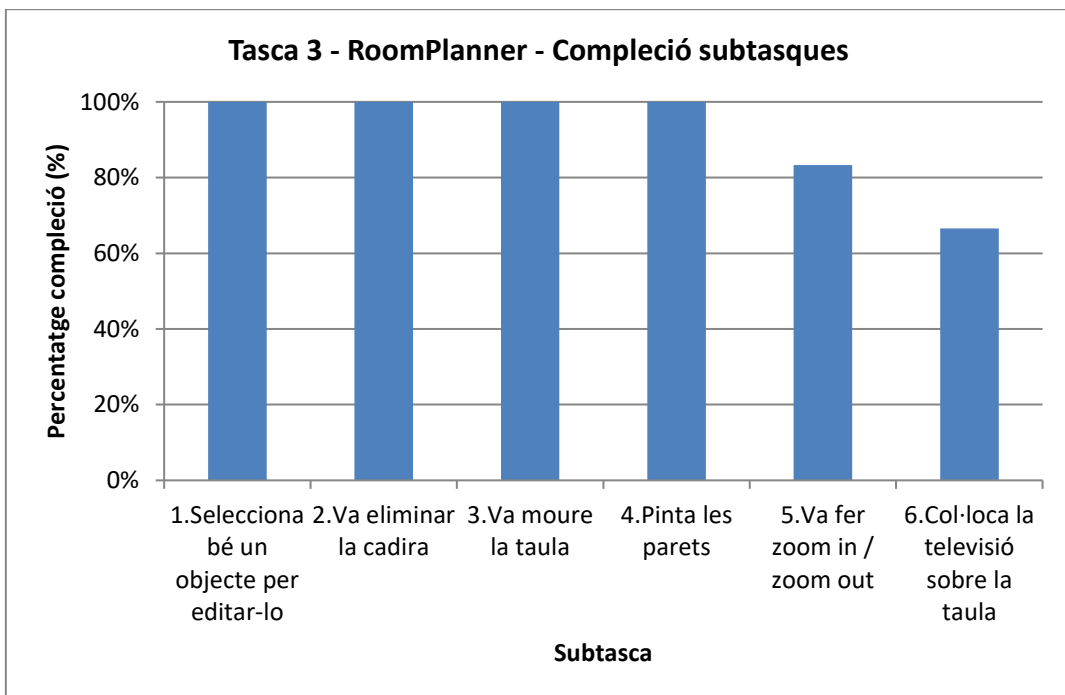


Figura D13. Gràfica complació de subtasques, tasca 3 RoomPlanner.

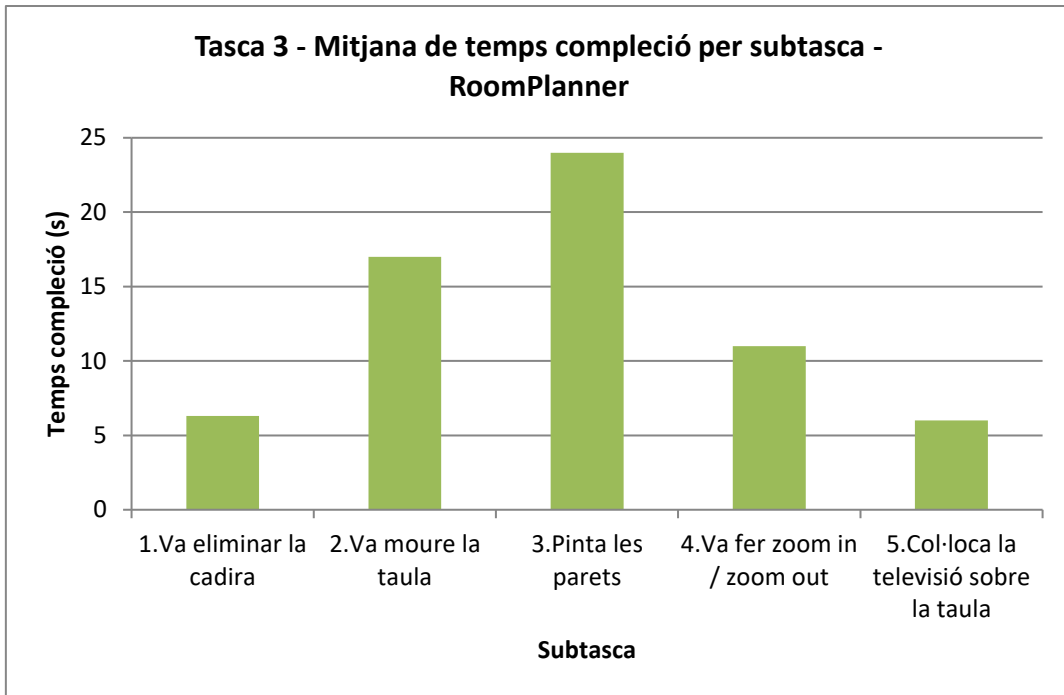


Figura D14. Gràfica completió de subtasques, tasca 3 RoomPlanner.

E. Gràfiques del test d'usuaris YouCam Makeup

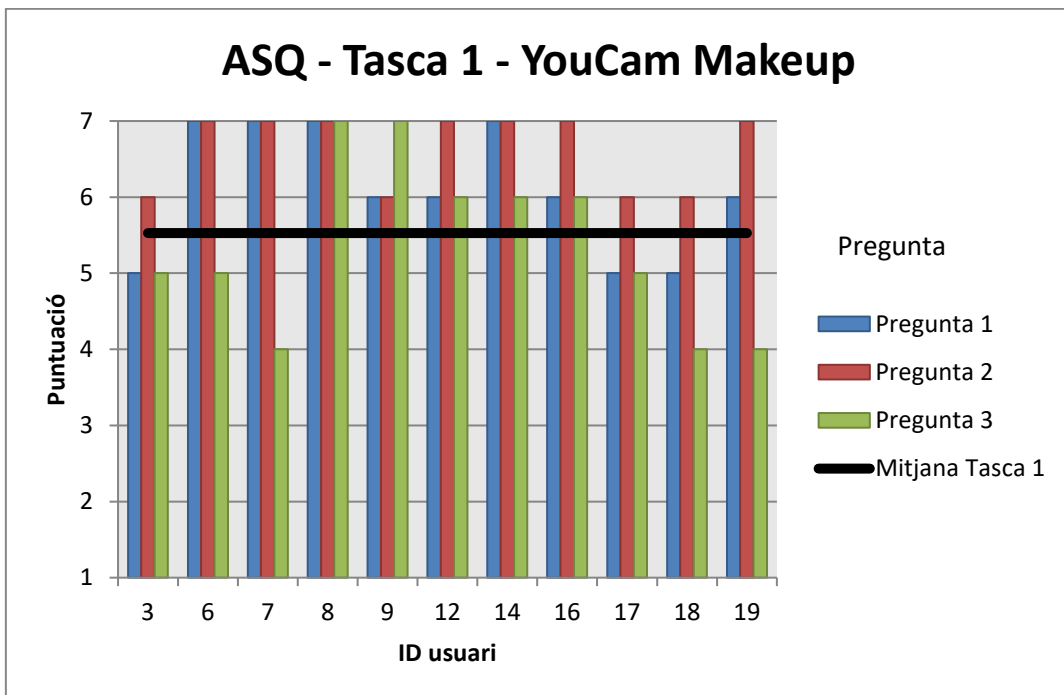


Figura E1. Gràfica valoracions ASQ, tasca 1 YouCam Makeup.

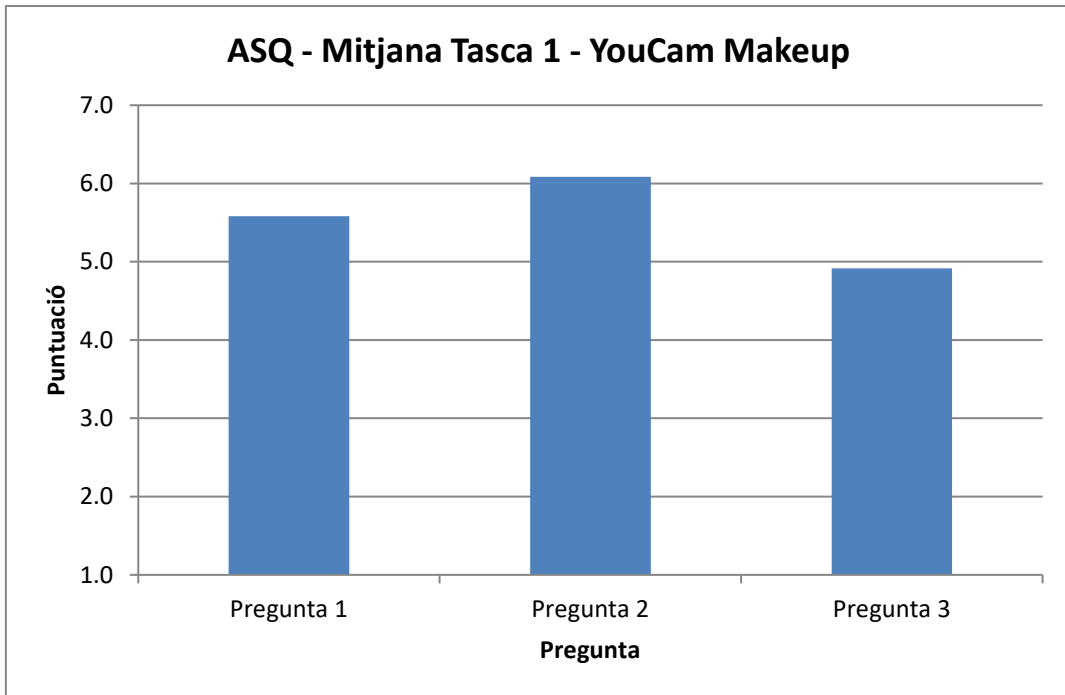


Figura E2. Gràfica valoracions mitjanes ASQ, tasca 1 YouCam Makeup.

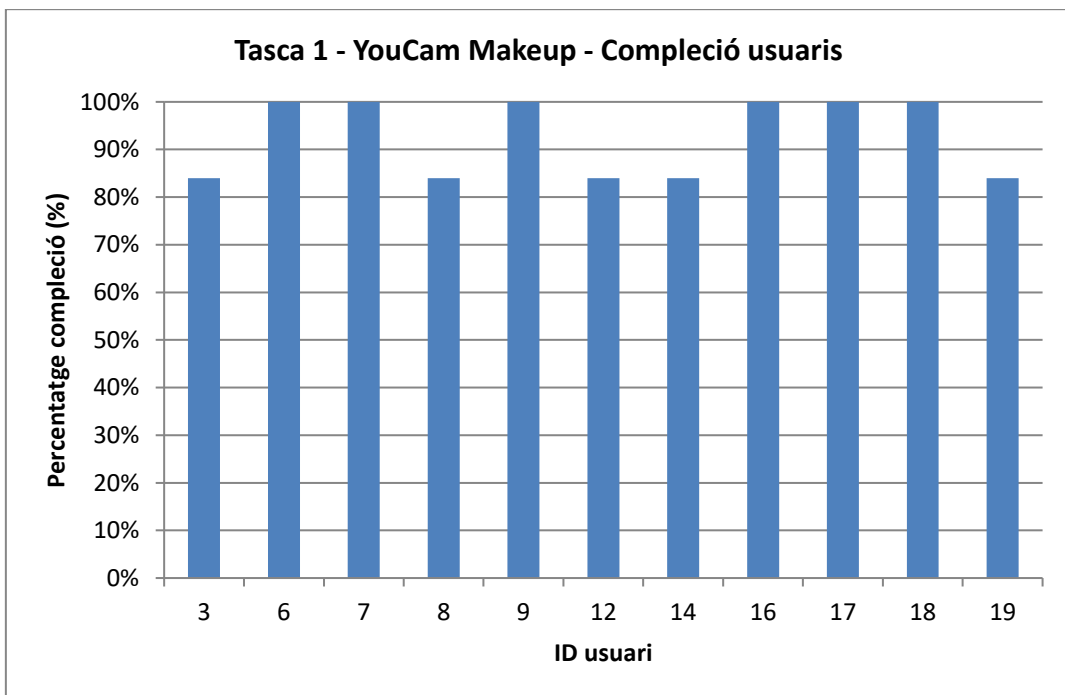


Figura E3. Gràfica completió per usuaris, tasca 1 YouCam Makeup.

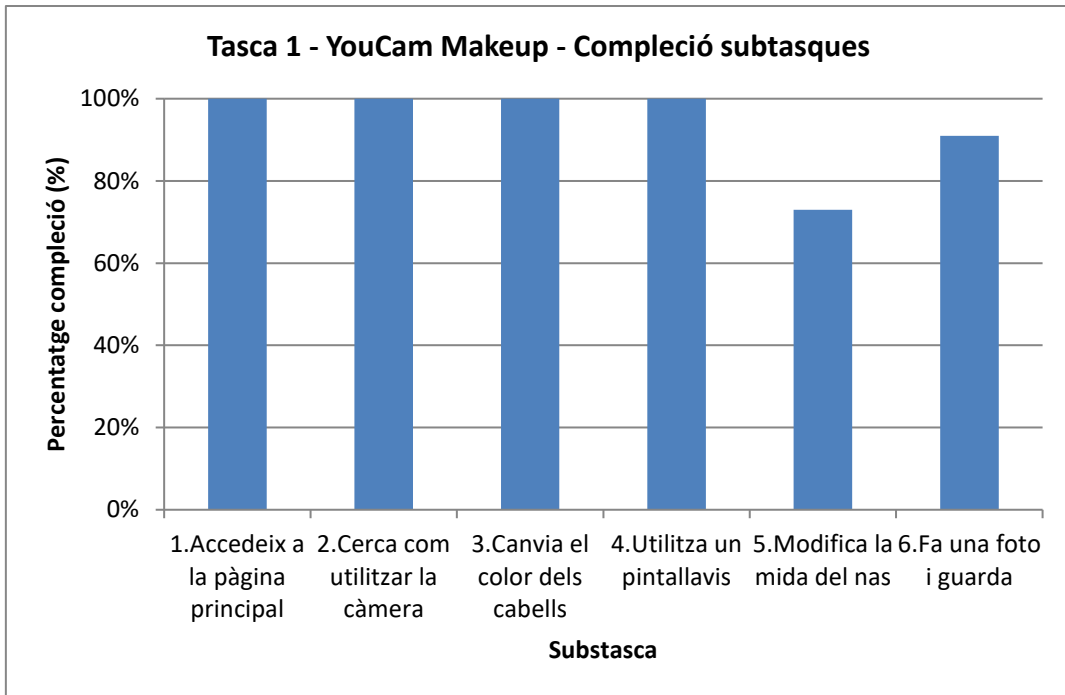


Figura E4. Gràfica complació per subtasques, tasca 1 YouCam Makeup.

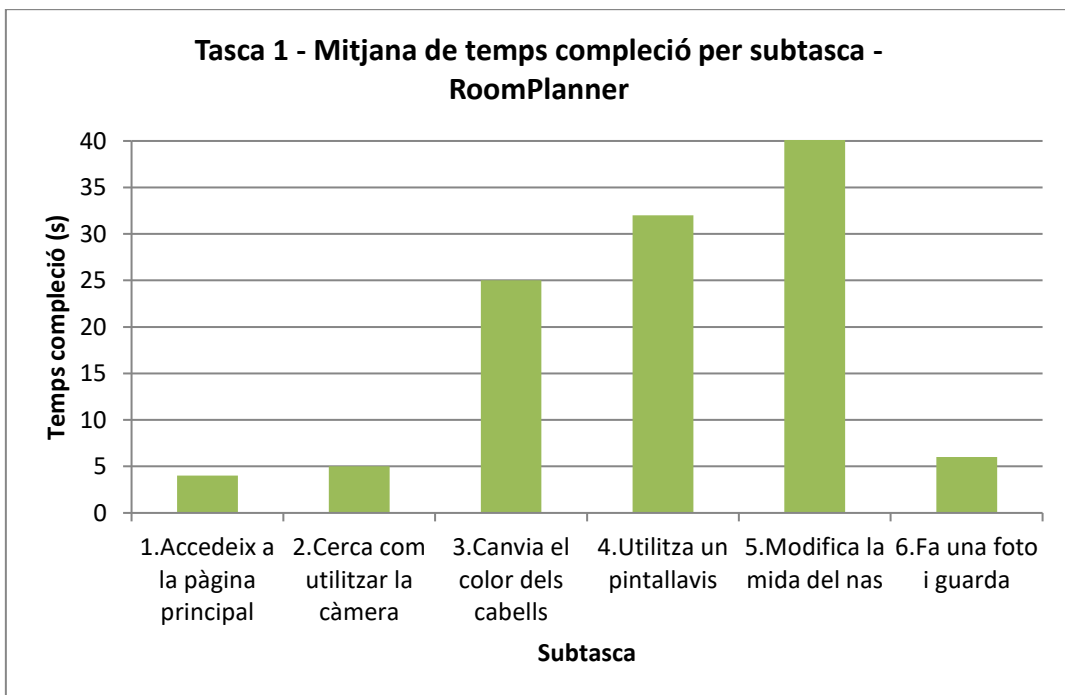


Figura E5. Gràfica temps de complació per subtasques, tasca 1 YouCam Makeup.

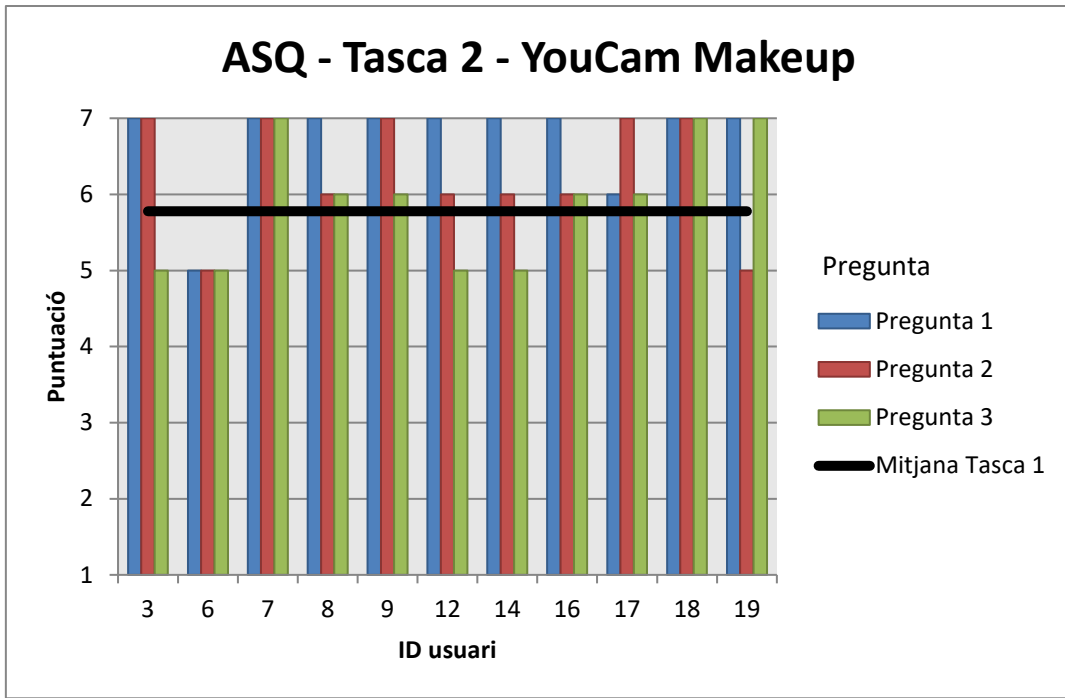


Figura E6. Gràfica valoracions ASQ, tasca 2 YouCam Makeup.

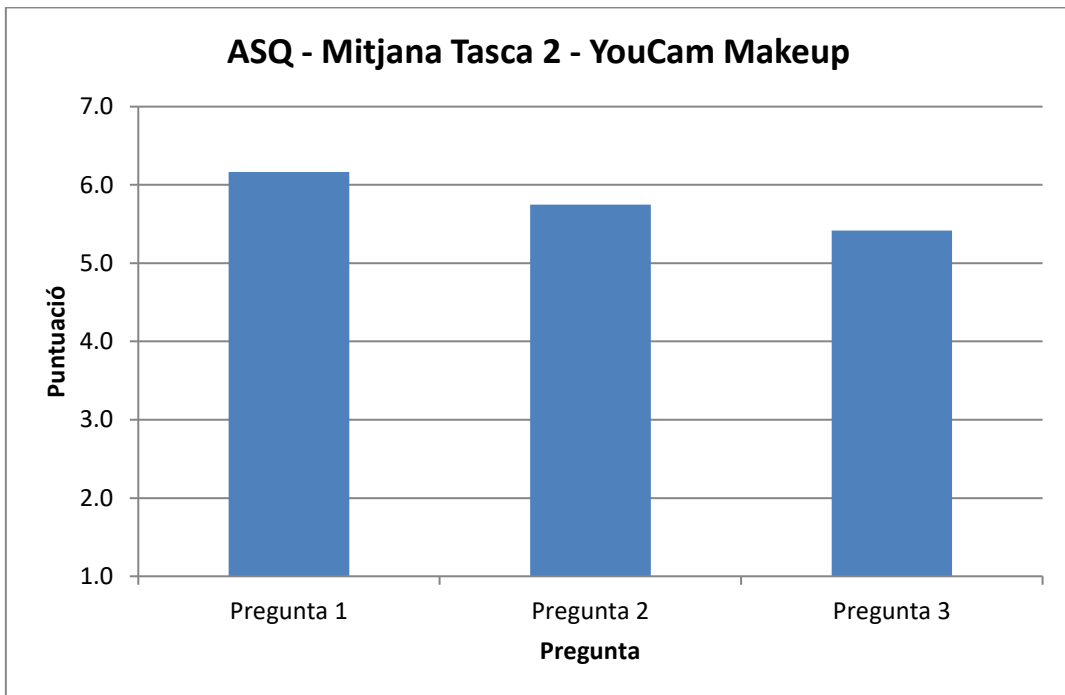


Figura E7. Gràfica valoracions ASQ mitjanes, tasca 2 YouCam Makeup.

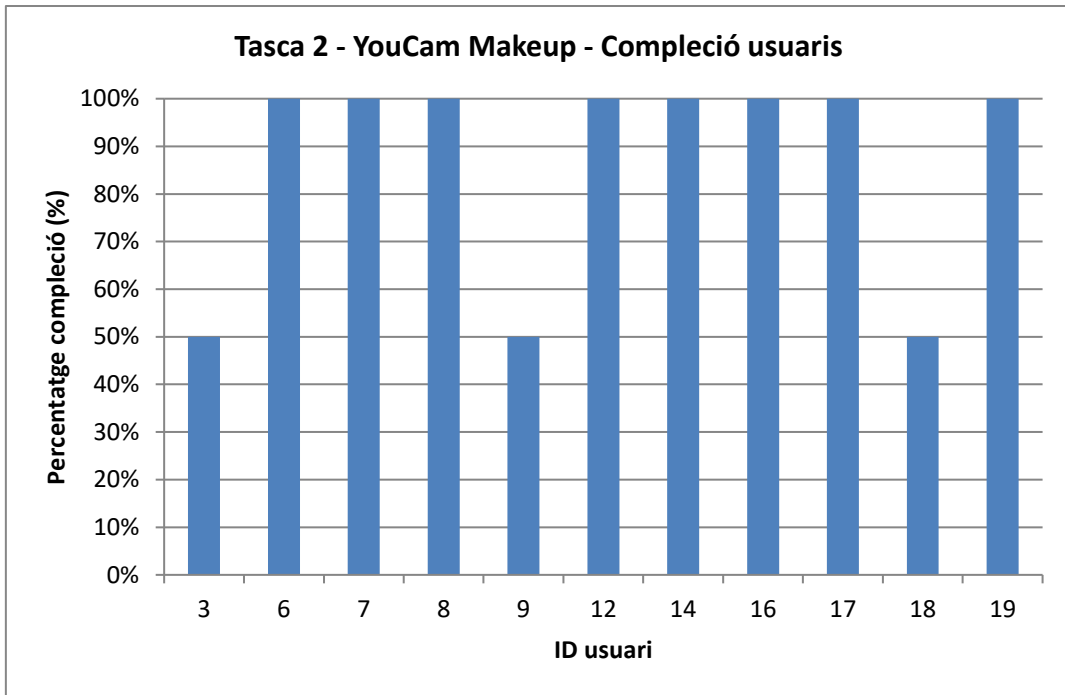


Figura E8. Gràfica complació per usuaris, tasca 2 YouCam Makeup.

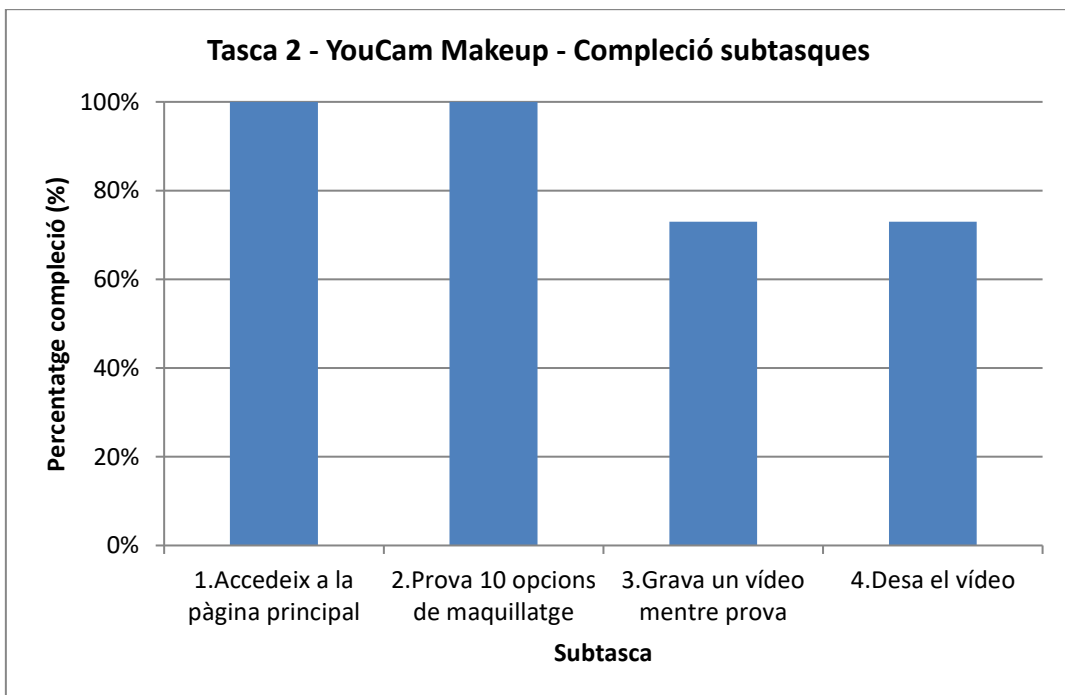


Figura E9. Gràfica complació per subtasques, tasca 2 YouCam Makeup.

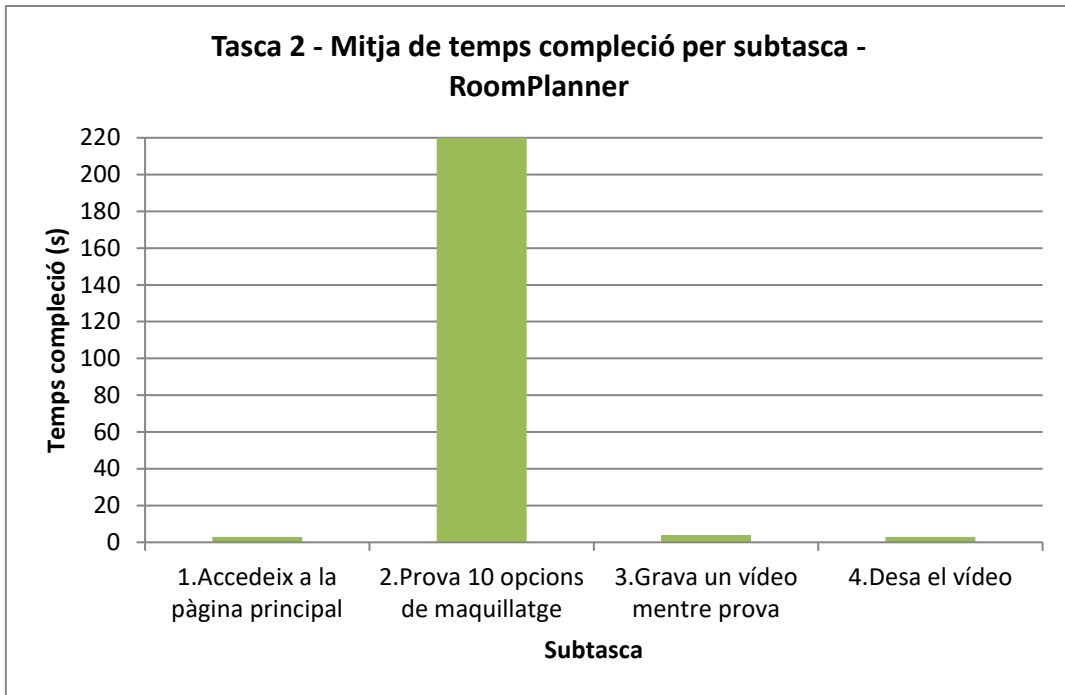


Figura E10. Gràfica temps de completió per subtasques, tasca 2 YouCam Makeup.

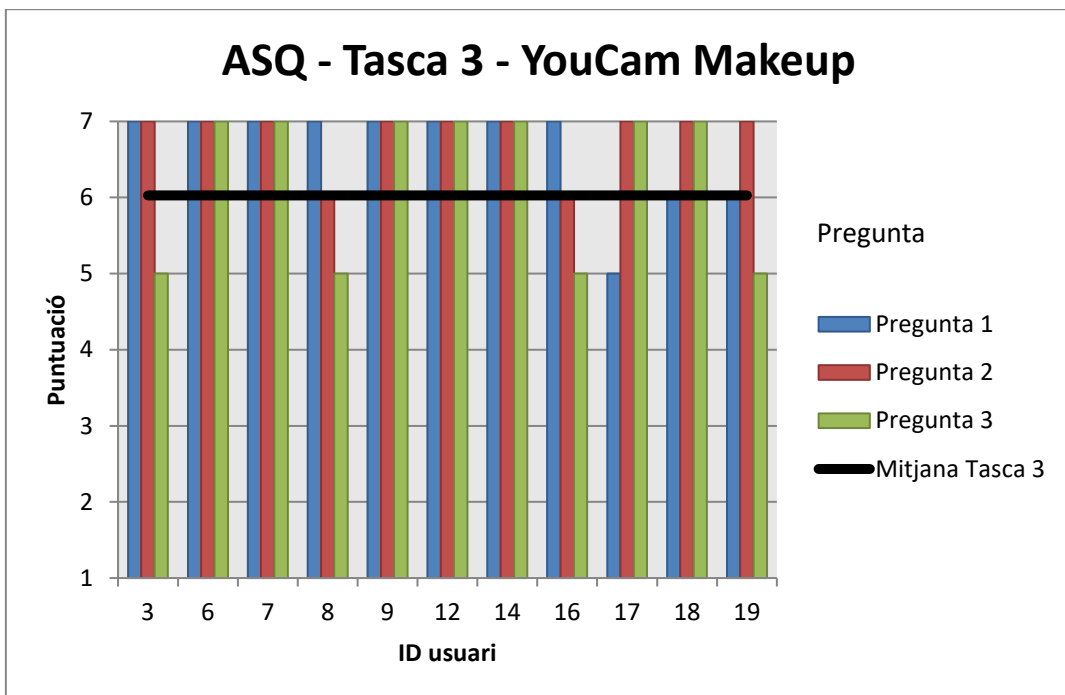


Figura E11. Gràfica valoracions ASQ, tasca 3 YouCam Makeup.

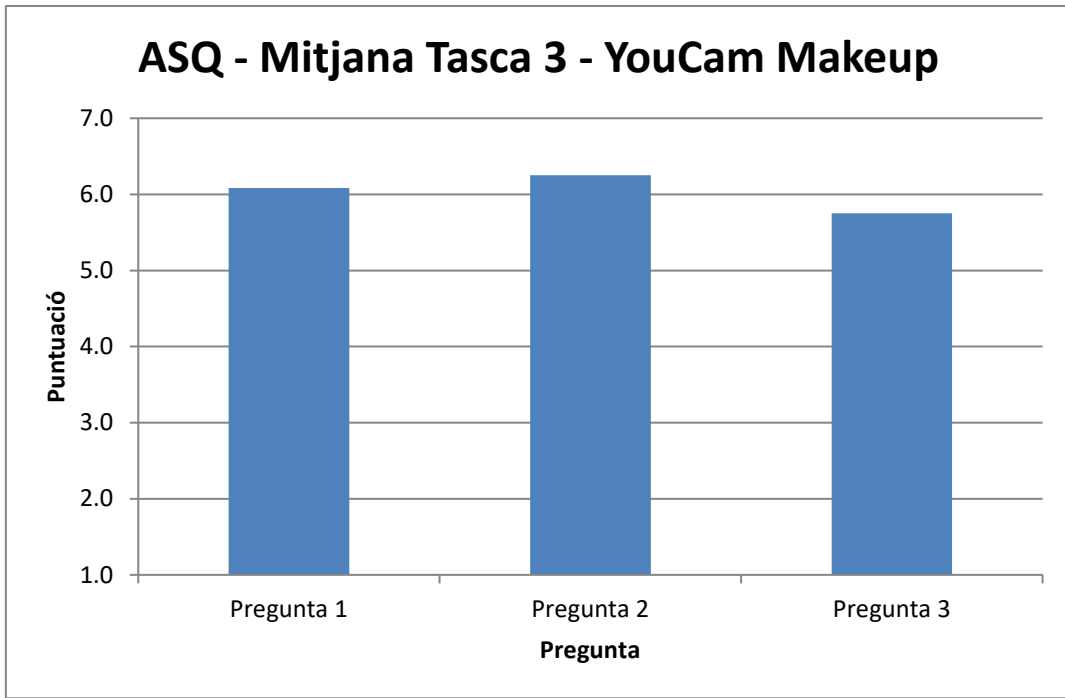


Figura E12. Gràfica valoracions ASQ mitjanes, tasca 3 YouCam Makeup.

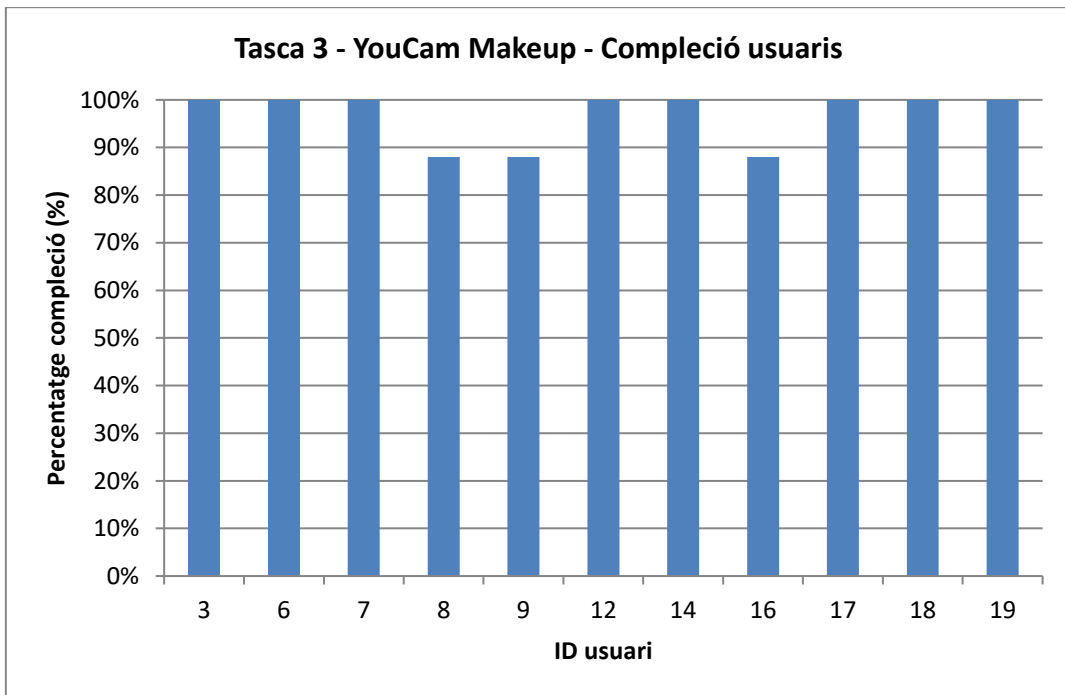


Figura E13. Gràfica completió per usuaris, tasca 3 YouCam Makeup.

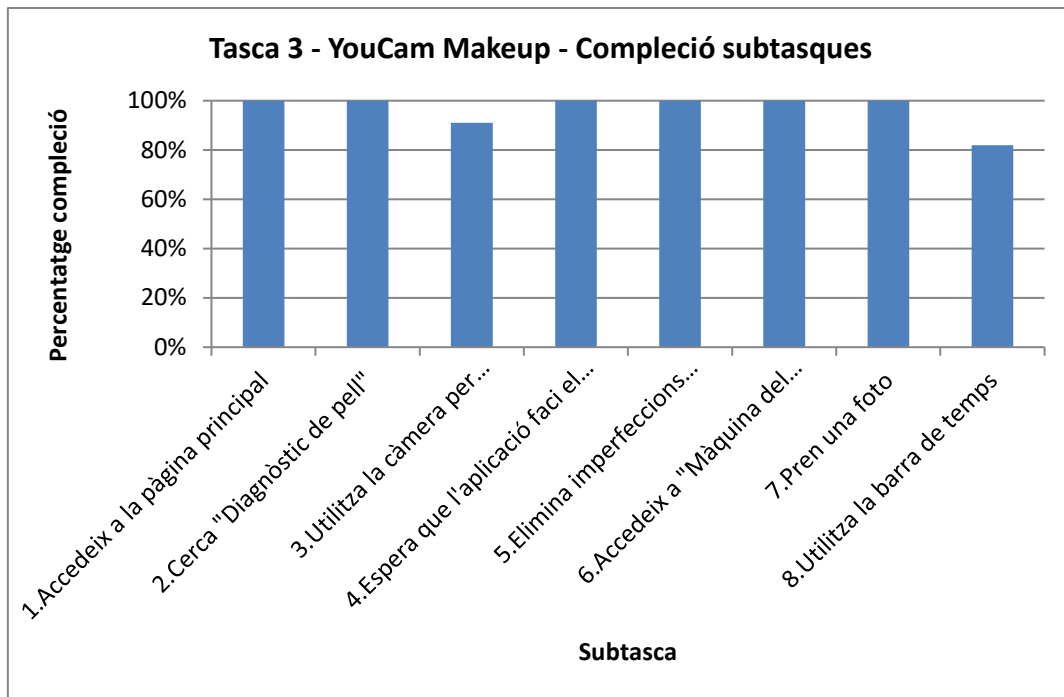


Figura E14. Gràfica completió per subtasques, tasca 3 YouCam Makeup.

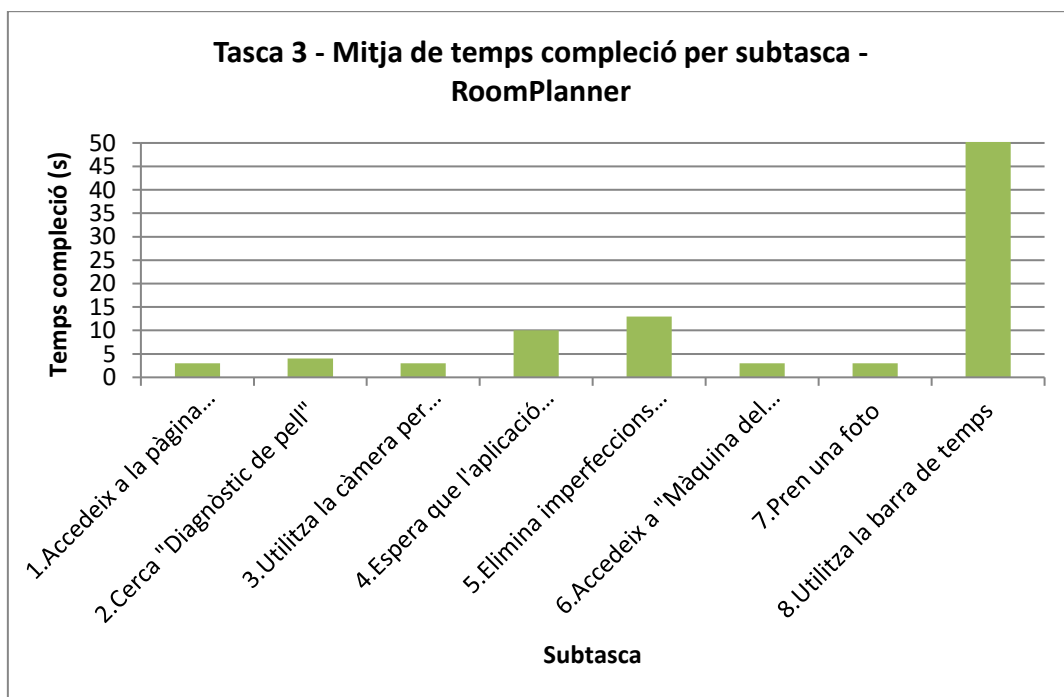


Figura E14. Gràfica temps de completió per subtasques, tasca 3 YouCam Makeup.

10. Referències

- [1] Brad A. Myers, Carnegie Mellon University School of Computer Science Technical Report CMU-CS-96-163, *A Brief History of Human Computer Interaction Technology*. ACM interactions, Vol. 5, n.o 2, March, 1998. pp. 44-54. <https://www.cs.cmu.edu/~amulet/papers/uihistory.tr.html>
- [2] Alexandra Kitson, Mirjana Prpa, & Bernhard E. Riecke. (s. f.). Immersive Interactive Technologies for Positive Change: A Scoping Review and Design Considerations. *Frontiers in Psychology*, August 2018, Volume 9, Article 1354. https://www.researchgate.net/publication/326805505_Immersive_Interactive_Technologies_for_Positive_Change_A_Scoping_Review_and_Design_Considerations
- [3] Alejandro Floría Cortés & Área de Ingeniería de Proyectos. Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación. Centro Politécnico Superior, Universidad de Zaragoza. (s. f.). *¿Qué es, realmente, la usabilidad?* Fundación Sidar.6, juny 2023 <http://www.sidar.org/recur/desdi/traduc/es/visitable/quees/usab.htm>
- [4] Crea nuevas experiencias de realidad aumentada que combinen perfectamente con el mundo digital y el físico | ARCore | Google for Developers. (s. f.). *Google for Developers*. 4, juny 2023, <https://developers.google.com/ar>
- [5] Andreas Dünser and Mark Billinghurst. (s. f.). Evaluating Augmented Reality Systems. The Human Interface Technology Laboratory, New Zealand (HIT Lab NZ), The University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, Chapter 13. 4, juny 2023 https://www.researchgate.net/publication/226920353_Evaluating_Augmented_Reality_Systems
- [6] Derby, J. L., & Chaparro, B. S. (2021). *The Challenges of Evaluating the Usability of Augmented Reality (AR)*. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society . . . Annual Meeting*, 65(1), 994-998. 5, juny, 2023 <https://doi.org/10.1177/1071181321651315>
- [7] Satu Elisa Schaeffer. (s. f.). Usability Evaluation for Augmented Reality. UNIVERSITY OF HELSINKI Department of Computer Science, Helsinki, June, 2014. <https://satuelisa.github.io/papers/HY-C-2014-1.pdf>
- [8] J.M. Christian Bastien. (s. f.). Usability testing: a review of some methodological and technical aspects of the method. *Université Paul Verlaine* 6, juny 2023– Metz, Laboratoire Lorrain de Psychologie.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1386505608002098>

- [9] Moreno, J. (2023, 20 enero). Qué es la realidad aumentada y 20 ejemplos de uso exitoso en empresas. HubSpot. 6, juny 2023 <https://blog.hubspot.es/service/ejemplos-realidad-aumentada>
- [10] Carmigniani, J. C., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E., & Ivkovic, M. (2011). Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia Tools and Applications*, 51(1), 341-377. 6, juny 2023 <https://link.springer.com/article/10.1007/s11042-010-0660-6>
- [11] Room Planner: Home Interior 3D - Apps on Google Play. (s. f.). 6, juny 2023 https://play.google.com/store/apps/details?id=com.icandesignapp.all&hl=en_US
- [12] Beauty AR Company and Makeup AR Technology Platform. (s. f.). 6, juny 2023 <https://www.perfectcorp.com/es/consumer/apps/ymk>
- [13] Lewis, J. D. (1991). Psychometric evaluation of an after-scenario questionnaire for computer usability studies. *ACM Sigchi Bulletin*, 23(1), 78-81. 2, juny 2023 https://www.researchgate.net/publication/200085888_An_after-scenario_questionnaire_for_usability_studies_Psychometric_Evaluation_over_three_trials
- [14] After-Scenario Questionnaire (ASQ). (2020, 5 febrero). Qualaroo Help & Support Center. 6, juny 2023 <https://help.qualaroo.com/hc/en-us/articles/360039070552-After-Scenario-Questionnaire-ASQ->
- [15] Ankur Joshi, Saket Kale , Satish Chandel & D. K. Pal & Department of Community Medicine, Gandhi Medical College, Bhopal, 462001, India. (s. f.). Likert Scale: Explored and Explained. *British Journal of Applied Science & Technology*, Published 20th February 2015. <https://eclass.aspete.gr/modules/document/file.php/EPPAIK269/5a7cc366dd963113c6923ac4a73c3286ab22.pdf>
- [16] Mifsud, J. (2019). Usability Metrics – A Guide To Quantify The Usability Of Any System. *Usability Geek*. 6, juny 2023 <https://usabilitygeek.com/usability-metrics-a-guide-to-quantify-system-usability/>
- [17] Sauro, J., PhD. (s. f.). *What Is A Good Task-Completion Rate?* – MeasuringU. 4, juny 2023 <https://measuringu.com/task-completion/>
- [18] Marc Ericson C. Santos, Jarkko Polvi, Takafumi Taketomi, Goshiro Yamamoto, Christian Sandor, Hirokazu Kato & Ateneo de Manila University in the Philippines. (s. f.). *Toward Standard Usability Questionnaires for*

Handheld Augmented Reality. IEEE Computer Graphics and Applications, June 21, 2015. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7274434>

- [19] Peres, S. C., Pham, T., & Phillips, R. L. (2013). Validation of the System Usability Scale (SUS). 6, july 2023 https://www.researchgate.net/publication/273297038_Validation_of_the_System_Usability_Scale_SUS
- [20] Kaya, A., Ozturk, R., & Gumussoy, C. A. (2019). *Usability Measurement of Mobile Applications with System Usability Scale (SUS)*. En *Lecture notes in management and industrial engineering* (pp. 389-400). Springer International Publishing. 6, july 2023 https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-03317-0_32
- [21] James R. Lewis. (s. f.). *Item Benchmarks for the System Usability Scale*. Journal of Usability Studies. 6, july 2023 <https://uxpajournal.org/item-benchmarks-system-usability-scale-sus/>
- [22] Sauro, J., PhD. (s. f.-a). Measuring Usability with the System Usability Scale (SUS) – MeasuringU. 5, july 2023 <https://measuringu.com/10-things-sus/>
- [23] Department of Health and Human Services. (s. f.). *Recruiting Usability Test Participants* | Usability.gov. 6, july 2023 <https://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/recruiting-usability-test-participants.html>
- [24] Jakob Nielsen. (s. f.). *Enhancing the Explanatory Power of Usability Heuristics*. Human Factors in Computing Systems. 6, july 2023 <https://dl.acm.org/doi/10.1145/191666.191729>
- [25] Audrey Labrie & Jinghui Cheng. (s. f.). *Adapting Usability Heuristics to the Context of Mobile Augmented Reality*. Polytechnique Montréal Montréal, Québec, Canada, October 2020. https://www.researchgate.net/publication/346376756_Adapting_Usability_Heuristics_to_the_Context_of_Mobile_Augmented_Reality
- [26] *Augmented reality* | Apple Developer Documentation. (s. f.). Apple Developer Documentation. 6, july 2023 <https://developer.apple.com/design/human-interface-guidelines/augmented-reality>
- [27] *Touchscreen gestures* | Apple Developer Documentation. (s. f.). Apple Developer Documentation. 6, july 2023 <https://developer.apple.com/design/human-interface-guidelines/touchscreen-gestures>
- [28] Sari, R. K., Hayati, R. S., Fujiati, & Rahayu, S. (2020). *Heuristic Evaluation In*

Mobile Augmented Reality Applications In Designing Houses.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/9268922>

- [29] Augmented reality design guidelines. (s. f.). Google for Developers. 6, juny 2023 <https://developers.google.com/ar/design>
- [30] Green, J. (2019). An Introduction To A/B Testing. Usability Geek.
<https://usabilitygeek.com/introduction-a-b-testing/>
- [31] Design Toolkit | Card sorting. (s. f.). 6, juny, 2023 <http://design-toolkit.recursos.uoc.edu/es/card-sorting/>