

EyeAR Capture

Guia oftalmològica amb realitat augmentada

Tanit Colobrans Roura
Grau en multimèdia
Narratives visuals, 2D i 3D

Consultor: Aniol Marín Atarés
Professor responsable de l'assignatura: Antoni Marín Amatller

Sils, 15 de Gener del 2017



Aquesta obra està subjecta a una llicència de
Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada 3.0 Espanya
de Creative

FITXA DEL TREBALL FINAL

Títol del treball	<i>Guia oftalmològica amb realitat augmentada</i>
Nom de l'autor	<i>Tanit Colobrans Roura</i>
Nom del consultor/a	<i>Aniol Marín Atarés</i>
Nom del PRA	<i>Antoni Marín Amatller</i>
Data de lliurament	<i>15/01/2017</i>
Titulació o programa	<i>Grau en Multimèdia</i>
Àrea del Treball Final	<i>Narratives visuals, 2D i 3D</i>
Idioma del treball	<i>Català</i>
Paraules clau	<i>Realitat augmentada, disseny 3D, oftalmologia.</i>

Resum del Treball

Aquest projecte consisteix en crear una aplicació de realitat augmentada per a dispositius mòbils que aportí informació extra a una guia oftalmològica, en format llibre, afegint models 3D de l'anatomia de l'ull per tal de millorar-ne la comprensió.

Mitjançant l'aplicació de realitat augmentada, anomenada *EyeAR Capture*, es poden visualitzar els models 3D interaccionant amb ells, d'aquesta manera es crea un vincle bidireccional que fa única l'experiència educativa de cada lector.

El resultat del projecte és una aplicació que aprofita una tecnologia tant potent com la realitat augmentada per millorar-la com a eina educativa i aconseguir mostrar molta més informació, i de manera més eficient, que la que es pot veure obrint un llibre físic.

EyeAR Capture està obert a possibles millores, a completar la guia oftalmològica augmentant el nombre de models 3D i a futures actualitzacions de l'aplicació que millorin l'experiència de l'usuari.

Paraules clau: oftalmologia, models 3D, animacions 3D, guia oftalmològica, realitat augmentada, treball final de grau, multimèdia.

Abstract (english version)

This project consists in creating an augmented reality application for mobile devices that supplies extra information to a printed ophthalmologic guide. This application adds 3D models about eye anatomy to improve the comprehension of the guide.

Through this application, called *EyeAR Capture*, it is possible to watch the 3D models and interact with them. This interaction creates a bidirectional link that makes the educational experience unique to each reader.

The result of the project is an application that take advantage of a technology as powerful as the augmented reality. In this case, we use it as an educational tool to improve a printed ophthalmologic guide, because with the augmented reality we can show much more information and in a more efficient way than the one that can be seen by opening a physical book.

EyeAR Capture is open to possible improvements by increasing the number of 3D models of the ophthalmologic guide, or by future updates of the application that optimize the user experience.

Keywords: ophthalmology, 3D models, 3D animations, ophthalmologic guide, augmented reality, final degree work, multimedia.

"Sapere aude"
(Horaci, Epístola II)

Abstract

Aquest projecte consisteix en crear una aplicació de realitat augmentada per a dispositius mòbils que porti informació extra a una guia oftalmològica, en format llibre, afegint models 3D de l'anatomia de l'ull per tal de millorar-ne la comprensió.

Mitjançant l'aplicació de realitat augmentada, anomenada *EyeAR Capture*, es poden visualitzar els models 3D oferint a l'usuari la capacitat d'interaccionar amb ells. Aquesta interacció crea un vincle bidireccional que fa única l'experiència educativa de cada lector.

El resultat del projecte és una aplicació que aprofita una tecnologia tant potent com la realitat augmentada per millorar-la com a eina educativa i aconseguir mostrar molta més informació, i de manera més eficient, que la que es pot veure obrint un llibre físic.

Paraules clau: *oftalmologia, models 3D, animacions 3D, guia oftalmològica, realitat augmentada, treball final de grau, multimèdia.*

Abstract (english version)

This project consists in creating an augmented reality application for mobile devices that supplies extra information to a printed ophthalmologic guide. This application adds 3D models about eye anatomy to improve the comprehension of the guide.

Through this application, called *EyeAR Capture*, it is possible to watch the 3D models and interact with them. This interaction creates a bidirectional link that makes the educational experience unique to each reader.

The result of the project is an application that take advantage of a technology as powerful as the augmented reality. In this case, we use it as an educational tool to improve a printed ophthalmologic guide, because with the augmented reality we can show much more information and in a more efficient way than the one that can be seen by opening a physical book.

Keywords: *ophthalmology, 3D models, 3D animations, ophthalmologic guide, augmented reality, final degree work, multimedia.*

Agraïments

Aquest projecte ha estat com una muntanya russa, amb moments fàcils i moments que no ho han estat tant, intentant sempre no desviar-me massa del camí. Al final, l'esforç, la perseverança i les persones que han compartit amb mi aquest camí han estat la clau per poder portar a bon port aquest treball.

A tots els grans professionals i companys de les consultes externes del servei d'oftalmologia de l'Hospital de Sant Pau, per la paciència que han tingut amb mi, per resoldre'm tots els dubtes i per creure en aquest projecte.

Al Pau Bitlloch, perquè sense els seus coneixements l'última fase del projecte hagués estat força més feixuga.

A l'Aniol Marín, per tots els seus consells i per la seva manera tant eficaç d'animar-me a tirar endavant aquesta idea.

A la meva família, per ser el meu motor diari i perquè sense elles aquest projecte no existiria.

I a tu, perquè malgrat el temps segueixes aquí amb nosaltres.

Notacions i Convencions

Per a la realització d'aquest treball final de grau s'han utilitzat les famílies tipogràfiques següents:

- **Gill Sans MT 18pt i negreta, per a la titulació dels capítols.**
- **Gill Sans MT 14pt i negreta, per a la titulació de secció.**
- ***Gill Sans MT 12 pt, negreta i cursiva, per a la titulació de subsecció.***
- Gill Sans MT 12 pt, per al contingut.
- Gill Sans MT 10pt, per als peus de pàgina, imatges i taules.
- Courier New 10pt, per al codi font (incloent els de l'annex).

Aclarir que totes les cites incloses en altres llengües estan marcades en cursiva.

Índex

1. Introducció	14
2. Descripció	15
3. Objectius	16
3.1. Objectius principals	16
3.2. Objectius secundaris	16
4. Marc teòric	17
5. Continguts	19
6. Metodologia	23
7. Arquitectura de l'aplicació	25
8. Plataforma de desenvolupament	27
9. Planificació	29
10. Procés de treball	32
10.1. Esbossos	32
10.2. Disseny gràfic del llibre i creació dels <i>targets</i>	33
10.3. Disseny dels models 3D	36
10.4. Creació de les animacions	42
10.5. Implementació de la realitat augmentada amb Unity i Vuforia	44
10.6. Programació de la interacció amb Unity	47
10.7. Exportació de l'aplicació	49
11. API's utilitzades	52
12. Perfils d'usuari	55
13. Tests d'usuari	56
13.1. Test amb usuaris reals	56
13.2. Conclusions del test	56
14. Versions de l'aplicació	58
14.1. Fase Pre-Alfa	58
14.2. Fase Alfa	58
14.3. Fase Beta	61
15. Instruccions d'instal·lació de l'aplicació	62
16. Instruccions d'ús	63

17. Bugs	64
18. Projectió de futur	66
19. Pressupost	67
20. Anàlisi de mercat	69
21. Conclusions	71
Annex 1: Lliurables	73
Annex 2: Diagrama de Gantt	74
Annex 3: Codi font (extractes)	75
Annex 4: Llibreries/codi font extern utilitzat	83
Annex 5: Guia d'usuari	87
Annex 6: Llibre d'estil	88
Annex 7: Micro-pla d'empresa	91
Annex 8: Tests d'usuari	92
Annex 9: Glossari	103
Annex 10: Bibliografia	105

Índex de figures i taules

Índex de figures

Figura 1: Procés del disseny gràfic seguint la plantilla	19
Figura 2: Ubicació de la ploma per dibuixar	19
Figura 3: Modificadors apilats	20
Figura 4: Vista superior de l'escena a Unity	21
Figura 5: Editor d'scripts	21
Figura 6: <i>Targets</i> de <i>Vuforia</i>	25
Figura 7: Objectes predeterminats de <i>Vuforia</i>	25
Figura 8: Configuració de l'exportació amb <i>SDK Android Studio</i>	26
Figura 9: Exportació en format <i>.fbx</i> des del <i>3ds max</i>	26
Figura 10: Disseny dels <i>targets</i> des de l' <i>Illustrator</i>	26
Figura 11: Finestra de treball de <i>Unity</i>	27
Figura 12: Detall d'un <i>script</i> dins de <i>Unity</i>	27
Figura 13: Diagrama de Gantt	31
Figura 14: Esbós de les capes de l'ull humà	32
Figura 15: Esbós despreniment de retina	32
Figura 16: Esbós dels tipus d'estrabisme	32
Figura 17: Índex de la guia oftalmològica	33
Figura 18: Procés del disseny gràfic	33
Figura 19: Procés de creació dels detalls	33
Figura 20: Procés de maquetació de la guia	34
Figura 21: Il·lustració de l'anatomia de l'ull humà i les seves parts	34
Figura 22: Il·lustració d'un despreniment de retina	35
Figura 23: Il·lustració amb l'explicació dels estrabismes	35
Figura 24: Il·lustració del dispositiu de drenatge tipus XEN	36
Figura 25: Disseny del logotip	36
Figura 26: Modificador Shell	37
Figura 27: Modificador Symetry	37
Figura 28: Capa externa completa	37
Figura 29: Modificador Turbosmooth	38
Figura 30: Capa intermitja completa	38
Figura 31: Capa interna completa	38
Figura 32: Cristal·lí	39
Figura 33: Vascularització de la retina	39
Figura 34: Cos ciliar	40
Figura 35: Fibres del cos ciliar	40
Figura 36: Textures de l'ull	40
Figura 37: Escena estrabisme	41
Figura 38: Modelat del DR	41

Figura 39: Renderitzat del DR	41
Figura 40: Modelat del XEN	42
Figura 41: Renderitzat del XEN	42
Figura 42: Trajectòries en vermell de les fletxes	43
Figura 43: Animació mitjançant els <i>keyframes</i>	43
Figura 44: Animació a través de sub-objectes	43
Figura 45: Exportació animacions	44
Figura 46: Exportació animacions de sub-objectes	44
Figura 47: Creació de la llicència a la web de <i>Vuforia</i>	45
Figura 48: Punts de reconeixement dels <i>targets</i>	45
Figura 49: Selecció dels <i>targets</i>	46
Figura 50: Elements dins del <i>Canvas</i> principal	47
Figura 51: Escena dels crèdits	47
Figura 52: Configuració <i>LeanScale</i>	48
Figura 53: <i>Box collider</i> englobant l'objecte	48
Figura 54: Propietats del posicionador de botons	49
Figura 55: <i>Build settings</i>	50
Figura 56: <i>Player settings</i>	50
Figura 57: Aplicació funcionant en disposició horitzontal	51
Figura 58: Aplicació funcionant en vertical	51
Figura 59: Importació del paquet de <i>Vuforia</i>	52
Figura 60: Valoració dels <i>targets</i>	53
Figura 61: Llicència per al projecte	53
Figura 62: Configuració de l' <i>AR Camera</i>	53
Figura 63: <i>Script CameraFocusController</i>	58
Figura 64: Animació d'un model	59
Figura 65: Paquet <i>LeanTouch</i>	59
Figura 66: Menú i <i>script</i> de control dels botons	60
Figura 67: Diagrama de Gantt final	74
Figura 68: Logotip	88
Figura 69: Logotip reduït	88
Figura 70: Relació altura i amplada correcta del logotip	88
Figura 71: Exemple d'usos no permesos del logotip	88
Figura 72: Exemple de botons interactius de l'app	90

Índex de taules

Taula 1: <i>Software</i> utilitzat durant el projecte	28
Taula 2: Planificació	29
Taula 3: Bugs	64
Taula 4: Pressupost	67
Taula 5: DAFO	91

I. Introducció

La tecnologia evoluciona a gran velocitat i la societat ha d'evolucionar amb ella, aprofitar-la per millorar la vida quotidiana de les persones. En educació, la prioritat és inventar mètodes i eines més eficaces per ajudar als nens i nenes a créixer i aprendre amb la màxima llibertat possible. En sanitat, la prioritat és salvar vides de la manera més fàcil i ràpida possible aprofitant les millores en els instruments mèdics.

Intentar fusionar la meva feina diària, com a tècnica d'òptica, amb els meus estudis, el Grau en Multimèdia, sense que tinguin una connexió evident a priori, és un repte que durant tot el Grau he tingut pendent de realitzar.

Donant algunes voltes a diferents idees sobre com aprofitar els coneixements adquirits d'una banda i de l'altra, finalment vaig decidir anar més enllà de les competències apreses i necessàries pel meu lloc de treball i agafar l'element principal, l'ull, per crear un projecte que aprofités una tecnologia com la realitat augmentada per crear una aplicació útil per a tots els professionals i estudiants relacionats amb l'oftalmologia.

Si bé en un principi la idea era crear una animació en 3D explicant una cirurgia ocular, més endavant vaig descobrir la realitat augmentada, que em va mostrar el ventall enorme de possibilitats que té dins del món mèdic. Vaig decidir canviar d'estratègia i pensar en un projecte que combinés el modelatge 3D amb la realitat augmentada. I així va sorgir *EyeAR Capture*: una aplicació per a dispositius mòbils que permet afegir capes d'informació extra a una guia oftalmològica en format paper treballant amb la realitat augmentada. Aquesta tecnologia permet aprofundir la informació de manera visual i interactiva, ja que l'usuari final pot "tocar" l'ull, fer-lo rotar 360°, ampliar-lo, mostrar-ne les seves capes, veure com s'esdevenen alguns problemes oculars, etc.

En conclusió, aquest era un repte que em feia il·lusió emprendre ja que podia posar en pràctica coneixements que he anat aprenent al llarg de tot el Grau i que em permetien crear una connexió directa amb la meva vida laboral.

2. Descripció

El Treball Final de Grau ha consistit en crear una aplicació de realitat augmentada, anomenada *EyeAR Capture*, per a dispositius mòbils que permet ampliar la informació donada en una guia oftalmològica en format llibre.

En primer lloc, s'ha dissenyat i creat un llibre en format A4 apaïsat (297 x 210 mm) que és una guia oftalmològica amb il·lustracions i descripcions de diferents conceptes utilitzant el programa *Adobe Illustrator*. Sabent que per a la realització d'aquest projecte el temps és limitat, i per tal de mantenir la màxima qualitat possible, s'han dissenyat només 8 pàgines de la guia oftalmològica com a prototip de les 80 pàgines finals que tindria la guia final. La resta de pàgines s'han inclòs sense contingut real per tal d'obtenir un llibre el més real possible.

En segon lloc, s'han modelat els diferents elements necessaris en 3D, com l'ull i les seves capes i elements extres per facilitar les descripcions utilitzant el programa *Autodesk 3ds Max*. Alguns d'aquests elements tenen una petita animació que faciliten la comprensió del tema tractat en cada cas.

En tercer lloc, s'han creat els *targets* que escanejarà l'aplicació a través de la càmera del dispositiu mòbil (*smartphone i tablet*). Els *targets* són les il·lustracions de cada pàgina del llibre, i s'han configurat a través de l'API *Vuforia*, un equip de desenvolupament de *software* que permet desenvolupar un projecte des de *Unity* i exportar-lo com a aplicació mitjançant *Android Studio SDK*.

En quart lloc, s'han importat els models 3D a *Unity* i s'han configurat els seus *targets*. Per a cada *target* (o il·lustració del llibre) s'ha construït una escena on s'han inclòs els models 3D necessaris en cada cas i els elements extres disposats de manera adient. Dins mateix de *Unity* s'han programat les interaccions que l'usuari final pot realitzar sobre els models, com la rotació de 360° o fer *zoom* sobre ells.

Finalment, s'ha compilat l'aplicació *EyeAR Capture* i s'han realitzat tests amb usuaris reals per a millorar-la i optimitzar-la. L'aplicació s'ha creat per ser utilitzada en dispositius que utilitzen Android com a sistema operatiu.

3. Objectius

3.1 Principals

- Crear una aplicació per a dispositius mòbils que utilitzi la realitat augmentada per millorar una guia oftalmològica impresa en paper.
- Dissenyar de la manera més fidel a la realitat possible un model 3D de l'ull humà.
- Dissenyar una guia oftalmològica en format llibre utilitzant els coneixements de disseny gràfic adquirits.
- Aconseguir una versió estable de l'aplicació per ser llançada al mercat.

3.2 Secundaris

- Buscar informació i documentació per adquirir els coneixements necessaris per a realitzar aquest projecte.
- Aprendre i dominar l'art del modelat i animació 3D.
- Aprendre i dominar els principis bàsics del disseny gràfic i dissenyar un llibre.
- Donar a conèixer una tecnologia amb molt potencial com és la realitat augmentada.
- Donar als professionals del sector òptic i oftalmològic una eina educativa que permeti ensenyar als estudiants l'anatomia de l'ull i algunes deficiències oculars de manera més eficient.

4. Marc teòric

La tecnologia avança tant ràpid que a vegades ens saltem passos entremig i ens adonem de cop que ha aparegut una nova tecnologia quan en realitat ja feia temps que se'n parlava o que s'havia inventat. Així es dona a conèixer la realitat augmentada per al societat en general: apareix el joc *Pokémon Go*¹ i tothom parla d'aquest nou concepte malgrat que existeixi des dels anys 70 quan Ivan Sutherland crea un dispositiu anomenat *Human mounted display*, predecessor de les actuals ulleres de realitat augmentada. No és fins al 1992 que Tom Caudell posa nom a aquesta tecnologia, i des de llavors s'han anat creant aplicacions i plataformes que utilitzen la realitat augmentada.

Però què és exactament la realitat augmentada? La realitat augmentada és la visió d'un entorn real a través d'un dispositiu mòbil en la qual es barregen elements virtuals amb elements reals, sobreposant els primers als segons. L'avantatge principal d'aquesta tecnologia és el fet de poder afegir capes addicionals d'informació a l'entorn real millorant l'experiència de l'usuari.

La realitat augmentada ha entrat en un estat d'auge gràcies a l'augment de ventes de *smartphones*, ordinadors portàtils i tauletes, on pràcticament cada persona té algun d'aquests aparells tecnològics i pel fet de ser molt potents i a un preu assequible per a gairebé tothom. El sector dels videojocs és qui més ha contribuït a estendre els seus avantatges creant jocs on la realitat virtual i la realitat augmentada hi tenen un paper indispensable. A part del ja mencionat *Pokémon Go*, existeix un ventall molt ampli de jocs que aprofiten la realitat augmentada com *Ingress*², un dels jocs més antics per a dispositius mòbils, o *Invizimals*³, comercialitzat per Sony per a la seva consola portàtil PSP.

A més a més, aquesta tecnologia s'ha anat desenvolupant per a altres fins, com en el camp de la medicina, on està aportant interessants maneres d'entendre el món que ens rodeja i millorant la capacitat per aprendre d'una manera diferent. Per exemple, l'innovador *Surgical*

¹ *Pokémon Go*, videojoc gratuït creat per Niantic Inc per a tauletes i mòbils IOS i Andoid.
<<http://pokemongo.nianticlabs.com/es/>>

² *Ingress*, també desenvolupat per Niantic Inc, es pot dir que és el predecessor de *Pokémon Go*.
<<https://www.ingress.com>>

³ *Invizimals*, desenvolupat per Novarama i comercialitzat per Sony.
<http://invizimals.eu.playstation.com/es_ES/home>

*Navigation Advanced Platform (SNAP)*⁴ que permet recrear amb fidelitat cirurgies tant complicades com les de neurocirurgia abans de realitzar-les als pacients. D'aquesta manera, a través de diferents vistes 3D es pot decidir quin és el millor camí i el més eficaç fins a un tumor cerebral de manera ràpida i sense invasió i d'aquesta manera augmentar el tant per cent d'èxit.

Aquest camp és el que es tracta en aquest projecte, on s'aprofita la realitat augmentada per millorar una guia oftalmològica en format paper, dotant-la d'interacció entre els models 3D que apareixen a l'aplicació i els lectors.

⁴ *Surgical Navigation Advanced Platform (SNAP)*, desenvolupat per *Surgical Theater*.
<<http://www.surgicaltheater.net/site/products-services/surgical-navigation-advanced-platform-snap>>

5. Continguts

Aquest projecte ha consistit en crear una aplicació que utilitza la realitat augmentada per afegir models 3D interactius a una guia oftalmològica en format paper.

El projecte s'ha dividit en 3 grans etapes: disseny gràfic de la guia, disseny dels models 3D i creació de l'aplicació de realitat augmentada amb Unity. Cada una d'aquestes etapes s'ha dividit en fases per desglossar-les i organitzar-ne millor el desenvolupament.

Per a l'etapa del **disseny de la guia** s'ha utilitzat el software *Adobe Illustrator* que ha permès crear les il·lustracions del llibre que fan de *targets* (les imatges que escaneja l'APP per llançar els models 3D). Per a la maquetació de la guia s'ha utilitzat el programa *Adobe Indesign* i s'ha afegit text real a les pàgines on hi ha les il·lustracions per fer-la el més real possible. Tot i que també s'han imprès els capítols on no hi ha cap il·lustració, aquests s'han emplenat amb text fictici i en color gris per diferenciar-les de les pàgines reals.

Les il·lustracions s'han realitzat seguint un esbós (posat com a plantilla) i dibuixant sobre ell amb l'eina ploma. Aquesta eina ha permès crear totes les corbes, línies i detalls de manera precisa, ja que utilitza punts d'àncora per variar les corbes.

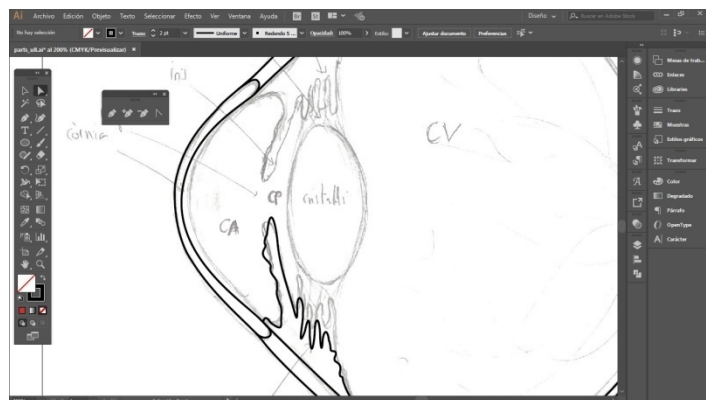


Figura 1: Procés del disseny gràfic seguint la plantilla.

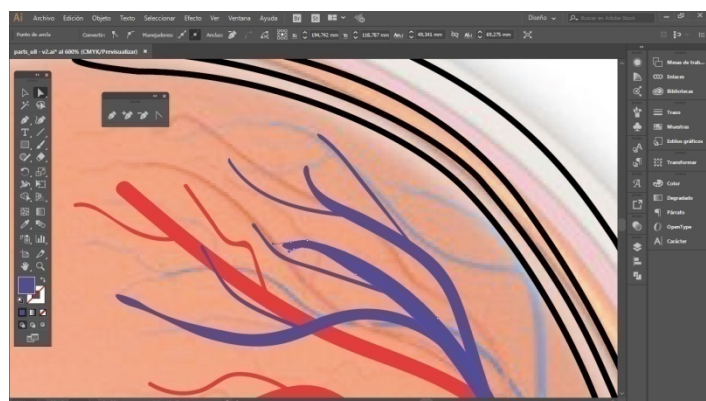


Figura 2: Utilització de la ploma per dibuixar.

Per a l'etapa del **modelat 3D** s'ha utilitzat exclusivament el software *Autodesk 3ds Max*. Els models estan basats en l'anatomia d'un ull humà intentant que la similitud sigui la màxima possible. Aquest software té moltes eines diferents per modelar, i s'han anat combinant per crear els diferents models. S'ha optat per anar apilant els modificadors segons els canvis realitzats, per exemple el modificador *Edit Poly* s'ha creat per a cada canvi important per poder recuperar l'original si s'ha fet algun pas malament o el model no ha quedat com es volia (com si es treballés per capes) ja que es pot esborrar el modificador que no acabi de quadrar per tornar a començar.

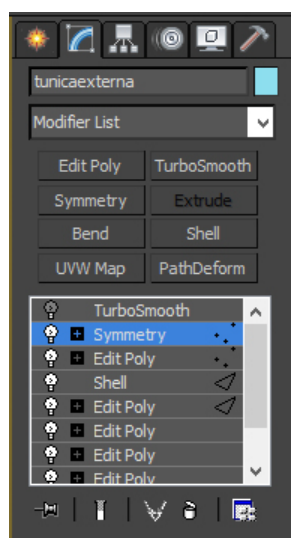


Figura 3: Modificadors apilats.

Les animacions s'han realitzat mitjançant els *keyframes* dels objectes i s'han exportat juntament amb el model i posteriorment s'han importat a *Unity*. Aquestes petites animacions es reproduiran en bucle a l'aplicació de realitat augmentada.

L'última etapa ha estat la de la **creació de l'aplicació** *EyeAR Capture* mitjançant *Unity* i l'API *Vuforia* per a crear la realitat augmentada i programar la interacció dels models amb el lector. Primer s'ha creat la llicència a través de la pàgina web de *Vuforia* i després s'han pujat les imatges que fan de *target*. S'ha de tenir en compte que quantes més estrelles tenen els *targets* (la puntuació depèn del contrast i l'aleatorietat dels traços de les il·lustracions) millor els capta l'aplicació.

Després s'han col·locat a l'escena els objectes predefinits de *Vuforia* l'*AR Camera* i els *ImageTarget* i s'han configurat per a què es puguin connectar amb la BBDD i llançar la realitat

augmentada. Un cop col·locats aquests elements, s'han importat els models 3D i s'han posicionat sobre el seu *target* corresponent.

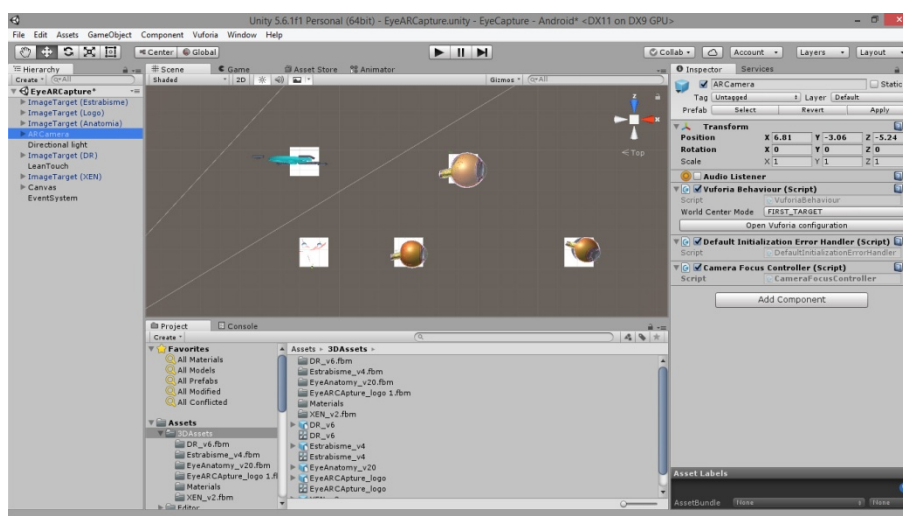


Figura 4: Vista superior de l'escena a Unity.

Després s'han creat diferents *scripts* per controlar el comportament dels models. Per a la rotació s'ha creat un *script* que controla el moviment que fa un dit a la pantalla i mou els models en consonància. Per al zoom s'ha optat per utilitzar un *script* predefinit d'un paquet anomenat *Lean Touch*. Per últim s'han creat els botons i menús de l'aplicació i s'han escrit diferents *scripts* senzills per controlar la seva funció.

Per tal que la càmera del dispositiu mòbil enfoqui correctament al iniciar l'aplicació, s'ha utilitzat un *script* de *Vuforia* anomenat *CameraFocusController*.

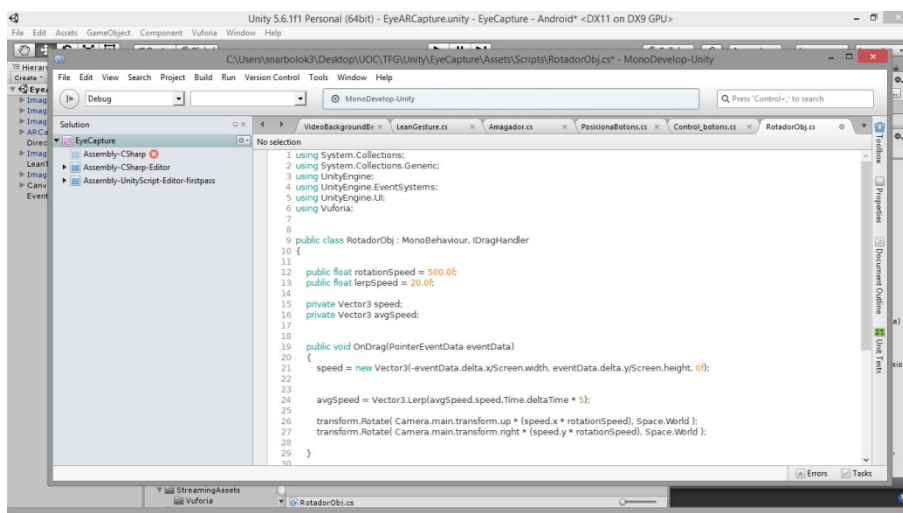


Figura 5: Editor d'*scripts*.

Finalment s'ha realitzat el test a usuaris potencials per tal de detectar possibles errors i millores. Sobre els resultats dels tests s'han modificat alguns aspectes de l'aplicació com la grandària dels botons, la seva disposició o la velocitat de rotació dels models.

6. Metodologia

Aquest projecte s'ha dividit en diferents fases, totes elles connectades entre si i en constant revisió per anar modificant els possibles errors o per afegir-hi millores.

La **primera fase** del projecte ha consistit en fer una pluja d'idees i a la vegada fer una investigació per Internet (i altres recursos) amb la finalitat d'escollir una bona idea per al Treball final de Grau.

Un cop escollit el tema, s'ha passat a la **segona fase**, que ha consistit en fer un esbós de tot el procés a seguir. Així com també els esbossos del llibre i dels models 3D que s'havien de realitzar posteriorment mitjançant els programes adequats.

La **tercera fase** ha estat única i exclusivament encarada al disseny. Per una banda, s'ha dissenyat gràficament la guia oftalmològica amb el programa *Adobe Illustrator* creant les il·lustracions des de zero i maquetant-la juntament amb el text amb *Adobe InDesign*. El text de la guia, que acompanya les il·lustracions, s'ha escrit aprofitant les descripcions dels llibres específics d'oftalmologia i fent un resum d'aquests. El llibre s'ha maquetat i portat a la impremta per obtenir una guia física amb la qual s'han anat fent les proves amb l'aplicació durant la seva confecció.

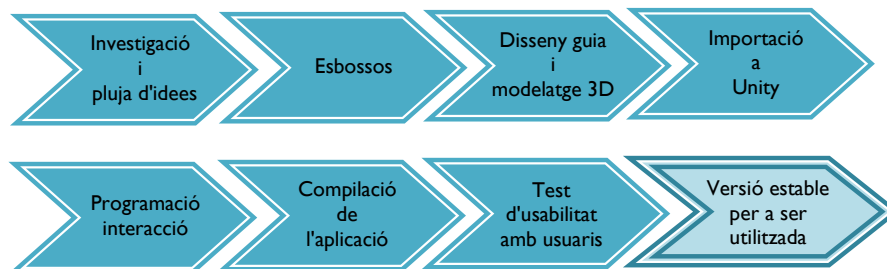
Per altra banda, s'han modelat els diferents elements 3D necessaris utilitzant el programa *Autodesk 3ds Max*. Gràcies als coneixements previs i l'ajuda dels llibres específics s'han creat totes les parts de l'ull correctament. També s'han modelat alguns elements extra per a completar les explicacions.

La **quarta fase** ha consistit en importar els models 3D a *Unity* i crear les escenes de cada pàgina del llibre. També s'han configurat els *targets* necessaris per a què la càmera del dispositiu mòbil pugui escanejar i activar la realitat augmentada utilitzant *Vuforia*.

La **cinquena fase** ha estat la fase de programació, i una de les més complicades pel fet d'haver de generar codi per a programar les interaccions que l'usuari pot realitzar sobre els models 3D. Cada interacció ha estat vinculada a un *target* i model 3D en concret.

La **sisena**, i última, **fase** de creació ha estat la compilació de l'aplicació *EyeAR Capture*, que ha consistit en configurar l'exportació per a dispositius mòbils que utilitzen el sistema operatiu Android. Cada versió compilada (amb la nomenclatura *_vX*) ha estat una millora de l'anterior i amb l'ajuda dels tests d'usabilitat realitzats amb diferents usuaris reals s'han detectat alguns *bugs* i s'han anat afegint millores a l'aplicació. Finalment s'ha creat una versió final *beta* estable llesta per a ser utilitzada i llançada al mercat.

A continuació es pot veure un esquema de les diferents fases del projecte



7. Arquitectura de l'aplicació

Per a realitzar l'aplicació *EyeARCapture* s'ha utilitzat bàsicament el programari multiplataforma *Unity*⁵, *software* encarat a la creació de videojocs i aplicacions.

S'ha utilitzat l'API de *Vuforia*⁶ per a crear la realitat augmentada dins del mateix *Unity*. Aquest paquet de *software* permet una integració total de l'escena creada a *Unity* amb els *targets* creats a través de la pàgina web de *Vuforia* mitjançant la vinculació dels dos programes amb la base de dades creada en línia. *Vuforia* utilitza la càmera del dispositiu mòbil per escanejar els *targets* creats i carregar les escenes dissenyades a *Unity*.

Per a la programació de l'aplicació s'ha utilitzat el llenguatge *C#* que ha permès crear la interacció entre l'aplicació i l'usuari. Per exemple, s'ha programat el botó per sortir de l'aplicació o el comportament dels models segons quin moviment fan els dits quan toquen la pantalla.

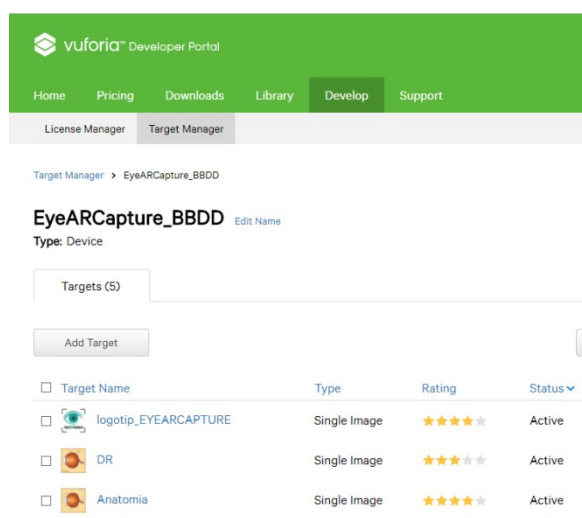


Figura 6: Targets de Vuforia.

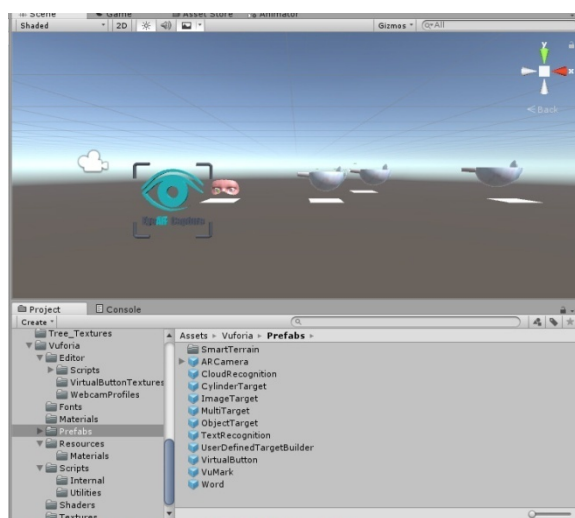


Figura 7: Objectes predeterminats de Vuforia.

⁵ *Unity*, distribuït per *Unity Technologies* <<https://unity3d.com>>

⁶ *API de Vuforia*, distribuïda per *PTC Inc* <<https://www.vuforia.com>>

Per a l'exportació de l'aplicació s'ha utilitzat el *SDK d'Android Studio*⁷ que permet configurar de manera senzilla l'aspecte final de l'aplicació. Aquest *SDK* s'ha de tenir prèviament instal·lat al mateix ordinador on s'ha treballat amb *Unity*, ja que l'exportació es fa a través d'aquest últim.

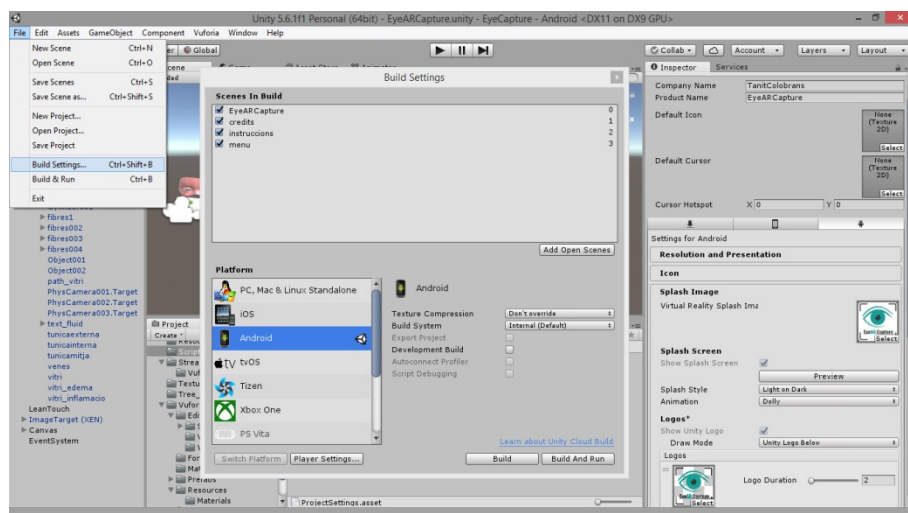


Figura 8: Configuració de l'exportació amb l'*SDK Android Studio*.

Per al modelat 3D s'ha utilitzat el programa de *software Autodesk 3ds Max* que ha permès modelar i animar tots els models i exportar-los en format *FBX*, un format compatible per a poder treballar amb ells dins de *Unity*. Les il·lustracions que fan de *targets* i que s'han carregat a la base de dades de *Vuforia* s'han dissenyat amb el programari *Adobe Illustrator*.

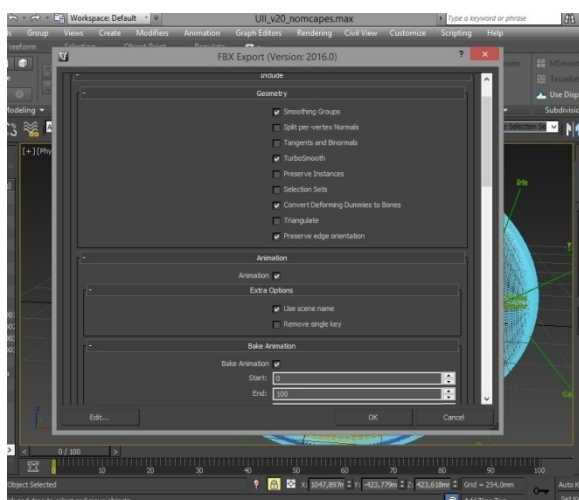


Figura 9: Exportació en format *.fbx* des del *3ds max*.

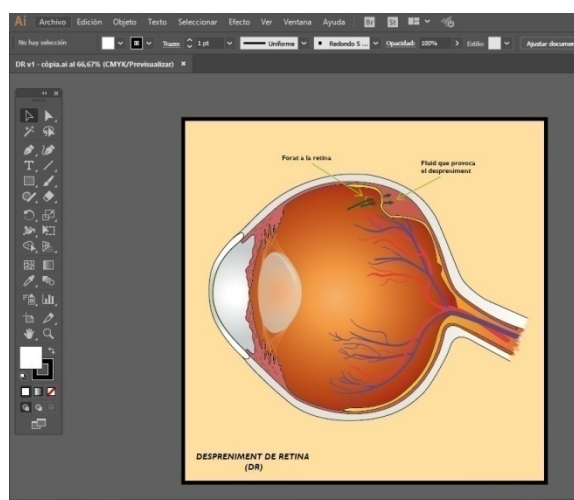


Figura 10: Disseny dels *targets* des de *Illustrator*.

⁷ *SDK Android Studio*, desenvolupat per Google <<https://developer.android.com/studio/index.html>>

8. Plataforma de desenvolupament

Unity, distribuït per *Unity Technologies*, ha estat el *software* multiplataforma escollit per a dur a terme la creació de l'aplicació per a dispositius mòbils *Android EyeAR Capture*.

Aquest *software* tant potent ha permès desenvolupar l'aplicació des d'un sol programa ja que permet importar models 3D realitzats mitjançant programes de modelatge (en aquest cas des de *3DS Max*), crear les diferents escenes, programar la interacció i realitzar l'exportació. Que tot el procés s'hagi pogut fer des d'un sol espai ha minimitzat les possibles incompatibilitats que s'haguessin produït en cas de tenir diferents programes per separat. Encara que no sigui el cas d'aquest projecte, *Unity* també permet incloure a les diferents escenes vídeos, sons i animacions (les animacions dels models s'han realitzat des del propi *3ds Max* i s'han importat a *Unity* dins del mateix model).

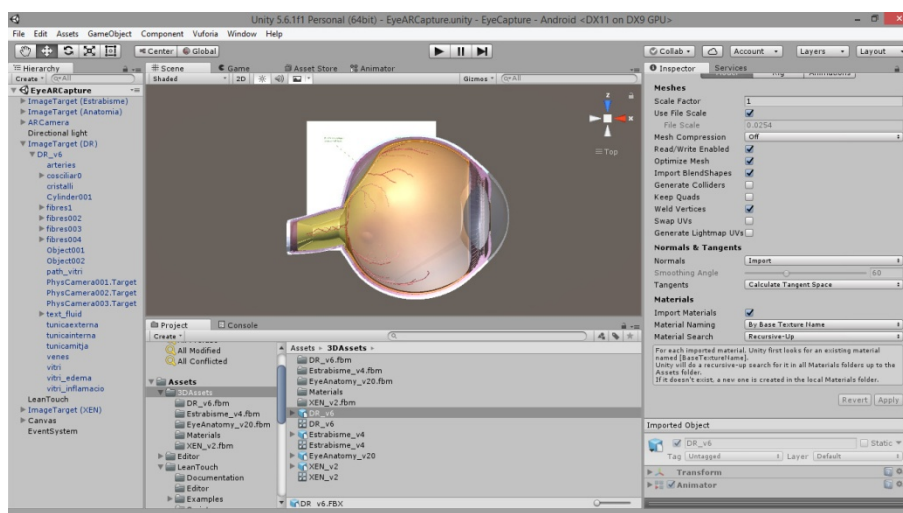


Figura 11: Finestra de treball de *Unity*.

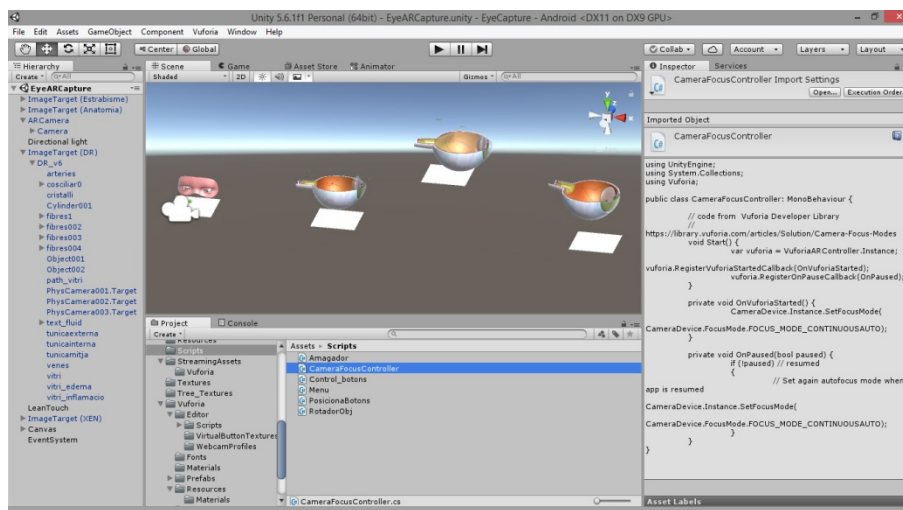


Figura 12: Detall d'un *script* dins de

Unity ha estat el centre de treball durant la realització de l'aplicació, però s'han utilitzat diferents tipus de *software* per al disseny de la guia en paper i el modelat 3D:

- **Adobe CC Illustrator:** per a la creació de les il·lustracions de la guia i que també fan de *targets*.
- **Adobe CC InDesign:** per a la maquetació de la guia en format paper.
- **AdobeCC Photoshop:** per la optimització de les textures utilitzades als models 3D.
- **Autodesk 3ds Max:** per al modelat i animació de tots els elements utilitzats.

Software utilitzat	Versió utilitzada
Unity	5.6.1
API Vuforia	6.2.10
SDK Android	1.0
Adobe Creative Cloud	2017
Autodesk 3ds Max	2016

Taula 1: *Software* utilitzat durant el projecte.

Tot el projecte s'ha desenvolupat amb un ordinador portàtil Toshiba amb el sistema operatiu Windows 8.1 de 64-bit i7 de 8GB de RAM i una targeta gràfica Intel HD Graphics 4000.

Les proves de l'aplicació realitzades durant tot el projecte s'han realitzat amb una *tablet* BQ Aquaris M10 amb Android 6.0.1.

9. Planificació

Dates clau

Descripció	Entrega
Pluja d'idees	23/09/2017
Concretació idea	25/09/2017
Concretació abast del projecte	28/09/2017
Disseny gràfic de la guia	21/10/2017
Esbossos	01/10/2017
Vectorització dels esbossos	06/10/2017
Entrega PAC I	06/10/2017
Creació de les il·lustracions	18/10/2017
Esbós del disseny de la guia	11/10/2017
Maquetació de la guia	21/10/2017
Disseny dels models 3D	19/11/2017
Esbossos	23/10/2017
Modelat 3D	04/11/2017
Entrega PAC 2	04/11/2017
Texturització	11/11/2017
Animació dels models	17/11/2017
Exportació dels models	19/11/2017

Creació RA amb Unity	25/11/2017
Impressió de la guia	20/11/2017
Importació dels models 3D	20/11/2017
Creació dels <i>targets</i> amb <i>Vuforia</i>	21/11/2017
Assignació <i>targets</i>	21/11/2017
Creació de les escenes completes	25/11/2017
Programació de la interacció amb els models	08/12/2017
Programació interaccions	03/12/2017
Realització de proves	07/12/2017
Correcció d'errors	07/12/2017
Compilació de la versió BETA APP	08/12/2017
Entrega PAC 3	08/12/2017
Test amb usuaris reals	26/12/2017
Test usuaris	15/12/2017
Correcció de <i>bugs</i>	25/12/2017
Aplicació de millores	25/12/2017
Compilació de la versió final APP	26/12/2017
Creació vídeo-defensa del TFG	15/01/2017
Entrega del PROJECTE TFG	15/01/2017

Taula 2: Planificació.

Diagrama de Gantt

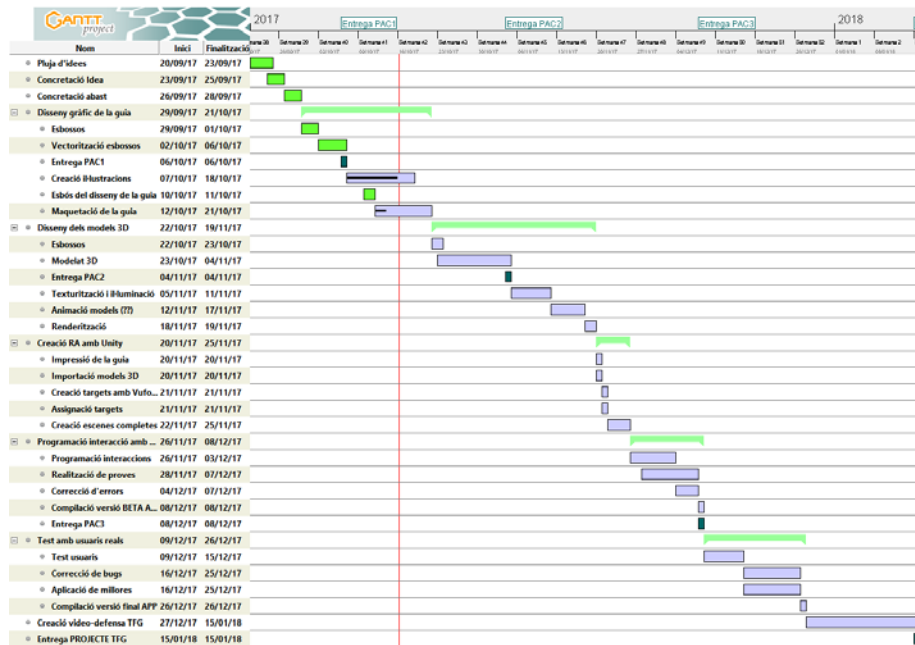


Figura I3: Diagrama de Gantt.

10. Procés de treball

10.1 Esbossos

Abans de començar a dissenyar la guia oftalmològica o modelar els objectes en 3D, s'han dibuixat els esbossos dels elements per obtenir-ne una idea més precisa.

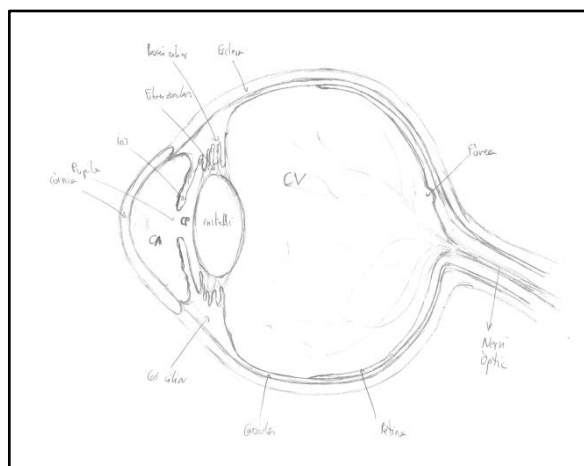


Figura 14: Esbós de les capes de l'ull humà.

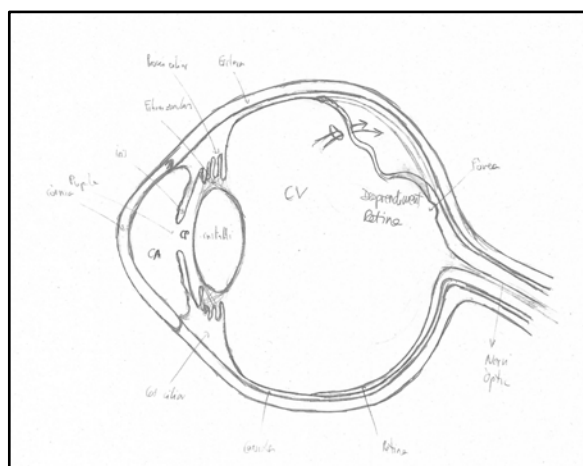


Figura 15: Esbós desprendiment de retina.

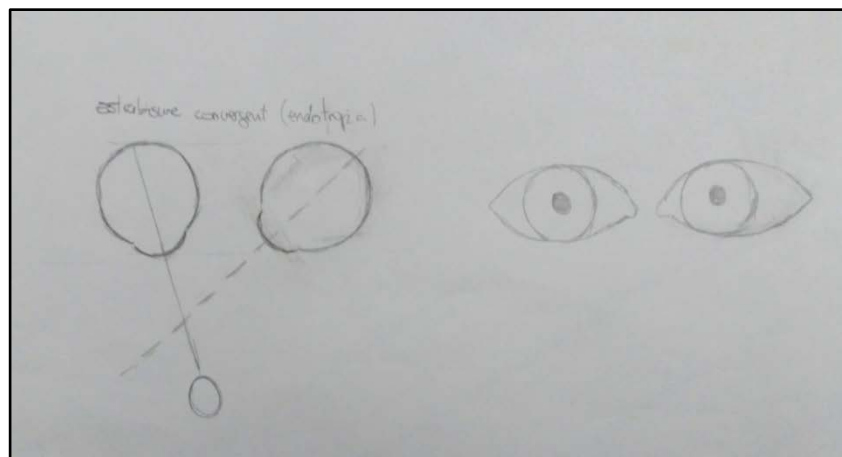
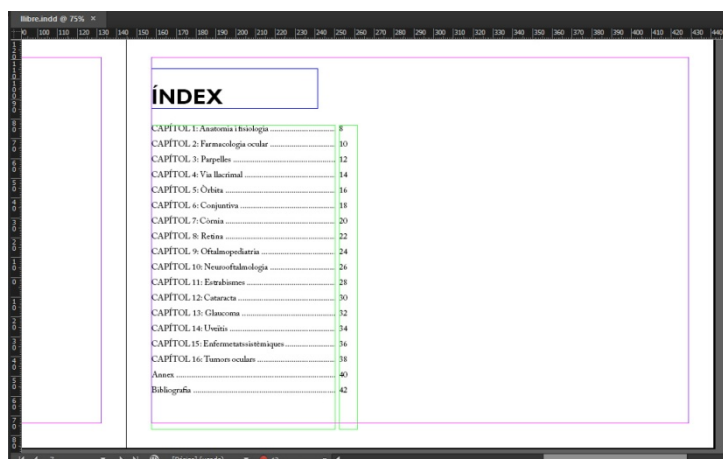


Figura 16: Esbós dels tipus d'estrabisme.

10.2 Disseny gràfic del llibre i creació dels *targets*

El llibre que s'ha dissenyat és una guia oftalmològica que conté un índex amb el temari d'un llibre real.



ÍNDEX	
CAPÍTOL 1: Anatomia i fisiologia	10
CAPÍTOL 2: Farmacologia ocular	12
CAPÍTOL 3: Pupelles	14
CAPÍTOL 4: Via lacrimal	14
CAPÍTOL 5: Òculta	18
CAPÍTOL 6: Cojuntiva	20
CAPÍTOL 7: Còrnia	22
CAPÍTOL 8: Retina	24
CAPÍTOL 9: Oftalmoparària	26
CAPÍTOL 10: Neurooftalmologia	28
CAPÍTOL 11: Estrabismes	30
CAPÍTOL 12: Cataractes	32
CAPÍTOL 13: Glaucoma	34
CAPÍTOL 14: Uveïtis	36
CAPÍTOL 15: Enfermetats sistèmiques	38
CAPÍTOL 16: Tumors oculars	40
Annex	42
Bibliografia	42

Figura 17: Índex de la guia oftalmològica.

S'ha utilitzat el programa de software *Adobe InDesign* per maquetar el llibre i *Adobe Illustrator* per crear les il·lustracions del llibre que també fan de *targets* per a l'aplicació de realitat augmentada.

Les il·lustracions de la guia s'han creat partint d'un esbós i utilitzant les eines que ofereix *Illustrator* per dibuixar-les i pintar-les mostrant les diferents parts de l'ull o indicant com s'esdevenen algunes malalties oculars.

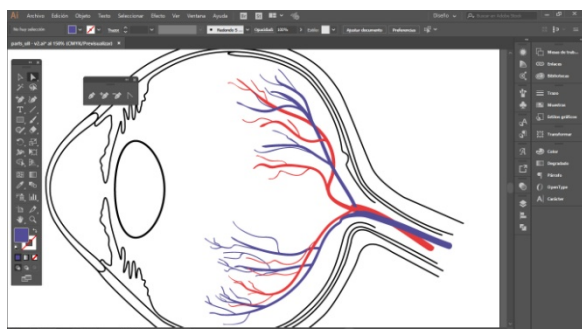


Figura 18: Procés del disseny gràfic.

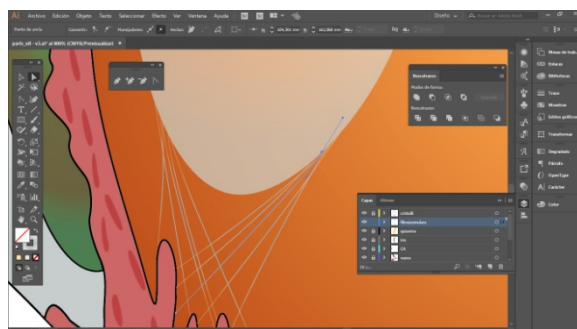


Figura 19: Procés de creació dels detalls.

Per aquest projecte només s'han dissenyat amb contingut real les pàgines que contenen les il·lustracions, la resta de capítols contenen text fictici i amb color gris però s'han inclòs per poder obtenir un llibre el més real possible dins dels límits de temps i capacitat disponibles.

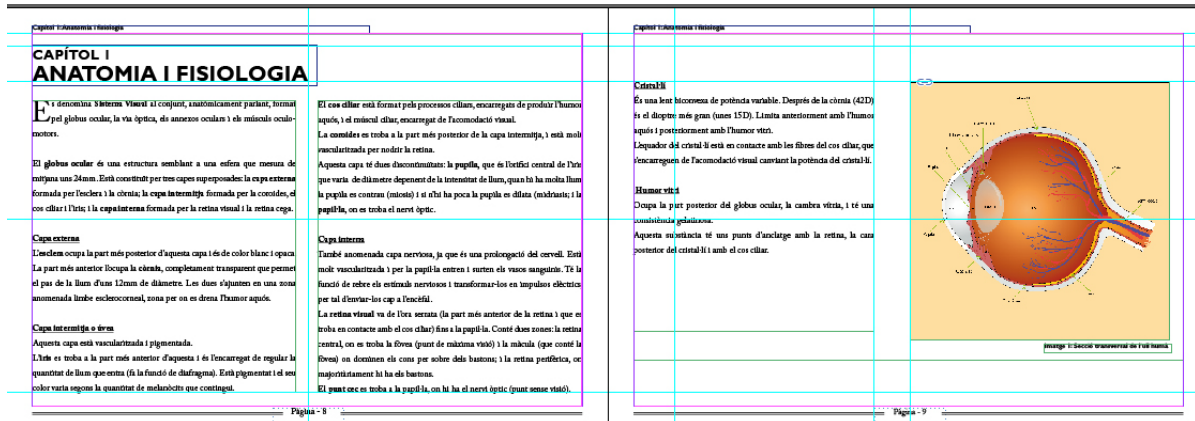


Figura 20: Procés de maquetació de la guia.

S'han dissenyat **4 il·lustracions**, cada una d'un tema diferent per tal de representar conceptes de les diferents especialitats oftalmològiques:

- **Il·lustració 1 "Anatomia de l'ull"**: s'hi representa un ull humà seccionat transversalment per mostrar-ne les diferents parts. Aquesta il·lustració es troba dins del capítol I anomenat "Anatomia i fisiologia".

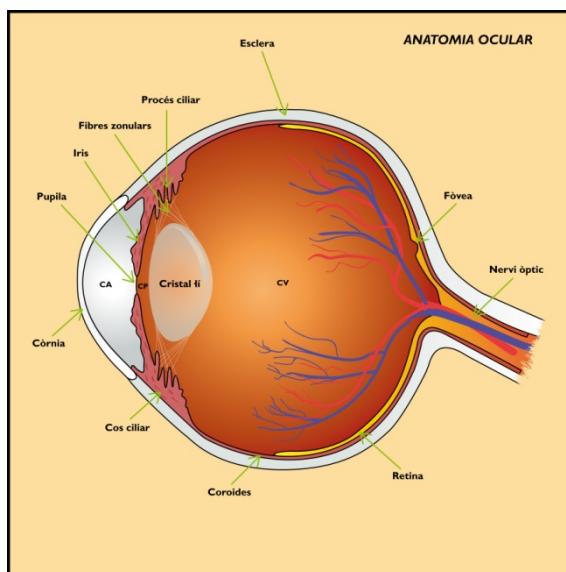


Figura 21: Il·lustració de l'anatomia de l'ull humà i les seves parts.

- **Il·lustració 2 "Despreniment de retina"**: s'hi mostra com es produeix un tipus de despreniment de retina. Aquesta il·lustració es troba dins del capítol 8 anomenat "Despreniment de retina".

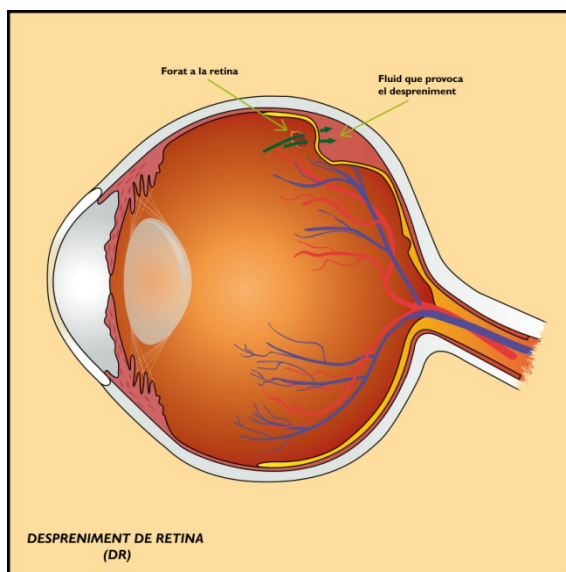


Figura 22: Il·lustració d'un desprendiment de retina.

- **Il·lustració 3 "Estrabismes"**: s'hi mostren diferents desviacions de l'ull per explicar què és un estrabisme. Aquesta il·lustració es troba dins del capítol II anomenat "Estrabismes".

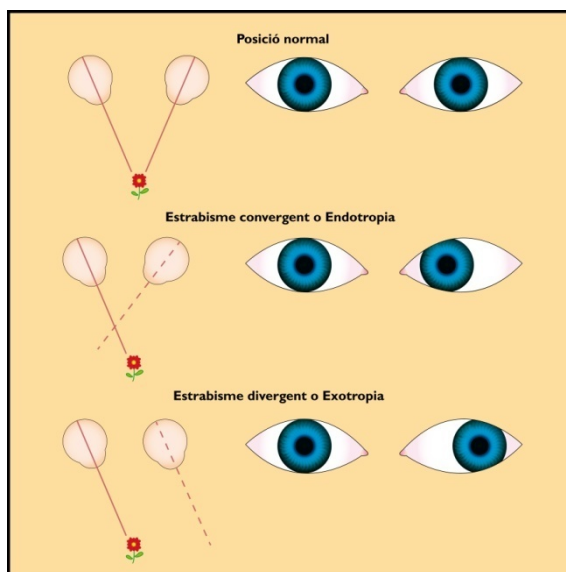


Figura 23: Il·lustració amb l'explicació dels estrabismes.

- **Il·lustració 4 "XEN"**: s'hi mostra com està col·locat un dispositiu de drenatge tipus XEN com a tractament quirúrgic del glaucoma. Aquesta il·lustració es troba dins del capítol 13 anomenat "Glaucoma".

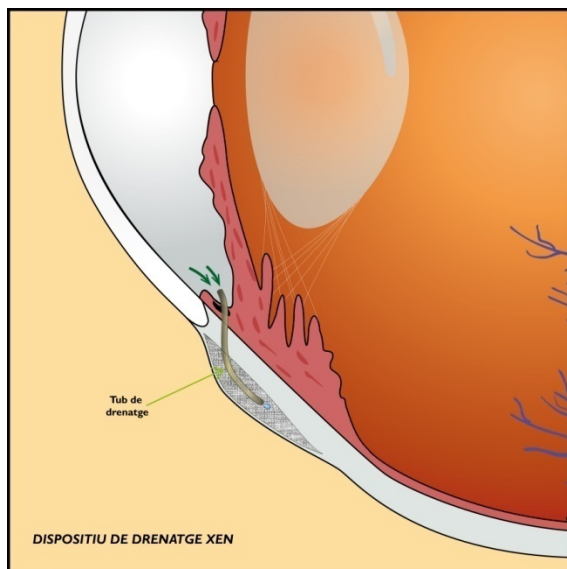


Figura 24: Il·lustració del dispositiu de drenatge tipus XEN.

Aquestes il·lustracions són les que fan de *targets* a l'aplicació, és a dir, són les referències que s'han d'escanejar amb el dispositiu mòbil per tal de llançar els models 3D.

També s'ha dissenyat el **logotip** del projecte. Aquest logotip va col·locat a la portada i també té la funció de *target* podent escanejar-lo a través de l'aplicació.



Figura 25: Disseny del logotip.

10.3 Disseny dels models 3D

Per modelar els diferents objectes en 3D s'ha utilitzat el programari *Autodesk 3ds Max* i s'ha començat modelat **un ull humà dividit** en les diferents capes de què es compona.

Primer de tot s'ha creat la capa més exterior partint d'una esfera, a la qual se li han anat aplicant diferents modificadors per obtenir la forma desitjada. S'ha convertit aquesta esfera en un *Editable poly* per poder modificar-ne els vèrtexs, arestes i cares segons la necessitat. S'ha eliminat la meitat de l'esfera per treballar més fàcilment ja que és important veure com va quedant l'interior. Un cop donada la forma adequada s'ha aplicat un modificador *Shell* per donar-li gruix a la capa. Finalment s'ha aplicat el modificador *Symetry* per crear l'altra meitat com si fos un mirall.

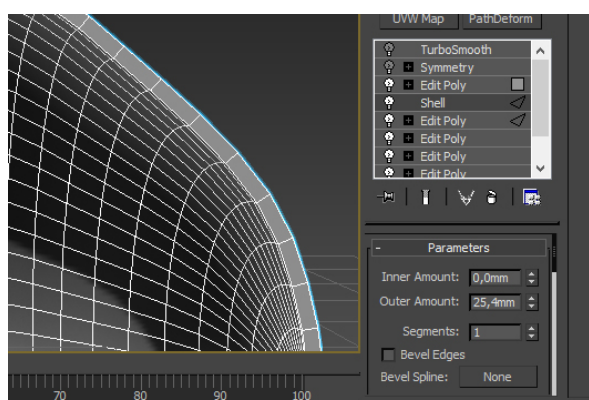


Figura 26: Modificador *Shell*.

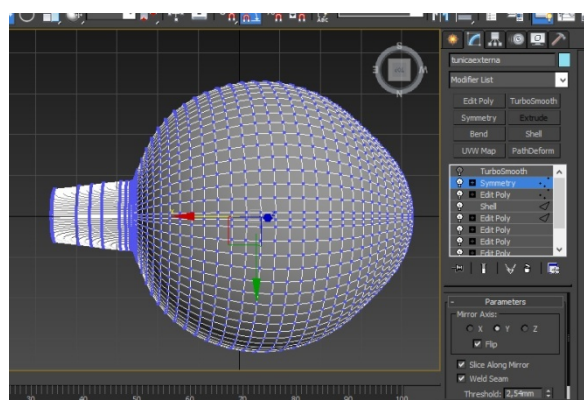


Figura 27: Modificador *Symetry*.

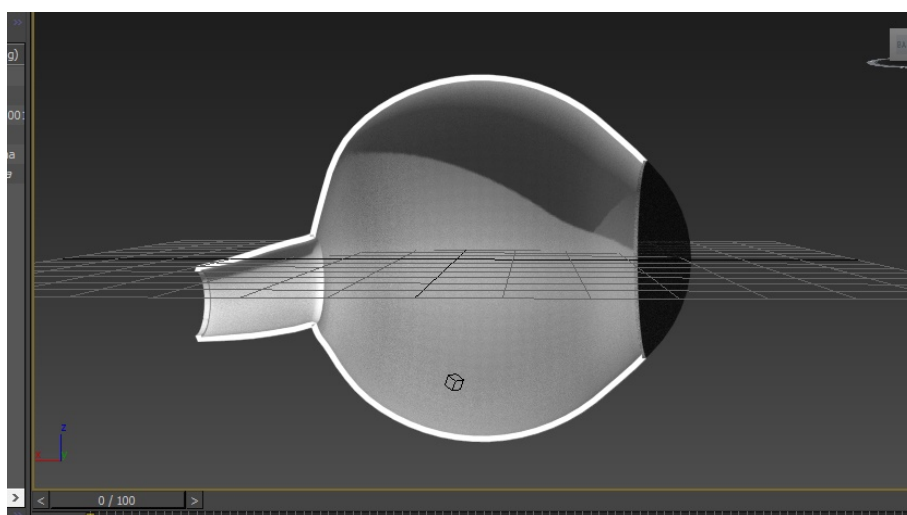


Figura 28: Capa externa completa.

Després s'ha creat la capa intermitja partint d'una còpia de la part externa però fent-la més petita. El modelat d'aquesta capa ha seguit passos similars als de l'anterior. Aquí però se li ha aplicat el modificador *TurboSmooth* per suavitzar les corbes.

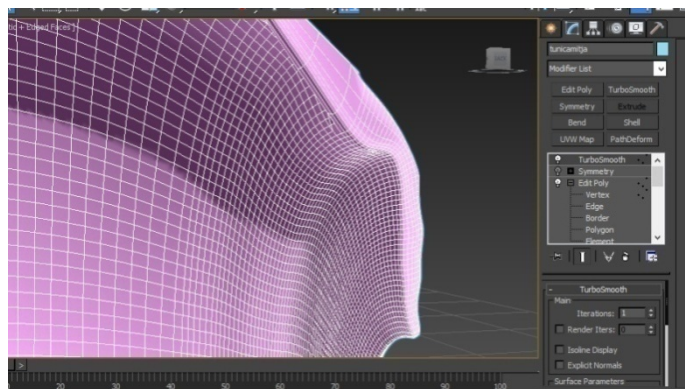


Figura 29: Modificador TurboSmooth.

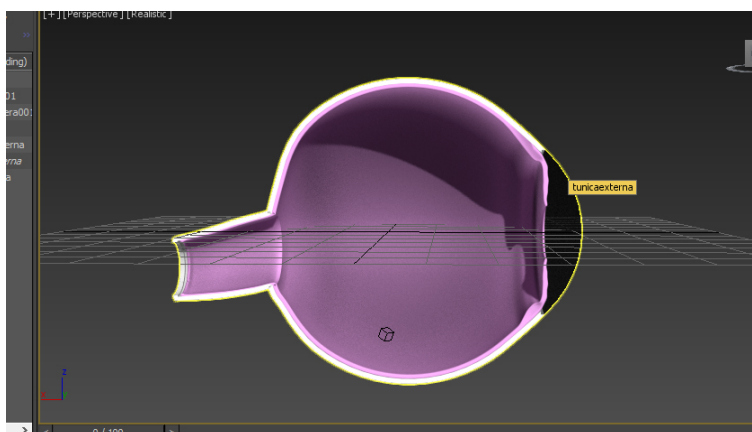


Figura 30: Capa intermitja completa.

La capa interna és una còpia de la capa externa però, també, més petita i quasi no s'ha hagut de modificar.

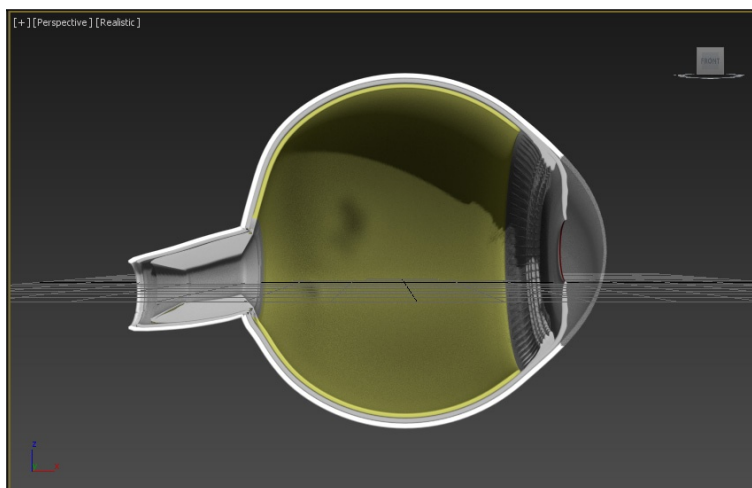


Figura 31: Capa interna completa.

A continuació s'han modelat la resta d'elements:

- Cristal·lí: com una lent transparent.

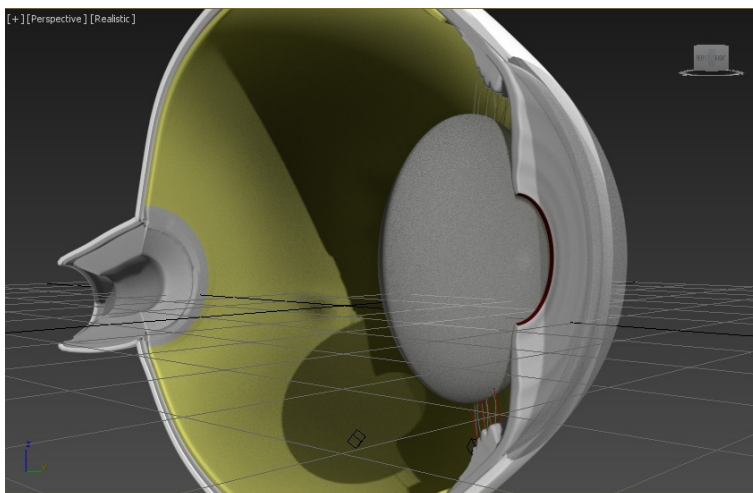


Figura 32: Cristal·lí.

- Vascularització: s'ha creat mitjançant *splines* de tipus línia. Després se li ha aplicat gruix.

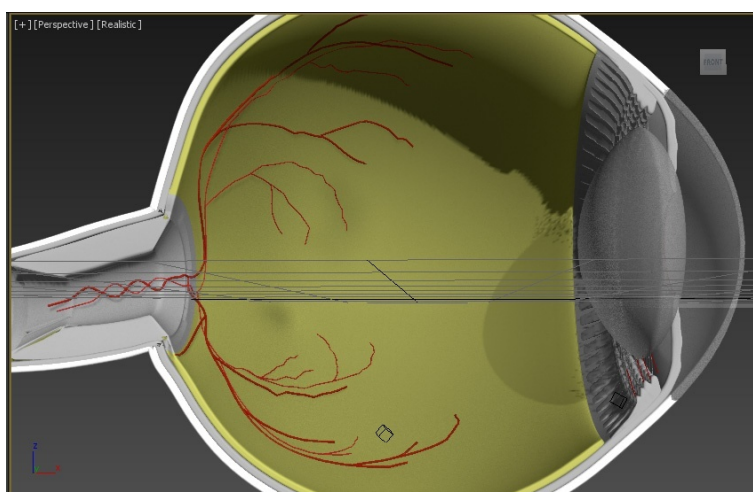


Figura 33: Vascularització.

- Cos cil·liar: aquest element ha estat dels més complicats de modelar per la seva complexitat. Després de diferents proves s'ha decidit crear un objecte base que després s'ha copiat repetidament dins del model. Per les fibres que aguanten el cristal·lí s'ha optat per utilitzar el *plugin Spline Fibers*⁸, que permet crear tantes fibres com es vulguin al voltant d'un objecte. Després s'han anat copiant i col·locant al voltant del cristal·lí.

⁸ Plugin gratuït *Spline Fibers v1.5*, creat per Vladislav <<http://www.scriptspot.com/3ds-max/scripts/spline-fibers>>

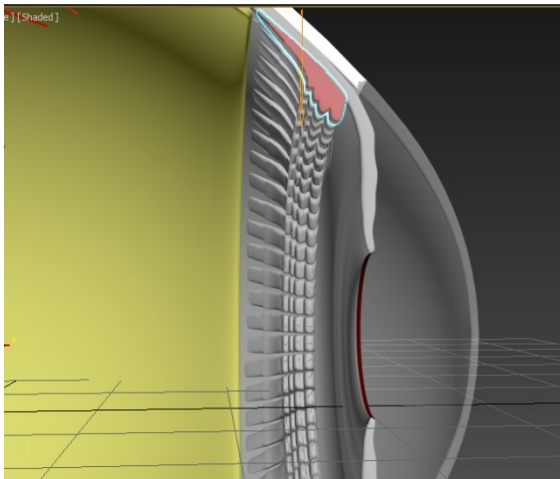


Figura 34: Cos cil·liar.

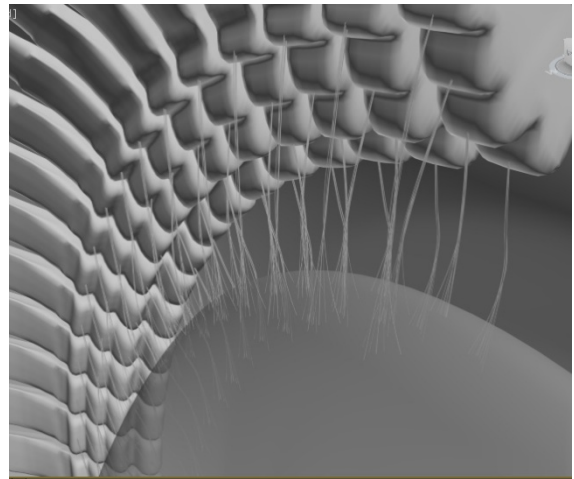


Figura 35: Fibres del cos cil·liar.

Un cop modelat l'ull s'ha procedit a texturitzar-lo. Com que una mateixa capa o element pot tenir textures diferents segons la zona, s'ha marcat cada part amb un *ID Material* diferent (un número identificatiu per a cada zona). D'aquesta manera al *Material Editor* s'han utilitzat alguns materials tipus *Multi/Sub-object* que inclou un material diferent per a cada *ID Material* assignat.

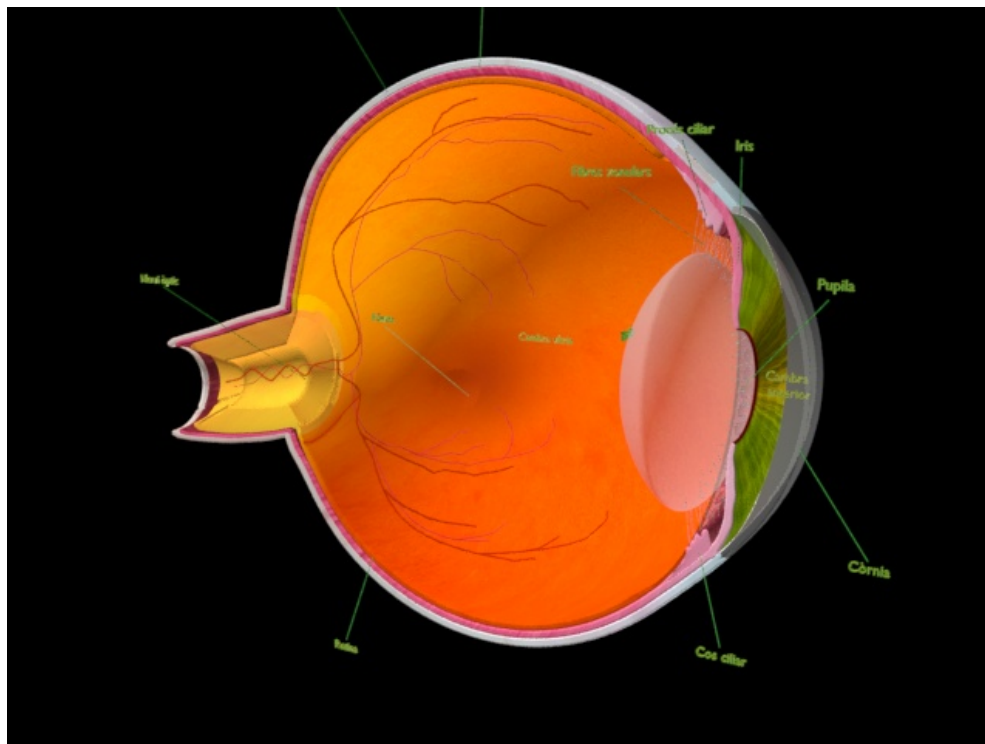


Figura 36: Textures ull.

Partint ara d'aquest model s'han realitzat 3 escenes més: estrabisme, despreniment de retina i dispositiu de glaucoma XEN.

Per a l'escena de l'estrabisme s'ha duplicat el model per obtenir un ull dret i un esquerre i s'han col·locat darrera de la malla que fa de cara⁹. Un cop col·locats s'ha procedit a crear dos objectes que fan de punt de fixació dels ulls.

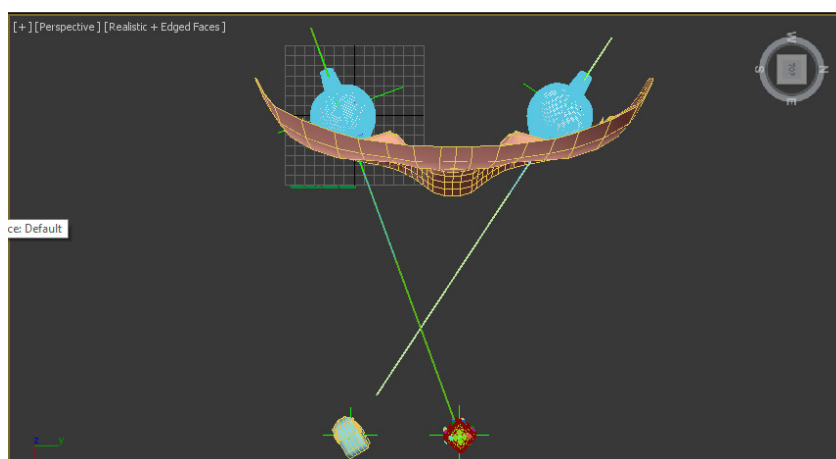


Figura 37: Escena estrabisme.

Per a l'escena del despreniment de retina i el XEN s'ha partit del model creat per a l'anatomia de l'ull i s'hi han afegit els elements necessaris i particulars de cada cas. En el despreniment de retina s'ha afegit l'element transparent que fa de vitri. Per al XEN s'ha creat un tub, fletxes i gotes.

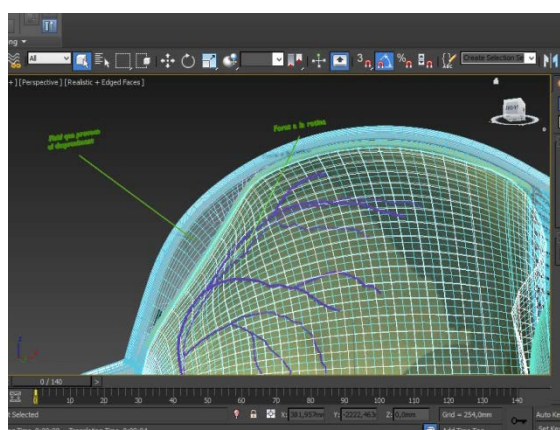


Figura 38: Modelat del DR.

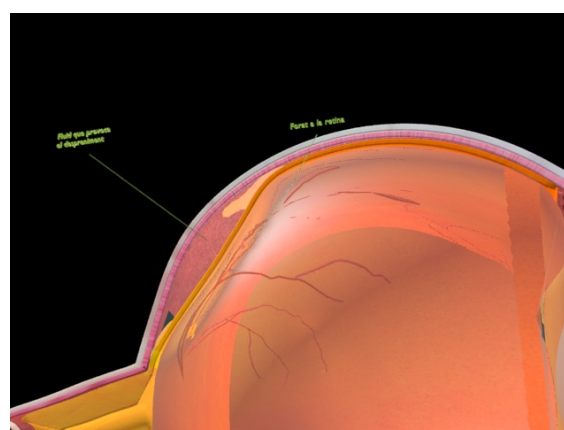


Figura 39: Renderitzat del DR.

⁹ Malla de la cara descarregada de *Turbosquid* i creada per *Mad Mouse Design* amb una llicència gratuïta
<<https://www.turbosquid.com/FullPreview/Index.cfm/ID/346686>>

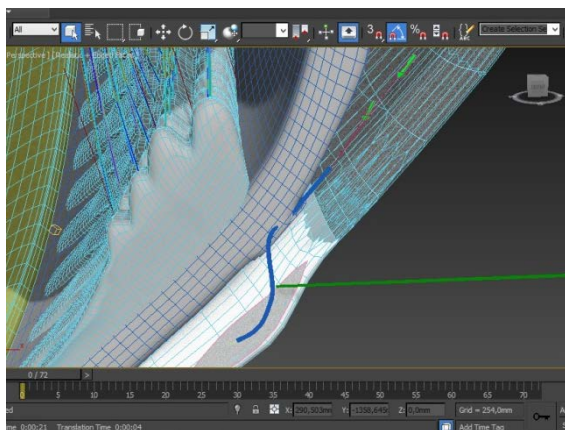


Figura 40: Modelat del

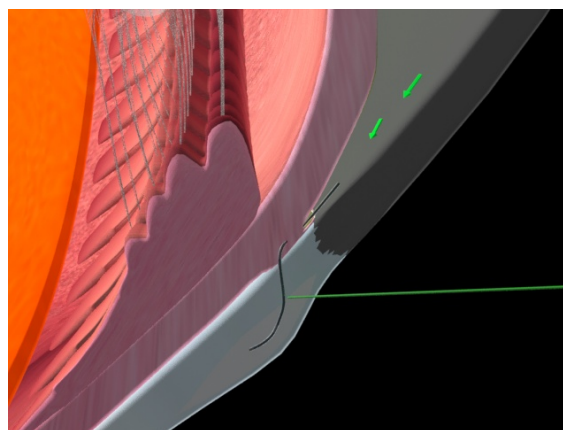


Figura 41: Renderitzat del XEN.

També s'ha modelat el logotip, que és el model més senzill però que s'ha volgut generar per poder escanejar el logotip de la portada.

10.4 Creació de les animacions

S'han animat tres escenes: la de l'estrabisme, la del XEN i la del desprendiment de retina.

Per animar l'escena de l'estrabisme s'han utilitzat punts d'ajuda (creus verdes) per facilitar l'animació. Primer de tot s'ha col·locat un punt al centre de cada ull i amb l'eina de vincular objectes entre si s'ha clicat a l'ull i s'ha arrastrat cap a la creu verda per fer que l'ull es mogui conjuntament amb el punt de referència. Per a què els ulls fixin en un objecte, s'han col·locat els altres dos punts davant dels primers a una certa distància. Aquest cop s'ha utilitzat el *LookAtConstraint* (dins de *Animations > Constraints*) per indicar que l'ull ha de mirar on hi ha el punt de referència. Un cop vinculats tots els punts, s'han importat dos objectes que faran de punt de fixació (un per a cada ull) i s'han centrat i vinculat en les dues creus del davant. D'aquesta manera, a l'animar només s'han de moure els punts de referència per a què la resta de l'escena es mogui en consonància.

Així per al procés d'animar s'ha utilitzat l'*Autokey* per crear *keyframes* amb els canvis en l'escena durant tota l'animació.

El logotip s'ha animat de la mateixa manera que l'anterior, ja que només s'ha dotat de moviment la part central del logotip, fent-la girar sobre ella mateixa.

Per animar l'escena del dispositiu de glaucoma XEN s'ha procedit de la mateixa manera que en l'anterior però sense haver d'utilitzar punts de referència. Sí que s'ha creat un camí per a què

tant les fletxes com les gotes facin el moviment desitjat. Per tal de crear el camí s'han dibuixat les trajectòries mitjançant *splines* de tipus *line*. Després s'ha vinculat cada objecte amb la seva trajectòria a través de *Animation > Constraints > Path Constraint*.

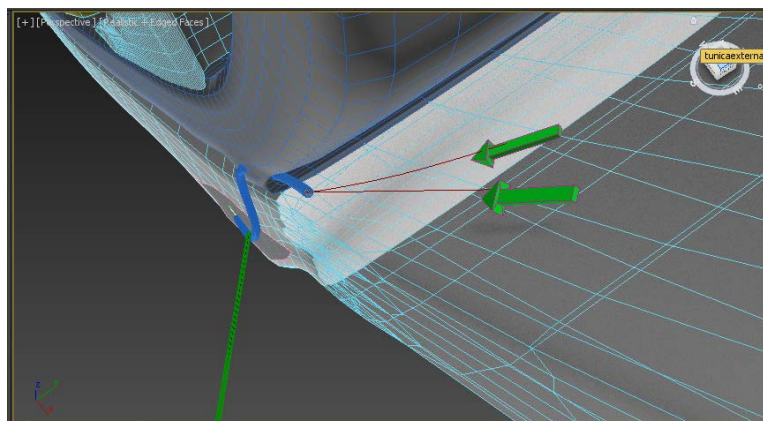


Figura 42: Trajectòries en vermell de les fletxes.

Un cop realitzades les vinculacions de les gotes i les fletxes, s'ha procedit a animar l'escena mitjançant els *keyframes* i el canvi de posició d'aquests objectes.

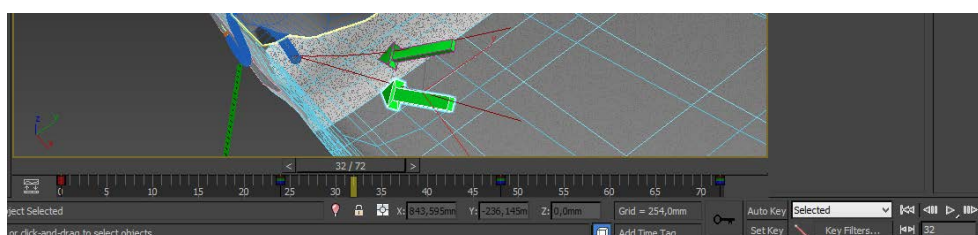


Figura 43: Animació mitjançant els *keyframes*.

Finalment s'ha animat el despreniment de retina. Aquest, i a diferència dels altres models, s'ha animat utilitzant els sub-objectes (vèrtex i polígons) i utilitzant el mateix mètode dels *keyframes* anterior. D'aquesta manera s'ha pogut treballar amb la malla i només canviant la posició i forma d'una part d'ella. S'ha activat l'opció *Animate* dins de l'*Edit Poly Mode*.

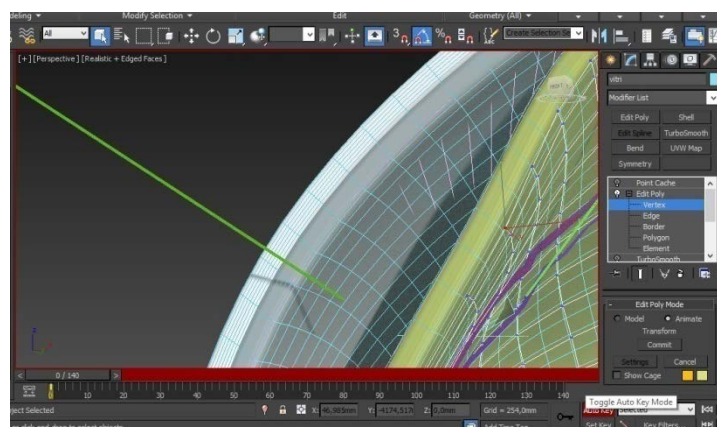


Figura 44: Animació a través de sub-objectes.

Per exportar els quatre models s'ha optat per fer-ho en el format *FBX* que el té la major compatibilitat amb *Unity* i evitar així la majoria d'incompatibilitats que ofereixen els altres formats (com el format *OBJ*).

El model de l'anatomia de l'ull al no contenir cap animació s'ha exportat de manera quasi directe. Només ha calgut activar l'opció *Turbosmooth* i desactivar l'opció *Split per-vertex normals* per evitar errors en els vèrtex aïllats per la malla.

Per als models de l'estrabisme i el XEN s'ha exportat de la mateixa manera però activant l'opció *Animation* i definint el rang de *frames* que es vol de l'animació.

Per a l'exportació del model en què s'ha animat mitjançant els sub-objectes, s'ha hagut d'afegir als objectes animats el modificador *Point cache* i guardar aquesta animació dins d'un arxiu XML. En el moment de fer l'exportació s'ha hagut d'activar l'opció *Point Cache file(s)* per exportar dins del mateix *FBX* les referències als arxius XML creats anteriorment.

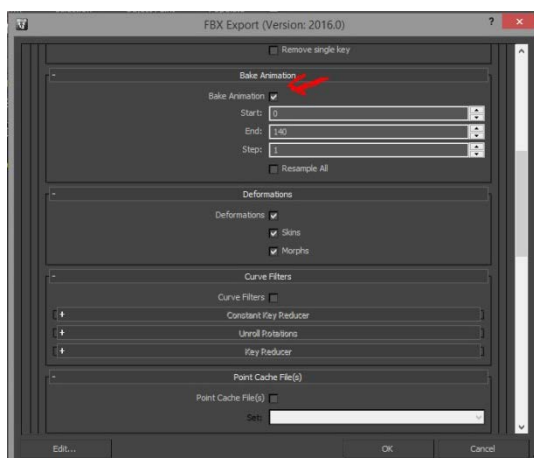


Figura 45: Exportació animacions.

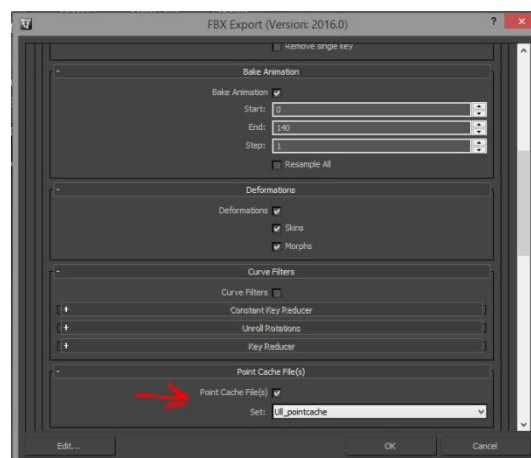


Figura 46: Exportació animacions de sub-objectes.

10.5 Implementació de la realitat augmentada amb Unity i Vuforia

Primer s'ha creat un compte a través de la pàgina web de *Vuforia* i posteriorment s'ha descarregat i instal·lat el paquet que inclou l'*SDK* i els paquets addicionals que contenen les eines necessàries per poder crear entorns de realitat augmentada.

Per importar aquest paquet al projecte de *Unity* s'ha de fer des del menú principal *Assets> Import Package>Custom Package*.

Un cop instal·lat, es pot veure que s'ha creat una carpeta dins del projecte anomenada *Vuforia*, dins de la qual hi ha diferents carpetes: *Prefabs*, amb els elements de RA imprescindibles com la *ARCamera* o *ImageTarget*; *Scripts*, scripts preestablerts de *Vuforia*, textures, etc.

Abans de crear les diferents escenes, s'ha hagut de tornar a la pàgina web de *Vuforia* per generar la llicència i crear la BBDD que conté les il·lustracions. La llicència es crea a través del *License Manager*.

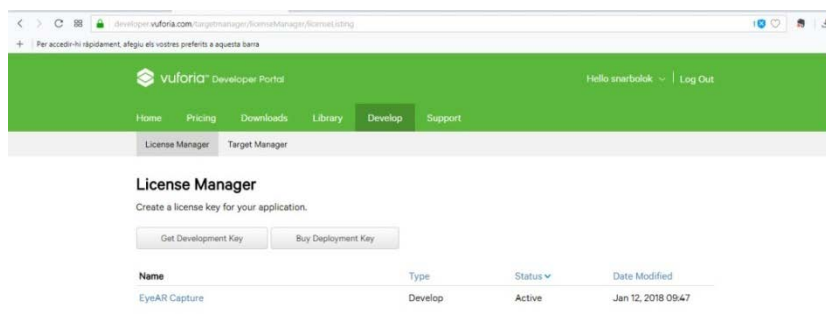


Figura 47: Creació de la llicència a la web de *Vuforia*.

A continuació s'ha de crear la base de dades (BBDD) necessària per a què l'aplicació sàpiga quins *targets* ha de reconèixer. Un cop pujades les cinc imatges, es pot veure la qualificació amb estrelles que li dona *Vuforia*. Com més estrelles tingui millor serà el reconeixement per part de l'aplicació, això ho calcula mitjançant punts de contrast i aleatorietat de cada imatge. Un cop s'han pujat totes les il·lustracions, s'ha de descarregar la base de dades generada.

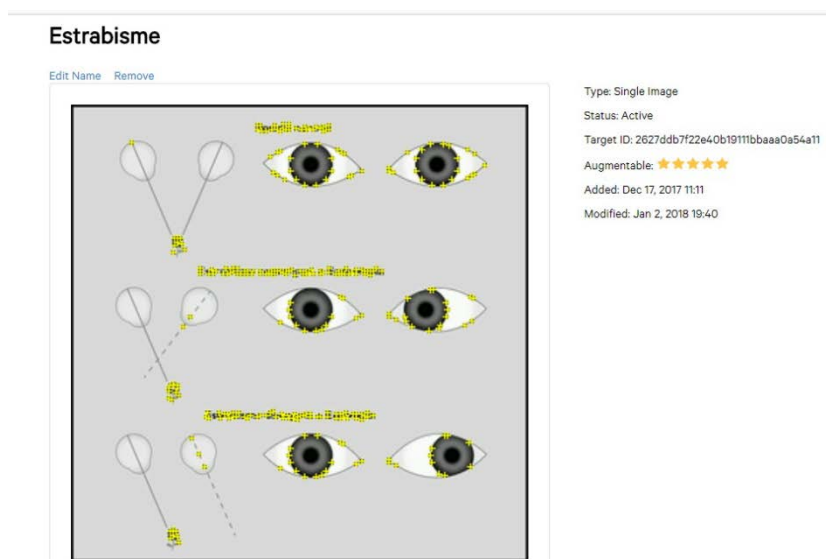


Figura 48: Punts de reconeixement dels *targets*.

Ara, dins de *Unity*, s'importa la BBDD descarregada de la mateixa manera que s'ha importat el paquet de *Vuforia*.

S'importen a l'escena la *AR Camera* i els cinc *ImageTarget*. Cal tornar a la web de *Vuforia* per agafar la llicència creada i copiar-la dins de la *ARCamera* de l'escena i activar la BBDD descarregada. Cada *ImageTarget* té associat un *target* i uns elements que es mostren al dispositiu només quan l'aplicació detecta el *target* en concret. Per tant, s'ha de configurar cada *ImageTarget* amb un dels *targets* que es troben dins de la BBDD.

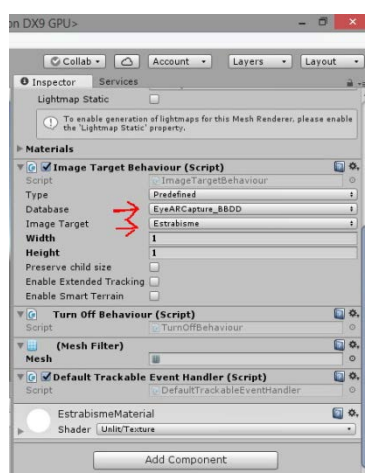


Figura 49: Selecció dels targets.

Finalment s'han col·locat tots els elements necessaris a l'escena. Els objectes que s'han d'activar segons el *target* escanejat s'han posat dins d'aquest *target* en concret. És a dir, la jerarquia quedarà: *ImageTarget* estrabisme com a pare, model 3D de l'estrabisme dins d'aquest com a fill, i així amb cada un d'ells.

Per activar les animacions importades, s'ha buscat dins de la carpeta del model on estava el vídeo animat i s'ha arrastrat dins del model de l'escena. Cada animació s'ha deixat en mode *loop* que permet que l'animació no es pari mai i es vagi reproduint constantment.

Abans de crear els *scripts* que permeten donar interactivitat i funcionalitat a l'aplicació s'han creat els botons que permeten la navegació entre les escenes. A la pantalla principal s'han creat tres botons: *Exit*, *Menú* i *Ativar/Desactivar les etiquetes*. Aquests botons s'han creat mitjançant el menú principal *GameObject > UI > Button*. Se li ha canviat el tipus de lletra, el color del botó i la mida.

Quan es crea un botó, es crea automàticament un element a l'escena anomenat *Canvas*, que és un rectangle que conté tots els botons i elements que han de sortir a la pantalla. Dins d'aquest *Canvas* també s'ha col·locat un *GameObject* de tipus *Image* amb el logotip de l'aplicació. Els elements que estan dins del *Canvas* es mostren en dues dimensions, que és el que els diferencia de la resta d'elements i que es mouen en tres dimensions.

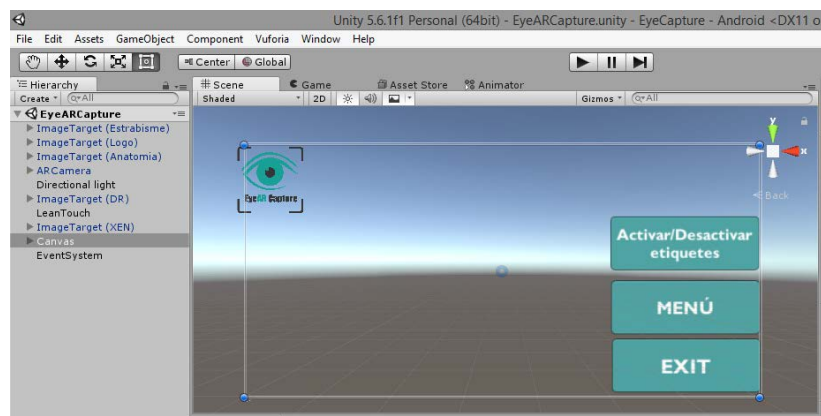


Figura 50: Elements dins del *Canvas* principal.

Finalment s'han creat 3 escenes més anomenades *Menu*, *Credits* i *Instruccions*. Dins de les quals s'han creat diferents botons i text. El text també s'ha creat com a un *GameObject* de tipus *Text*.

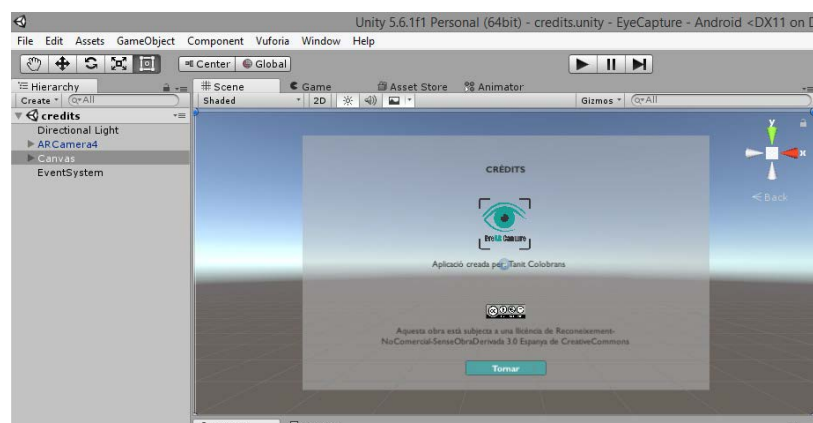


Figura 51: Escena dels crèdits.

10.6 Programació de la interacció amb Unity

Per definir la interacció entre els models i l'usuari s'han utilitzat diferents *scripts*. Tots els *scripts* estan detallats i comentats en els annexos 3 i 4.

Primer de tot s'ha utilitzat un *script* creat per a tercers anomenat *CameraFocusController* indispensable per a què la càmera del dispositiu mòbil enfoqui. Aquest *script* va directament col·locat dins de l'element *camera*.

Per al *zoom* s'ha utilitzat el paquet *Lean Touch*, disponible gratuïtament a l'*Asset Store*, que porta incorporat un *script* anomenat *LeanScale* que serveix per augmentar o disminuir la mida del model. Per a què el *zoom* funcioni s'ha creat un objecte buit a l'escena que s'ha anomenat *LeanTouch* i se li ha afegit l'*script* anomenat *LeanTouch*. S'ha configurat l'*script* per a què funcioni amb 2 dits i sense definir un màxim o mínim.

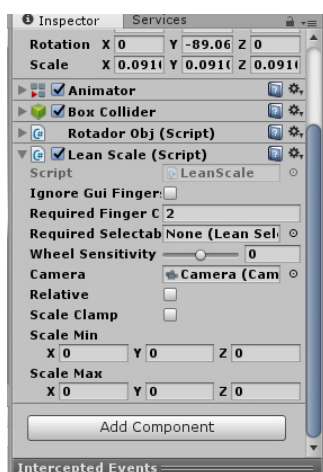


Figura 52: Configuració *LeanScale*.

Per a la rotació s'ha creat un *script* que calcula la posició inicial i final del moviment d'un dit i fa girar el model segons cap a on s'ha mogut. Aquest *script* permet canviar la velocitat de rotació per a fer-lo girar més a poc a poc i no perdre's cap detall.

Per definir quina àrea és sensible a aquesta rotació s'ha creat un col·lisionador a cada objecte. Per fer això s'ha entrat dins de cada objecte i s'ha afegit un nou component *Add component > Physics > Box collider*. Aquesta caixa ha de tenir el tamany just per a què l'objecte estigui dins dels seus límits. A la càmera se li ha afegit un esdeveniment que activa els elements de tipus *Physics*, per fer-ho s'ha procedit anant a *Add component > Event > Physics Raycaster*.

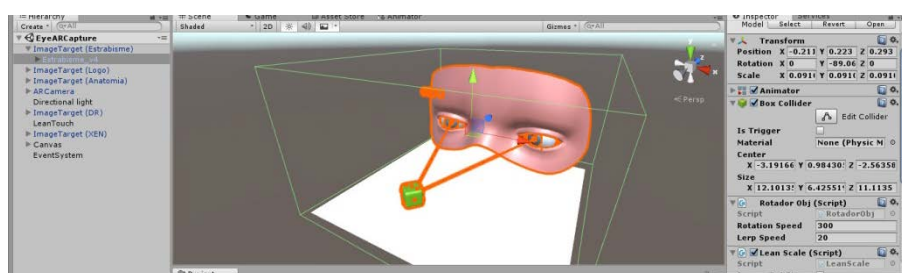


Figura 53: *Box collider* englobant l'objecte.

El següent *script* creat ha estat l'amagador d'etiquetes. Aquest *script* s'ha afegit dins del botó "Activar/Desactivar etiquetes" i se li han indicat quines capes s'han d'activar i desactivar quan es toca aquest botó.

Després s'ha creat un *script* que permet controlar els botons. Aquest *script* senzill indica quina instrucció ha de seguir cada botó quan s'activa: sortir de l'aplicació o canviar d'escena.

Finalment s'ha creat un *script* que posiciona els botons a les cantonades de la pantalla sigui quina sigui la mida d'aquesta. Aquest *script* permet seleccionar a quina cantonada es vol posicionar un botó i a quina distància de les vores.

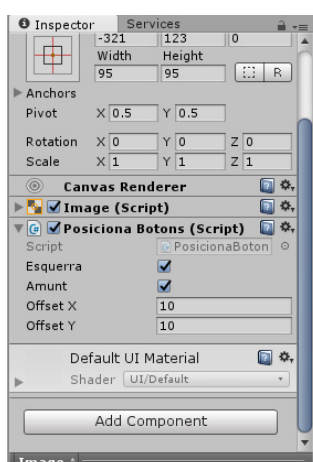


Figura 54: Propietats del posicionador de botons.

En aquest moment, l'aplicació ja és funcional i està a punt per ser exportada.

10.7 Exportació de l'aplicació

Per a l'exportació de l'aplicació adaptada per a dispositius mòbils amb sistema operatiu Android cal instal·lar el *software SDK Android Studio*, disponible gratuïtament a la pàgina de *Vuforia*. Un cop descarregat i instal·lat es procedeix a començar l'exportació de l'aplicació.

L'exportació es fa des del panell *Build Settings* que es troba dins del menú *File*. Apareix una pantalla que permet seleccionar el tipus de sistema operatiu, en aquest cas s'ha seleccionat *Android*. També s'han de seleccionar totes les escenes que es volen exportar, i en aquest cas n'hi ha quatre.



Figura 55: Build Settings.

Ara s'ha de configurar la resta de característiques dins del *Player Settings*. Aquí se li ha donat un nom per a la companyia i un per al producte. Aquests dos noms són els que s'han de posar a l'apartat *Identification*. En quant a al renderitzador de gràfics, s'ha definit que funcioni amb *OpenGL ES2*. També s'ha definit que la versió més antiga d'*Android* per a què funcioni l'aplicació és *Kit Kat (Android 4.4)*. S'ha posat el logotip dins de l'aparat *Splash Image* per fer-lo aparèixer juntament amb el logotip de Unity quan s'està carregant l'aplicació. Finalment se li ha afegit el logotip de l'aplicació dins de l'apartat *Icon* per a què aparegui quan l'aplicació queda instal·lada al dispositiu.

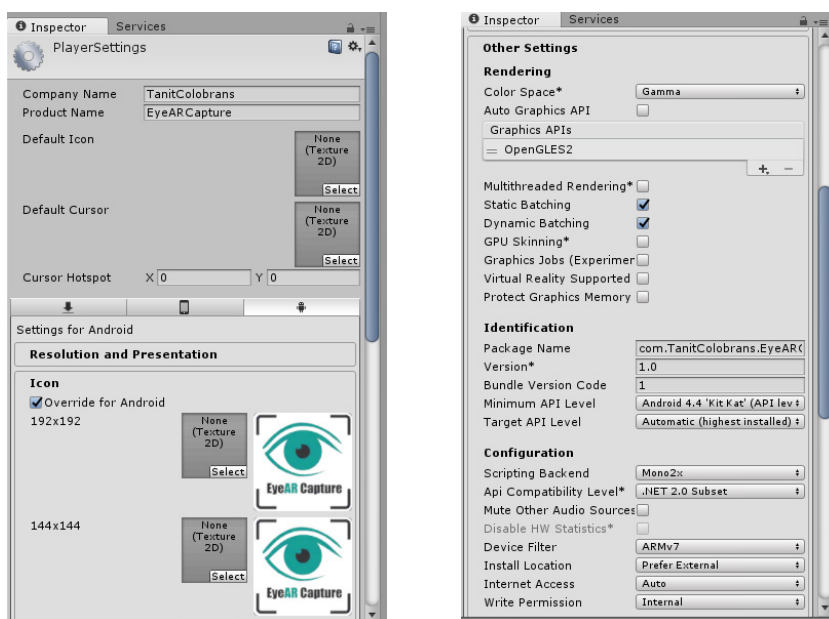


Figura 56: Player Settings.

Un cop exportada l'aplicació, s'ha obtingut un arxiu de tipus .apk que s'ha descarregat i instal·lat al dispositiu mòbil per comprovar que funciona correctament.

Després de comprovar que funciona correctament s'han realitzat els tests d'usuari per tal de detectar possibles errors i millores en l'aplicació.

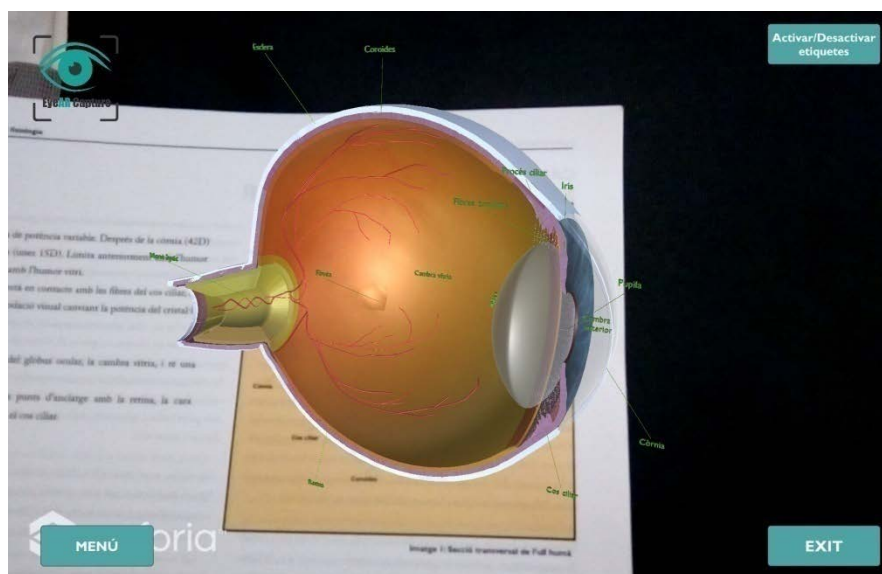


Figura 57: Aplicació funcionant en disposició horitzontal.



Figura 58: Aplicació funcionant en vertical.

11. APIs utilitzades

Per a desenvolupar aquest projecte de realitat augmentada s'ha utilitzat l'API *Vuforia* per la seva facilitat d'ús i sobretot per la bona integració que té amb *Unity*.

Vuforia pertany a l'empresa *PTC Inc* fundada el 1985 a Massachussets, la qual va adquirir aquest potent paquet de desenvolupament de realitat augmentada el 2015. Des de llavors, *Vuforia* s'ha anat actualitzant i millorant oferint cada vegada més opcions per crear productes que ofereixen a l'usuari una experiència realment interessant i personalitzada.

Per poder treballar amb *Vuforia* primer s'ha de crear un compte a través de la seva pàgina web i descarregar-se el paquet que inclou el SDK i els paquets addicionals que contenen les eines necessàries per poder crear entorns de realitat augmentada.

Un cop descarregat el paquet s'importa des del projecte a *Unity* des del menú principal *Assets*> *Import Package*>*Custom Package*.

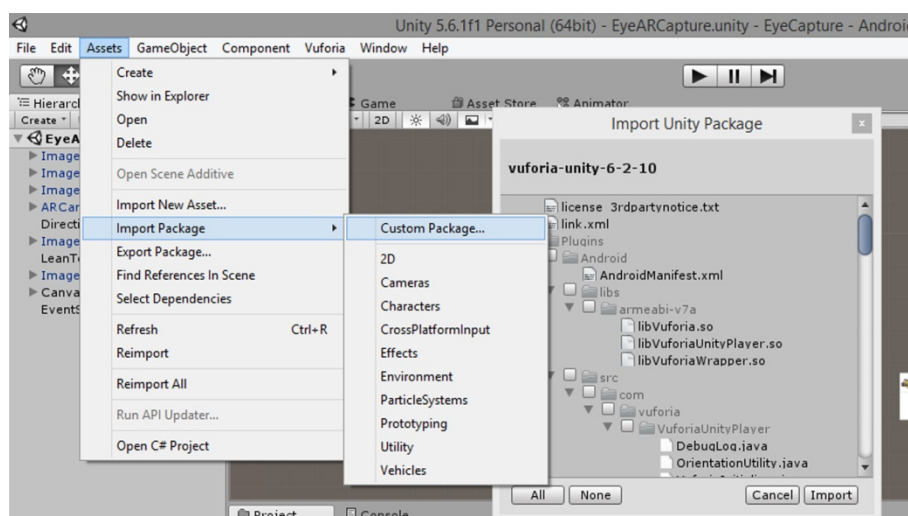


Figura 59: Importació del paquet de *Vuforia*.

Ara es pot veure que s'ha creat una carpeta al projecte anomenada *Vuforia*, dins de la qual hi ha diferents carpetes: *Prefabs*, amb els elements de RA imprescindibles com la *ARCamera* o *ImageTarget*; *Scripts*, scripts preestablerts de *Vuforia*, textures, etc.

A continuació s'ha de crear la base de dades (BBDD) necessària per a que l'aplicació sàpiga quins *targets* ha de reconèixer. Aquest pas es fa totalment a través de la seva pàgina web on es pugen les imatges dins del *Target Manager*. Les imatges com més estrelles tingui millor serà el reconeixement per part de l'aplicació. Un cop s'han pujat totes les il·lustracions, s'ha de descarregar la base de dades generada.

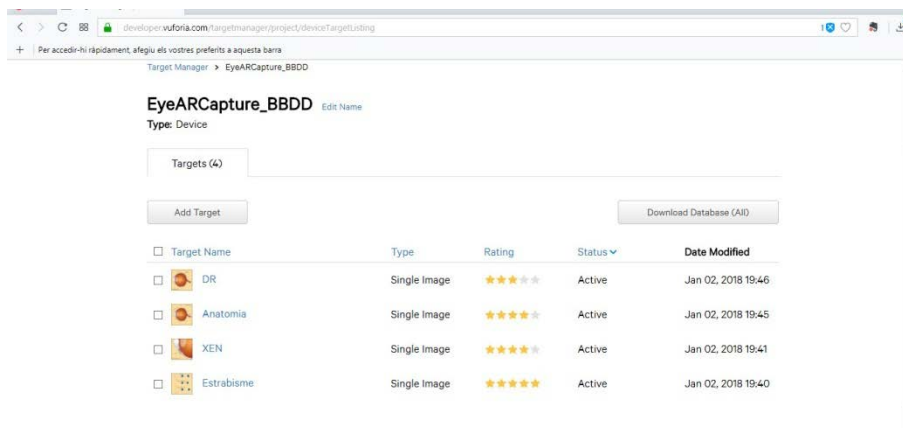


Figura 60: Valoració dels *targets*.

Ara, dins de *Unity* altre cop, s'importa la BBDD descarregada de la mateixa manera que s'ha importat el paquet de *Vuforia*.

A partir d'aquí, es treballa amb *Unity* i *Vuforia* a la vegada i des d'un únic espai. Només cal tornar a la web de *Vuforia* per agafar la llicència creada i copiar-la dins de la *ARCamera* de l'escena. La llicència utilitzada és gratuïta i de tipus *Develop* i permet que l'aplicació accedeixi a la càmera del dispositiu mòbil, reconegui els *targets* i carregui les escenes corresponents. Existeix una llicència de pagament que permet que no hi hagi cap limitació en quant a reconeixements de *target* ni quantitat de BBDD creades, però per a la finalitat d'aquest projecte no calia.

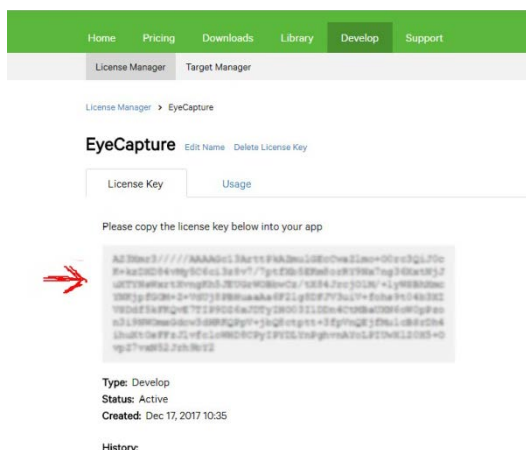


Figura 61: Llicència per al projecte.

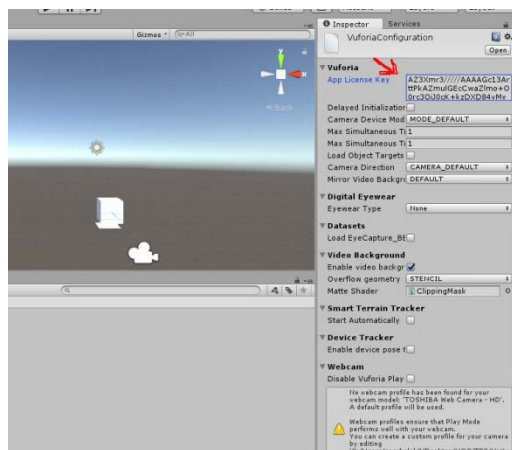


Figura 62: Configuració de l'AR Camera.

Les escenes tenen una *ARCamera* tal com s'ha explicat anteriorment i un *ImageTarget* que és la base sobre la qual s'han disposat els elements. Cada *ImageTarget* té associat un *target* i uns elements que es mostren al dispositiu només quan l'aplicació detecta el *target* en concret. Aquests dos elements són objectes predefinits de *Vuforia* i indispensables per la creació de l'aplicació de realitat augmentada.

12. Perfils d'usuari

EyeAR Capture va dirigida principalment a tots els professionals relacionats amb l'àmbit de l'oftalmologia, tant doctors, òptics optometristes, tècnics d'òptica o estudiants. Aquest perfil d'usuari té un gran coneixement de l'anatomia ocular i per tant té capacitat per entendre fàcilment els conceptes explicats. A més a més, tenen un bon nivell en l'ús de les tecnologies i no haurien de tenir cap problema per utilitzar l'aplicació.

Els estudiants de medicina o optometria es poden beneficiar perfectament d'aquesta aplicació per complementar la base teòrica, ja que els models 3D poden fer rotacions de 360° o ampliar-se per veure'n millor els detalls. Aquest perfil és jove i amb una gran capacitat d'ús de les noves tecnologies i per tant són els més oberts a utilitzar eines educatives innovadores.

Existeixen dos perfils més d'usuari, per una banda es troben els pacients que tenen una malaltia ocular o defecte que costa de comprendre i, que guiat pel seu oftalmòleg, pot veure una petita animació de què li està passant o li ha passat. Aquest perfil, on majoritàriament és gent de mitjana edat o edat avançada, no té coneixements sobre l'anatomia ocular i caldrà sempre l'ajuda del seu metge o optometrista per a fer funcionar l'aplicació. En quant a l'ús de la realitat augmentada, dependrà de cada usuari, però es pot aventurar que al ser una nova tecnologia els coneixements seran força limitats.

Per altra part, un usuari d'*EyeAR Capture* pot ser qualsevol persona que no és professional de l'àmbit de l'oftalmologia i que vol aprendre com funciona el sistema visual aprofitant la informació extra que ofereix la realitat augmentada i poder aprofundir en els conceptes explicats a la guia. Aquest tipus d'usuari sol ser jove i amb ganes d'aprendre que sap manejar perfectament les noves tecnologies i que pel seu compte pot perfectament utilitzar la guia.

13. Tests d'usuari

Després de tenir una versió estable i pràcticament acabada de l'aplicació, s'han realitzat 10 tests a personal d'un servei hospitalari d'oftalmologia. Un cop realitzats s'han extret diferents conclusions i s'han realitzat algunes millores en l'aplicació en consonància.

Els 10 tests es poden trobar a l'Annex 8.

13.1 Test amb usuaris reals

S'ha dissenyat un test fàcil i ràpid de contestar i s'ha donat a 10 usuaris que han provat l'aplicació en diferents dispositius mòbils. En aquest sentit, la limitació que hi ha rau en el fet de que l'aplicació està creada només per a funcionar amb el sistema operatiu Android. Per això els tests s'han realitzat només amb 6 dispositius diferents, repetint-los en diferents usuaris.

Aquests 10 usuaris formen part de personal sanitari d'un servei hospitalari d'oftalmologia. S'ha decidit realitzar-los a personal sanitari especialitzat en oftalmologia ja que són ells els que majoritàriament estaran interessats en utilitzar l'aplicació. També s'ha pensat que si l'aplicació tenia mancances, serien aquests usuaris més especialitzats en el tema els que podien detectar-les.

La segona fase de tests s'hauria de realitzar a pacients o usuaris no professionals de l'oftalmologia per obtenir uns resultats reals, però per temps i resultats immediats queda fora de l'abast d'aquest projecte.

13.2 Conclusions del test

Després de realitzar els tests d'usuari s'han extret diverses conclusions, algunes de les quals han servit per millorar l'aplicació i altres per tenir-les en compte per a actualitzacions futures.

Entre les millores proposades, en destaquen un parell:

- Botons més grans: la majoria d'usuaris no han fet cas dels botons, ni tan sols del botó per activar o desactivar les etiquetes. Al finalitzar el test se'ls hi ha preguntat al respecte i contestaven que haurien de ser més grans per a veure'ls amb rapidesa.
- Tremolor d'alguns models: aquest problema ve definit per dues qüestions. La primera, el fet de que la càmera necessita una bona il·luminació, preferiblement natural, i sense ombres que tapin els *targets* per a una bona captació. La segona, és el disseny dels *targets* en sí, ja que *Vuforia* treballa millor amb imatges amb bon contrast i amb patrons aleatoris i no repetitius. Per tant, si la il·luminació era bona, els models pràcticament no es movien, a excepció de l'últim model, el problema del qual era que s'havia d'ampliar molt per veure'n els detalls i feia que la tremolor augmentés.

Altres propostes han estat la d'afegir diferents botons com el de pausa en les animacions o aïllar els conceptes explicats del model general (com en el cas del dispositiu XEN de glaucoma). També s'ha posat de manifest que la meitat d'usuaris volen que hi hagi una veu en *off* que expliqui el que es veu en les animacions.

Finalment comentar que en general els usuaris han estat contents de com funciona l'aplicació, la seva senzillesa i la innovació proposada per entendre conceptes complicats d'explicar a la guia en paper.

14. Versions de l'aplicació

14.1 Fase Pre-Alfa

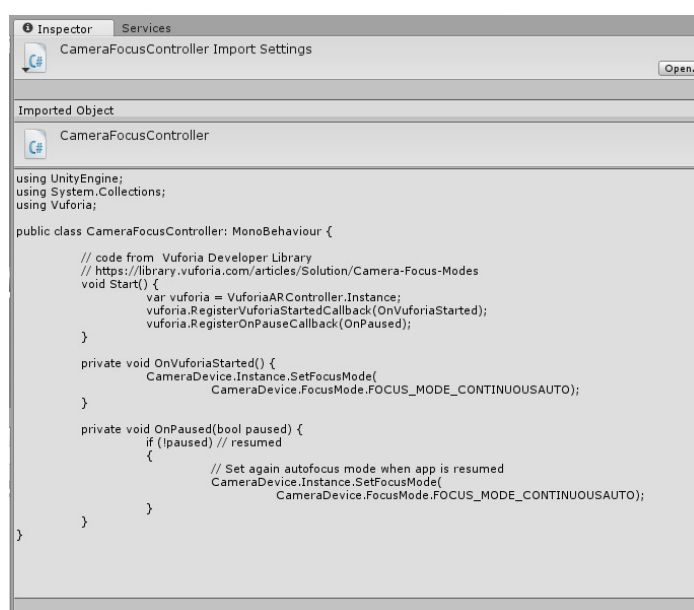
Durant aquesta fase s'ha instal·lat tot el *software* necessari per crear l'aplicació de realitat augmentada: *Unity*, com a aplicació principal; el paquet de l'API de *Vuforia*, per la creació de RA integrat a *Unity*; i el *SDK Android*, que permet exportar l'aplicació i generar un arxiu *.apk* necessari per a la instal·lació de l'APP al dispositiu mòbil.

També s'han animat i exportat els models 3D generant arxius *.fbx* compatibles amb el programari *Unity*. El format FBX permet exportar en un mateix arxiu tota la informació referent a les malles de l'objecte, les textures, il·luminació i animació dels models.

14.2 Fase Alfa

En aquesta fase s'han creat els 5 escenaris i s'ha definit i programat la interacció de l'usuari amb els models. Primer s'han col·locat i configurat els 5 *ImageTarget* i la *ARCamera*. Després s'han disposat els 5 models en el seu *ImageTarget* corresponent.

Fent les primeres proves amb el dispositiu mòbil, es va detectar que la càmera no enfocava i els *targets* costaven de captar. Per aquesta raó s'ha afegit un *script* anomenat *CameraFocusController*, extret de la pàgina de suport de *Vuforia*, que enfoca la càmera quan s'inicia l'aplicació. Aquest *script* s'ha afegit directament dins de la càmera de l'escena.



```
using UnityEngine;
using System.Collections;
using Vuforia;

public class CameraFocusController : MonoBehaviour {

    // code from Vuforia Developer Library
    // https://library.vuforia.com/articles/Solution/Camera-Focus-Modes
    void Start() {
        var vuforia = VuforiaARController.Instance;
        vuforia.RegisterVuforiaStartedCallback(OnVuforiaStarted);
        vuforia.RegisterOnPauseCallback(OnPaused);
    }

    private void OnVuforiaStarted() {
        CameraDevice.Instance.SetFocusMode(
            CameraDevice.FocusMode.FOCUS_MODE_CONTINUOUSAUTO);
    }

    private void OnPaused(bool paused) {
        if (!paused) // resumed
        {
            // Set again autofocus mode when app is resumed
            CameraDevice.Instance.SetFocusMode(
                CameraDevice.FocusMode.FOCUS_MODE_CONTINUOUSAUTO);
        }
    }
}
```

Figura 63: Script *CameraFocusController*.

A continuació s'ha procedit a treballar amb els 5 models col·locats dins de l'escena. Per configurar l'animació dels tres models animats s'ha escollit l'arxiu que conté l'animació i s'ha arrastrat dins del model. Aquesta animació s'ha posat en mode repetitiu (*loop*) perquè quan acabi torni a començar i es vagi reproduint mentre l'usuari tingui activat el model.

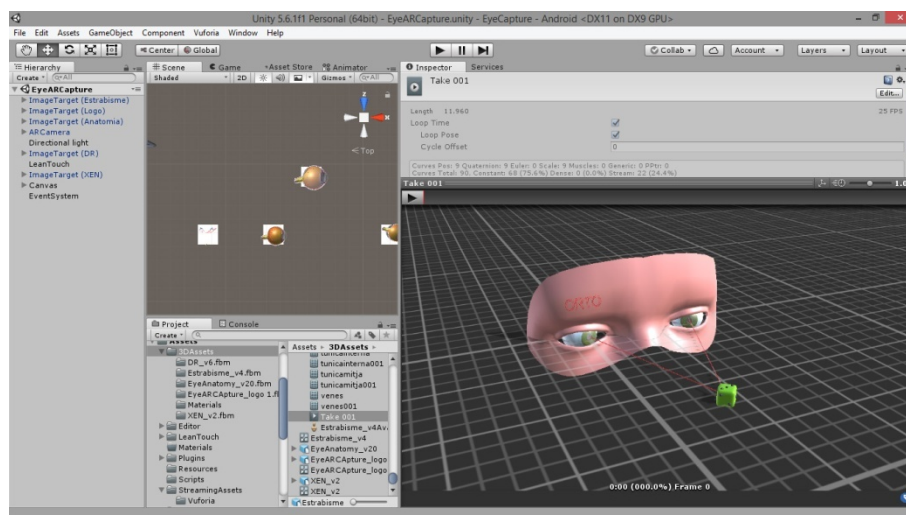


Figura 64: Animació d'un model.

Per al zoom s'ha utilitzat el programa *Lean Touch*, descarregat de l'Asset Store, que porta incorporat un *script* anomenat *LeanScale* que serveix per augmentar o disminuir el tamany del model. Per a què el zoom funcioni s'ha creat un objecte buit a l'escena i se li ha afegit l'*script* anomenat *LeanTouch*.

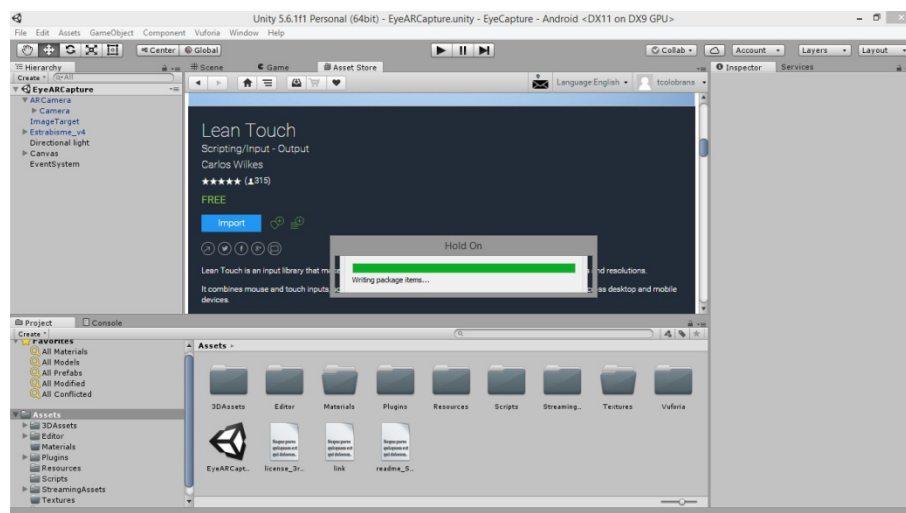


Figura 65: Paquet *LeanTouch*.

S'han creat dos *scripts* més, un d'ells permet que el model roti en els 3 eixos i l'altre permet amagar les etiquetes (els noms de les capes i explicacions) mitjançant un botó.

Finalment s'han creat alguns botons més per fer més usable l'aplicació. A l'escena principal s'ha afegit un botó de sortida (*Exit*) que permet sortir de l'aplicació. També a l'escena principal, s'ha afegit un botó anomenat "Menú" que està vinculat a una escena que conté dos botons més: instruccions i crèdits. Aquests dos últims botons porten a dues escenes més amb informació rellevant com són les instruccions d'ús i la llicència de l'aplicació. Tots aquests botons estan controlats per un *script* senzill que permet passar d'una escena a una altra segons el botó que s'activi.

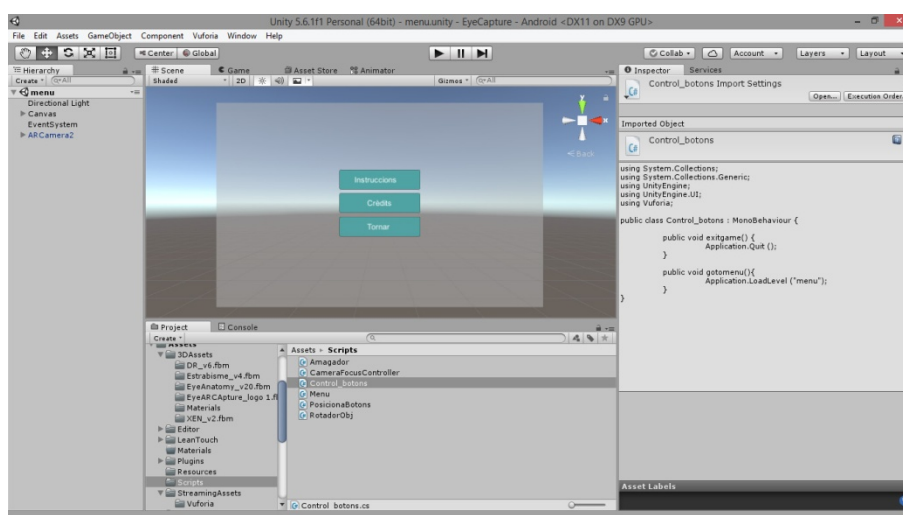


Figura 66: Menú i *script* de control dels botons.

Els botons de l'escena principal estan col·locats a les cantonades i la seva posició es controla mitjançant un *script* que els posiciona a una distància (X,Y) de les vores de la pantalla, sigui quina sigui el seu tamany.

Aquí ha finalitzat la fase Alfa, que ja generat 12 versions de l'aplicació fins a obtenir una versió funcional que ha permès realitzar els test d'usuaris per tal de poder detectar errors i millorar-ne la presentació i funcionalitat.

14.3 Fase Beta

Aquesta fase comença després de realitzar els test d'usuaris i analitzar les possibles millores i errors de l'aplicació.

Les millores realitzades en les posteriors versions beta han estat:

- Augment de la mida dels botons, ja que era un requisit força demandat en els tests.
- Canvi de color dels botons per poder seguir la línia cromàtica del logotip.
- Millor col·locació dels models, ja que veient com els usuaris movien els models s'ha detectat que els costava visualitzar-los en la seva totalitat quan apareixien.
- Augment de la mida de les etiquetes per a una millor lectura dels noms de les capes i punts importants.
- S'ha afegit el logotip com a element de realitat augmentada. Aquest logotip es pot activar escanejant la portada.

Finalment s'han realitzat 10 versions en aquesta fase fins arribar a la versió final destinada a la seva publicació juntament amb la guia oftalmològica.

15. Instruccions d'instal·lació de l'aplicació

Passos a seguir:

1. Escanejar el codi Qr que es proporciona dins de la guia oftalmològica.
2. Instal·lar l'aplicació al dispositiu mòbil des de *Google Play*.

Requisits del sistema:

- Dispositiu mòbil amb sistema operatiu Android 4.4. o superior.
- Espai lliure disponible 75Mb.

16. Instruccions d'ús

Un cop instal·lada l'aplicació al dispositiu mòbil, només cal executar-la i la càmera s'engegarà automàticament. Això permet al lector enfocar les diferents il·lustracions de la guia per tal de llançar la realitat augmentada i fer aparèixer els models 3D corresponents.

Per **girar** els models cal fer-ho movent el dit per la pantalla. Per fer **zoom** sobre els models cal moure dos dits a la vegada separant-los o ajuntant-los segons si es vol augmentar o disminuir el tamany respectivament. Per **ocultar o mostrar les etiquetes** cal prémer el botó corresponent.

El botó del menú porta a un submenú amb les Instruccions i els Crèdits de l'aplicació.

La guia d'usuari completa es pot veure a l'Annex 5.

17. Bugs

A continuació es llisten els *bugs* que han anat sorgint durant la creació de l'aplicació, una descripció d'aquests i si han estat o no resolts:

Autofocus càmera	Tipus de bug: Greu	Estat: Resolt
<p>No s'activa automàticament l'autofocus de la càmera quan s'inicia l'aplicació i per tant els <i>targets</i> no es detecten.</p> <p>S'ha resolt adjuntant a la càmera un <i>script</i>, anomenat <i>CameraFocusController</i>, desenvolupat per tercers que permet activar l'autofocus de la càmera quan s'inicia l'<i>app</i>.</p>		
Animació despreniment de retina	Tipus de bug: Lleu	Estat: Pendent
<p>L'animació del despreniment de retina no funciona a Unity si no s'adjunten els arxius XML generats en l'exportació del model a través de 3ds max. Aquests arxius XML s'han de generar perquè l'animació està creada utilitzant els sub-objectes.</p> <p>Després de diferents proves, no s'ha aconseguit importar aquests arxius a Unity. Només s'ha trobat un paquet a l'<i>Asset Store</i> que facilita la importació però és de pagament i queda fora de l'abast d'aquest projecte.</p>		
Rotació amb <i>Lean Touch</i>	Tipus de bug: Moderat	Estat: Resolt
<p>Per facilitar la feina en quant a la interacció amb els models s'ha utilitzat el paquet anomenat <i>Lean Touch</i>, disponible a l'<i>Asset Store</i>, que conté <i>scripts</i> per interactuar amb els objectes. L'<i>script</i> que escala els objectes funciona correctament, però no s'ha aconseguit fer funcionar l'<i>script</i> de rotació.</p> <p>Per solucionar-ho s'ha escrit un <i>script</i> des de zero que fa aquesta funció. S'ha dedicat temps a fer-ho d'aquesta manera però al final funciona la rotació.</p>		
Desaparició dels botons al girar la pantalla	Tipus de bug: Lleu	Estat: Resolt
<p>Els botons desapareixen quan es canvia l'orientació de la pantalla mentre l'aplicació està funcionant. Tot i així, els botons apareixen tant si es carrega l'aplicació horitzontalment com verticalment.</p> <p>S'ha resolt posant el punt pivot a la mateixa cantonada que el que s'assigna al <i>canvas</i> corresponent a aquest botó. Si els dos pivots (el del <i>canvas</i> i el del botó) estan a la mateixa posició, els botons mantenen la seva separació entre ells si canvia el tamany de la pantalla. Ara ja no desapareixen al canviar l'orientació del dispositiu.</p>		

Incompatibilitats entre 3ds max i Unity	Tipus de bug: Moderat	Estat: Parcialment resolt
<p>La importació dels models a <i>Unity</i> ha generat algunes incompatibilitats entre aquests dos <i>softwares</i>. El primer ve donat per què <i>Unity</i> no reconeix el modificador <i>Turbosmooth</i>, i per tant els models es veuen amb un acabat poc suau. El segon és que no es veuen els objectes a <i>Unity</i> que no continguin el modificador <i>Edit Poly</i>.</p> <p>S'ha resolt el segon problema, incorporant a tots els objectes el modificador <i>Edit Poly</i> a sobre la pila de modificadors. El primer problema no s'ha pogut resoldre.</p>		

Taula 3: Bugs

18. Projectió a futur

La realitat augmentada és una tecnologia que està evolucionant de manera molt ràpida i això està fent que les empreses que es dediquen a crear experiències mitjançant aquesta tecnologia es vegin obligades a millorar constantment les seves aplicacions per no quedar-se enrere.

Aquest projecte és la base d'una idea que si segueix evolucionant pot esdevenir una eina educativa molt dinàmica. Si es decidís tirar endavant amb el projecte, alguns dels temes pendents de millorar o ampliar serien:

- **Creació de tots els models 3D:** modelar la resta de models per a la guia oftalmològica. Evidentment, per aquest treball només se n'han fet quatre (a part del logotip) per qüestions de temps.
- **Millorar l'aplicació:** afegir complexitat a l'aplicació pot fer millorar l'experiència dels usuaris. Es poden crear més accions interactives, com la utilització de botons de pausa, de rebobinar o tirar endavant. També es poden crear opcions per destacar les parts del model explicades, aïllant en color aquestes parts i posant en gris la resta.
- **Afegir àudio descriptiu:** una de les propostes més repetides durant els tests ha estat la de voler una veu en *off* que expliqui el que es veu en 3D. Es pot afegir un botó que activi o desactivi l'àudio.
- **Donar a conèixer l'aplicació:** es poden realitzar xerrades i presentacions als centres hospitalaris i universitats per donar a conèixer l'aplicació i d'aquesta manera augmentar les possibilitats de venda.

19. Pressupost

Persones de l'equip	Hores	Preu/hora	Total
Director	10	80€	800€
Dissenyador gràfic	28	30€	840€
Dissenyador 3D	60	50€	3000€
Especialista Unity	32	40€	1280€
Programador Unity	22	50€	1100€

Recursos	Preu	Unitats	Total
Llicències de software*			445,23€
<i>Adobe Creative Cloud</i>	1016,25€	0,1	101,63€
<i>Autodesk 3ds Max</i>	1936€	0,1	193,6€
<i>Unity</i>	1500€	0,1	150€
Equips **			350€
Textures	45€	1	45€
Impressió de la guia***	3,10€	2000	6200€
Creació de l'APP****			0€
Total cost del projecte			14060,23€

Taula 4: Pressupost.

* S'estableix una tarifa fixa de cada software per a cada projecte, considerant que l'empresa realitza una mitjana de 10 projectes l'any. El preu anual de l'*Adobe Creative Cloud* és de 1016,25€ amb el 21% d'IVA inclòs (Preu 2017). El preu anual de l'*Autodesk 3ds Max* és de 1936€ amb el 21% d'IVA inclòs (Preu 2017). El preu anual de *Unity* és de 1500€ amb el 21% d'IVA inclòs (Preu 2017).

** El preu dels equips es calcula segons una amortització durant 3 anys dels 5 equips utilitzats comptant que es realitzen 10 projectes l'any: 2 equips de 1400€ cadascun per al director i per al dissenyador gràfic; 3 equips de 2500€ cadascun per al modelat 3D i Unity.

*** S'imprimeixen 2000 exemplars de la guia en un format A4 apaisat, 80 pàgines en offset blanc de 90gr i portada tova de 170gr en semi mat i a color.

**** La creació de l'APP inclou per defecte una sola plataforma, en aquest cas per Android. S'aplica un suplement de 300€ per a cada plataforma addicional (Iphone, Windows Phone...).

Altres aclariments del pressupost:

- El preu final està calculat amb el 21% d'IVA inclòs.
- En el preu del projecte s'hi inclou la publicació de l'aplicació a *Play Store* per deixar-la a punt per a la seva distribució.
- El preu del projecte inclou un test amb usuaris reals per tal de detectar *bugs* i realitzar millores abans de l'entrega final.
- El projecte s'entregarà com a paquet complet amb tots els arxius generats, incloses les il·lustracions de la guia i les textures.

20. Anàlisi de mercat

Tal i com s'ha explicat anteriorment, la realitat augmentada és una tecnologia que ha evolucionat de forma ràpida i exponencial, on en la última dècada s'ha convertit en un pilar de les tecnologies del futur.

La realitat augmentada té tant de potencial que fins hi tot el Mark Zuckerberg, el creador de Facebook, va dir a la passada conferència F8 "la realitat augmentada formi part de la realitat física del nostre dia a dia"¹⁰. Mark ha creat una plataforma de desenvolupament per a dispositius mòbils anomenada *AR Studio*, on els desenvolupadors poden investigar i potenciar aquesta tecnologia. Afirmar que poc a poc aniran apareixent més jocs i aplicacions de realitat augmentada fins que la vida quotidiana estigui plena d'elements virtuals.

Un estudi de IDC¹¹ fet el 2016 assegura que l'augment de l'ús de la realitat augmentada i virtual ve donada en part per la competència entre els fabricants de *Smartphones* que han fet que siguin més assequibles per a la societat i això ha fet que gairebé tothom tingui un dispositiu mòbil capaç de suportar les aplicacions de realitat augmentada i virtual. També recalca que el 2020 la realitat augmentada es farà amb el mercat europeu, passant d'un valor actual de 187,47 milions de dòlars a arribar als 5.540 milions de dòlars, és a dir un creixement del 3000%.

Centrant l'atenció a la medicina, ja que és l'àmbit d'aquest projecte, es pot dir que comencen a sorgir aplicacions per poder agilitzar o millorar cirurgies, tractaments i també com a formes per millorar la formació de metges o especialistes.

En aquest sentit, es pot parlar del camp de la investigació, on un equip d'investigadors de la *Escuela de Medicina de la Universidad de Washington*¹² han desenvolupat unes ulleres de realitat augmentada que aconsegueixen distingir les cèl·lules cancerígenes de les sanes. Aquesta investigació permet obrir una esperança de que els cirurgians puguin extirpar tumors amb més precisió.

¹⁰ Conferència de Mark Zukerberg dins de l'esdeveniment anual *Facebook F8* (abril 2017)
<<https://www.youtube.com/watch?v=Qp5Pb3rTT4w>>

¹¹ Estudi realitzat l'any 2016 per la consultora IDC
<<https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prCEMA41665616>>

¹² Article sobre la realitat augmentada aplicada a la medicina
<<http://www.virtualama.com/blog/realidad-aumentada-y-medicina/>>

Finalment, en el camp de l'educació mèdica, existeixen algunes aplicacions de realitat augmentada per a professors, estudiants i professionals mèdics que ajuden en l'aprenentatge i faciliten la integració dels continguts teòrics amb les imatges. Una d'elles és la *VR Dentist*¹³, que utilitza la realitat virtual i augmentada per mostrar models 3D de dentadures i pròtesis enfocada als estudiants. També hi ha l'aplicació *Anatomy 4D*¹⁴ que mostra estructures de l'anatomia humana per a una millor comprensió emprant la realitat augmentada de forma interactiva.

En conclusió, la realitat augmentada estarà cada vegada més present en la vida quotidiana de la societat, apareixeran més dispositius capaços de treure tot el profit a la realitat augmentada i el nostre cervell haurà d'aprendre a processar capes i capes d'informació extra, però sense perdre de vista la realitat.

L'anàlisi de mercat es complementa amb el micro-pla d'empresa de l'annex 7.

¹³ *VR Dentist*, aplicació per a dispositius Android. Es pot descarregar gratuïtament a <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.dentist.android&hl=es-419>>

¹⁴ *Anatomy 44D*, aplicació per a dispositius Android. Es pot descarregar gratuïtament a <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.daqri.d4DAnatomy>>

21. Conclusions

La realitat augmentada es va creuar al meu camí sis mesos abans de començar aquest projecte cursant l'optativa de "Creació de móns virtuals", i em va permetre conèixer una tecnologia amb unes possibilitats infinites. Aquí va començar a formar-se una idea dins del meu cap, la de crear una aplicació de realitat augmentada que combinés tot el que he anat aprenent durant aquests anys d'estudi amb la meva feina diària com a tècnica d'òptica.

Un cop vaig tenir aquesta idea ben estructurada, la vaig dividir en tres grans blocs: la del disseny gràfic, dissenyant una guia oftalmològica en paper; la del modelat 3D, creant des de zero els models necessaris per la guia; i el desenvolupament de l'aplicació que permetés interactuar amb aquests models.

EyeAR Capture és el resultat de tot aquest treball i de l'esforç que ha suposat durant aquests darrers tres mesos. Crec que s'han assolit els objectius principals definits a l'inici d'aquest projecte, ja que s'ha aconseguit que sigui una aplicació estable i funcional. A més a més, s'ha aconseguit reproduir de la manera més fidel possible l'ull humà i a la vegada s'ha maquetat una guia oftalmològica que permet utilitzar l'aplicació de realitat augmentada.

Però una cosa és la teoria i l'altre la pràctica. Els coneixements previs no han estat suficients per resoldre algunes de les necessitats tècniques que ha requerit projecte. Per això, s'ha invertit bona part del temps en aprendre en profunditat com funcionen els diferents *softwares* utilitzats: *Adobe Illustrator*, *Adobe Indesign*, *Adobe Photoshop*, *Autodesk 3ds max* i *Unity* amb l'API de *Vuforia* per a la implementació de la realitat augmentada. Gràcies a aquest estudi extra, s'han pogut resoldre bona part dels problemes que han anat sorgint.

En quant a la planificació, aquí crec que vaig ser massa optimista i els temps planificats han anat retardant-se per tots els entrebancs que m'he anat trobant al llarg del projecte, i amb els quals no comptava. Sense anar més lluny, el modelat de l'anatomia de l'ull m'ha ocupat el doble del que estava planificat, i això ha fet que les hores pensades per destinar a *Unity* s'haguessin de compactar i reduir a la meitat.

Malgrat tots els entrebancs, puc dir que estic contenta de la feina feta i d'haver aconseguit plasmar la idea inicial creant *EyeAR Capture*, superant les expectatives inicials. Evidentment, aquest projecte es troba en una fase inicial però té un gran potencial, ja que si es pogués seguir

treballant amb ell i ampliant la guia i el nombre de models, podria arribar a ser una bona eina educativa per als estudiants de medicina i optometria.

Annex I. Lliurables del projecte

- 1) Memòria del TFG (.pdf)
- 2) Guia oftalmològica (.pdf)
- 3) Informe d'autoavaluació (.pdf)
- 4) Arxiu amb les il·lustracions de la guia (.ai)
- 5) Arxiu amb la maquetació de la guia (.id)
- 6) Arxius del modelat 3D (.max)
- 7) Textures emprades (.jpg, .png)
- 8) Paquet de Unity amb el projecte (.zip)
- 9) Aplicació final de l'aplicació *EyeAR Capture* (.apk)
- 10) Diagrama de Gantt (.jpg)
- 11) Presentació del projecte (.pdf)
- 12) Clip de vídeo defensa del projecte (.mp4)

Annex 2. Diagrama de Gantt

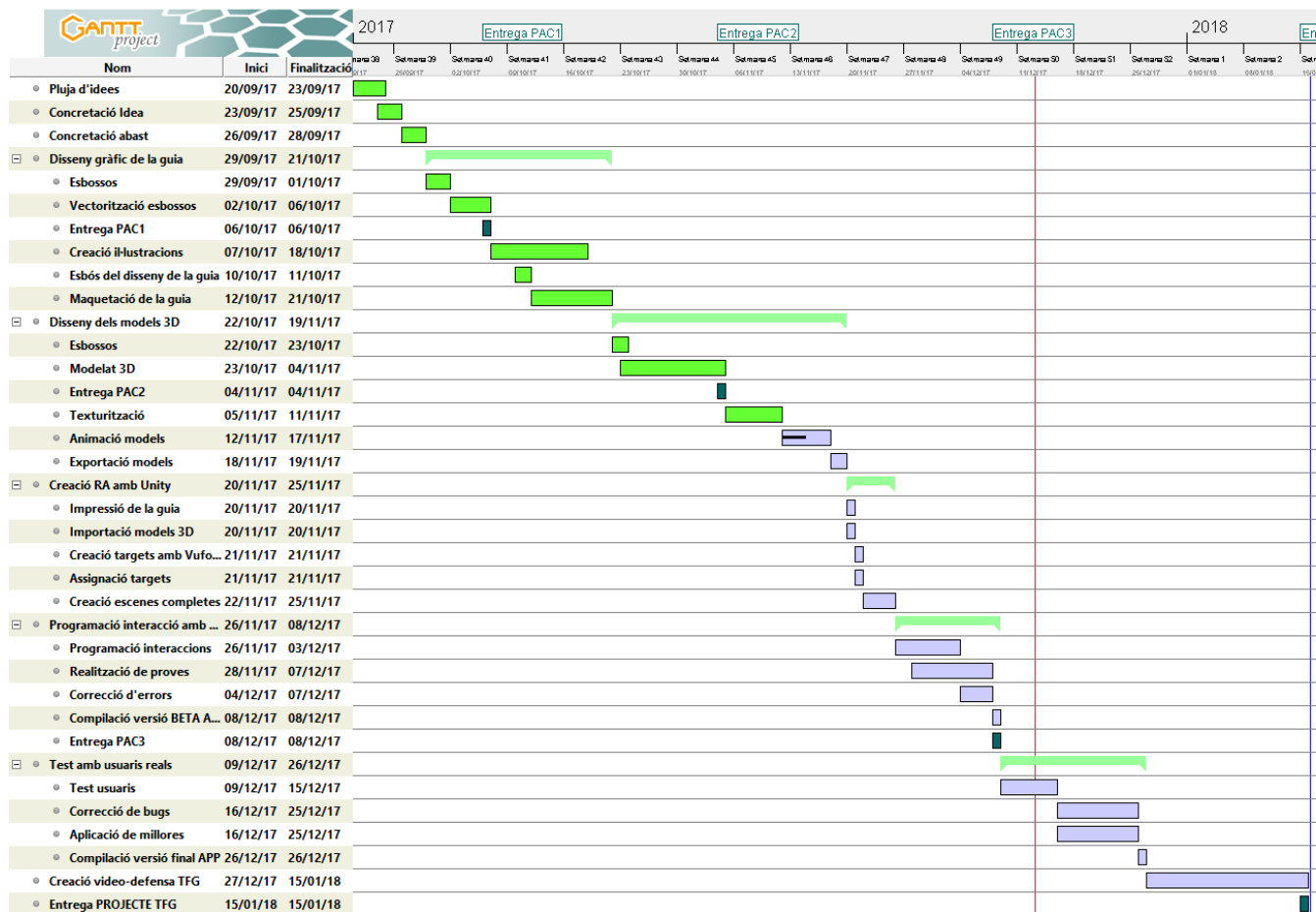


Figura 67: Diagrama de Gantt final.

Annex 3. Codi font (extractes)

A continuació es detallen els scripts creats per a l'aplicació *EyeAR Capture*. Els dos primers pertanyen a tercers mentre que la resta són propis.

Els *scripts* que es troben dins d'objectes interactius, com els botons en aquest cas, necessiten tenir activada la llibreria *UnityEngine.UI*. Els *scripts* que s'utilitzen amb *Vuforia* necessiten tenir activada la llibreria *Vuforia* per funcionar.

CameraFocusController

Aquest *script* és el més important, ja que sense ell la càmera no enfoca i per tant no es detecten els *targets*. L'*script* s'ha obtingut de la pàgina de suport de *Vuforia*.

```
using UnityEngine;
using System.Collections;
using Vuforia;

public class CameraFocusController: MonoBehaviour {

    // code from Vuforia Developer Library
    // https://library.vuforia.com/articles/Solution/Camera-Focus-Modes
    void Start() {
        var vuforia = VuforiaARController.Instance;
        vuforia.RegisterVuforiaStartedCallback(OnVuforiaStarted);
        vuforia.RegisterOnPauseCallback(OnPaused);
    }

    private void OnVuforiaStarted() {
        CameraDevice.Instance.SetFocusMode(
            CameraDevice.FocusMode.FOCUS_MODE_CONTINUOUSAUTO);
    }

    private void OnPaused(bool paused) {
        if (!paused) // resumed
        {
            // Set again autofocus mode when app is resumed
            CameraDevice.Instance.SetFocusMode(
                CameraDevice.FocusMode.FOCUS_MODE_CONTINUOUSAUTO);
        }
    }
}
```

LeanScale

Aquest *script* està extret del paquet *LeanTouch* que permet escalar els objectes ampliant o disminuint-los amb dos dits. Per funcionar, l'*script* necessita d'un objecte nul que contingui l'*script* bàsic *LeanTouch* explicat en el següent Annex.

```
using UnityEngine;

namespace Lean.Touch
{
    // This script allows you to scale the current GameObject
    public class LeanScale : MonoBehaviour
    {
        [Tooltip("Ignore fingers with StartedOverGui?")]
        public bool IgnoreGuiFingers;

        [Tooltip("Allows you to force rotation with a specific amount of fingers (0 = any)")]
        public int RequiredFingerCount;

        [Tooltip("Does scaling require an object to be selected?")]
        public LeanSelectable RequiredSelectable;

        [Tooltip("If you want the mouse wheel to simulate pinching then set the strength of it here")]
        [Range(-1.0f, 1.0f)]
        public float WheelSensitivity;

        [Tooltip("The camera that will be used to calculate the zoom")]
        public Camera Camera;

        [Tooltip("Should the scaling be performed relative to the finger center?")]
        public bool Relative;

        [Tooltip("Should the scale value be clamped?")]
        public bool ScaleClamp;

        [Tooltip("The minimum scale value on all axes")]
        public Vector3 ScaleMin;

        [Tooltip("The maximum scale value on all axes")]
        public Vector3 ScaleMax;

#if UNITY_EDITOR
        protected virtual void Reset()
        {
            Start();
        }
#endif

        protected virtual void Start()
        {
            if (RequiredSelectable == null)
            {
                RequiredSelectable = GetComponent<LeanSelectable>();
            }
        }
    }
}
```

```
protected virtual void Update()
{
    // If we require a selectable and it isn't selected, cancel scaling
    if (RequiredSelectable != null && RequiredSelectable.IsSelected == false)
    {
        return;
    }

    // Get the fingers we want to use
    var fingers = LeanTouch.GetFingers(IgnoreGuiFingers, RequiredFingerCount);

    // Calculate the scaling values based on these fingers
    var pinchScale = LeanGesture.GetPinchScale(fingers, WheelSensitivity);
    var screenCenter = LeanGesture.GetScreenCenter(fingers);

    // Perform the scaling
    Scale(pinchScale, screenCenter);
}

private void Scale(float pinchScale, Vector2 screenCenter)
{
    // Make sure the scale is valid
    if (pinchScale > 0.0f)
    {
        var scale = transform.localScale;

        if (Relative == true)
        {
            // If camera is null, try and get the main camera, return true if a camera was found
            if (LeanTouch.GetCamera(ref Camera) == true)
            {
                // Screen position of the transform
                var screenPosition = Camera.WorldToScreenPoint(transform.position);

                // Push the screen position away from the reference point based on the scale
                screenPosition.x = screenCenter.x + (screenPosition.x - screenCenter.x) * pinchScale;
                screenPosition.y = screenCenter.y + (screenPosition.y - screenCenter.y) * pinchScale;

                // Convert back to world space
                transform.position = Camera.ScreenToWorldPoint(screenPosition);

                // Grow the local scale by scale
                scale *= pinchScale;
            }
        }
        else
        {
            // Grow the local scale by scale
            scale *= pinchScale;
        }
    }
}
```

```
        if (ScaleClamp == true)
        {
            scale.x = Mathf.Clamp(scale.x, ScaleMin.x, ScaleMax.x);
            scale.y = Mathf.Clamp(scale.y, ScaleMin.y, ScaleMax.y);
            scale.z = Mathf.Clamp(scale.z, ScaleMin.z, ScaleMax.z);
        }
        transform.localScale = scale;
    }
}
}
```

Amagador

Aquest *script* permet activar i desactivar les etiquetes dels models quan es clica el botó corresponent anomenat "Activar/Desactivar etiquetes). L'*script* utilitza el paràmetre `.SetActive` d'un objecte per activar-lo i desactivar-lo.

```
//Tanit Colobrans. TFG. UOC MULTIMEDIA
//EyeAR Capture
//Script per amagar les etiquetes dels models

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;
using Vuforia;

public class Amagador : MonoBehaviour {

    //declaració dels 3 objectes pels 3 models amb etiquetes
    public GameObject objecte1;
    public GameObject objecte2;
    public GameObject objecte3;

    //Quan s'apreta el botó s'activen i desactiven les etiquetes amb el .SetActive
    public void botoApretat()
    {
        objecte1.SetActive( !objecte1.activeSelf );
        objecte2.SetActive( !objecte2.activeSelf );
        objecte3.SetActive( !objecte3.activeSelf );
    }
}
```

PosicionaBotons

Aquest *script* posiciona els botons a les cantonades de la pantalla tenint en compte el tamany d'aquesta.

Funciona de la següent manera: es poden activar les variables públiques `_esquerra` i `_amunt`. Si s'activa `_esquerra` l'*script* col·loca el botó a l'esquerra en l'eix x amb el valor d'un *offset* també definit per l'usuari, i si està desactivat resta aquest *offset* a l'amplada de la pantalla (`Screen.width`).

Si s'activa `_amunt` l'*script* col·loca el botó a dalt en l'eix y amb el valor de l'*offset* definit per l'usuari, i si està desactivat resta aquest *offset* a l'altura de la pantalla (`Screen.height`).

```
//Tanit Colobrans. TFG. UOC MULTIMEDIA
//EyeAR Capture
//Script per col·locar els botons a les cantonades de la pantalla

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;
using Vuforia;

public class PosicionaBotons : MonoBehaviour {

    //variables que permeten posicionar els botons allà on es vulgui
    public bool _esquerra = true;
    public bool _amunt = true;

    //variables que permeten definir la distància entre el botó i les vores
    public float _offsetX = 10f;
    public float _offsetY = 10f;
    private RectTransform rectangle;

    void Start ()
    {
        rectangle = gameObject.GetComponent<RectTransform>();
        float dx = 0.5f*rectangle.sizeDelta.x;
        float dy = 0.5f*rectangle.sizeDelta.y;

        //segons l'offset que se li ha donat a l'objecte es calcula la posi
ció x i y.
        float margeX = dx + _offsetX;
        float margeY = dy + _offsetY;

        float posX;
        float posY;

        //posició respecte l'amplada de la pantalla
        if(_esquerra)
            posX = margeX;
        else
            posX = Screen.width - margeX;

        //posició respecte l'altura de la pantalla
        if(_amunt)
```

```
        posY = Screen.height - margeY;  
    else  
        posY = margeY;  
  
    //posició final del botó  
    transform.position = new Vector3(posX, posY, 0f);  
    }  
}
```

RotadorObj

Aquest *script* permet rotar els models 360° fent lliscar el dit per la pantalla. Utilitza un valor de velocitat que es pot definir a *Unity* i calcula la posició del dit en la posició inicial i final per saber cap a on ha de moure el model.

```
//Tanit Colobrans. TFG. UOC MULTIMEDIA  
//EyeAR Capture  
//Script per rotar els objectes 360°  
  
using System.Collections;  
using System.Collections.Generic;  
using UnityEngine;  
using UnityEngine.EventSystems;  
using UnityEngine.UI;  
using Vuforia;  
  
public class RotadorObj : MonoBehaviour, IDragHandler  
{  
  
    //variables per controlar la velocitat de rotació (es poden variar per  
a cada objecte)  
    public float rotationSpeed = 500.0f;  
    public float lerpSpeed = 20.0f;  
  
    private Vector3 speed;  
    private Vector3 avgSpeed;  
  
    //Funció que permet la rotació quan es mou un dit per la pantalla  
    public void OnDrag(PointerEventData eventData)  
    {  
        //Calcula la posició inicial i final del dit per saber cap a on s'h  
a de rotar  
        speed = new Vector3(-eventData.delta.x/Screen.width, eventData.delt  
a.y/Screen.height, 0f);  
        avgSpeed = Vector3.Lerp(avgSpeed, speed, Time.deltaTime * 5);  
  
        //rotació en l'eix X (quan es llisca cap amunt o avall)  
        transform.Rotate( Camera.main.transform.up * (speed.x * rotationSpe
```



```
ed), Space.World );

        //rotació en l'eix Y (quan es llisca cap a la dreta o esquerra)
        transform.Rotate( Camera.main.transform.right * (speed.y * rotation
Speed), Space.World );

    }
}
```

ControlBotons

Aquest *script* permet controlar el comportament dels botons de les diferents escenes. Utilitza la classe *Application* per controlar-los. En els casos en què els botons han de carregar una altra escena s'utilitza el paràmetre *LoadLevel* i es defineix quina escena ha d'obrir. En el cas de sortir de l'aplicació s'utilitza *Quit* per tancar-la.

```
//Tanit Colobrans. TFG. UOC MULTIMEDIA
//EyeAR Capture
//Script per amagar les etiquetes dels models

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;
using Vuforia;

public class ControlBotons : MonoBehaviour {
    //Botó Exit, surt de l'aplicació
    public void exitgame() {
        Application.Quit ();
    }
    //Botó Menu, porta a l'escena "Menu"
    public void gotomenu(){
        Application.LoadLevel ("menu");
    }
    //Botó Tornar, torna a l'escena principal
    public void _tornar() {
        Application.LoadLevel ("EyeARCapture");
    }
    //Botó Instruccions, porta a l'escena "Instruccions"
```

```
public void _instruccions() {  
    Application.LoadLevel ("instruccions");  
}  
//Botó Credits, porta a l'escena "Credits"  
public void _credits() {  
    Application.LoadLevel ("credits");  
}  
//Botó Menu, porta a l'escena "Menu" (des de les escenes "Instruccions"  
i "Credits")  
public void _tornarmenu() {  
    Application.LoadLevel ("menu");  
}  
}
```

Annex 4. Llibreries/Codi extern utilitzat

Durant la creació del projecte *EyeAR Capture* s'han utilitzat elements i scripts realitzats per a tercers i que es detallen a continuació.

Unity

Els següents *scripts* pertanyen al paquet de **Vuforia**, propietat de *PTC Inc*, que permeten el funcionament de la realitat augmentada de l'aplicació. No s'ha modificat res d'aquests *scripts*, per això només s'ha inclòs el codi enter del *VuforiaBehaviour* que és el més important, la resta només s'han mencionat.

VuforiaBehaviour

Aquest *script* permet controlar i configurar la llicència, la base de dades i els components essencials per a què funcioni la realitat augmentada.

```
*=====
====
Copyright (c) 2016 PTC Inc. All Rights Reserved.

Copyright (c) 2010-2014 Qualcomm Connected Experiences, Inc.
All Rights Reserved.
Confidential and Proprietary - Protected under copyright and other laws.
=====
===*/

using UnityEngine;

namespace Vuforia
{
    /// <summary>
    /// The VuforiaBehaviour class handles tracking and triggers native vid
    eo
    /// background rendering. The class updates all Trackables in the scene
    .
    /// </summary>
    public class VuforiaBehaviour : VuforiaAbstractBehaviour
    {
        protected override void Awake()
        {
            AddOSSpecificExternalDatasetSearchDirs();

            gameObject.AddComponent<ComponentFactoryStarterBehaviour>();

            base.Awake();
        }

        private static VuforiaBehaviour mVuforiaBehaviour= null;

        /// <summary>
```

```
    /// A simple static singleton getter to the VuforiaBehaviour (if present in the scene)
    /// Will return null if no VuforiaBehaviour has been instantiated in the scene.
    /// </summary>
    public static VuforiaBehaviour Instance
    {
        get
        {
            if (mVuforiaBehaviour == null)
                mVuforiaBehaviour = FindObjectOfType<VuforiaBehaviour>(
);

            return mVuforiaBehaviour;
        }
    }

    /// <summary>
    /// This method inserts new dataset search roots for datasets defined in StreamingAssets/QCAR. This may
    /// be used to streamline the "Split Application Binary" Unity feature under the Android plugin. This method is
    /// called before the datasets are loaded in the Start()-method.
    /// </summary>
    private void AddOSSpecificExternalDatasetSearchDirs()
    {
#if UNITY_ANDROID
        if (Application.platform == RuntimePlatform.Android)
        {
            var databaseLoader = DatabaseLoadARController.Instance;

            // Get the external storage directory
            AndroidJavaClass jclassEnvironment = new AndroidJavaClass("android.os.Environment");
            AndroidJavaObject jobjFile = jclassEnvironment.CallStatic<AndroidJavaObject>("getExternalStorageDirectory");
            string externalStorageDirectory = jobjFile.Call<string>("getAbsolutePath");

            // Get the package name
            AndroidJavaObject jobjActivity = new AndroidJavaClass("com.unity3d.player.UnityPlayer").GetStatic<AndroidJavaObject>("currentActivity");

            string packageName = jobjActivity.Call<string>("getPackageName");

            // Add some best practice search directories
            //
            // Assumes just Vuforia datasets extracted to the files directory
            databaseLoader.AddExternalDatasetSearchDir(externalStorageDirectory + "/Android/data/" + packageName + "/files/");

            // Assume entire StreamingAssets dir is extracted here and our datasets are in the "Vuforia" directory
            databaseLoader.AddExternalDatasetSearchDir(externalStorageDirectory + "/Android/data/" + packageName + "/files/Vuforia/");
        }
#endif
    }
}
```

```
        // Assume entire StreamingAssets dir is extracted here and
        our datasets are in the "QCAR" directory
        databaseLoader.AddExternalDatasetSearchDir(externalStorageD
        irectory + "/Android/data/" + packageName + "/files/QCAR/");
    }
#endif //UNITY_ANDROID
    }
}
```

DefaultInitializationErrorHandler

Aquest *script* controla els possibles errors que pot generar *Vuforia* quan s'engega l'aplicació.

VideoBackgroundBehaviour

Aquest *script* permet renderitzar correctament el fons.

HideExcessAreaBehaviour

Aquest *script* permet controlar i millorar el rendiment de l'aplicació dels objectes que estan al fons de l'àrea visual i evita errors en l'escalat d'aquests objectes.

ImageTargetBehaviour

Aquest *script* és el segon més important dins del paquet de *Vuforia* ja que permet reconèixer els *targets* correctament i carregar els objectes associats a ell.

TurnOffBehaviour

Aquest *script* permet desactivar objectes.

DefaultTrackableEventHandler

Aquest *script* permet detectar els objectes que es troben dins d'un *ImageTarget* i activar-los.

El següent *script* pertany al paquet **Lean Touch**, desenvolupat per Carlos Wikes¹⁵ i que s'utilitza dins d'un objecte nul per fer funcionar les funcions pròpies de *LeanTouch*, com el *LeanScale* ja mencionat anteriorment.

LeanTouch

Aquest *script* controla la resta d'*scripts* que s'inclouen el en mateix paquet *Lean Touch*.

Textures i malles

S'ha utilitzat una textura per als models extreta de la llibreria *Freepik*¹⁶ que permet descarregar gratuïtament molts dels seus recursos:

- *Abstract cotton textures*, que pertany a *mrsiraphol*.

També s'han utilitzat textures extretes de la llibreria *Photo HDX*¹⁷ que ofereix recursos gràfics gratuïts sota llicència *Creative Commons Reconeixement-No Comercial 3.0*:

- *Orange paper texture background*
- *Pink paper background texture*
- *Brown vintage paper background texture*

La textura de l'iris *Eye iris* s'ha descarregat de *Pixabay*¹⁸ sota la llicència CC0, i està dissenyat per *TheDigitalArtist*:

La malla de la cara *MaleHead.obj* s'ha descarregat de *Turbosquid*¹⁹ sota llicència gratuïta, i està dissenyat per *Mad Mouse Design*.

¹⁵ *LeanTouch*, desenvolupat per Carlos Wikes, disponible a
<<https://www.assetstore.unity3d.com/en/#!/content/30111>>

¹⁶ Llibreria *Freepik* <<https://www.freepik.com/>>

¹⁷ Llibreria *Photo JDX* <<https://www.photohdx.com/>>

¹⁸ Llibreria *Pixabay* <<https://pixabay.com/>>

¹⁹ *Turbosquid* <<https://www.turbosquid.com/>>

Annex 5. Guia d'usuari

1) Descripció

L'**aplicació de realitat augmentada EyeARCapture** proporciona informació extra al contingut en paper d'aquesta guia mostrant models 3D que permeten ampliar els conceptes descrits a la guia.

2) Requisits del sistema

- Dispositiu mòbil amb sistema operatiu Android 4.4 o superior.
- Espai lliure disponible 75Mb.

3) Descàrrega i instal·lació de l'aplicació

1. Escanejar el codi Qr que es proporciona dins de la guia oftalmològica.
2. Instal·lar l'aplicació al dispositiu mòbil des de *Google Play*.

4) Instruccions d'ús

Un cop instal·lada l'aplicació al dispositiu mòbil, només cal executar-la i la càmera s'engegarà automàticament. Això permet al lector i usuari enfocar les diferents il·lustracions de la guia per tal de llançar la realitat augmentada i fer aparèixer els models 3D corresponents.

Per **girar** els models cal fer-ho movent el dit per la pantalla. Per fer **zoom** sobre els models cal moure dos dits a la vegada separant-los o ajuntant-los segons si es vol augmentar o disminuir el tamany respectivament. Per **ocultar o mostrar les etiquetes** cal prémer el botó corresponent.

Annex 6. Llibre d'estil

A continuació es detalla l'estil gràfic de l'aplicació *EyeAR Capture*.

Logotip



Figura 68: Logotip.

Figura 69: Logotip reduït.

Proporcions i mides

El logotip és un disseny quadrat, i per tant s'ha d'utilitzar amb aquesta proporció on l'altura i l'amplada és la mateixa. En quant al logotip reduït, l'amplada ha de ser 6 vegades l'altura.

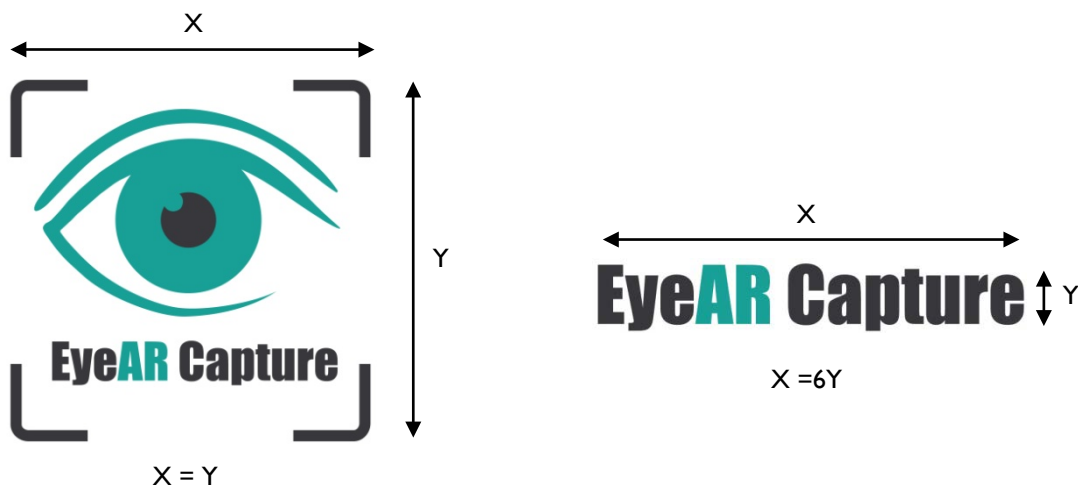


Figura 70: Relació altura i amplada correcta del logotip.

S'ha d'utilitzar sempre en fons blanc per tal que els elements ressaltin. No està permès utilitzar cap més color de fons.

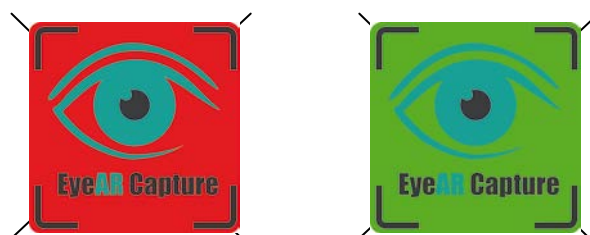
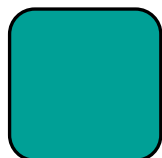


Figura 71: Exemple d'usos no permesos del logotip.

Paleta de colors

Els colors utilitzats en el logotip són el turquesa i el gris fosc. Per a l'aplicació, a més a més, s'ha utilitzat el color blanc i el color negre.



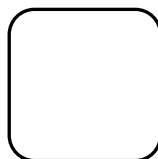
HEX: #00A096
RGB: 0, 160, 150
CMYK: 80%, 10%, 45%, 0%



HEX: #3E3D40
RGB: 62, 61, 64
CMYK: 0%, 0%, 0%, 90%



HEX: #000000
RGB: 0, 0, 0
CMYK: 0%, 0%, 0%, 100%



HEX: #FFFFFF
RGB: 255, 255, 255
CMYK: 0%, 0%, 0%, 0%

Tipografia i mides

Per al logotip s'ha utilitzat una única tipografia *Impact*:

Impact

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
0123456789

Color turquesa

Color gris

Per a l'aplicació s'ha utilitzat la tipografia *Gill Sans MT*:

Gill Sans MT

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
0123456789

Color blanc

Color negre

Per a la guia oftalmològica s'han utilitzat *Gill Sans MT* per als títols i peus d'imatge, *Garamond* per a la portada i *Adobe Caslon Pro* per al cos.

Gill Sans MT

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

abcdefghijklmnopqrstuvwxyz

0123456789

Color negre

Garamond

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

abcdefghijklmnopqrstuvwxyz

0123456789

Color negre

Adobe Caslon Pro

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

abcdefghijklmnopqrstuvwxyz

0123456789

Color negre

Botons d'interacció

Tots els botons tenen el mateix format:

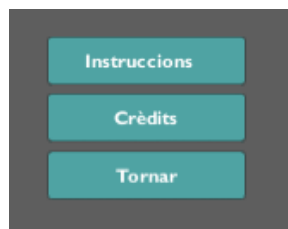


Figura 72: Exemple de botons interactius de l'app.

Annex 7. Micro-pla d'empresa

Nom comercial

EyeAR Capture

Resum comercial

EyeAR Capture és una aplicació per a dispositius mòbils Android que utilitza la realitat augmentada per donar informació extra (mostrant models 3D de l'anatomia de l'ull) a la guia oftalmològica en format llibre amb la qual està associada.

Model de negoci

El model de negoci d'aquest projecte passa per realitzar una guia oftalmològica de qualitat amb la qual va associada l'aplicació per a dispositius mòbils Android i fer-ne una tirada de 2000 exemplars aptes per a la seva comercialització. L'aplicació serà gratuïta ja que l'usuari o empresa haurà comprat prèviament la guia en format llibre.

Productes i serveis

Llançar al mercat una guia oftalmològica en format paper juntament amb l'aplicació per a dispositius mòbils Android.

Competència

Comencen a aparèixer moltes aplicacions de realitat augmentada destinades a la medicina, però aquest projecte enllaça una aplicació de realitat augmentada amb un llibre especialitzat només en oftalmologia, que és el que el fa diferent de la resta d'aplicacions.

Estratègia de màrqueting

La promoció d'aquest projecte es basaria en donar-lo a conèixer en diferents hospitals mitjançant un vídeo promocional i una xerrada informativa.

DAFO

Debilitats	Fortaleses	Amenaces	Oportunitats
<ul style="list-style-type: none">- Recursos econòmics limitats.- Marca nova desconeguda.- Tecnologia poc coneguda.- Limitació a sistema operatiu Android.	<ul style="list-style-type: none">- Idea innovadora.- Capacitat d'adaptar-se a les noves tecnologies.- Bona relació qualitat-preu.	<ul style="list-style-type: none">- Empreses de RA interessades en l'àmbit de la medicina.- Poc interès dels hospitals públics.	<ul style="list-style-type: none">- Facilitat de vendre-ho a clíniques privades.- Mercat en auge.- Començar quan encara no hi ha gaire competència.

Figura 5: DAFO.

Annex 8. Tests d'usuari

A continuació es mostren els 10 tests d'usuari realitzats a personal d'un servei hospitalari d'oftalmologia.

TEST D'USARI de l'aplicació EyeAR Capture		Nº 1
Professió: Tècnica d'òptica		
Edat: 31		
Criteris generals	Resposta	
1. És usuari/a d' <i>Smartphone</i> ?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
2. És usuari/a de <i>tablet</i> ?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
3. Ha sentit a parlar del concepte Realitat Augmentada?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
4. Ha utilitzat mai alguna APP de Realitat Augmentada?	SI <input checked="" type="checkbox"/> Quina: Ikea NO <input type="checkbox"/>	
Criteris específics	Resposta	
5. L'aplicació s'inicia amb rapidesa?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
6. Els models 3D apareixen en el capítol correcte?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
7. La interacció amb els models és suficient?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input checked="" type="checkbox"/>	
8. Les animacions ajuden a entendre els conceptes?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
9. La reacció dels botons és l'esperada?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
Criteris d'opinió	Resposta	
10. Afegiria més interacció? Què voldria fer amb els models?	Sí. Poder posar en pausa l'animació o rebobinar.	
11. Hi afegiria algun botó? Quin/s?	Endavant, pausa, enrere. Botons més grans	
12. Té alguna proposta per l'aplicació?	Millorar la tremolor d'alguns models.	
Model dispositiu i Sistema operatiu: BQ Aquaris M10, Android 6.0.l		
Data: 09/01/2018		

TEST D'USARI de l'aplicació EyeAR Capture		Nº 2
Professió: Metge		
Edat: 40		
Criteris generals	Resposta	
1. És usuari/a d' <i>Smartphone</i> ?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
2. És usuari/a de <i>tablet</i> ?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
3. Ha sentit a parlar del concepte Realitat Augmentada?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
4. Ha utilitzat mai alguna APP de Realitat Augmentada?	SI <input type="checkbox"/> Quina: _____ NO <input checked="" type="checkbox"/>	
Criteris específics	Resposta	
5. L'aplicació s'inicia amb rapidesa?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
6. Els models 3D apareixen en el capítol correcte?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
7. La interacció amb els models és suficient?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
8. Les animacions ajuden a entendre els conceptes?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
9. La reacció dels botons és l'esperada?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
Criteris d'opinió	Resposta	
10. Afegiria més interacció? Què voldria fer amb els models?	No.	
11. Hi afegiria algun botó? Quin/s?	Un botó d'àudio i veu en off explicant què es veu en els models.	
12. Té alguna proposta per l'aplicació?	Millorar la tremolor.	
Model dispositiu i Sistema operatiu: BQ Aquaris M10, Android 6.0.1		Data: 09/01/2018

TEST D'USARI de l'aplicació EyeAR Capture		Nº 3
Professió: Optometrista		
Edat: 50		
Criteris generals	Resposta	
1. És usuari/a d' <i>Smartphone</i> ?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
2. És usuari/a de <i>tablet</i> ?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
3. Ha sentit a parlar del concepte Realitat Augmentada?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
4. Ha utilitzat mai alguna APP de Realitat Augmentada?	SI <input type="checkbox"/> Quina: _____ NO <input checked="" type="checkbox"/>	
Criteris específics	Resposta	
5. L'aplicació s'inicia amb rapidesa?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
6. Els models 3D apareixen en el capítol correcte?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
7. La interacció amb els models és suficient?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input checked="" type="checkbox"/>	
8. Les animacions ajuden a entendre els conceptes?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
9. La reacció dels botons és l'esperada?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
Criteris d'opinió	Resposta	
10. Afegiria més interacció? Què voldria fer amb els models?	Que apareguin les fletxes en dos temps per poder fer un test.	
11. Hi afegiria algun botó? Quin/s?	Botó d'explicació de veu.	
12. Té alguna proposta per l'aplicació?	Millorar la tremolor. Poder veure els models sense haver d'enfocar tota l'estona a les imatges.	
Model dispositiu i Sistema operatiu: Android OnePlus 2, Android 6.0.1		
Data: 09/01/2018		

TEST D'USARI de l'aplicació EyeAR Capture		Nº 4
Professió: Administrativa		
Edat: 61		
Criteris generals	Resposta	
1. És usuari/a d' <i>Smartphone</i> ?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
2. És usuari/a de <i>tablet</i> ?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
3. Ha sentit a parlar del concepte Realitat Augmentada?	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	
4. Ha utilitzat mai alguna APP de Realitat Augmentada?	SI <input type="checkbox"/> Quina: _____ NO <input checked="" type="checkbox"/>	
Criteris específics	Resposta	
5. L'aplicació s'inicia amb rapidesa?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
6. Els models 3D apareixen en el capítol correcte?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
7. La interacció amb els models és suficient?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
8. Les animacions ajuden a entendre els conceptes?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
9. La reacció dels botons és l'esperada?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
Criteris d'opinió	Resposta	
10. Afegiria més interacció? Què voldria fer amb els models?	No.	
11. Hi afegiria algun botó? Quin/s?	No.	
12. Té alguna proposta per l'aplicació?	Millorar la tremolor del glaucoma.	
Model dispositiu i Sistema operatiu: BQ Aquaris E5, Android 5.1.1		Data: 09/01/2018

TEST D'USARI de l'aplicació EyeAR Capture		Nº 5
Professió: Metge		
Edat: 44		
Criteris generals	Resposta	
1. És usuari/a d' <i>Smartphone</i> ?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
2. És usuari/a de <i>tablet</i> ?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
3. Ha sentit a parlar del concepte Realitat Augmentada?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
4. Ha utilitzat mai alguna APP de Realitat Augmentada?	SI <input type="checkbox"/> Quina: _____ NO <input checked="" type="checkbox"/>	
Criteris específics	Resposta	
5. L'aplicació s'inicia amb rapidesa?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
6. Els models 3D apareixen en el capítol correcte?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input checked="" type="checkbox"/>	
7. La interacció amb els models és suficient?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
8. Les animacions ajuden a entendre els conceptes?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
9. La reacció dels botons és l'esperada?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
Criteris d'opinió	Resposta	
10. Afegiria més interacció? Què voldria fer amb els models?	No.	
11. Hi afegiria algun botó? Quin/s?	Botó per l'àudio explicatiu.	
12. Té alguna proposta per l'aplicació?	Més etiquetes durant l'explicació. Acabar tots els models de la guia.	
Model dispositiu i Sistema operatiu: BQ Aquaris M10, Android 6.0.1		Data: 10/01/2018

TEST D'USARI de l'aplicació EyeAR Capture		Nº 6
Professió: Secretària		
Edat: 38		
Criteris generals	Resposta	
1. És usuari/a d' <i>Smartphone</i> ?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
2. És usuari/a de <i>tablet</i> ?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
3. Ha sentit a parlar del concepte Realitat Augmentada?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
4. Ha utilitzat mai alguna APP de Realitat Augmentada?	SI <input type="checkbox"/> Quina: _____ NO <input checked="" type="checkbox"/>	
Criteris específics	Resposta	
5. L'aplicació s'inicia amb rapidesa?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
6. Els models 3D apareixen en el capítol correcte?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
7. La interacció amb els models és suficient?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
8. Les animacions ajuden a entendre els conceptes?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
9. La reacció dels botons és l'esperada?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
Criteris d'opinió	Resposta	
10. Afegiria més interacció? Què voldria fer amb els models?	No.	
11. Hi afegiria algun botó? Quin/s?	Botó per remarcar el concepte explicat (blanc i negre el que no és rellevant, per exemple).	
12. Té alguna proposta per l'aplicació?	Millorar la tremolor d'algun model.	
Model dispositiu i Sistema operatiu: Acer Iconia Tab A3-A20, Android 5.0 Data: 10/01/2018		

TEST D'USARI de l'aplicació EyeAR Capture		Nº 7
Professió: Infermera		
Edat: 48		
Criteris generals	Resposta	
1. És usuari/a d' <i>Smartphone</i> ?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
2. És usuari/a de <i>tablet</i> ?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
3. Ha sentit a parlar del concepte Realitat Augmentada?	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	
4. Ha utilitzat mai alguna APP de Realitat Augmentada?	SI <input type="checkbox"/> Quina: _____ NO <input checked="" type="checkbox"/>	
Criteris específics	Resposta	
5. L'aplicació s'inicia amb rapidesa?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
6. Els models 3D apareixen en el capítol correcte?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
7. La interacció amb els models és suficient?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
8. Les animacions ajuden a entendre els conceptes?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
9. La reacció dels botons és l'esperada?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
Criteris d'opinió	Resposta	
10. Afegiria més interacció? Què voldria fer amb els models?	No.	
11. Hi afegiria algun botó? Quin/s?	Botó d'animació activada.	
12. Té alguna proposta per l'aplicació?	Que hi hagués més animacions.	
Model dispositiu i Sistema operatiu: Samsung Galaxy Tab A, Android 6.0		Data: 10/01/2018

TEST D'USARI de l'aplicació EyeAR Capture		N° 8
Professió: Administrativa		
Edat: 29		
Criteris generals	Resposta	
1. És usuari/a d' <i>Smartphone</i> ?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
2. És usuari/a de <i>tablet</i> ?	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	
3. Ha sentit a parlar del concepte Realitat Augmentada?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
4. Ha utilitzat mai alguna APP de Realitat Augmentada?	SI <input type="checkbox"/> Quina: _____ NO <input checked="" type="checkbox"/>	
Criteris específics	Resposta	
5. L'aplicació s'inicia amb rapidesa?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
6. Els models 3D apareixen en el capítol correcte?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
7. La interacció amb els models és suficient?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input checked="" type="checkbox"/>	
8. Les animacions ajuden a entendre els conceptes?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
9. La reacció dels botons és l'esperada?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input checked="" type="checkbox"/>	
Criteris d'opinió	Resposta	
10. Afegiria més interacció? Què voldria fer amb els models?	No.	
11. Hi afegiria algun botó? Quin/s?	No.	
12. Té alguna proposta per l'aplicació?	Títols més grans.	
Model dispositiu i Sistema operatiu: BQ Aquaris M10, Android 6.0.1		Data: 10/01/2018

TEST D'USARI de l'aplicació EyeAR Capture		Nº 9
Professió: Metge		
Edat: 27		
Criteris generals	Resposta	
1. És usuari/a d' <i>Smartphone</i> ?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
2. És usuari/a de <i>tablet</i> ?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
3. Ha sentit a parlar del concepte Realitat Augmentada?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
4. Ha utilitzat mai alguna APP de Realitat Augmentada?	SI <input checked="" type="checkbox"/> Quina: Pokémon Go NO <input type="checkbox"/>	
Criteris específics	Resposta	
5. L'aplicació s'inicia amb rapidesa?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input checked="" type="checkbox"/>	
6. Els models 3D apareixen en el capítol correcte?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
7. La interacció amb els models és suficient?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
8. Les animacions ajuden a entendre els conceptes?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
9. La reacció dels botons és l'esperada?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
Criteris d'opinió	Resposta	
10. Afegiria més interacció? Què voldria fer amb els models?	Si.	
11. Hi afegiria algun botó? Quin/s?	No.	
12. Té alguna proposta per l'aplicació?	Que el model 3d aparegui a la pantalla sense que s'enfoqui a la imatge.	
Model dispositiu i Sistema operatiu: Nokia 6, Android 7.1.1		Data: 10/01/2018

TEST D'USARI de l'aplicació EyeAR Capture		N° 10
Professió: Auxiliar d'infermeria		
Edat: 58		
Criteris generals	Resposta	
1. És usuari/a d' <i>Smartphone</i> ?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
2. És usuari/a de <i>tablet</i> ?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
3. Ha sentit a parlar del concepte Realitat Augmentada?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
4. Ha utilitzat mai alguna APP de Realitat Augmentada?	SI <input type="checkbox"/> Quina: _____ NO <input checked="" type="checkbox"/>	
Criteris específics	Resposta	
5. L'aplicació s'inicia amb rapidesa?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
6. Els models 3D apareixen en el capítol correcte?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
7. La interacció amb els models és suficient?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
8. Les animacions ajuden a entendre els conceptes?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
9. La reacció dels botons és l'esperada?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MILLORABLE <input type="checkbox"/>	
Criteris d'opinió	Resposta	
10. Afegiria més interacció? Què voldria fer amb els models?	No.	
11. Hi afegiria algun botó? Quin/s?	Botó de pausa.	
12. Té alguna proposta per l'aplicació?	Acabar la guia.	
Model dispositiu i Sistema operatiu: BQ Aquaris E5, Android 5.1.1		Data: 10/01/2018

Annex 9. Glossari

Abreviatures i acrònims

- **3D:** Acrònim de "3 dimensions", que s'utilitza per designar els elements gràfics que utilitzen les 3 dimensions de l'espai (altura, amplada i profunditat).
- **API:** Acrònim del terme anglès *Application Programming Interface* , que s'utilitza per designar una biblioteca que està composta per un conjunt de funcions i procediments que s'utilitza dins d'un altre programa de *software*.
- **APP:** Abreviatura del terme anglès *Application*, que s'utilitza per a referir-se a un programa informàtic que permet realitzar diferents tasques.
- **BBDD:** Acrònim de Bases de Dades.
- **DR:** Acrònim de Despreniment de Retina.
- **SDK:** Acrònim del terme anglès *Software Development Kit*, que s'utilitza per definir un conjunt d'eines que permeten crear aplicacions per a un sistema concret.

Definició de termes

- **Bug:** terme en anglès que denomina a qualsevol error de programació d'un programa o quan aquest programa no es comporta com s'espera.
- **Cos ciliar:** part de l'ull situat entre l'iris i l'ora serrada de la retina. És el responsable de canviar la forma del cristal·lí en l'acomodació i de produir humor aquós (necessari per a nodrir i oxigenar el globus ocular).
- **Despreniment de retina (DR):** es el terme que denomina la separació de la retina de la seva capa contigua anomenada coroides. Si no es tracta quirúrgicament, el despreniment de retina provocarà una greu pèrdua de visió.
- **Dispositiu XEN:** dispositiu de drenatge de l'humor aquós que permet reduir la pressió intraocular de l'ull.

- **Estrabisme:** es refereix a la desviació de l'alineació d'un ull respecte de l'altre. L'estrabisme pot provocar visió doble (en adults) o supressió de la visió de l'ull desviat (en nens) que impediria el normal desenvolupament de la funció visual d'aquest ull.
- **Fibres zonulars:** es tracta de les fibres que subjecten el cristal·lí i el mantenen al seu lloc. Ajuden al cos ciliar en l'acomodació.
- **Nervi òptic:** és l'encarregat de transportar els impulsos nerviosos provinents de la retina fins al cervell per a què aquest pugui formar una imatge mental del que veu la persona.
- **Retina:** és la capa més interna de l'ull i la que rep els estímuls lluminosos provinents de la pupila i que transforma en impulsos nerviosos per a què arribin al nervi òptic i d'allà vagin al cervell.
- **Target:** és la imatge que utilitza *Vuforia* per detectar que és la imatge guardada a la base de dades per poder carregar els models 3D corresponents a aquell *target*.

Annex 10. Bibliografia

Android Studio (2014). *Android Studio SDK*. California: Google Inc. [Pàgina a Internet] [última actualització 2017] Recuperat el 20/09/17 de:

<https://developer.android.com/studio/index.html>

Audodesk 3ds max (2017). *Autodesk 3ds max*. California: Autodesk Inc. [Pàgina a Internet] Recuperat de: <https://www.autodesk.com/products/3ds-max/overview>

Cascón, J. (2017). *Keynote de Mark Zuckerberg de Facebook F8. Realidad aumentada, IA y Facebook. Messenger*. [Arxiu de vídeo] Recuperat el 4/10/17 de:

<https://www.youtube.com/watch?v=Qp5Pb3rTT4w>

Casas, Ll.; Górriz, N.; Ulldemolins, A. (2012). *Animació*. Barcelona: FUOC

Casas, Ll.; Górriz, N.; Ulldemolins, A. (2016). *Animació 3D*. Barcelona: FUOC. Recuperat el 10/10/17 de: http://materials.cv.uoc.edu/continguts/PID_00162681/index.html

DAQRI (2014). *Anatomy 4D*. (Versió 2.0.1) [Aplicació mòbil]. Descarregada el 4/10/17 de: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.daqri.d4DAnatomy>

IDC (2016). *IDC Forecasts dynamic growth for augmented and virtual reality market in Central and Eastern Europe*. Recuperat el 4/10/17 de:

<https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prCEMA41665616>

Ingress (2016). *Ingress*. San Francisco: Niantic Inc. [Pàgina a Internet] Recuperat el 2/10/17 de: <https://www.ingress.com>

Invizimals (2013). *Invizimals*. California: Sony Interactive Entertainment. [Pàgina a Internet] Recuperat el 2/10/17 de: <http://invizimals.eu.playstation.com/>

Kanski, J. (2009). *Oftalmología clínica*. Barcelona: Elsevier España.

Pokémon GO (2016). *Pokémon Go*. San Francisco: Niantic Inc. [Pàgina a Internet] Recuperat el 2/10/17 de: <http://pokemongo.nianticlabs.com/es/>

Ramos, Francisco (2017). *Realidad virtual i augmentada*. Barcelona: FUOC

Ratner, Peter (2010). *Modelado humano 3D y animación*. Madrid: Ediciones Anaya Multimedia.

Ryan, S. (2013). *Retina (Volume II)*. Londres: Elsevier Inc.

Surgical Theater (2016). *Surgical Navigation Advanced Platform (SNAP)*. Recuperat el 3/10/17 de: <http://www.surgicaltheater.net/site/products-services/surgical-navigation-advanced-platform-snap>

Teus, M.A.; Pareja, J.; Vleming, E. (2007). *Guía práctica de oftalmología*. Alcalá de Henares: Agendia Laín Entralgo.

Trendyworks LLC (2015). *VR Dentist - A dental APP*. (Versió 1.0.5) [Aplicació mòbil]. Descarregada el 4/10/17 de: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.dentist.android&hl=es-419>

Unity (2005). *Unity 3D*. Copenhagen: Unity Technologies. [Pàgina a Internet] [última actualització 2017] Recuperat el 20/09/17 de: <https://unity3d.com>

Unity (2013). *DeltaTime - Unity official tutorials*. [Arxiu de vídeo] Recuperat el 2/01/18 de: https://www.youtube.com/watch?v=a-w7w8x_moE

Unity Documentation (2017). *Unity user manual*. [Pàgina a Internet]. Recuperat de: <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html>

Vladislav (2014). *Spline Fibers* (versió 1.5). [Paquet script] Descarregat de: <http://www.scriptsspot.com/3ds-max/scripts/spline-fibers>

Vuforia (2015). *Vuforia*. Massachusetts: PTC Inc. [Pàgina a Internet] [última actualització 19/12/17] Recuperat el 20/09/17 de: <https://www.vuforia.com>

Vuforia developer portal (2016). *Camera Focus Controller*. [script]. Descarregat de: <https://developer.vuforia.com/forum/unity-extension-technical-discussion/camera-focus-mod-e-android-unity>

Wilkes, C. (2017). *Lean Touch*. (Versió 1.3.2) [Paquet script]. Descarregada el 15/12/17 de: <https://www.assetstore.unity3d.com/en/#!/content/30111>

Yanoff, M; Duker, J. (2009). *Ophthalmology*. Londres: Elsevier Inc.

Recursos gràfics

Freepik (2010). *Abstract cotton textures*. [recurs gràfic] Descarregat de:
https://www.freepik.com/free-photo/abstract-cotton-textures_1255061.htm#term=abstract-cotton-textures&page=1&position=2

Photo HDX (2015). [diversos recursos gràfics] Descarregats de: <https://www.photohdx.com>

Pixabay (2015). *Eye iris*. [recurs gràfic] Descarregat de:
<https://pixabay.com/en/eye-iris-vision-human-sight-look-1003315>

Turbosquid (2007). *Male Head*. [recurs gràfic] Descarregat de:
<https://www.turbosquid.com/FullPreview/Index.cfm/ID/346686>