



TecnoCampus
Escola Superior
Politécnica

Centre adscrit a la



Universitat
Pompeu Fabra
Barcelona

Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

REALITAT AUGMENTADA. INDÚSTRIA 4.0

Memòria final

KEVIN CANTALAPIEDRA HERRERA
PONENT: JOAN TRIADÓ AYMERICH

PRIMAVERA 2019



TecnoCampus
Mataró-Maresme

Agraïments

Requereix menció tot l'equip docent encarregat d'impartir el Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica del Tecnocampus però en especial agraïment, al ponent del present projecte Joan Triadó, per l'ajuda prestada al llarg del TFG i estar allà per qualsevol dubte o problema que hagi sorgit durant el transcurs del projecte.

Resum

Aquest projecte es basa a saber com funciona la Realitat Augmentada (RA), tant en àmbit general com a l'àmbit de la Indústria 4.0. Però sobretot, el resultat del projecte és la de desenvolupar un prototip de RA en un equip de laboratori de la Fundació Tecnocampus. Un prototip capaç de mostrar de forma eficient les possibilitats de la RA i que pot servir de base per desenvolupar futures aplicacions en aquest camp de la Indústria 4.0 o fins i tot, en un altre camp. Es començarà fent un estudi de l'art d'aquesta tecnologia, explicant tots els conceptes necessaris per després fer el desenvolupament de l'aplicació.

Resumen

Este proyecto se basa en saber cómo funciona la Realidad Aumentada (RA), tanto en ámbito general como en el ámbito de la Industria 4.0. Sin embargo, el resultado del proyecto es la de desarrollar un prototipo de RA en un equipo de laboratorio de la Fundación Tecnocampus. Un prototipo capaz de mostrar de forma eficiente las posibilidades de la RA y que puede servir de base para desarrollar futuras aplicaciones en este campo de la Industria 4.0 o incluso, en otro campo. Se comenzará haciendo un estudio del arte de esta tecnología, explicando todos los conceptos necesarios para luego hacer el desarrollo de la aplicación.

Abstract

This project is based on knowing how Augmented Reality (AR) works, both in the general field and in the field of Industry 4.0. However, the result of the project is to develop a prototype of AR in a laboratory equipment of the Tecnocampus Foundation. A prototype capable of efficiently showing the possibilities of the AR and that can serve as a basis to develop future applications in this field of Industry 4.0 or even in another field. It will begin by making a study of the art of this technology, explaining all the necessary concepts to then develop the application.

Índex.

Índex de figures.....	V
Índex de taules.....	IX
Glossari de termes.....	XI
1. Objectius.....	1
1.1. Propòsit.....	1
1.2. Finalitat.....	1
1.3. Objecte.....	1
1.4. Abast.....	1
1.5. Context en les línies de recerca i transferència de coneixement del Tecnocampus.....	2
2. Estat de l'art.....	3
2.1. Introducció.....	4
2.2. Cronologia de la Realitat Augmentada.....	5
2.2. Realitat Augmentada vs Realitat Virtual.....	5
2.3. Realitat Augmentada.....	7
2.3.1. Elements necessaris per la Realitat Augmentada.	7
2.3.2. Fases per al desenvolupament de sistemes Realitat Augmentada.	9
2.3.3. Avantatges i inconvenients d'aplicar Realitat Augmentada.	10
2.4. Indústria 4.0.....	11
2.4.1. Realitat Augmentada en la Indústria 4.0.....	13
2.4.2. Aplicacions Realitat Augmentada en la Indústria 4.0.	15
2.5. Aplicació a un equip de laboratori (Prototip).....	19
2.5.1. Tipus de targetes electròniques.	19
2.5.1.1. Arduino.....	19
2.5.1.2. Raspberry Pi.	23

2.5.1.3. Tiva™ EK-TM4C123GXL.....	24
2.5.2. Mòduls de connectivitat.....	26
2.5.2.1. Mòdul WIFI ESP8266-01e.....	26
2.5.2.2. Mòdul WIFI ESP8266-01S.....	27
2.5.2.3. Mòdul WIFI ESP-12F, ESP8266.....	27
2.5.2.4. Mòdul Bluetooth HC-05.....	28
2.5.3. Tipus de seguiment o activadors (Tracking).....	29
2.5.3.1. Marcador normal.....	29
2.5.3.2. Marcador per entorn.....	30
2.5.3.3. Marcador per objecte 3D.....	30
2.5.3.4. Marcador per posició o geolocalització.....	31
2.5.4. Plataformes IoT.....	31
2.5.4.1. Thinger.io.....	32
2.5.4.2. Arduino Cloud.....	32
2.5.4.3. ThingSpeak.....	33
2.5.4.4. Cayenne.....	34
2.5.4.5. Thingworx.....	35
2.5.4.6. Node-RED.....	36
2.5.4.7. Firebase.....	37
2.5.5. Aplicacions de desenvolupament i visualització RA.....	39
2.5.5.1. Vuforia & Unity.....	39
2.5.5.2. ARToolkit & Unity.....	40
2.5.5.3. Unity.....	40
2.5.5.4. Augment.....	41
2.5.6. Motor de laboratori.....	42
3. Abast de detall.....	45

4. Objectius de detall i especificacions tècniques.....	47
5. Generació i plantejament de les possibles alternatives de solucions.....	49
6. Selecció de l'alternativa més adequada.....	53
6.1. Elecció del tipus de targeta electrònica.....	53
6.2. Elecció del mòdul de connectivitat.....	55
6.3. Elecció del tipus de seguiment o activador.....	57
6.4. Elecció del tipus de plataforma IoT.....	57
6.5. Elecció de l'aplicació de desenvolupament i de visualització.....	59
7. Anàlisis tècnic.....	61
7.1. Fase de captació.....	61
7.2. Fase d'identificació.....	61
7.3. Fase de barreja de realitat i informació addicional.....	61
7.4. Fase de visualització.....	62
8. Desenvolupament de la solució.....	63
8.1. Condicionament del senyal.....	63
8.2. Desenvolupament de l'aplicació RA.....	65
8.2.1. Creació del marcador o target.....	65
8.2.2. Configuració del Unity amb Realitat Augmentada i amb Vuforia.....	70
8.2.3. Modelització de l'escena.....	76
8.2.4. Configuració del servidor Firebase i del Unity amb el Firebase.....	80
8.2.5. Codi compte rpm i pujada de dades al Firebase.....	87
8.2.6. Codi C# en el Unity per a la comunicació amb el Firebase.....	89
8.2.7. Finalització de l'aplicació de RA.....	92
8.3. Prototip.....	95
9. Planificació.....	97

9.1. Planificació inicial.....	98
9.2. Planificació final.....	99
9.2.1. Gantt planificació final.....	101
10. Impacte mediambiental.....	103
11. Conclusions.....	105
12. Referències.....	106

Índex de figures.

Figura 1. Continuitat Realitat-Virtualitat.....	4
Figura 2. Cronologia Realitat Augmentada	5
Figura 3. Realitat Virtual	6
Figura 4. Tasques de manteniment utilitzant Realitat Augmentada.....	6
Figura 5. AR informació en temps real	7
Figura 6. Càmeres a través de mòbils o tablets per AR.....	8
Figura 7. Pantalla ulleres AR	8
Figura 8. Programa Unity i Vuforia per AR	8
Figura 9. Programa Augment per AR.....	8
Figura 10. Aplicacions que engloba la I4.0	11
Figura 11. Guanys d'eficiència en plantes digitals amb la implementació de la I4.0	12
Figura 12. Operari d'Airbus amb smartglasses per fer el muntatge dels seients A330.....	16
Figura 13. Enginyer veient en temps real la informació d'un dels ascensors.....	16
Figura 14. Funcionament del sistema MAX per Thyssenkrupp	17
Figura 15. Realitat Mixta amb les ulleres HoloLens.....	18
Figura 16. Informació en temps real en producció.....	18
Figura 17. Tipus de targetes Arduino que hi ha actualment en el mercat.	20
Figura 18. Targeta Arduino UNO	21
Figura 19. Targeta Arduino UNO amb mòdul WIFI incorporat.....	22
Figura 20. Targeta Raspberry Pi 3 model B	23
Figura 21. Targeta Tiva TM EK-TM4C123GXL	25
Figura 22. Tipus de mòduls de connectivitat per Arduino	26
Figura 23. Mòdul WIFI ESP8266-O1e.....	26
Figura 24. Mòdul WIFI ESP8266-O1S	27
Figura 25. Mòdul WIFI ESP-12F.....	28
Figura 26. Placa adaptadora al mòdul ESP-12F.....	28
Figura 27. Mòdul Bluetooth HC-05	29
Figura 28. Realitat Augmentada per marcador	29
Figura 29. Realitat Augmentada marcador per entorn	30
Figura 30. Realitat augmentada marcador per objecte 3D	30
Figura 31. Realitat Augmentada marcador per posició o geolocalització	31

Figura 32. Plataforma IoT Thingier.io.....	32
Figura 33. Plataforma IoT ArduinoCloud.....	33
Figura 34. Procés de recollida de dades a través del MATLAB	33
Figura 35. Plataforma IoT ThingSpeak	34
Figura 36. Plataforma IoT Cayenne	35
Figura 37. Plataforma IoT Thingworx.....	35
Figura 38. Plataforma IoT Thingworx.....	36
Figura 39. Plataforma IoT Node-RED	37
Figura 40. Servidor Firebase panell de control analítiques	38
Figura 41. Tarifes servidor Firebase.....	38
Figura 42. SDK Vuforia & Unity	39
Figura 43. Aplicació View per visualitzar models RA.....	39
Figura 44. SDK ARToolkit & Unity	40
Figura 45. Interfície Unity	41
Figura 46. Aplicació Augment per visualitzar models RA.....	41
Figura 47. Unitat mecànica 33-100	42
Figura 48. Unitat analògica 33-110.....	43
Figura 49. BOS dels tipus de targetes electròniques	54
Figura 50. BOS dels tipus mòduls de connectivitat	56
Figura 51. Esquema general del desenvolupament del prototip	63
Figura 52. Condicionament del senyal fet per Orcad	64
Figura 53. Condicionament del senyal real en protoboard	65
Figura 54. Pàgina web Vuforia Engine	66
Figura 55. Login Vuforia	66
Figura 56. Obtenció de la llicència.....	66
Figura 57. Creació de la llicència.....	67
Figura 58. Llicència ja creada.....	67
Figura 59. Obtenció de la base de dades.....	67
Figura 60. Creació de la base de dades.....	68
Figura 61. Base de dades ja creat	68
Figura 62. Creació del marcador.....	69
Figura 63. Descarrega del marcador.....	69
Figura 64. Opcions de descarrega del marcador	70

Figura 65. Fitxer marcador Unity.....	70
Figura 66. Baixada de les SDK de PC, Android i iOS	70
Figura 67. Instal·lació de les SDK	71
Figura 68. “File” > “Build Settings”	71
Figura 69. Finestra de “Build Settings”	72
Figura 70. Finestra de “Player Settings”.....	72
Figura 71. Finestra de “GameObject”	73
Figura 72. Llicència de Vuforia	73
Figura 73. Finestra “Hierarchy” amb objectes.....	74
Figura 74. Finestra “Hierarchy” sense objectes	74
Figura 75. Creació de la càmera RA	74
Figura 76. Importació de la llibreria Vuforia.....	75
Figura 77. Finestra “Hierarchy” amb la càmera RA creada	75
Figura 78. Finestra “Inspector” de la càmera RA	75
Figura 79. Afegir llicència de Vuforia.....	76
Figura 80. Creació del “ImageTarget”	76
Figura 81. Finestra “Inspector” del “ImageTarget”	77
Figura 82. Modelització de l’escena amb Unity	78
Figura 83. Creació del text en 3D per la fitxa tècnica	78
Figura 84. Creació del text per les rpm	79
Figura 85. Resultat de la modelització de l’escena	79
Figura 86. Visualització en mode joc en Unity.....	80
Figura 87. Pàgina web del servidor Firebase	80
Figura 88. Creació del projecte en el servidor	81
Figura 89. Pàgina principal de Firebase	82
Figura 90. Creació de la base de dades en el servidor.....	82
Figura 91. Configuració de la creació de la base de dades.....	83
Figura 92. Selecció de la base de dades en temps real	83
Figura 93. Configuració de les variables en el servidor	84
Figura 94. Descarrega de la SDK de Firebase Unity.....	84
Figura 95. Fitxer Firebase Unity	84
Figura 96. Fitxer de “FirebaseDatabase” Unity per obrir.....	85
Figura 97. Creació de l’aplicació per Unity.....	85

Figura 98. Configuració per Android des del servidor.....	86
Figura 99. Assets > google-services.json	86
Figura 100. Afegir SDK de Firebase	87
Figura 101. Aplicació en Firebase ja creada	87
Figura 102. Codi Arduino	88
Figura 103. Localització dels fitxers de programació	89
Figura 104. Creació d'un script en Unity	89
Figura 105. Codi per agafar dades del servidor en Unity	90
Figura 106. Arrossegar el script creat, a l'objecte text	90
Figura 107. Posar en el objecte text les dades del servidor a partir del script creat.....	91
Figura 108. Resultat del text que porta el codi C# dintre	91
Figura 109. Mode "PLAY"	92
Figura 110. RA de la fitxa tècnica del motor d'aplicació RA a través de Unity	92
Figura 111. Selecció de l'escena	93
Figura 112. Selecció de la plataforma	93
Figura 113. Configuració de l'aplicació	94
Figura 114. Confirmació que les dades estiguin correctes	94
Figura 115. Construcció de l'aplicació per Android	95
Figura 116. Prototip.....	95
Figura 117. Motor, condicionament del senyal i Arduino	96
Figura 118. Diagrama de Gantt.....	101

Índex de taules.

Taula 2.1. Característiques Arduino UNO.....	21
Taula 2.2. Característiques Arduino UNO amb mòdul WIFI basat en l'ESP8266.....	22
Taula 2.3. Característiques Raspberry Pi 3.....	24
Taula 2.4. Característiques TivaTM EK-TM4C123GXL.....	25
Taula 5.1. Comparativa de les diferents targetes de programació estudiades	49
Taula 5.2. Comparativa dels diferents mòduls de connectivitat estudiades	49
Taula 5.3. Comparativa dels diferents tipus de seguiment o activadors estudiades.....	50
Taula 5.4. Comparativa de les diferents tipus de plataformes IoT estudiades.....	51
Taula 5.5. Comparativa dels diferents tipus de SDKs i visualitzadors estudiades	52
Taula 6.1. Comparacions de les possibles alternatives de targetes	53
Taula 6.2. Comparació corba d'aprenentatge	55
Taula 6.3. Comparacions de les possibles alternatives de mòduls de connectivitat	55
Taula 6.4. Comparacions de les possibles alternatives de les plataformes IoT	58
Taula 6.5. Comparacions de les possibles alternatives de SDK i visualització	59
Taula 9.1. Tasques del Avantprojecte amb les seves duracions aproximades	98
Taula 9.2. Tasques del projecte de detall amb la seves duracions aproximades.....	99
Taula 9.3. Tasques del Avantprojecte amb les seves duracions reals	99
Taula 9.4. Tasques del projecte de detall amb la seves duracions reals.....	100
Taula 9.5. Taula MS-Project dades del Gantt	102

Glossari de termes.

RA	Augmented Reality (Realitat Augmentada)
VR	Virtual Reality (Realitat Virtual)
MR	Mixed Reality (Realitat Mixta)
Tablets	Tauletes
Smartglasses	Ulleres intel·ligents
App	Aplicació mòbil
IoT	Internet of Things (Internet de les coses)
I4.0	Indústria 4.0
PWM	Pulse Width Modulation (Modulació ample de polsos)
SDK	Kit de desenvolupament de programari
Rpm	Revolucions per minut

1. Objectius.

1.1. Propòsit.

En el temps que es viu en aquests moments, un avantatge competitiu et fa posicionar el més a dalt possible entre les empreses i diferenciar-te de la competència, la Realitat augmentada hi pot contribuir. Per tant, s'ha cregut convenient fer el projecte sobre Realitat Augmentada enfocada a l'àmbit de la Indústria 4.0.

1.2. Finalitat.

La finalitat d'aquest projecte és que l'usuari sigui capaç de comprendre els avantatges i les millores que suposaria utilitzar la Realitat Augmentada en general i en l'àmbit de la Indústria 4.0. A part, el prototip que es faci, servirà d'ajuda per altres projectes i per saber com funciona aquesta tecnologia.

1.3. Objecte.

L'objecte d'aquest projecte, tractarà de desenvolupar un prototip d'una aplicació de Realitat Augmentada (RA) destinada a la Indústria 4.0. També, es documentarà breument la història i l'estat de l'art d'aquesta tecnologia i els efectes que produeix tant a la societat com a les empreses que utilitzen RA.

1.4. Abast.

El projecte es centrarà a fer un prototip de Realitat Augmentada i un estat de l'art de la tecnologia RA, més concretament en l'àmbit de la Indústria 4.0. El projecte no inclourà un model 3D ni tampoc la fabricació de la pcb del condicionament del senyal, ja que requereix més temps de realització destinat a un Treball Final de Grau.

Finalment, aquest prototip no es vendrà, ja que és purament educatiu.

1.5. Context en les línies de recerca i transferència de coneixement del Tecnocampus.

En el Tecnocampus hi ha una àrea de recerca anomenada Indústria 4.0, i s'ha cregut adient seguir aquesta recerca a través d'una tecnologia que a poc a poc es va obrint pas en el mercat, com és el cas de la Realitat Augmentada.

2. Estat de l'art.

Aquest projecte tractarà de desenvolupar un prototip d'una aplicació de Realitat Augmentada (RA) destinada a la Indústria 4.0 o, fins i tot, també pot servir per a altres camps però se centrarà en aquest àmbit. El prototip que es faci serà capaç de mostrar de forma eficient les possibilitats de la RA i pot servir de base per desenvolupar aplicacions futures.

Tanmateix, també es documentarà breument la història i l'estat de l'art d'aquesta tecnologia i els efectes que produeix tant a la societat com a les empreses. Tot això, servirà per ajudar-nos a comprendre perquè es vol fer servir en un futur pròxim, ja que hi ha companyies que estan treballant des de fa uns quants anys en la implementació de la RA als seus productes o serveis.

El valor que aporta la RA a les empreses és l'augment de la competitivitat perquè aquesta tecnologia permet: augmentar la productivitat; millorar l'eficiència dels operaris; reduir les possibilitats d'errors; millorar la qualitat del producte; millorar la imatge de l'empresa; millorar el manteniment; millorar la seguretat i tot això comporta un estalvi de costos bastant gran per l'empresa.

Aquest projecte proposarà diferents alternatives de: targetes electròniques; mòduls de connectivitat; tipus de seguiment o activadors; plataformes IoT; i eines de desenvolupament i de visualització RA. Finalment, s'escollirà l'alternativa més adequada per cadascuna d'elles per tal de fer la implementació real del projecte el més eficient possible.

Per a fer el prototip s'utilitzaran diferents eines de disseny i desenvolupament que permetrà implementar l'aplicació RA i, finalment, l'eina de visualització que serà l'encarregada de poder viure l'experiència RA que s'ha creat. Tot això acompanyat d'un estat de l'art molt complet i que serveixi per entendre i saber com funciona aquesta tecnologia.

2.1. Introducció.

Abans de començar a explicar en detall que és la Realitat Augmentada, es parlarà del concepte “Virtuality Continuum”¹ que és la figura que Paul Milgram i Fumio Kishino van definir al 1994[1], per entendre millor els entorns que es poden trobar en el món.



Figura 1. Continuitat Realitat-Virtualitat

Font: <https://bit.ly/2FRiZpw>

A la figura 1, es descriu l'existència d'una escala contínua que va des del context completament real fins a l'entorn completament virtual amb la Realitat Augmentada i la Virtualitat Augmentada entre ells. Aquesta escala és la forma en què els humans interactuen amb i dins del món.

Dintre d'aquests entorns real i virtual es troba la Realitat Mixta (RM) que consisteix tant a la Realitat Augmentada com a la Virtualitat Augmentada. Aquest últim terme, rarament s'utilitza i de vegades la RA i la RM són utilitzades com a sinònims, ja que engloba tant la part real com la virtual.

¹Virtuality Continuum: Continuitat Realitat-Virtualitat

2.2. Cronologia de la Realitat Augmentada.

Aquesta tecnologia encara que es pensi que és bastant nova, té els seus orígens des de la dècada dels 60. A continuació, es mostra la cronologia segons (Cubillo,2014) i (wikipedia,2017)[2].

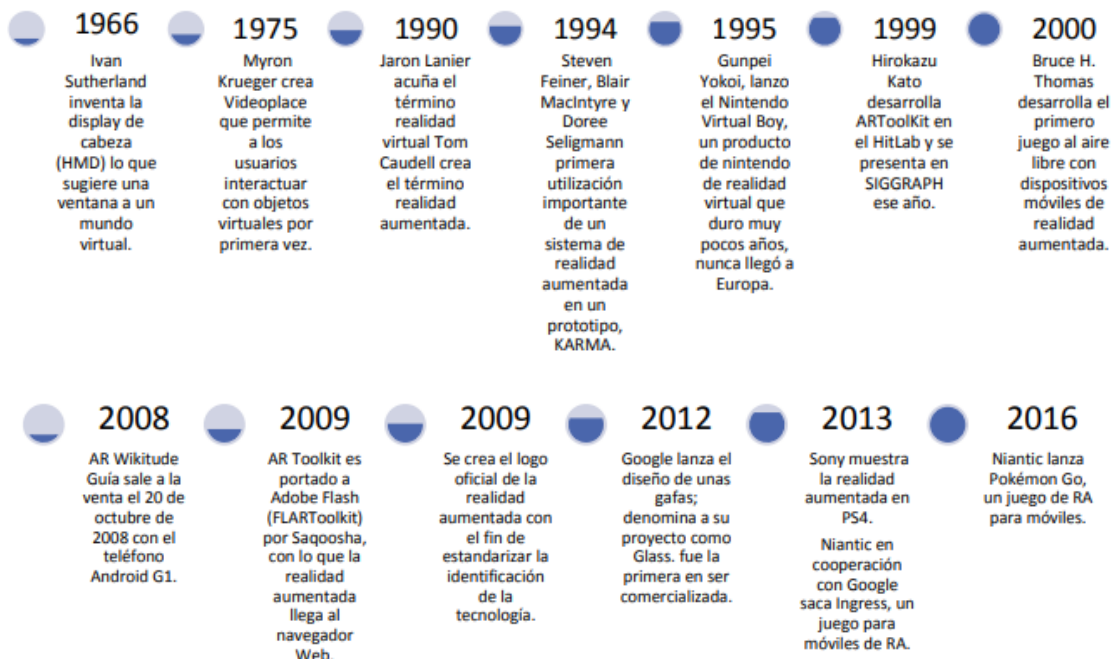


Figura 2. Cronologia Realitat Augmentada

Font: <https://bit.ly/2GtDSL5>

2.2. Realitat Augmentada vs Realitat Virtual.

Encara que semblin bastant similars RA i RV, són tecnologies molt diferents i que a continuació, quedarà detallat.

La Realitat Virtual és una tecnologia que replica un entorn real i li proporciona a l'usuari la sensació d'estar vivint dintre d'ell, però sempre sent fictici i reemplaçant el món real. Aquesta tecnologia permet reduir costos de prototip o per a la manipulació de maquinària.



Figura 3. Realitat Virtual

Font: <http://www.innoarea.com/industria-4-0-a-traves-de-realidad-virtual-y-realidad-aumentada/>

Mentre que la Realitat Augmentada no substitueix la realitat física sinó que afegeix informació extra en el món real. La RA és més útil pel muntatge i disseny d'instal·lacions o productes, pel manteniment, per a les reparacions d'equips, control de la planta, etc.

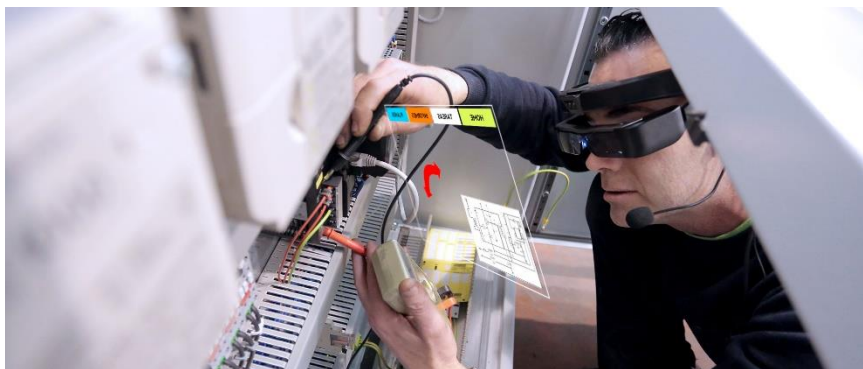


Figura 4. Tasques de manteniment utilitzant Realitat Augmentada

Font: <http://www.pangeareality.com/ca/que-ofrece-la-realidad-aumentada-al-turismo/>

2.3. Realitat Augmentada.

En aquest apartat s'aprofundirà una mica més el concepte de Realitat Augmentada[3].

La realitat augmentada és una tecnologia que combina el món real amb informació del món digital, com textos, imatges, animacions, etc. mitjançant dispositius mòbils, tablets o smartglasses amb la finalitat d'augmentar la percepció de la realitat d'una persona. Quan s'observa el món real a través d'aquests dispositius, permet afegir informació virtual a la informació física de manera que l'usuari ho percep en temps real. A la figura 4, es pot veure un exemple de RA d'una part de la ciutat on en temps real et diu tota la informació del que hi ha en aquell moment.



Figura 5. AR informació en temps real

Font: <http://realidadaumentadaperu.blogspot.com/2017/04/realidad-aumentada-debate-aumentado.html>

2.3.1. Elements necessaris per la Realitat Augmentada.

La RA està composta per un seguit d'elements que fan que se sobreposi el món digital amb un entorn real. A continuació, es detallarà els elements necessaris per fer un servei de AR[4]:

- **Càmera:** dispositiu per capturar les imatges de la realitat i transformar-la en informació perquè l'usuari ho pugui veure.



Figura 6. Càmeres a través de mòbils o tablets per AR

Font: <https://bit.ly/2VQVRjC>

- **Pantalla:** dispositiu per on projectar les imatges del món digital amb el món real. Ja sigui a partir de la pantalla del mòbil, tablet o unes ulleres de RA.



Figura 7. Pantalla ulleres AR

Font: <https://bit.ly/2UqKb5C>

- **Element de processament (Software):** programa per interpretar la informació del món real a partir de la càmera i transmetre la informació virtual a la pantalla per poder-la barrejar amb la informació del món real.



Figura 8. Programa Unity i Vuforia per AR

Font:

<http://taban.mx/2018/05/16/introduccion-a-vuforia-realidad-aumentada/>



Figura 9. Programa Augment per AR

Font:

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.augment&hl=es>

- **Activador² o tracking de RA:** imatge que visualitza l'usuari i que a partir d'un mòbil, tablet o ulleres de RA fa que l'App RA reaccioni i la reconegui. Com si fos un codi QR que porta informació dintre però, en aquest cas, hi visualitza informació en Realitat Augmentada. Hi ha quatre tipus d'activadors o tracking que en l'apartat 2.5.3 d'aquest projecte estarà explicat amb detall.

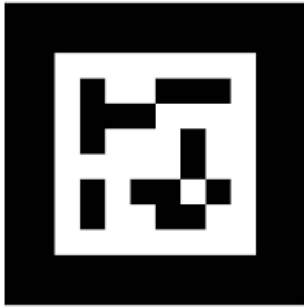


Figura 10. Activador per marcador

Font: <https://bit.ly/2IvSQIQ>



Figura 11. Activador per entorn

Font: <https://bit.ly/2ddzUb1>

2.3.2. Fases per al desenvolupament de sistemes Realitat Augmentada.

Per al desenvolupament d'un sistema de RA, es necessita passar per 4 fases o etapes que faran que el sistema funcioni correctament. Aquestes fases són[5]:

1. **Captació de l'escena o objecte:** consisteix a identificar l'escena o objecte que es vol augmentar i fer una anàlisi per tal de processar-ho a la computadora.

Per fer la captació de l'escena es fa a través de:

Dispositius video-through: aquests dispositius realitzen captures d'imatges o vídeo però estan aïllats dels dispositius de visualització, per exemple, les càmeres de vídeo.

Dispositius see-through: són dispositius que realitzen tan tasques de captura de l'escena real com la de visualitzar-la amb la informació augmentada. Aquests dispositius serien els mòbils que poden treballar en temps real.

2. **Identificació de l'escena o de l'objecte:** consisteix a identificar l'àrea física a través de diferents tipus d'activadors que s'explicarà en l'apartat 2.5.3 del projecte. En aquesta

²Activador = Seguiment = Marcador = Tracking

fase, es busca aquests marcadors i per tant, prèviament s'han hagut de programar el sistema.

3. **Barrejar la realitat amb informació adicional:** en aquesta fase es posa la informació digital que s'ha identificat en la fase anterior en la imatge capturada en l'activador que pot ser real o una fotografia.
4. **Visualització o representació de l'escena o objecte:** la quarta fase consisteix a veure l'espai físic juntament amb la informació digital que s'ha afegit per així obtenir la Realitat Augmentada.

2.3.3. Avantatges i inconvenients d'aplicar Realitat Augmentada.

Els avantatges que té aplicar aquesta tecnologia en àmbit general són les següents[6]:

- **Incrementa les vendes online**, ja que avui en dia quan s'envia un correu electrònic fent publicitat d'un producte, aquest no es pot tocar ni provar com quedaria, però amb la Realitat Augmentada això pot canviar perquè aquesta tecnologia el que fa és que es pugui provar de forma molt semblant a la realitat abans de fer la compra i això, respecte al client, és una nova experiència de compra.
- **Moltes aplicacions** en tots els àmbits, com indústria, turisme, educació, videojocs, etc.
- **Incentiva a la interacció digital**, permet que els adolescents tinguin més habilitat en la interacció d'objectes tecnològics que els adults.
- **Enriqueix continguts**, ja que la RA és un sistema que sobreposa informació útil en el món real i, d'aquesta manera, enriqueix allò que s'està veient, proporcionant-nos informació que no veiem amb els ulls. Això fa que tingui beneficis culturals, de seguretat i d'estalvi de temps, ja que no cal que busquis la informació per internet.
- **Millora la imatge d'una empresa**, ja que en utilitzar una nova tecnologia guanya presència i visibilitat. Aprofitant això, l'empresa pot atraure i retenir a nous clients.

Com tota tecnologia té els seus avantatges però també els seus inconvenients, seguidament analitzarem els inconvenients d'aquesta tecnologia[7]:

- El cost de producció d'un sistema de RA és **elevat**.
- **Molt de temps** en recopilar i mantenir tota la informació en RA.
- En aplicar aquesta tecnologia s'està fent que hi hagi **poca comunicació directa** entre les persones, ja que la relació virtual augmenta.
- Necessites dispositius de **molta velocitat de processament** per utilitzar RA perquè molta de la informació és en temps real.

2.4. Indústria 4.0.

Per tal d'explicar l'aplicació de la Realitat Augmentada a la Indústria 4.0 (I4.0), es començarà definint què és la Indústria 4.0 perquè un cop s'entengui aquest concepte, s'entendrà millor la relació que pot haver-hi amb aquesta tecnologia i els beneficis que es poden obtenir.

La I4.0 també coneguda com la quarta revolució Industrial, consisteix en la digitalització dels processos productius de les fàbriques. És a dir, a partir de sensors i sistemes d'informació fer-los més eficients gràcies l'augment de la capacitat de computació.

El motor principal d'aquesta revolució són les dades perquè a partir del IoT³ i el BigData⁴ poden crear un valor molt gran i un avantatge competitiu respecte altres fàbriques.

La Indústria 4.0 té com a objectiu la digitalització d'una empresa en diferents aspectes[8]:



Figura 10. Aplicacions que engloba la I4.0

Font: <https://www.cimaconsulting.cl/single-post/2018/08/02/Nueva-era-Industrias-40>

³IoT i ⁴BigData: Per més informació aneu el Annex I dels annexos.

- **La digitalització en la integració de la cadena de valor**, tan vertical, que va des de la producció fins a la comercialització, com l'horitzontal que són els proveïdors i clients.
- **La digitalització en l'oferta del producte i servei** a partir del IoT que farà que els processos siguin més productius i siguin automatitzats.
- **La digitalització dels models de negoci**, com per exemple Facebook; el seu model de negoci és la venda de dades a altres companyies de forma totalment digital.

Els beneficis que aporta la Indústria 4.0 a les empreses són:

- Un augment de la productivitat.
- Una reducció de costos de producció, logística i qualitat.
- Una millora en la qualitat dels productes i serveis.
- Una millora de la seguretat.
- Una millora de les capacitats del personal.
- Unes millores de manteniment.
- Una gestió intel·ligent dels recursos pot ajudar a reduir l'inventari.

En la següent figura, podreu veure el que guanyen en eficiència les plantes si es digitalitzen:

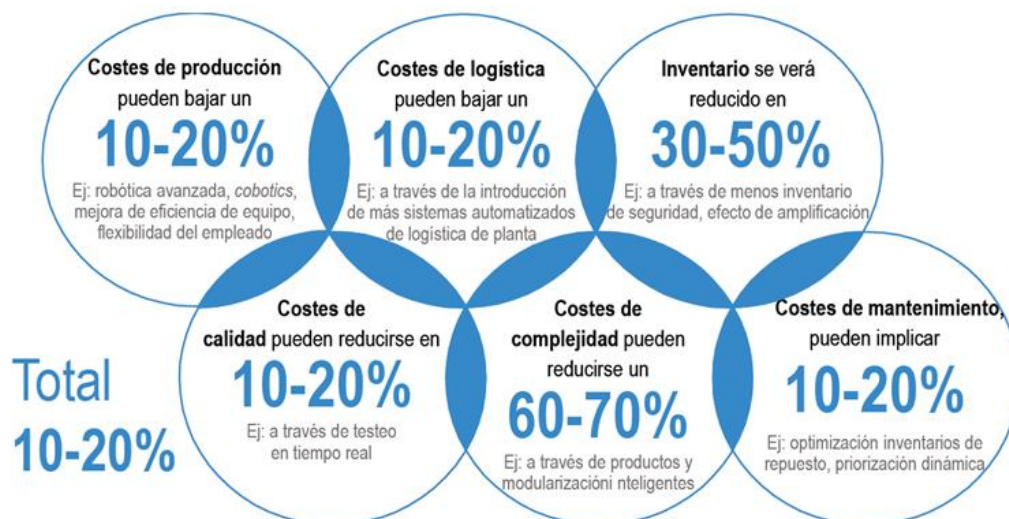


Figura 11. Guanyos d'eficiència en plantes digitals amb la implementació de la I4.0

Font: <http://planningmanufacturing.com/blog/2016/10/13/industria-40-y-digitalizacion-que-aportan-mi-empresa/>

2.4.1. Realitat Augmentada en la Indústria 4.0.

En aquest subcapítol, es veurà perquè és important la RA en la I4.0, en quines àrees es poden implementar i els beneficis que obtenen les empreses introduint aquesta tecnologia a la I4.0.

Com s'ha dit durant el projecte, la Realitat Augmentada enriqueix el món real superposant informació de valor com imatges, fitxes tècniques, objectes 3D, vídeos, etc. Però integrar-ho a la Indústria 4.0 és molt important per les empreses, ja que els hi permet realitzar les següents funcions[9]:

- **Monitorar les dades de la planta en temps real** mitjançant RA, que connectada a un ERP⁵, base de dades i SCADA⁶ de la planta Industrial, l'operari pot supervisar i controlar tota la informació en temps real i gràcies a aquesta monitoratge de la informació, permet un control més eficaç, que implica un estalvi de temps i per tant, un estalvi de costos.
- **Accedir els processos de manteniment dels elements i tasques a fer de la planta Industrial** a través d'històrics com la informació del muntatge, desmuntatge, utilització de les parts que formen la planta, fitxes tècniques, etc.
- **Realització de revisions d'estat** on l'operari fa la revisió a través de la RA i sap l'estat de la màquina i d'aquesta manera també envia en temps real la informació proporcionada al SCADA de la planta.
- **Monitorar tot el procés de fabricació**, ja que facilita la informació mitjançant l'escaneig de les capes que el componen.
- **Fer presentacions en 3D** per elements difícils de visualitzar.
- Et permet fer **guiats per la planta o fàbrica** on a partir de la RA et mostri tota la informació a mesura que et vagis movent per la planta.
- Que els operaris puguin **manipular la mercaderia amb mans lliures** mentre interactuen amb el seu entorn.

⁵ERP i ⁶SCADA: Per més informació aneu el Annex I dels annexos.

- **Formar els operaris** mitjançant **textos explicatius** que es mostrin en **imatges de RA**.
- **Formar els operaris en entorns reals** a partir d'afegir informació en temps real.
- **Ajuda a la detecció de problemes** indicant els punts a revisar en els temes de manteniment.

A continuació, es veurà els avantatges que presenta la Realitat Augmentada aplicada a la Indústria 4.0, ja siguin en temes del procés de fabricació, manteniment, formació de l'operari, vendes, etc. Els avantatges que ens dóna aquesta tecnologia en aquest sector són:

- **Immediatesa:** fa que tinguis les dades en el moment que tu vols i a més, en temps real.
- **Estalvi de costos:** ens permet fer una previsualització del producte en 3D i veure els defectes abans de ser fabricat.
- **Dóna suport a la digitalització de les empreses:** ja que totes les dades generades per la RA està en format digital i aquestes es poden utilitzar per fer anàlisis detallats.
- **Millora la productivitat de les empreses:** la feina dels treballadors són més eficients perquè tenen major informació.
- **Augmenta la participació dels usuaris:** interactuen amb objectes del món real a través d'elements virtuals que milloren l'aprenentatge.
- **Reducció de costos i de possibilitats d'errors:** a partir de la RA, el treball es pot fer més ràpid amb costos més baixos i disminuint els errors, ja que sempre la plataforma RA t'està dient el que s'ha de fer en qualsevol moment.
- **Augmenta i fa que les vendes siguin més ràpides:** això és així perquè gràcies al producte augmentat, es pot veure el producte virtualment abans de comprar-ho.

2.4.2. Aplicacions Realitat Augmentada en la Indústria 4.0.

A poc a poc van sortint més aplicacions de RA en aquest sector perquè aquesta tecnologia és i serà imprescindible per a la transició a la Indústria 4.0, ja que a més d'emprendre el camí cap a la digitalització, és una bona oportunitat de donar valor i un avantatge competitiu a l'empresa que la utilitza.

Per tant, es podrà veure a continuació un seguit d'aplicacions fetes per empreses grans que saben que la RA serà important en el futur i saben que és una bona oportunitat per endinsar-se en aquest món que els hi aportarà grans beneficis.

Airbus A330[10]

L'efecte que va provocar la RA en aquest projecte va ser la rapidesa. El 2015 Airbus va fer un prototip de tecnologia portàtil en el procés de fabricació de l'avió A330. Consistia que a partir d'unes ulleres intel·ligents poguessin millorar l'eficiència de la línia de muntatge dels seients i d'aquesta manera, avançar el termini d'entrega en el mercat.

El funcionament de les ulleres és el següent: et permet escanejar els codis de barra de les peces i visualitzar tota la informació que es necessita el muntatge sense errors i et va dient que has de fer en tot moment.

El març del 2016, aquestes ulleres van ser incorporades al procés de senyalització i instal·lació dels seients a la cadena final de muntatge de l'A330. El que van aconseguir amb això, va ser que els operaris fessin les tasques sis vegades més ràpides i reduint els errors a zero en la línia de muntatge.

Gràcies a aquest avenç tecnològic de RA, han pogut incrementar la productivitat en un 500% i ara el que busquen és implementar-ho per altres línies de muntatge de l'avió.



Figura 12. Operari d'Airbus amb smartglasses per fer el muntatge dels seients A330

Font: <https://bit.ly/2mwbFu0>

MAX per Thyssenkrupp[11]

El projecte MAX està basat en l'àrea de manteniment en la indústria dels ascensors. És el primer sistema de manteniment predictiu i en temps real dissenyat per l'empresa Thyssenkrupp.

Després de més de 2 anys d'investigació i desenvolupament per part dels enginyers de manteniment, experts del sector i programadors de Microsoft i integrant el IoT (Internet of Things), van finalitzar el projecte en el qual ofereixen solucions molt revolucionàries del servei, com l'augment de la disponibilitat dels ascensors, és a dir, manté a la gent en moviment augmentant el rendiment dels ascensors i la reducció del temps d'avaries a través de diagnòstics en temps real fins a un 50%.

MAX es basa a analitzar la informació en temps real dels ascensors de tot el món oferint tota aquesta informació al sistema de control i manteniment. Aquest pas, permet seguir l'estat dels ascensors i els seus components de manera que es pot preveure possibles avaries abans que ocorrin o reduint així, la necessitat d'un recanvi de component abans del final del seu cicle de vida.

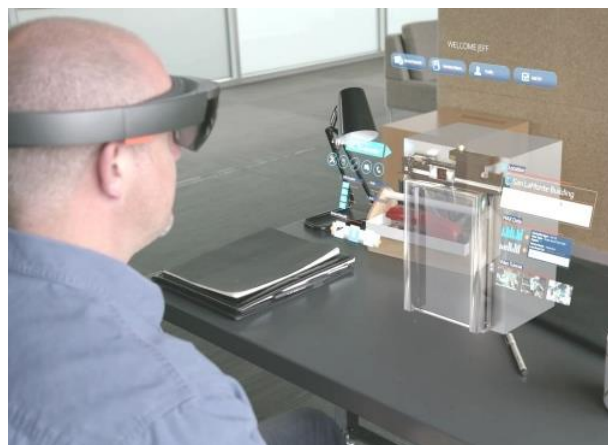


Figura 13. Enginyer veient en temps real la informació d'un dels ascensors.

Font: <https://bit.ly/2IGIXks>

El que fa aquest sistema és donar una alerta als 20.000 enginyers i tècnics en temps real per a les reparacions planificades, permetent comunicar-se més ràpidament amb els clients. En aquest sentit, els enginyers ajuden a fer que els clients tinguin una bona satisfacció amb el servei, ja que no és del tot agradable que els ascensors d'un edifici estiguin parats, per tant, el que busquen també és minimitzar les interrupcions dels ascensors dels edificis.

MAX funciona de la següent manera:

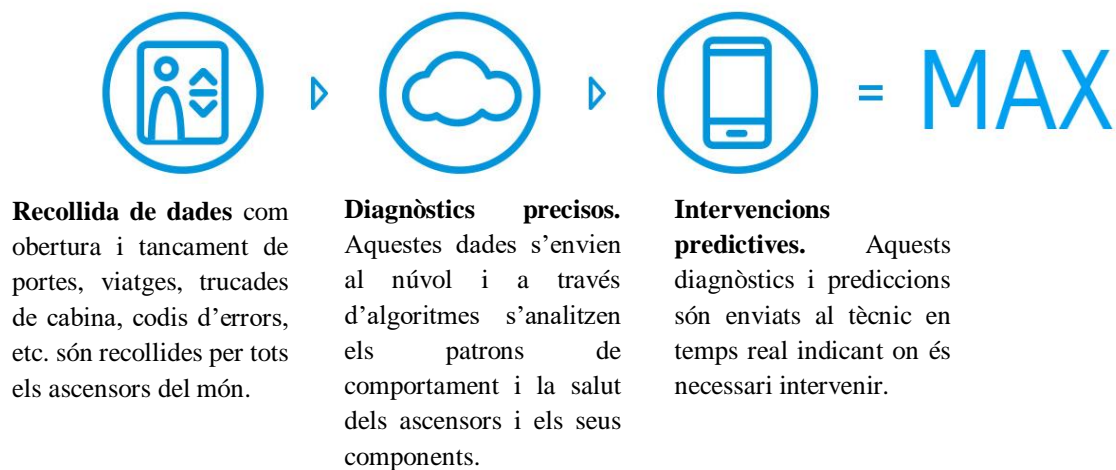


Figura 14. Funcionament del sistema MAX per Thyssenkrupp

Font: <https://max.thyssenkrupp-elevator.com/es/>

Amb aquest sistema el que vol l'empresa Thyssenkrupp, és maximitzar l'eficiència, la disponibilitat, la qualitat del servei i finalment, la satisfacció del client.

Volvo[12]

Aquest projecte de la mà de Volvo i amb la col·laboració de Microsoft, ens mostra el potencial que té la Realitat Augmentada en aquest sector de l'automòbil. No és del tot RA, sinó que Microsoft ho presenta més com Realitat Mixta (RM) perquè utilitzen les dues realitats (RA i RV) per tal de millorar la nostra experiència.

A través d'unes ulleres de RM de Microsoft, HoloLens, ens proporciona una experiència de compra virtual als clients (Realitat Virtual) on els permet examinar l'interior del cotxe o veure el seu funcionament en temps real sense haver de desplaçar-se del

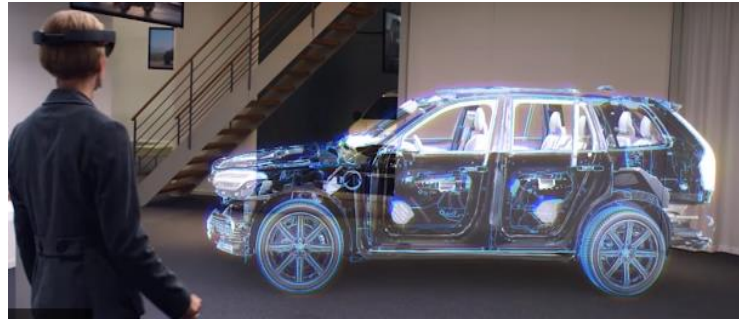


Figura 15. Realitat Mixta amb les ulleres HoloLens

Font: <https://bit.ly/2VRbnMw>

concessionari. Per una altra banda, en producció, els operaris es beneficien d'aquesta tecnologia (Realitat Augmentada), ja que els hi indicaria si en una peça hi ha algun defecte o si es necessita corregir o afegir algun element. En aquest sentit, milloraria la productivitat.

També, amb aquestes ulleres, es pot veure el cotxe en una holografia sense passar pel concessionari; rebre informació del funcionament de cada un dels sistemes; fer un reconeixement del nostre entorn i projectar imatges sobre la superfície, per exemple, convertint una maqueta a mida real que ens permeti descompondre-la i canviar-li les peces al nostre gust.

Aquest projecte està més enfocat en el disseny com s'ha pogut veure en tota l'explicació, ja que finalment el que volen és que el client dissenyi el seu propi vehicle o que els enginyers provin idees sense haver d'invertir en temps i diners en models reals. Però també, hi ha un altre benefici com la de la millora de la productivitat gràcies al fet d'afegir informació en cada procés de fabricació com es pot veure a la figura 16.



Figura 16. Informació en temps real en producció

Font: <https://bit.ly/2VRbnMw>

2.5. Aplicació a un equip de laboratori (Prototip).

En aquest capítol es detallarà els diferents tipus d'equips que hi ha en el mercat per després escollir el més adient per fer la implementació pràctica. Es podrà veure els diferents tipus de targetes que hi ha, els diferents mòduls de connectivitat, els diferents tipus de seguiment o marcadors RA, diferents plataformes IoT per enviar-les al núvol, les apps més interessants per crear i fer RA i finalment, s'explicarà el motor que s'utilitzarà per a l'aplicació RA.

2.5.1. Tipus de targetes electròniques.

2.5.1.1. Arduino.

Com a petita introducció abans d'explicar els tipus de targeta Arduino[13] que hi ha, es farà una breu definició de què és Arduino i com funciona.

Arduino és una plataforma electrònica de codi lliure que permet crear diferents tipus de microordinadors d'una sola placa per donar-li diferents usos.

Quan es diu que és de codi lliure, es refereix que tant el hardware com el software són d'accés públic. Això vol dir que per la part hardware es pot replicar, ja que és lliure; és a dir, qualsevol persona pot crear la seva pròpia placa a través d'aquesta. I per la part de software al ser lliure també, qualsevol pot trobar el codi informàtic per utilitzar-lo i modificar-lo al seu gust.

Arduino ofereix la plataforma Arduino IDE (Entorn de Desenvolupament Integrat), és un entorn de programació en el qual pots crear aplicacions per aquesta placa. En aquesta targeta es poden connectar perifèrics a les entrades i sortides del microcontrolador i funciona en diferents sistemes operatius (Windows, GNU/Linux, Mac).

El funcionament de l'Arduino és el següent: és una placa basada en un microcontrolador ATMEL, que és un circuit integrat en el qual es poden posar instruccions en l'entorn de programació Arduino IDE. Aquestes instruccions permeten crear programes que interactuen directament amb la placa.

La placa incorpora una interfície d'entrada que és on es poden connectar els diferents perifèrics ja sigui teclats per introduir dades, càmeres per obtenir imatges, sensors, etc. que són els que s'encarreguen d'enviar la informació al microcontrolador.

No obstant això, incorpora una interfície de sortida que és la que s'encarrega de portar la informació a l'Arduino o als altres perifèrics com pantalles o altaveus.

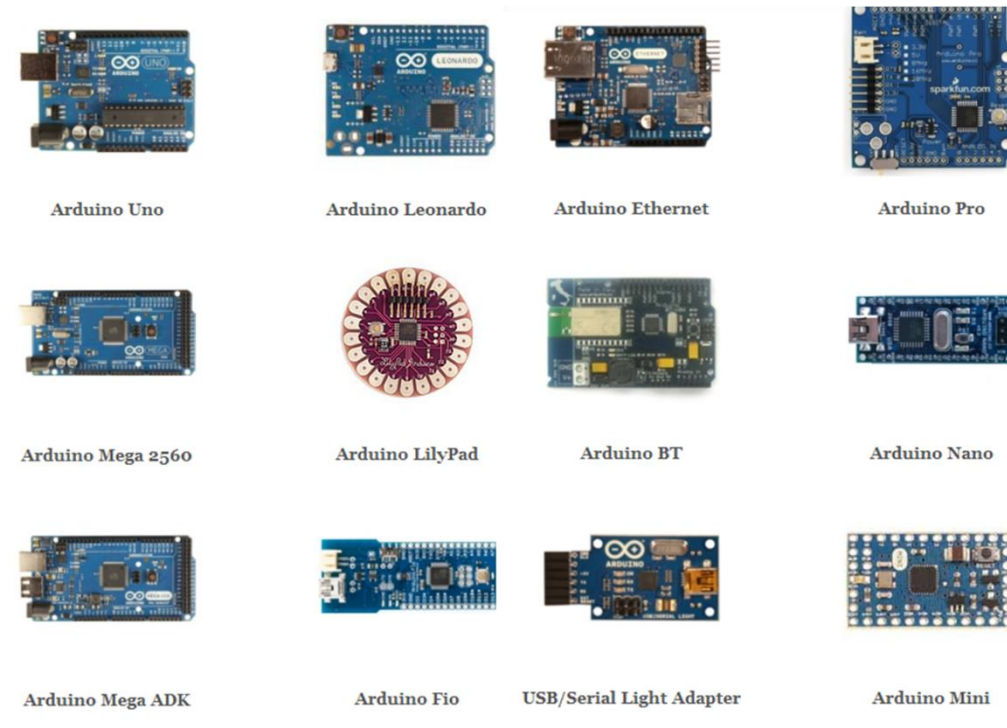


Figura 17. Tipus de targetes Arduino que hi ha actualment en el mercat.

Font: <https://underc0de.org/foro/arduino-raspberry-pi/comenzando-con-arduino-uno/>

Entre totes aquestes targetes que es troben en el mercat, es farà referència a l'Arduino UNO, que és la que més s'utilitza. Per als que mai n'han tocat una, és la més recomanable per començar, ja que és barata, és la que té més tutorials per aprendre, és més senzilla a l'hora de visualitzar els *pins* i els elements a connectar i perquè si es vol utilitzar Ethernet Shield⁷, els mòduls ja estan fets perquè encaixin en aquesta placa i no hagi de complicar-te amb més cables, mòduls, etc. Al capítol 6 es detalla més aquesta elecció.

L'**Arduino UNO** és una placa electrònica basada en el microcontrolador ATMEGA328P que funciona a 16 MHz. Inclou 14 pins d'entrades/sortides digitals, dels quals 6 s'utilitzen com sortides PWM (Modulació per Ample de Polsos) i també inclou 6 entrades analògiques. A part, també té un connector USB, un connector d'alimentació, una capçalera ICSP i un botó de reset. Aquesta placa val entre 3-8 € i aquí, s'ha de sumar l'alimentació, el cable USB si no es té i el mòdul WIFI si s'utilitza.

⁷Shield: Són plaques de circuits modulars que es posen sobre el Arduino per donar funcionalitats extres a la placa Arduino.

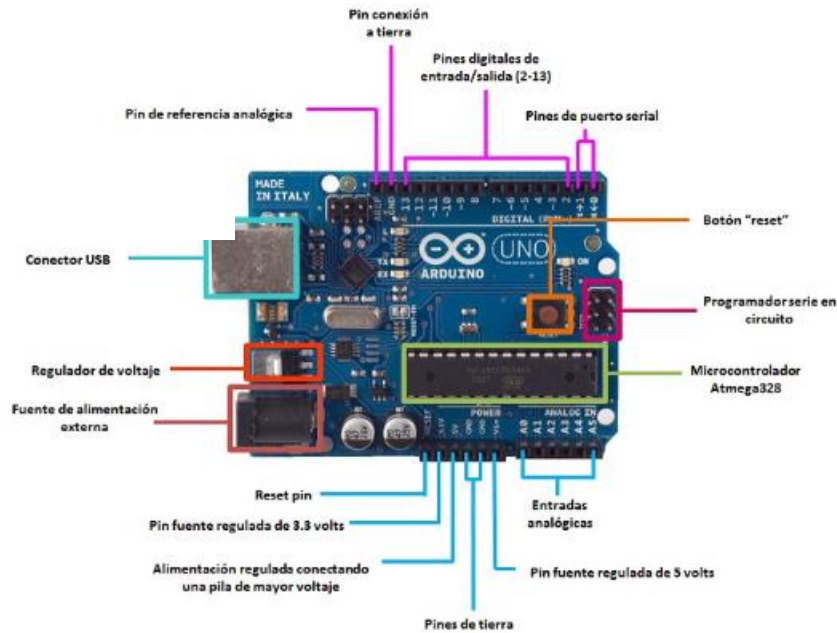


Figura 18. Targeta Arduino UNO

Font: <https://underc0de.org/foro/arduino-raspberry-pi/comenzando-con-arduino-uno/>

Les característiques d'aquesta placa són les següents:

Microcontrolador	ATMEGA328P
Alimentació	5V
Alimentació recomanada	7-12V
Límit d'alimentació	6-20V
Pins digitals (entrada/sortida)	14 (6 amb PWM)
Entrades analògiques	6
Corrent màxim per pin	20mA
Memòria flash	32KB
SRAM	2KB
Relotge	16MHz

Taula 2.1. Característiques Arduino UNO

Font: Elaboració pròpia

Dintre d'aquest tipus de targeta Arduino UNO, es troba l'**Arduino UNO amb mòdul WIFI ESP-12E D1** basat en el processador **ESP8266**.

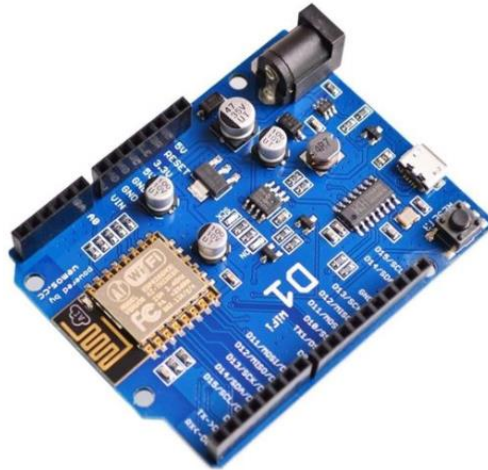


Figura 19. Targeta Arduino UNO amb mòdul WIFI incorporat

Font: <https://www.e-ika.com/modulo-wifi-esp-12e-d1-basado-en-esp8266>

Aquesta targeta és molt similar a l'Arduino UNO quant als *pins* però és diferent perquè no està basat en el processador ATMEGA328P sinó en l'ESP8266 que té característiques diferents perquè a l'incloure el mòdul WIFI, l'alimentació de la placa canvia, ja que el mòdul WIFI funciona a 3.3V, també cal dir que aquesta placa té 1 *pin* analògic i 11 entrades/sortides digitals. Aquesta placa ronda el preu dels 9-12 € i aquí, s'hi ha de sumar l'alimentació i el cable micro USB si no es té.

A continuació, es pot veure les característiques de la placa:

Microcontrolador	ESP8266
Alimentació	3,3V
Alimentació recomanada	9-24V
Connector	Micro USB
Pins digitals (entrada/sortida)	11
Entrades analògiques	1
Corrent màxim per pin	20mA
Memòria flash	4Mb
Velocitat	80MHz-160MHz

Taula 2.2. Característiques Arduino UNO amb mòdul WIFI basat en l'ESP8266

Font: Elaboració pròpia

2.5.1.2. Raspberry Pi.

Raspberry Pi[14] és un mini ordinador de baix cost que executa diferents sistemes operatius (Linux i Windows 10) i són de software lliure però no de hardware lliure. Es fa servir majoritàriament en projectes d'electrònica i robòtica que interactuen amb sensors (temperatura, llum...) i actuadors (motors, relés...).

Cal dir que la potencia és més reduïda que un ordinador convencional però segueix sent un ordinador molt operatiu i amb funcionalitats d'electrònica.

La placa com s'ha dit anteriorment, és de baix cost, el preu va dels 30-40 € però aquí, s'ha de sumar els components addicionals que s'ha d'afegir perquè funcioni, com un adaptador elèctric i una targeta micro SD, ja que la Raspberry no té disc dur.

Actualment en el mercat existeixen dos models de Raspberry Pi, model A i model B. Com en les targetes Arduino, només s'hi ha centrarà en el model B perquè l'altre és menys complet, ja que no té capacitat per connectar-se a internet i en aquest projecte, es necessita.

El **Raspberry Pi 3** model B és la placa més popular perquè té més funcionalitats que el model A i és la més recomanada pels enginyers i desenvolupador web. Aquesta placa incorpora un processador ARM Cortex A53 i funciona a 1.2GHz, té 4 ports USB 2.0, un connector MicroUSB, Ethernet, Bluetooth 4.1, dos ports de sortida de vídeo HDMI i RCA, un minijack d'àudio, un connector càmera CSI i una ranura per ficar la targeta micro SD.



Figura 20. Targeta Raspberry Pi 3 model B

Font: <https://www.amazon.es/Raspberry-Pi-Modelo-Quad-Core-Cortex-A53/dp/B01CD5VC92>

A continuació, es pot veure les característiques de la placa:

CPU	ARM CORTEX A53
GPU	VideoCore IV doble nucli
RAM	1GB
Alimentació	5V (Micro USB)
Ports	<ul style="list-style-type: none"> -Ethernet - Connector vídeo HDMI/RCA -Connector càmera CSI -4xUSB 2.0 -MicroSD -MicroUSB -Bluetooth -Minijack àudio
Pins	40
Corrent màxim alimentació	2.5A
Velocitat	1.2GHz

Taula 2.3. Característiques Raspberry Pi 3

Font: Elaboració pròpia

2.5.1.3. Tiva™ EK-TM4C123GXL.

Tiva™ EK-TM4C123GXL[15] és un microcontrolador basat en ARM Cortex-M4 que disposa de 256 kbytes de memòria Flash, 32 kbytes de memòria SRAM i treballa a 80 MHz. Aquesta targeta permet treballar amb el microcontrolador TM4C123GH6PM de Texas Instrument.

La targeta permet la generació de 16 senyals PWM per aplicacions de control de potència i moviment i té 2 QEI (Quadrature Encoder Interface) que permet fer la realimentació en les aplicacions de motion control.

L'entorn de desenvolupament de software es poden emprar diferents IDEs (Entorn Integrat de Desenvolupament) com el Code Composer, Energia IDE, Keil, etc. que es poden descarregar des de la pàgina de Texas Instrument.

Aquesta placa ronda el preu dels 12-15 €.

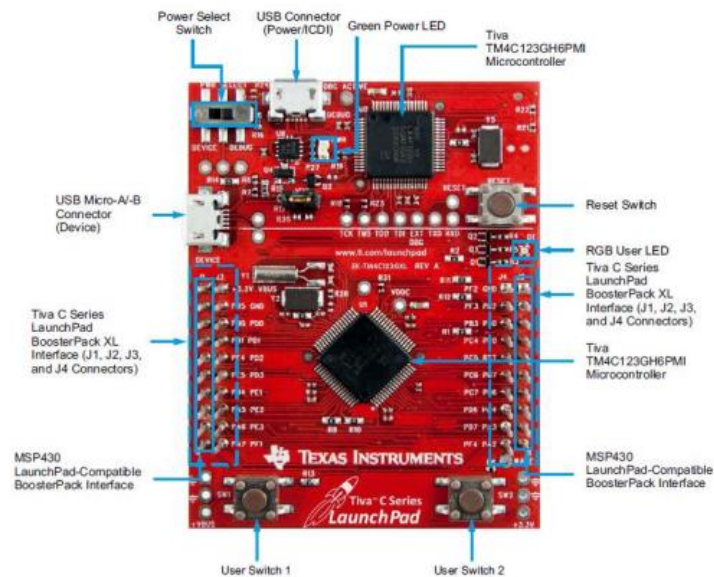


Figura 21. Targeta Tiva™ EK-TM4C123GXL

Font: <https://bit.ly/2VTGmaC>

La targeta incorpora: Connector USB ICDI, un port micro AB USB, un switch de control de dispositiu/ICDI, pins BoosterPack XL, 2 botons per l'usuari, un botó de reset, 3 LEDs per l'usuari tri-color, punts de mesures de corrent, un cristall de 16 MHz com oscil·lador principal, un cristall de 32 KHz per RTC i un regulador de 3,3V.

A continuació, es pot veure les característiques de la placa:

Microcontrolador	ARM Cortex M4
Alimentació	5V
Interfícies de comunicació	8 UARTs 4 mòduls SSI 4 mòduls I ² C 2 controladors Bus CAN USB 2.0
Control de moviment avançat	16 PWM 2 mòduls QEI
Suport analògic	2 convertidors ADC de 12 bits 2 comparadors analògics independents 16 comparadors digitals 1 mòdul JTAG
Memòria flash	256KB
SRAM	32KB
Relotge	80MHz

Taula 2.4. Característiques Tiva™ EK-TM4C123GXL

Font: Elaboració pròpia

2.5.2. Mòduls de connectivitat.

Per poder enviar la informació extreta dels sensors de les targetes Arduino UNO es necessita una eina per enviar aquestes dades al núvol i es fa mitjançant mòduls de connectivitat. Per la targeta Raspberry Pi 3 no es necessita, ja que té incorporat el mòdul RJ-45 per connectar-se a internet. Per tant, s'explicarà alguns dels mòduls més utilitzats en el mercat per Arduino UNO siguin per Bluetooth o per WIFI .

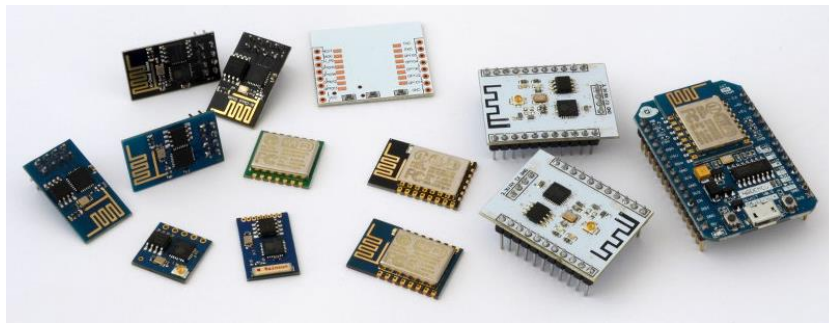


Figura 22. Tipus de mòduls de connectivitat per Arduino

Font: <https://polaridad.es/esp8266-modulo-wifi-elegir-caracteristicas/>

2.5.2.1. Mòdul WIFI ESP8266-01e.

El mòdul ESP8266-01e[16] es pot establir una comunicació WIFI senzilla i barata. Inclou un protocol fàcil d'ordres AT i una antena integrada a la placa. L'ESP8266 és més que un simple mòdul WIFI, inclou un processador de 32 bits a 80 MHz, la potència de sortida és de 19,5 dBm en mode 802.11b, un abast de 48 metres i té una memòria flash de 512 Kb.

S'ha de tenir en compte que funciona a 3,3V i per tant, s'ha d'utilitzar un convertidor de nivell si es treballa amb plaques de 5V com és el cas de l'Arduino UNO. El seu preu ronda els 3,5-5 €.



Figura 23. Mòdul WIFI ESP8266-01e

Font: <https://www.fabtolab.com/esp8266-01-serial-wifi-wireless-transceiver>

2.5.2.2. Mòdul WIFI ESP8266-01S.

Aquest mòdul és la nova actualització del ESP8266-01e. La nova revisió incorpora major potència d'emissió de WIFI, té una antena integrada a la placa i un nou firmware⁹.

Igual que l'anterior mòdul es pot establir una comunicació WIFI senzilla i barata. També inclou un protocol senzill d'ordres AT i un processador de 32 bits a 80 MHz. La potència de sortida és de 19,5 dBm en mode 802.11b, un abast de 48 metres i té una memòria flash de 1Mb.

El ESP8266-01S[17] funciona a 3,3V i per ser utilitzat en una placa Arduino UNO que funciona a 5V, s'ha de posar un convertidor de nivell perquè no s'acabi cremant el mòdul. El seu preu ronda els 4,5-7 €.

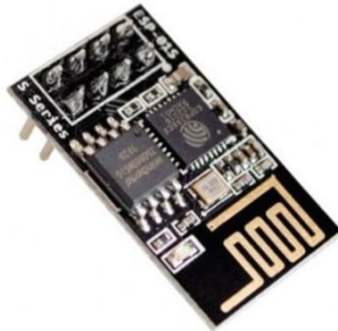


Figura 24. Mòdul WIFI ESP8266-01S

Font: <https://www.e-ika.com/modulo-wifi-basado-en-esp8266-01s-para-arduino>

2.5.2.3. Mòdul WIFI ESP-12F, ESP8266.

El mòdul ESP-12F[18] permet connectar una xarxa WIFI a l'Arduino. Disposa d'un protocol d'ordres AT com els anteriors mòduls, ja que és el més senzill d'utilitzar. Té una antena integrada a la placa, la connexió es fa via sèrie i té una memòria flash de 32Mb.

Al funcionar a 3,3V, s'ha d'afegir un convertidor de nivell per no cremar el mòdul perquè la placa Arduino funciona a 5V. La potència de sortida és de 19 dB en mode 802.11b i té un abast de 47 metres.

El preu ronda els 6-8 €.



Figura 25. Mòdul WIFI ESP-12F

Font: <https://www.e-ika.com/modulo-wifi-esp-12f-esp8266>

L'inconvenient que té aquest mòdul, és que s'ha de comprar a part la placa adaptadora i llavors, el preu en conjunt és més elevat. El preu de la placa ronda l'1 €.



Figura 26. Placa adaptadora al mòdul ESP-12F

Font: <https://bit.ly/2Gj97qK>

2.5.2.4. Mòdul Bluetooth HC-05.

Aquest mòdul també es configura mitjanant ordres AT. Es pot alimentar entre 3-6V però els pins Tx i Rx a 3,3V per tant, s'ha d'afegir un convertidor de nivell per no cremar aquests pins. És senzill d'utilitzar i inclou un LED per saber l'estat de connexió del mòdul.

El transceptor Bluetooth[18] està muntat sobre una placa perquè sigui més fàcil de fer les connexions amb Arduino. Treballa amb una freqüència de 2,4GHz, amb una potència de transmissió < 4dB i un abast de 10 metres. El preu ronda els 10-12 €.

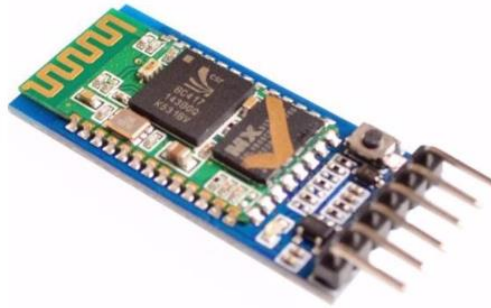


Figura 27. Mòdul Bluetooth HC-05

Font: <https://www.e-ika.com/modulo-bluetooth-hc-05>

2.5.3. Tipus de seguiment o activadors (Tracking).

En la Realitat Augmentada es poden distingir quatre tipus de seguiment o activadors que al llarg dels anys han anat avançant gràcies a la millora de la qualitat del vídeo de les càmeres i dels sensors que inclouen els dispositius.

A continuació, es veuran detalladament quins són cadascun d'ells[20]:

2.5.3.1. Marcador normal.

Aquest tipus de seguiment consisteix a crear símbols impresos en paper (marcadors) com es veu a la figura 29, en les quals se superposa informació com textos, imatges, objectes 3D, animacions, vídeos, etc. quan són reconeguts per un software RA.

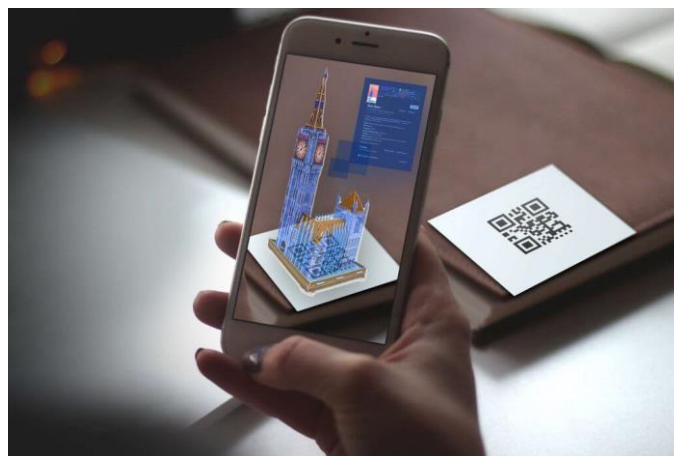


Figura 28. Realitat Augmentada per marcador

Font: <https://bit.ly/2KNgZGw>

2.5.3.2. Marcador per entorn.

És una de les millors tecnologies per seguiment perquè fa un reconeixement de l'entorn real en qualsevol mena de suport (imatges, objectes, rostres, etc.) sense l'ús de marcadors i per tant, qualsevol suport esmentat anteriorment, fa que sigui un escenari perfecte per una experiència de RA. És més potent i permet la realització d'aplicacions més complexes.



Figura 29. Realitat Augmentada marcador per entorn

Font: <http://onlineresize.club/news-club.html>

2.5.3.3. Marcador per objecte 3D.

Aquest marcador permet fer un seguiment d'objectes tridimensionals per tal d'augmentar-los. Perquè el sistema funcioni bé, han de ser objectes rígids i amb poques peces mòbils. No és sensible a l'entorn sinó que utilitza objectes en concret i mostra la informació o les animacions corresponents. Cal dir que aquest tipus de seguiment necessita una major potència de càlcul per processar els elements virtuals que els altres marcadors.



Figura 30. Realitat augmentada marcador per objecte 3D

Font: <https://www.youtube.com/watch?v=YSpw0MRN9Hw>

2.5.3.4. Marcador per posició o geolocalització.

Aquest marcador combina la informació donada pel GPS amb les dades descarregades des d'internet. Amb aquestes dades es poden trobar objectes en les quals pots sobreimprimir informació augmentada en l'àrea on s'estigui sense l'ús de marcadors per entorn o imatges.



Figura 31. Realitat Augmentada marcador per posició o geolocalització

Font: <https://bit.ly/2IGJy5G>

2.5.4. Plataformes IoT.

El núvol o cloud ofereix un servei que permet accedir a les dades des de qualsevol dispositiu amb connexió a internet. De fet, és bàsic per tots els processos que requereixen la recopilació i enviament de dades a través d'internet.

En aquest projecte la funció del cloud és clara, ja que ha d'actuar com un repositori de dades accessibles en temps real i per això, es necessiten plataformes IoT.

A continuació, es detallarà un seguit de plataformes IoT[21] que poden funcionar perfectament pel projecte.

Es començarà explicant les plataformes que permeten un ús de manera gratuïta però amb limitacions en quant el nombre de missatges enviats i de dispositius connectats. Són plataformes totalment configurables i tenen un enfocament a la connectivitat de dispositius com Arduino, Raspberry Pi, etc.

2.5.4.1. Thinger.io.

Thinger.io és una plataforma espanyola de codi obert que es pot trobar en el seu propi servidor (GitHub) per poder-la instal·lar en el dispositiu. Ofereixen un servei gratuït utilitzant la seva infraestructura en el núvol.

La programació és fàcil i disposa de llibreries en el repositori oficial d'Arduino. És compatible amb projectes IoT amb Arduino, ESP8266, Raspberry Pi o Intel Edison.

A més, et permet gestionar i geolocalitzar els dispositius connectats, gràcies a una consola d'administració que té. S'ha de dir, que disposa d'una documentació lliure d'accessibilitat i molt extensa.

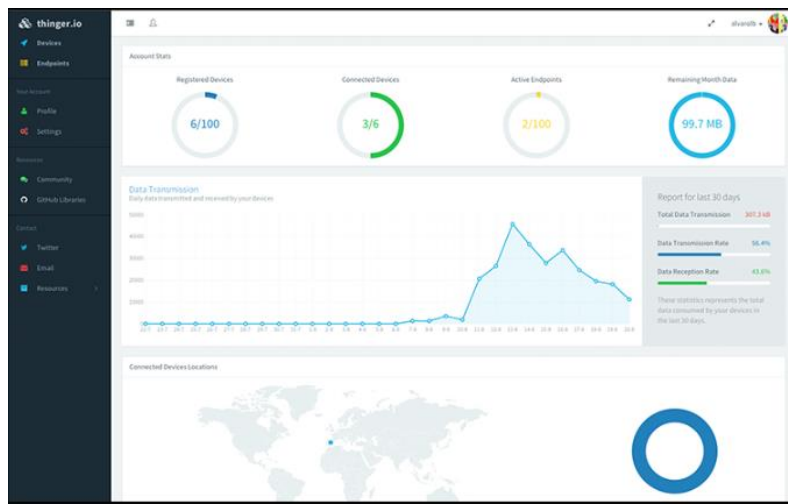


Figura 32. Plataforma IoT Thinger.io

Font: <https://thinger.io/>

La plataforma amb llicència gratis té les següents limitacions:

- Màxim nombre de connexions servei web: 10
- Temps històric (mesos) en l'accés d'estadística: 30 dies
- Nombre de dispositius: 3

2.5.4.2. Arduino Cloud.

Arduino Cloud és una de les plataformes més fàcils d'utilitzar en projectes amb Arduino i és totalment compatible en qualsevol placa que tingui connectivitat.

Per a la configuració del dispositiu s'ha d'anar al repositori oficial d'Arduino, i allà dintre, hi haurà la llibreria "ArduinoCloud.h" que és la que ens permet enviar la informació al núvol i on el mateix configurador et dona el codi que s'ha d'utilitzar per carregar-ho a la placa.

Per transmetre les dades utilitza un protocol MQTT i treballa en la infraestructura del núvol d' Amazon.

La plataforma amb llicència gratis té les següents limitacions:

- No té una API per consultar dades des d'altres aplicacions.
- No té un històric.
- No representa la informació en temps real.

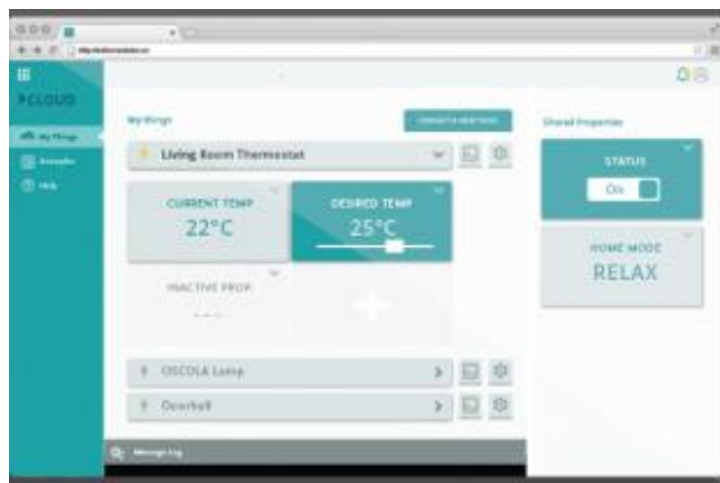


Figura 33. Plataforma IoT ArduinoCloud

Font: <https://www.arduino.cc/en/main/create>

2.5.4.3. ThingSpeak.

ThingSpeak és una plataforma enfocada a la construcció d'aplicacions IoT, és de codi obert i el codi es pot descarregar a través de GitHub. Permet emmagatzemar dades, visualitzar-les i exposar-les a altres APIs.

La plataforma també ofereix aplicacions que permeten analitzar i visualitzar les dades a través del MATLAB i actuar sobre aquestes.

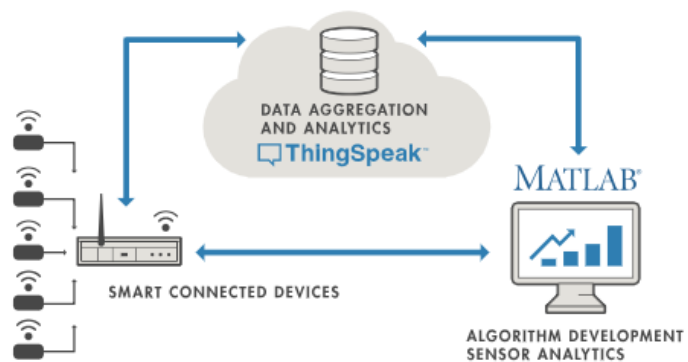


Figura 34. Procés de recollida de dades a través del MATLAB

Font: <https://bit.ly/2GjBQeX>

La base d'aquesta plataforma són els canals en els quals s'emmagatzemen les dades que s'envien. Es divideix en 3 canals: 8 camps per emmagatzemar dades de qualsevol mena; 3 camps per emmagatzemar la ubicació, latitud, longitud i elevació; i finalment, 1 camp per emmagatzemar l'estat. Aquests camps es poden anar actualitzant cada 15 segons.

Aquesta plataforma té molts llenguatges de programació i entre ells, està per Arduino o Raspberry Pi. En el repositori oficial d'Arduino es pot trobar aquesta llibreria.

Cal dir que té una documentació molt extensa amb molts exemples i és gratuïta.

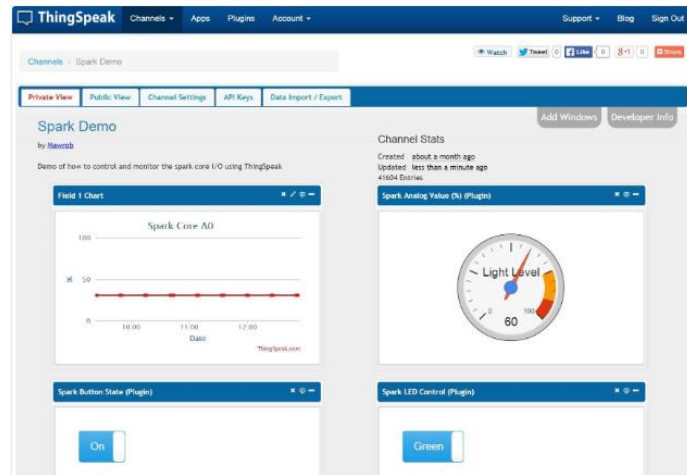


Figura 35. Plataforma IoT ThingSpeak

Font: <https://bit.ly/2GjBQeX>

2.5.4.4. Cayenne.

Cayenne és una de les plataformes més fàcils juntament amb ArduinoCloud. A partir d'un gestor visual, es pot configurar un dispositiu amb aquesta plataforma sense la necessitat de programar.

Disposa d'una llibreria per Arduino en el repositori oficial que es pot descarregar i instal·lar per tal de poder fer el programa.

Cayenne ens facilita el codi per poder instal·lar-ho i dintre d'aquesta plataforma, es pot escollir els diferents dispositius (sensors i actuadors) que ja venen preconfigurats com es pot observar a la figura 36.

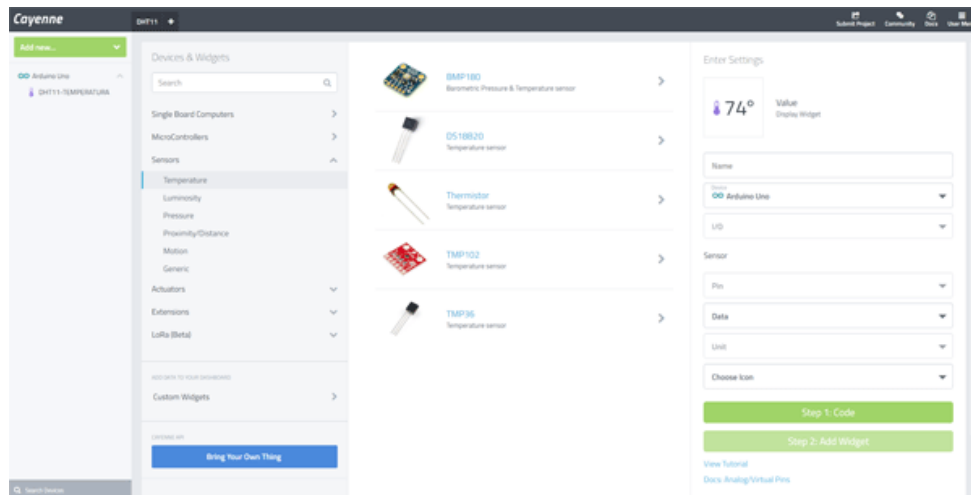


Figura 36. Plataforma IoT Cayenne

Font: <https://programarfacil.com/podcast/proyectos-iot-con-arduino/>

També dóna la possibilitat de crear sensors personalitzats en cas que no estigui el sensor que es vol utilitzar en la plataforma.

Cayenne és compatible amb Arduino, Raspberry Pi, ESP8266 i altres plaques.

La plataforma amb llicència gratis té les següents limitacions:

- Només es poden enviar 10 valors per segon.
- Només pot intentar 50 connexions per minut.

2.5.4.5. Thingworx.

Thingworx és una de les plataformes més avançades i que ofereixen un període de proves i després es passa al pagament. Està més centrada al sector Industrial i a grans projectes basats en IoT. Ja no és només rebre dades, sinó que també ens permeten emmagatzemar webs, APIs per mòbils, base de dades, etc.

Thingworx ofereix eines i tecnologies per gestionar dispositius i implementar aplicacions en temps real com per exemple experiències en Realitat Augmentada.

Aquesta plataforma és compatible amb Arduino. Ofereix un període de prova de 120 dies i després, es paga per utilització.

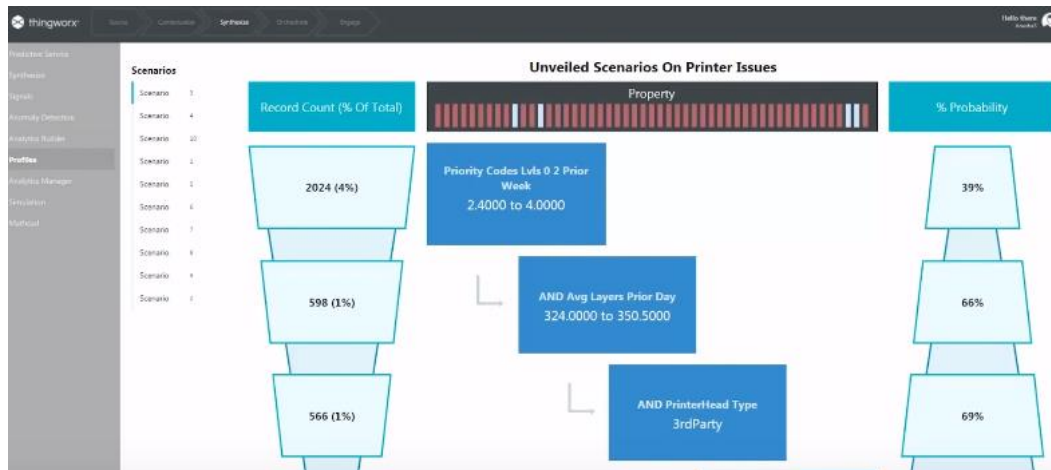


Figura 38. Plataforma IoT Thingworx

Font: https://www.youtube.com/watch?v=WLorBY_wT64

2.5.4.6. Node-RED.

Node-Red[22] és una plataforma de codi obert (ens proporcionen el codi sense restriccions) que permet crear projectes de IoT de forma visual. Està creat a partir de NodeJS i la llibreria JavaScript 3D.js.

Ha estat creada per IBM i és un software bastant fàcil d'utilitzar, ja que és de programació visual i per tant, no cal programar.

L'estructura són els nodes i aquests, s'arrosseguen a través de la interfície gràfica i ens permet fer una tasca concreta. Poden haver-hi tres tipus de nodes:

- **Nodes que només admetin entrades:** només poden ser enviats a algun lloc com a una base de dades o panell de control.
- **Nodes que només admetin sortides:** només ofereix dades quan es reben.
- **Nodes que admetin entrades i sortides:** permet l'entrada i sortida de dades.

Aquests nodes s'organitzen en fluxos que agrupen nodes que és connectant entre ells tot de forma visual.

Node-RED és compatible amb Arduino, Raspberry Pi i altres plaques.

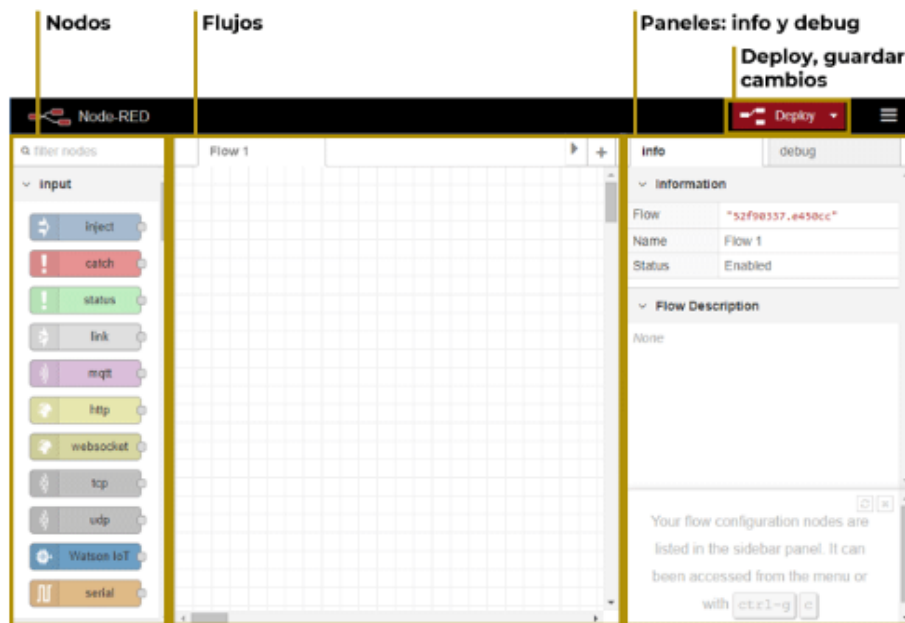


Figura 39. Plataforma IoT Node-RED

Font: <https://programarfacil.com/blog/raspberry-pi/introduccion-node-red-raspberry-pi/>

2.5.4.7. Firebase.

Firebase[23] és una plataforma de Google que va ser comprada el 2014 i l'han anat millorant any enrere any. És una plataforma on pots accedir el servidor web i et permet treballar amb dades en el núvol. Per fer això, Firebase té unes APIs per guardar i sincronitzar dades en el núvol en temps real.

Les característiques principals del servidor estan dividides en grups, són:

- **Analítiques:** solució gratuïta on pots gestionar tot des d'un únic panell de control.
- **Desenvolupament:** permet fer apps de manera ràpida, evitant bugs i obtenint la millor qualitat. Com l'emmagatzemant, proves, configuració remota, missatgeria en el núvol o autenticació entre altres.
- **Creixement:** Permet gestionar els usuaris les aplicacions i permeten fer invitacions i notificacions per captar nous usuaris.
- **Monetització:** Permet guanyar diners amb AdMob.

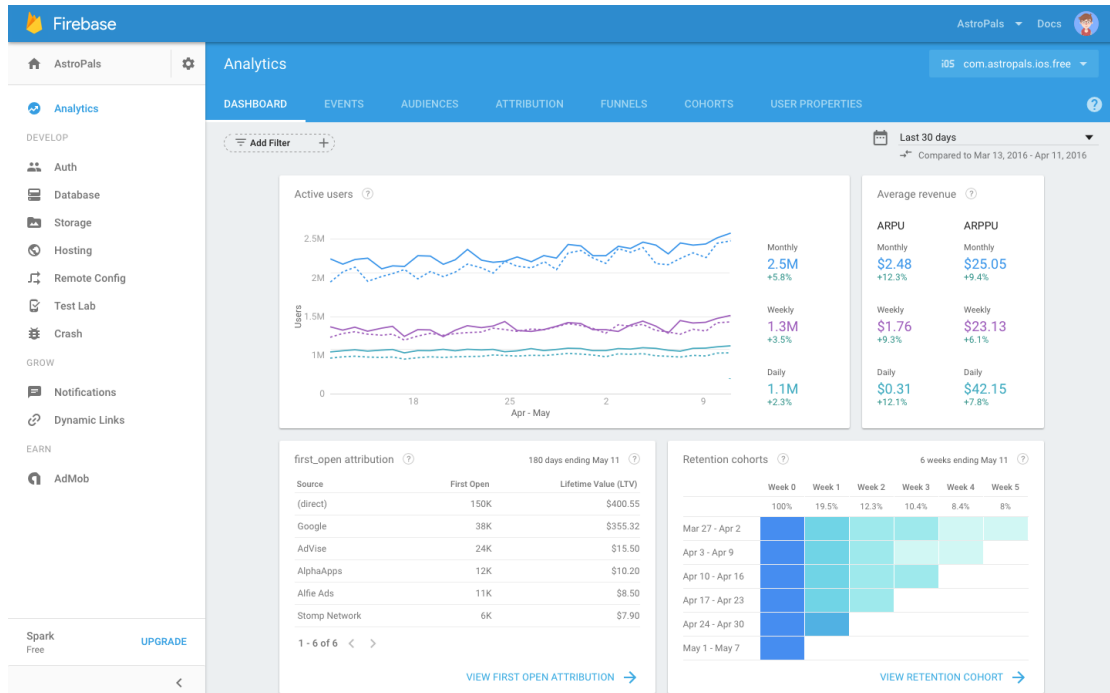


Figura 40. Servidor Firebase panell de control analítiques

Font: <https://elandroidelibre.espanol.com/2016/05/firebase-plataforma-desarrollo-android-ios-web.html>

El servidor compte amb tres plans, un gratuït i dos de pagament (Veieu figura 41). El gratuït compte amb limitacions d'emmagatzematge i de transferències de dades i també, de connexions simultànies.

	SPARK Free Generous limits for hobbyists	FLAME \$25/month Predictable pricing for growing apps	BLAZE Pay as you go Commodity pricing for apps at scale
Included Free Analytics, App Indexing, Authentication, Dynamic Links, Invites, Notifications, Crash Reporting, & Remote Config	✓	✓	✓
Simultaneous connections	100	Unlimited ¹	Unlimited ¹
Realtime Database GB stored	1 GB	2.5 GB	\$5/GB
GB transferred	10 GB	20 GB	\$1/GB
Daily private backups	✗	✓	✓

Figura 41. Tarifes servidor Firebase

Font: <https://elandroidelibre.espanol.com/2016/05/firebase-plataforma-desarrollo-android-ios-web.html>

Firebase és compatible amb les plataformes iOS, Android i PC.

També, és compatible amb Arduino, Raspberry Pi i altres plaques.

2.5.5. Aplicacions de desenvolupament i visualització RA.

Un cop s'ha vist els tipus de targeta, de marcadors, de mòduls de connectivitat i les plataformes IoT que n'hi ha en el mercat, es presentaran diferents aplicacions de desenvolupament[24] (SDKs) i visualitzadors per realitzar i veure la Realitat Augmentada (RA).

2.5.5.1. Vuforia & Unity.

Vuforia[24] és una plataforma de desenvolupament d'aplicacions de RA i RM i també de visualització. La integració d'Unity de Vuforia permet crear aplicacions per a Android i iOS.

És veritat que per la SDK Vuforia es necessita saber coneixement de programació però gràcies a la combinació amb Unity, que és un programa per crear videojocs, la interfície que presenta està molt ben estructurada i fa que sigui interactiu i fàcil d'utilitzar.



Figura 42. SDK Vuforia & Unity

Font: <https://bit.ly/2Xo0t1e>

Vuforia suporta la detecció de diferents tipus de marcadors, el rastreig d'objectius, reconeixements en 2D i 3D, escaneig d'objectes reals pel seu reconeixement i la capacitat de mostrar experiències visuals inclús quan no estàs enfocant en l'objectiu.

Per a la detecció de marcadors es poden recórrer a les bases de dades tan locals com en el núvol.

Com s'ha dit al principi, Vuforia també ofereix una app de visualització de RA anomenada Vuforia View.



Figura 43. Aplicació View per visualitzar models RA

Font: <https://bit.ly/2GkGVnr>

2.5.5.2. ARToolkit & Unity.

ARToolkit[25] és un kit de desenvolupament de software per crear aplicacions de RA però no té cap app de visualització. És compatible amb iOS, Android, Windows, Linux i MacOS.

ARToolkit suporta reconeixement 2D i permet fer un seguiment de marcadors d'objectes a través dels dispositius per després poder crear una interfície de Realitat Augmentada a la pantalla.

Aquesta eina té accés lliure a la llibreria RA però la documentació de desenvolupament és bastant limitada.



Figura 44. SDK ARToolkit & Unity

Font: <https://bit.ly/2Is3Hxg>

2.5.5.3. Unity.

Unity és el motor de videojocs multiplataforma més utilitzats avui en dia, creat per Unity Technologies. La plataforma està disponible per Windows, iOS i Linux.

Amb aquest motor es pot crear jocs, aplicacions, experiències en 2D, 3D i fins i tot, experiències de Realitat Augmentada i virtuals.

A la següent figura, hi podreu veure com està estructurada la interfície d'Unity:

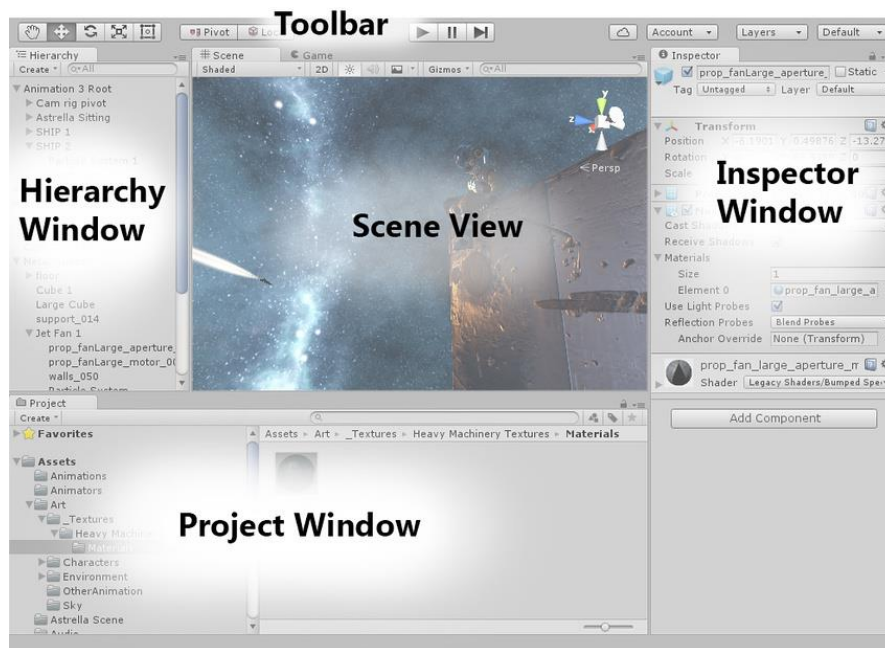


Figura 45. Interfície Unity

Font: <https://docs.unity3d.com/es/current/Manual/LearningtheInterface.html>

2.5.5.4. Augment.

Augment és una app que et permet visualitzar contingut RA i posar els teus models 3D a Augment Manager, de manera que reconegui el teu marcadors i es pugui veure l'experiència de RA que s'ha creat a partir d'una SDK.

És compatible tant en sistemes iOS com Android.

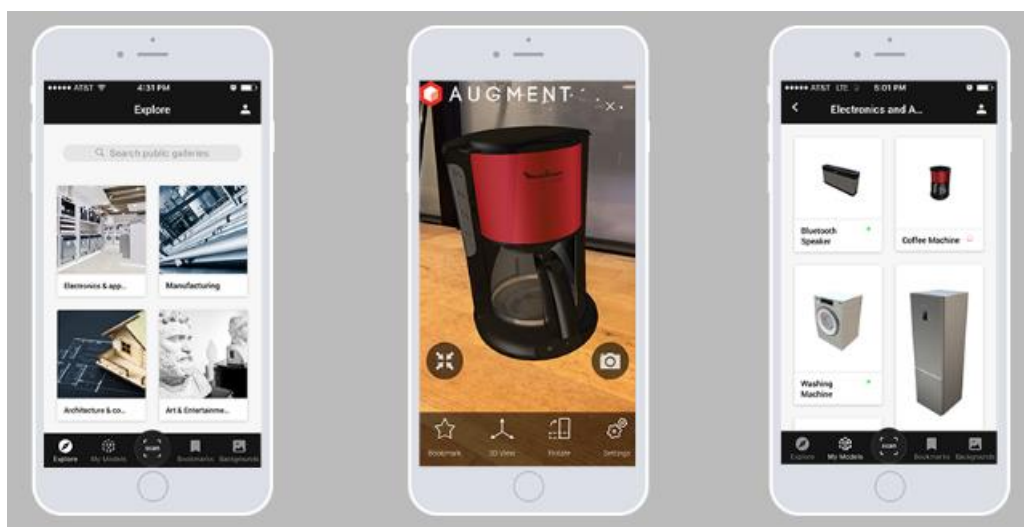


Figura 46. Aplicació Augment per visualitzar models RA

Font: <https://www.augment.com/blog/augment-ios-android-gets-refresh/>

2.5.6. Motor de laboratori.

Per fer el prototip, s'ha centrat en un motor de laboratori que té la Fundació Tecnocampus en un dels seus laboratoris. Aquest motor és la unitat mecànica 33-100[26].

La unitat mecànica té: un amplificador de potència que condueix el motor; la velocitat de rotació de la sortida del motor passa per una reductora 32:1; un fre magnètic per simular una càrrega; una taco-generador; un disc de fre amb pistes sobre ell; el motor té un tren de pols de dues fases que llegeix la sortida digital del disc de fre i la mostra; un generador de senyal per proporcionar ones sinusoidals, quadrades i triangulars.



Figura 47. Unitat mecànica 33-100

Font: <https://www.youtube.com/watch?v=B33MrSSQ6Nk>

Per fer les connexions de la unitat mecànica amb la unitat analògica 33-110, es fa a través d'un cable de 34 pins que porta totes les fonts d'alimentació i senyals que permeten les interconnexions del circuit. Les connexions per fer un circuit, es farà a la unitat analògica mitjançant els cables de connexió de 2 mm.

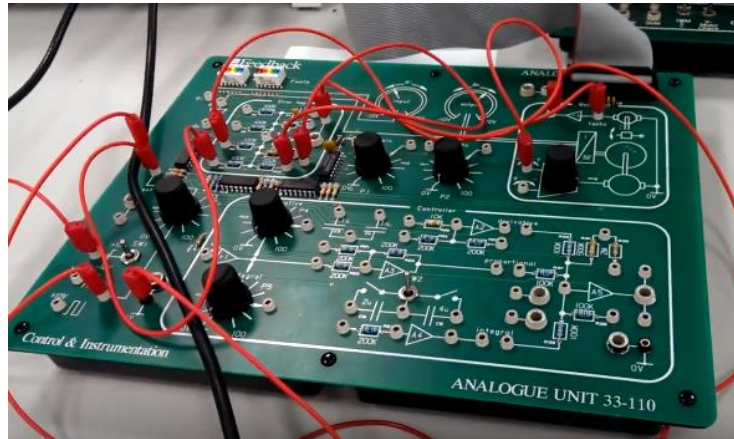


Figura 48. Unitat analògica 33-110

Font: <https://www.youtube.com/watch?v=ZSfAP3S-Z74>

La unitat analògica s'utilitza per implementar el sistema de control que es vol aconseguir i permetrà generar una entrada, modificar el senyal, enviar-lo al motor o rebre la sortida del motor.

L'objectiu de tenir aquest motor en el laboratori, és veure el comportament de la velocitat i de la posició sota diferents càrregues creant diferents tipus de circuits amb la unitat analògica.

Per tal d'alimentar al motor, s'utilitza una font feedback +5V 1A i +/-15V 1.5A 01-100.

3. Abast de detall.

El projecte se centrarà a fer un prototip de Realitat Augmentada i un estat de l'art de la tecnologia RA, més concretament en l'àmbit de la Indústria 4.0 per tal de tenir clar tots els conceptes abans de passar a la implementació pràctica.

Inclourà informació com: una introducció a aquesta tecnologia; diferència amb la VR; què és RA; els elements necessaris de RA; les fases de RA; quins avantatges i inconvenients proporciona aquesta tecnologia en general; què és la Indústria 4.0; RA en el món de la Indústria 4.0 i els seus avantatges i finalment, les aplicacions de RA a la Indústria 4.0.

També, es defineixen els diferents tipus d'equips com la targeta de programació, el mòdul de connectivitat, els tipus de seguiment, plataformes IoT, les aplicacions de desenvolupament i visualització RA i finalment, es mostrarà el motor de laboratori que s'utilitzarà per realitzar el prototip de RA. Per fer la implementació pràctica, s'escollirà els equips més adequats per a la seva utilització.

Un cop escollits, es farà el desenvolupament de la solució de RA fins al punt de veure per l'aplicació RA del mòbil, les revolucions per minut i la fitxa tècnica d'un motor DC.

El projecte no inclourà un model 3D ni tampoc la fabricació de la pcb del condicionament del senyal, ja que requereix més temps del que es té de realització.

Finalment, aquest prototip no es vendrà, ja que és purament educatiu.

4. Objectius de detall i especificacions tècniques.

A partir de la informació recollida en el capítol 2, s'ha plantejat els següents objectius (amb pic negre) amb les seves respectives especificacions tècniques (amb pic blanc).

- Definir i entendre la tecnologia de Realitat Augmentada (RA) tant en àmbit general com en el sector de la Indústria 4.0.
 - Confecció de l'Estat de l'art.
- Desenvolupar una aplicació RA basat en el sector de la Indústria 4.0 que permeti visualitzar la informació en temps real a partir d'un dispositiu que sigui compatible amb RA (telèfons mòbils, tablets o ulleres RA).
 - Targeta electrònica.
 - Mòdul de connectivitat.
 - Aplicació de desenvolupament i visualització RA
 - Plataforma IoT.
 - Un tipus de marcador.
- Crear un sistema que permeti pujar les dades al núvol.
 - Plataforma IoT.
 - Mòdul de connectivitat.
 - Targeta electrònica.
- Fer servir una comunicació sense fils.
 - Mòdul de connectivitat.

- Fomentar que l'usuari tingui accés propi a la informació a través del seu dispositiu i de l' app RA, aconseguint així, un estalvi de temps pel mateix usuari.
 - Aplicació de visualització RA.

5. Generació i plantejament de les possibles alternatives de solucions.

Al llarg del desenvolupament de l'avantprojecte, s'ha estudiat diferents alternatives de tipus de targeta, tipus de mòduls de connectivitat, tipus de seguiment o marcadors, tipus de plataformes IoT i finalment, els tipus d'aplicacions de desenvolupament (SDK) i visualització de RA, que es podran veure a les següents taules:

TIPUS DE TARGETA

Targeta	Observacions
Arduino UNO	Placa electrònica basada en el microcontrolador ATMEGA328P que funciona a 16 MHz.
Arduino UNO amb mòdul WIFI ESP-12E D1 incorporat	Placa electrònica basada en el microcontrolador ESP8266 que funciona a 16 MHz i incorpora el mòdul WIFI ESP-12E D1.
Raspberry Pi 3	Placa electrònica que incorpora un processador ARM Cortex A53 i funciona a 1.2 GHz.
Tiva™ EK-TM4C123GXL	Placa electrònica que treballa amb el microcontrolador TM4C123GH6PM de Texas Instrument i funciona a 80 MHz.

Taula 5.1. Comparativa de les diferents targetes de programació estudiades

Font: Elaboració pròpia

TIPUS DE MÒDULS DE CONNECTIVITAT

Mòdul de connectivitat	Observacions
WIFI ESP8266-01e	Inclou un processador de 32 bits a 80 MHz, la potència de sortida és de 19,5 dB i té una memòria flash de 512 Kb.

WIFI ESP8266-01S	Nova revisió del ESP8266-01e, processador de 32 bits a 80 MHz. La potència de sortida és de 19,5 dB i té una memòria flash d' 1 Mb.
WIFI ESP-12F, ESP8266	Té una antena integrada a la placa, la connexió es fa via sèrie i té una memòria flash de 32 Mb. La potència de sortida és de 19 dB.
Bluetooth HC-05	Treballa amb una freqüència de 2,4 GHz i amb una potència de transmissió < 4 dB.

Taula 5.2. Comparativa dels diferents mòduls de connectivitat estudiades

Font: Elaboració pròpia

TIPUS DE SEGUIMENT O ACTIVADORS

ACTIVADORS	Observacions
Per marcador	Consisteix a crear símbols impresos en paper (marcadors) o fins i tot poden ser imatges.
Per entorn	Fa un reconeixement de l'entorn real en qualsevol mena de suport (imatges, objectes, rostre, etc.) sense l'ús de marcadors.
Per objecte 3D	Fa un seguiment d'objectes tridimensionals per tal d'augmentar-los. Utilitza objectes en concret i mostra la informació o les animacions corresponents.
Per posició o geolocalització	Combina la informació donada pel GPS amb les dades descarregades des d'internet sense l'ús de marcadors per entorn o imatges.

Taula 5.3. Comparativa dels diferents tipus de seguiment o activadors estudiades

Font: Elaboració pròpia

TIPUS DE PLATAFORMES IoT

Plataforma IoT	Observacions
Thingier.io	És una plataforma espanyola de codi obert. La programació és fàcil i és compatible amb projectes IoT amb Arduino, ESP8266, Raspberry Pi o Intel Edison. No treballa en temps real.
Arduino Cloud	És una de les plataformes més fàcils d'utilitzar en projectes amb Arduino i és totalment compatible en qualsevol placa que tingui connectivitat. No treballa en temps real.
ThingSpeak	És una plataforma enfocada a la construcció d'aplicacions IoT i és de codi obert. Aquesta plataforma té molts llenguatges de programació i entre ells, està per Arduino o Raspberry Pi. No treballa en temps real.
Cayenne	A partir d'un gestor visual, es pot configurar un dispositiu amb aquesta plataforma sense la necessitat de programar. És compatible amb Arduino, Raspberry Pi, ESP8266 i altres plaques. No treballa en temps real.
Thingworx	Està més centrada al sector Industrial i a grans projectes basats en IoT. Serveix per gestionar dispositius i implementar aplicacions en temps real com per exemple experiències en Realitat Augmentada. Compatible amb Arduino. Treballa en temps real.
Node-RED	És una plataforma de codi obert que permet crear projectes de IoT de forma visual. Node-RED és compatible amb Arduino, Raspberry Pi i altres plaques. Treballa en temps real.
Firebase	És una plataforma on pots accedir el servidor web i et permet treballar amb dades en el núvol. Per fer això, Firebase té unes APIs per guardar i sincronitzar dades en el núvol en temps real.

Taula 5.4. Comparativa de les diferents tipus de plataformes IoT estudiades

Font: Elaboració pròpia

TIPUS DE SDKs I VISUALITZADORS

ACTIVADORS	Observacions
Vuforia & Unity	És una plataforma de desenvolupament d'aplicacions de RA i RM. La integració d'Unity de Vuforia permet crear aplicacions per a Android i iOS.
Vuforia View	App de visualització d'aplicacions RA.
ARToolkit & Unity	ARToolkit és un kit de desenvolupament de software per crear aplicacions de RA però no té cap app de visualització. La integració d'Unity d'ARToolkit permet crear aplicacions per a Android i iOS.
Augment	App de visualització d'aplicacions RA.

Taula 5.5. Comparativa dels diferents tipus de SDKs i visualitzadors estudiades

Font: Elaboració pròpia

De cada una d'aquestes comparatives, s'escollirà la que sigui més adequada per fer el prototip de Realitat Augmentada.

6. Selecció de l'alternativa més adequada.

Al llarg del desenvolupament de l'avantprojecte s'ha estudiat diferents alternatives de targetes, mòduls de connectivitat, tipus de seguiment, plataformes IoT i aplicacions pel desenvolupament i visualització de Realitat Augmentada.

Cal remarcar, que en les taules hi haurà posada una puntuació entre l'1 i el 5, on l'1 sempre serà la mínima nota i el 5 la màxima nota i per tant, aquella característica serà millor que una que tingui una nota inferior en cas que en la taula no hi posi cap comentari de què significa els números.

A continuació, es detallarà els motius pels quals s'han escollit cadascun d'ells.

6.1. Elecció del tipus de targeta electrònica.

Per escollir la targeta més adequada, s'ha fet unes comparacions que s'ha cregut que són les més interessants per després poder decidir quina és la que ens va millor pel nostre projecte.

	Arduino UNO	Arduino UNO amb mòdul WIFI ESP-12E	Raspberry Pi 3	Tiva™ EK-TM4C123GXL
Preu de la tarjeta (5 més barata i 1 més cara)	5	4	1	3
Corba d'aprenentatge (molts tutorials, molta informació per internet,...)	5	5	4	3
Mida: petita(5), mitjana(3), gran (1)	5	5	5	5
Connectivitat: Sí té (5), es pot posar (3), no té (1)	3	5	5	5
Per nous programadors (5 fàcil i 1 més difícil)	5	5	2	3
Més prestacions	3	3	5	4
Més fàcil d'utilitzar	5	5	2	3

Taula 6.1. Comparacions de les possibles alternatives de targetes

Font: Elaboració pròpia

A partir d'aquesta taula, es pot crear el BOS (figura 46) de manera que sigui més visible les comparacions.

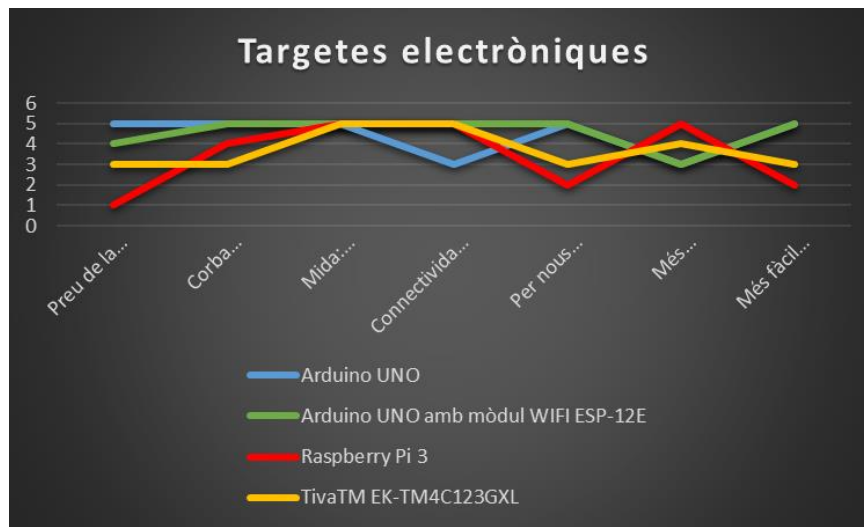


Figura 49. BOS dels tipus de targetes electròniques

Font: Elaboració pròpia

Un cop s'ha fet la taula de comparacions i el BOS, s'argumentarà perquè s'ha decidit escollir la targeta **Arduino UNO amb mòdul WIFI ESP-12E** i no les altres. Els motius són els següents:

- Primerament, s'ha vist que la targeta amb més prestacions és la Raspberry Pi 3, ja que en ser un mini ordinador fa que sigui molt complexa quant a funcionalitats, i això fa que el preu sigui dels més elevats. Per tant, s'ha decidit descartar-la perquè no es necessita una targeta tan potent per fer aquest projecte.
- Seguidament, com de les targetes que queden el preu és bastant similar i la mida totes són iguals, s'ha mirat la corba d'aprenentatge i quina és la targeta més fàcil d'implementar per nous usuaris. Es pot observar que segons la corba d'aprenentatge (taula 6.2), les targetes Arduino tenen més informació, més tutorials i més projectes penjats a internet que la TivaTM EK-TM4C123GXL i això fa, que es pugui aprendre més ràpidament, t'estalviïs temps i que sigui llavors més fàcil d'utilitzar que l'altra targeta, ja que tens més informació recollida. Per tant, la TivaTM EK-TM4C123GXL també queda descartada.

	Arduino	TivaTM EK-TM4C123GXL
Tutorials (videos, pàgines web,...)	5	2
Recerca d'informació	5	3
Projectes	5	3

Taula 6.2. Comparació corba d'aprenentatge

Font: Elaboració pròpia

- En aquest moment, només ens queden les dues targetes Arduino. Si bé és cert, són iguals en tot perquè són la mateixa targeta, però es pot veure que la targeta UNO és més barata perquè no té incorporat el mòdul de connectivitat però s'ha de dir que s'hauria de comprar i al final, costaria el mateix. Per l'altra banda, com que la targeta Arduino UNO no té un mòdul de connectivitat, és la descartada perquè el projecte necessita internet i encara que es pugui posar una, aquí ja entraria al fet de quina de les targetes hauria d'utilitzar més eines, això vol dir més feina i més temps perdut en el projecte.

Per aquests motius, la targeta electrònica escollida és l'**Arduino UNO amb mòdul WIFI ESP-12E**.

6.2. Elecció del mòdul de connectivitat.

A la taula 6.3 es pot veure la taula de comparacions dels quatre mòduls de connectivitat que s'han estudiat en el projecte.

	WIFI ESP8266-01e	WIFI ESP8266-01S	WIFI ESP-12F, ESP8266	Bluetooth HC-05
Preu del mòdul (5 més barata i 1 més cara)	5	4	3	2
Corba d'aprenentatge (molts tutorials, molta informació per internet,...)	5	5	4	4
Potència de transmissió (5 més distància i 1 menys distància)	5 (48m)	5 (48m)	4 (47m)	1 (10m)
Freqüència (5 més velocitat i 1 menys velocitat)	1 (80MHz)	1 (80MHz)	5 (2,4GHz)	5 (2,4GHz)
Memòria flash (5 més memòria i 1 menys memòria)	1 (512Kb)	3 (1Mb)	5 (32Mb)	-

Taula 6.3. Comparacions de les possibles alternatives de mòduls de connectivitat

Font: Elaboració pròpia

Aquí, se seguirà el mateix mètode que en escollir el tipus de targeta i a partir de la taula i el BOS, s'escollirà el mòdul de connectivitat.

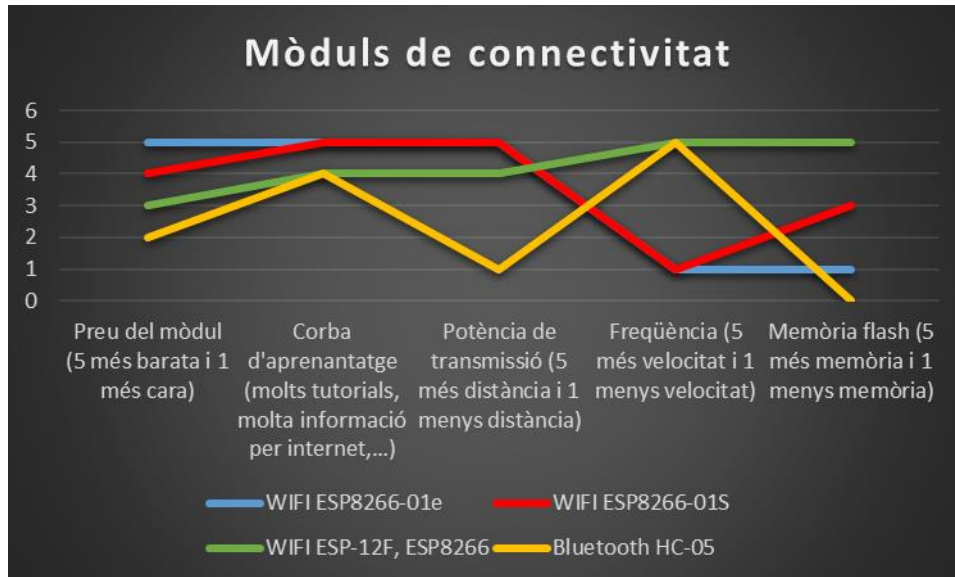


Figura 50. BOS dels tipus mòduls de connectivitat

Font: Elaboració pròpia

En aquest cas, s'ha escollit el mòdul **WIFI ESP-12F** pel projecte pels següents motius:

- El mòdul Bluetooth s'ha descartat perquè entre les dues connectivitats que hi ha, és a dir, WIFI i Bluetooth, és el més lent i com en el projecte es necessita connexió ràpida pel tema del temps real no és viable utilitzar-ho. A part, que el Bluetooth és més per fer transmissions de dades entre dispositius (fotos, vídeos,...) i no per comunicar-se amb plataformes IoT que necessites més potència.
- Entre els dos mòduls que queden, hi ha el WIFI ESP8266-01S que és la nova actualització del WIFI ESP8266-01e i entre un i l'altre canvia en la memòria flash que el 01S és més gran.
- Finalment, entre els tres tipus de mòduls que queden, la WIFI ESP-12F és més ràpida i té major memòria que les altres dues i encara que les altres siguin un pèl més barates, s'ha cregut convenient que es necessita un mòdul més potent per l'aplicació que es farà de Realitat Augmentada, ja que les dades es recolliran en temps real. I un altre motiu que fa que s'agafi aquest mòdul, és que aquest ja el té incorporat la placa Arduino que

s'ha escollit anteriorment i això fa, que hi hagi una dificultat menor perquè aquest no s'ha d'instal·lar a la placa.

Per aquests motius, el mòdul de connectivitat escollit és el **WIFI ESP-12F**.

6.3. Elecció del tipus de seguiment o activador.

Un cop identificats els tipus de seguiment o activador que hi ha i que es poden fer servir per a la Realitat Augmentada (RA), s'explicarà a continuació els motius de l'elecció:

- S'ha descartat des del primer moment el seguidor per objecte 3D i el de per posició o geolocalització perquè són marcadors complexos i que per aquest projecte, no fa falta utilitzar-los.
- Entre els dos tipus de marcadors que queden, s'ha escollit per aquest projecte el **marcador per entorn**, és a dir, a partir de la imatge o de l'entorn que es faci, el dispositiu el reconeixerà i es començarà a veure l'experiència en RA.
- S'ha descartat el marcador normal, ja que es creu que el més adient és fer-ho per entorn perquè així en enfocar amb la càmera no s'ha d'anar directe al marcador per visualitzar la RA.

Per tant, per aquests motius s'ha cregut que l'elecció més adequada és el **marcador per entorn**.

6.4. Elecció del tipus de plataforma IoT.

Durant els últims anys gràcies a aquestes plataformes es pot integrar el projectes amb Arduino dintre del núvol. Entre totes les plataformes analitzades s'escollirà la més adequada.

Per tal d'avaluar quina és la que ens anirà millor, se seguirà els següents criteris:

- El preu de la plataforma i així, com els dies de proves que aquesta té.

- La dificultat del projecte i del coneixement tècnic que es tingui, ja que si no se sap programar, hi ha plataformes que et permeten configurar l'adquisició de dades a través de codis visuals perquè sigui més fàcil la seva utilització.
- Que tingui una bona corba d'aprenentatge, és a dir, molta informació com tutorials, exemples, documents,... per poder aprendre i familiaritzar-te amb la interfície de manera ràpida.
- Que la plataforma tingui la llibreria amb Arduino perquè sigui més fàcil de comunicar-se entre ells, ja que si té una altra llibreria, pot dificultar el procés de connexió perquè té altres protocols de comunicació.
- Que sigui compatible amb la placa escollida, en aquest cas, l'Arduino.
- Al fer una aplicació en Realitat Augmentada, és imprescindible que les dades es puguin recollir en temps real.

	Thinger.io	Arduino Cloud	ThingSpeak	Cayenne	Thingworx	Node-RED	Firebase
Preu del mòdul	Gratis	Gratis	Gratis	Gratis	Període de proves de 120 dies	10-12€	Gratis
Aplicació visual	NO	NO	NO	SÍ	NO	SÍ	NO
Corba d'aprenentatge (molts tutorials, molta informació per internet,...)	3	5	3	3	3	3	5
Compatibilitat	Arduino ESP8266 Raspberry Pi	Amb qualsevol placa que tingui connectivitat	Arduino Raspberry Pi	Arduino ESP8266 Raspberry Pi	Arduino	Arduino Raspberry Pi	Arduino Raspberry Pi
Llibries Arduino	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Dades en temps real	NO	NO	Les dades es van actualitzant cada 15 segons	Només es poden enviar 10 valors per segon	SÍ	SÍ	SÍ

Taula 6.4. Comparacions de les possibles alternatives de les plataformes IoT

Font: Elaboració pròpia

A la taula 6.4 es pot observar totes les plataformes IoT que s'han estudiat. A continuació, s'explicaran els motius de l'elecció d'un d'ells.

- Com s'ha dit anteriorment, com que es farà una aplicació de Realitat Augmentada, es necessita que les dades es recullin en temps real. Només per aquest motiu, ja és se'n poden descartar 4 que no ho permeten, i aquestes són: Thingier.io, Arduino Cloud, ThingSpeak i Cayenne.
- De les dues que queden, es podria escollir Node-RED perquè és gratis, és una aplicació visual i fa que sigui més fàcil d'utilitzar, té compatibilitat amb Arduino i recull les dades en temps real però com s'ha analitzat, és una nova plataforma i no hi ha molta documentació sobre implementar-la a Arduino i fa que sigui més complexa la connexió. Per aquest motiu també queda descartada.
- Per tant, de les dues que queden, que són Thingworx i Firebase, s'ha decantat pel servidor **Firestore**, ja que aquesta plataforma IoT té molta informació en internet i es pot saber com funciona i com utilitzar-la de manera més ràpida. També, perquè Thingworx, és una plataforma en la qual et donen 120 dies de proves i un cop es gasten, ja no funciona l'aplicació que es farà en aquest projecte i per tant, això no ens serveix.

Per aquests motius, la plataforma IoT escollida és **Firestore**.

6.5. Elecció de l'aplicació de desenvolupament i de visualització.

Per finalitzar, només quedarà escollir l'aplicació de desenvolupament (SDK) i la de visualització per fer l'aplicació de Realitat Augmentada. A la taula 6.5 s'observa les tres aplicacions que s'han analitzat.

	Vuforia & Unity	ARToolkit & Unity	Augment
Preu del mòdul	Gratis	Gratis	Gratis
Aplicació de desenvolupament (SDK)	SÍ	SÍ	NO
Aplicació de visualització	SÍ	NO	SÍ
Plataforma	Android iOS Windows	Android iOS Windows Linux	Android iOS Windows
Tipus de seguiment	Per marcador Per entorn Per objecte 3D Per posició	Per marcador Per entorn Per objecte 3D Per posició	-

Taula 6.5. Comparacions de les possibles alternatives de SDK i visualització

Font: Elaboració pròpia

Els motius per els quals s'ha escollit **Vuforia & Unity** són els següents:

- Augment només és una aplicació de visualització RA i per tant, no es pot crear aplicacions RA i per això, queda descartada.
- Un altre motiu, ha sigut pel tema informació, en la qual s'ha trobat més tipus d'aprenentatge (tutorials, vídeos, projectes,...) en Vuforia que en ARToolkit.

Per aquestes raons, s'ha escollit Vuforia que té la **SDK Vuforia & Unity**.

7. Anàlisi tècnica.

La justificació de la viabilitat tècnica del projecte es farà mitjanant la mateixa explicació del procés que se seguirà per a dissenyar i per a la seva implementació pràctica.

Les fases són les següents:

1.CAPTAR → **2.IDENTIFICAR** → **3.BARREJAR** → **4.VISUALITZAR**

7.1. Fase de captació.

Per començar a fer el projecte, s'analitzarà i es recollirà informació d'allò que es vol augmentar per després poder identificar quin escenari és el que més convé pel prototip.

Aquesta anàlisi permetrà seleccionar la millor escena de Realitat Augmentada (RA) que posteriorment serà processada a través d'un mecanisme que permeti recollir l'escena.

Aquest mecanisme que farà la captació, és a través del mòbil.

7.2. Fase d'identificació.

Aquesta segona fase consistirà a identificar quina escena física real és la que l'usuari vol augmentar ja sigui utilitzant marcadors, objectes 3D, posició geogràfica o reconeixements d'imatges (entorn).

Per aquesta fase s'utilitzarà l'eina SDK Vuforia en el qual es programarà el sistema de marcador per entorn on incorpora el reconeixement d'imatges. Amb això, el marcador podrà ser identificat fàcilment i el dispositiu podrà reconèixer l'activador sense problemes.

7.3. Fase de barreja de realitat i informació addicional.

Un cop es fa la captació i la identificació de l'escena, el següent pas serà ficar la informació digital que s'ha identificat en la fase anterior, a l'escena real capturada que pot ser tant en temps real com en una imatge.

Això es farà a partir de la SDK Vuforia & Unity i amb l'ajuda de la plataforma IoT Firebase que és la que ens donarà les dades del sensor en temps real.

7.4. Fase de visualització.

Finalment, un cop es té l'aplicació de Realitat Augmentada a l'última fase, es veurà l'escena real amb la informació afegida per així, obtenir la RA.

El benefici principal d'aquesta fase és l'estalvi de temps perquè no fa falta que vagis a buscar informació per internet o a un altre lloc, ja que només obrint l' app RA es pot trobar la informació desitjada.

Aquesta fase es farà a través de l'aplicació que s'ha dissenyat per l' Unity.

Fent totes aquestes fases, farà que el prototip funcioni correctament i es validi la part tècnica del projecte.

8. Desenvolupament de la solució.

En aquest capítol s'explicarà detalladament tot el procés del desenvolupament de l'aplicació de Realitat Augmentada al llarg de tot el projecte de detall.

A la figura 51, es pot veure un esquema general del prototip que es pretindrà fer.



Figura 51. Esquema general del desenvolupament del prototip

Font: Elaboració pròpia

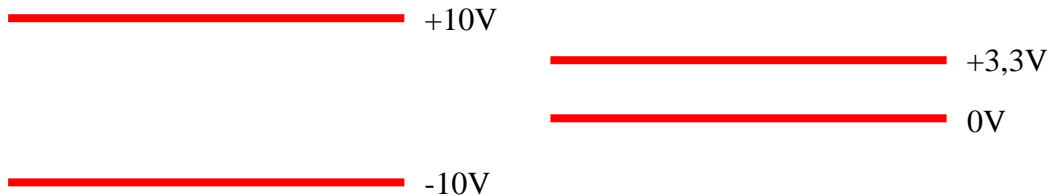
Es començarà explicant com fer el condicionament del senyal i seguidament, s'explicarà el procediment per fer el disseny de l'aplicació RA.

8.1. Condicionament del senyal.

Primer de tot, s'explicarà el perquè s'ha de condicionar el senyal que surt del motor amb el senyal que entra a l'Arduino. Això és degut al fet que el motor treballa amb un voltatge entre -10 i +10 volts i l'Arduino que s'utilitzarà per fer el prototip, treballa entre 0 i +3,3 volts per

tant, quan compti les revolucions per minut (rpm) no ho farà correctament, ja que no arriba aquests intervals del motor.

Per tant el que es vol aconseguir és passar de -10V i +10V a 0V i +3,3V.



Per fer-ho, s'utilitzarà:

- 2 resistències de 300K Ω
- 4 resistències de 100K Ω
- 1 TL084⁸

On primer es farà una divisió entre 6 i després, se sumarà 1,6V.

El circuit electrònic queda de la següent manera:

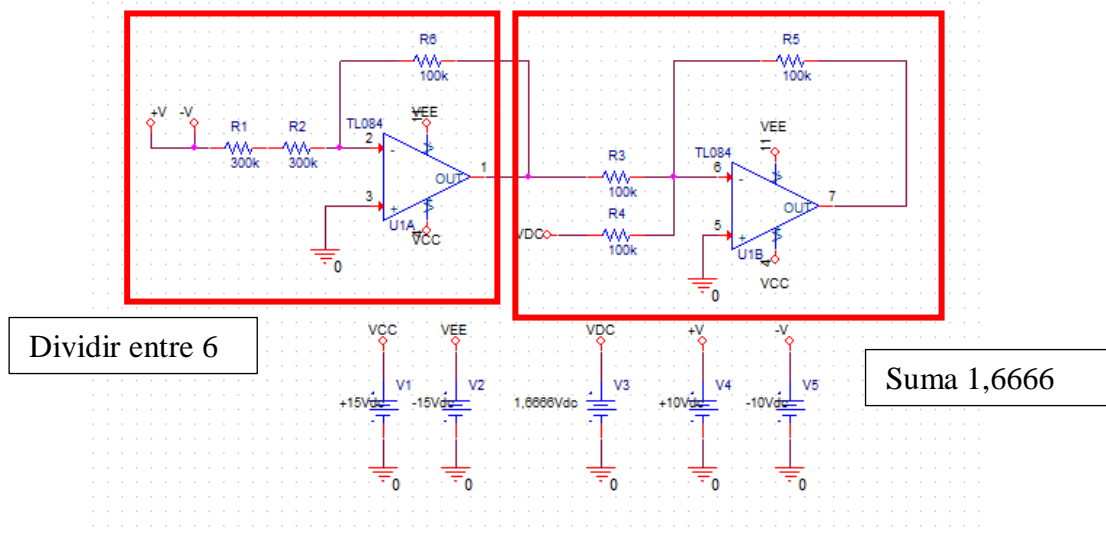


Figura 52. Condicionament del senyal fet per Orcad

Font: Elaboració pròpia

I a la pràctica real:

⁸Per més informació aneu al Annex I dels annexos.

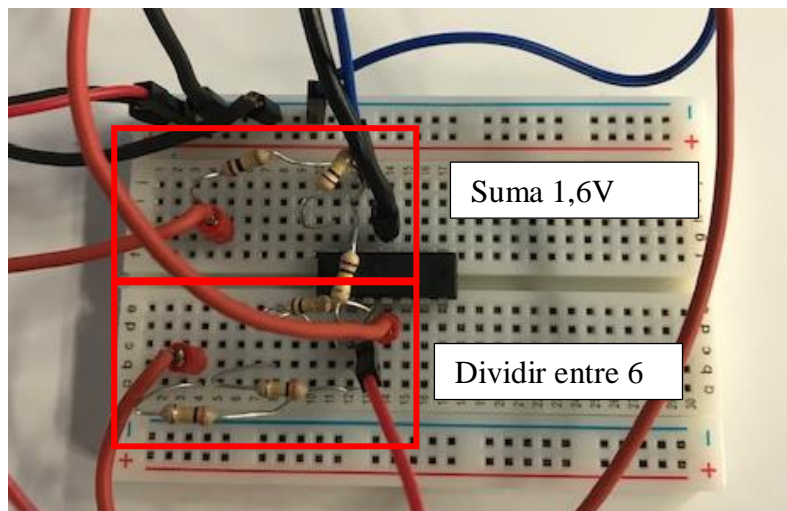


Figura 53. Condicionament del senyal real en protoboard

Font: Elaboració pròpia

8.2. Desenvolupament de l'aplicació RA.

Els passos que se seguiran són els següents:

1. Creació del marcador per Vuforia.
2. Configuració de l' Unity amb Realitat Augmentada i amb Vuforia.
3. Modelització de l'escena.
4. Configuració del servidor Firebase i de l' Unity amb el Firebase.
5. Codi conta rpm (revolucions per minut) i de la pujada de les dades al servidor.
6. Codi C# en l' Unity per a la comunicació amb el servidor.
7. Finalització de l' app de Realitat Augmentada.

8.2.1. Creació del marcador o target.

Per crear el marcador, s'utilitzarà la pàgina web de Vuforia Engine (<https://developer.vuforia.com>), on ens permetrà pujar el target que es vol utilitzar perquè el dispositiu ho reconegui i comenci a funcionar l'aplicació de Realitat Augmentada (app RA). Un cop es tingui penjada, es podrà baixar el marcador en format Unity per poder-ho configurar en l'aplicació d' Unity, que és on es desenvoluparà l' app RA. Tanmateix, en la mateixa pàgina web, es trobarà la llicència que s'haurà de posar en l' Unity perquè funcioni correctament amb Vuforia.

A continuació, es veuen tots els passos a seguir:

1- S'entra a la següent pàgina: <https://developer.vuforia.com>

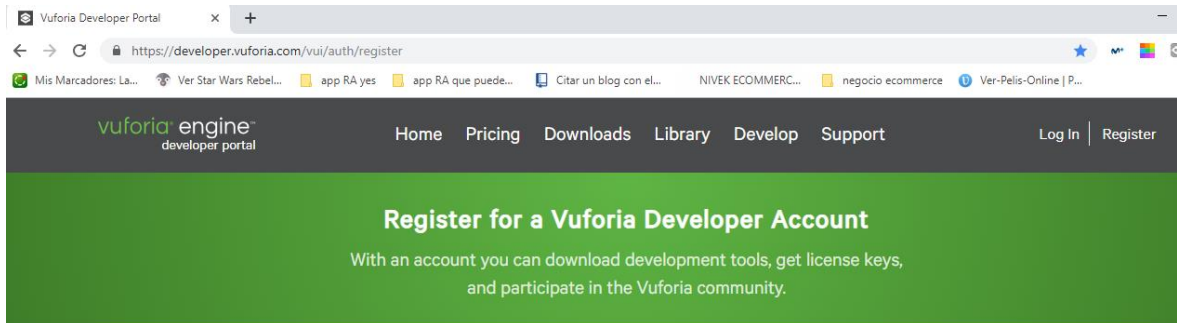


Figura 54. Pàgina web Vuforia Engine

Font: Elaboració pròpia

2- Un cop dintre de la pàgina, l'usuari s'ha de registrar i en fer-ho ja podrà anar on posa “Log In” i accedir amb les seves dades.

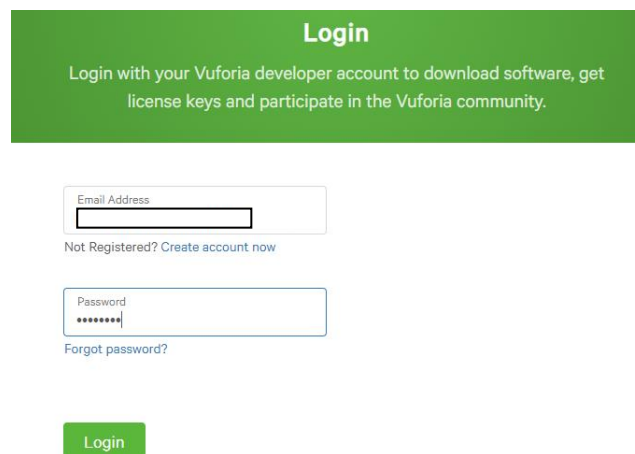


Figura 55. Login Vuforia

Font: Elaboració pròpia

3- Quan l'usuari estigui dintre, ha d'anar a l'apartat que posa “Develop” i allà clicar a “License Manager” i seguidament, a “Get Development Key” per tal de crear la seva llicència.

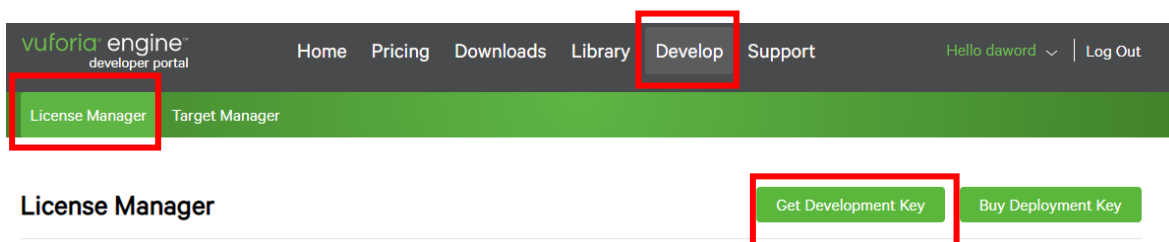


Figura 56. Obtenció de la llicència

Font: Elaboració pròpia

S'obrirà una finestra com la de la imatge i allà, ha de posar el nom que vulgui i marcar la casella en blanc per tal d'acceptar els termes i condicions de Vuforia. Un cop marcada, l'usuari ha de confirmar i ja tindrà la seva llicència.

[Back To License Manager](#)

Add a free Development License Key

License Name *
ra

License Key
Develop
Price: No Charge
Reco Usage: 1,000 per month
Cloud Targets: 1,000
VuMark Templates: 1 Active
VuMarks: 100

By checking this box, I acknowledge that this license key is subject to the terms and conditions of the [Vuforia Developer Agreement](#).

[Cancel](#) [Confirm](#)

Figura 57. Creació de la llicència

Font: Elaboració pròpia

Aquí es pot veure com ja està creada la llicència.

License Manager [Get Development Key](#) [Buy Deployment Key](#)

Create a license key for your application.

Search

Name	SSON ⓘ	Type	Status ▾	Date Modified
ra	N/A	Develop	Active	Apr 09, 2019

Figura 58. Llicència ja creada

Font: Elaboració pròpia

4- Ara el que es farà és crear el marcador o target per poder-ho posar a l' Unity. Per fer-ho, l'usuari ha d'anar a "Target Manager" al costat d'on posava "License Manager" i clicar a "Add Database".



Figura 59. Obtenció de la base de dades

Font: Elaboració pròpia

S'obrirà una nova finestra, on només caldrà posar el nom de la base de dades i on posa "Type", s'ha de deixar el que ve per defecte que en aquest cas és "Device" i clicar a "Create".

Create Database

Database Name *
 Motordefinitiu

Type:

Device
 Cloud
 VuMark

Cancel
Create

Figura 60. Creació de la base de dades

Font: Elaboració pròpia

Un cop creat la base de dades, en aquest cas Motordefinitiu, a la pàgina anterior apareixerà la base de dades com es pot veure a la imatge següent.

License Manager
Target Manager

Target Manager Add Database

Use the Target Manager to create and manage databases and targets.

Search

Database	Type	Targets	Date Modified
Motordefinitiu	Device	1	May 11, 2019


Figura 61. Base de dades ja creat


Font: Elaboració pròpia


Per continuar creant el target, s'ha de clicar dintre de la base de dades i allà, donar-li a "Add Target". S'obrirà una nova finestra, es selecciona el tipus que es vulgui que sigui el marcador, en aquest cas, és una imatge normal i per tant, se selecciona "Single Image". A continuació, es posarà la imatge dintre de la base de dades, aquesta, serà el marcador que el dispositiu reconegui amb la càmera. També, es ficarà la mida del marcador i el nom que es desitgi. Finalment, es farà clic a "Add" i s'afegirà el marcador a la base de dades.


Add Target

Type:


Single Image


Cuboid


Cylinder


3D Object

File:

motordefinitiu.jpg

Jpg or .png (max file 2mb)

Width:

Enter the width of your target in scene units. The size of the target should be on the same scale as your augmented virtual content. Vuuforia uses meters as the default unit scale. The target's height will be calculated when you upload your image.

Name:

Name must be unique to a database. When a target is detected in your application, this will be reported in the API.


<input type="checkbox"/>	Target Name	Type	Rating	Status	Date Modified
<input type="checkbox"/>	 motordefinitiu	Single Image	★★★★★	Active	May 11, 2019 20:56

Figura 62. Creació del marcador

Font: Elaboració pròpia

5- Un cop creat el marcador, es baixarà en format Unity per tal de posar-ho en el programa. Per fer-ho, se selecciona el target i es clica a “Download Database”.


<input type="checkbox"/>	Target Name	Type	Rating	Status	Date Modified
1 selected <input type="button" value="Delete"/>					
<input checked="" type="checkbox"/>	 motordefinitiu	Single Image	★★★★★	Active	May 11, 2019 20:56

Figura 63. Descarrega del marcador

Font: Elaboració pròpia

A continuació, s'obrirà una finestra, es selecciona l'opció del “Unity Editor”, donar-li a “Download” i es començarà a descarregar el fitxer. Ara si, ja es tindrà el marcador per posar-ho a l' Unity.

Download Database

1 of 1 active targets will be downloaded

Name:

Motordefinitiu

Select a development platform:

Android Studio, Xcode or Visual Studio

Unity Editor

Cancel

Download

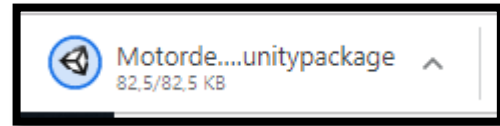


Figura 64. Opcions de descarrega del marcador

Font: Elaboració pròpia

Figura 65. Fitxer marcador Unity

Font: Elaboració pròpia

8.2.2. Configuració de l' Unity amb la Realitat Augmentada i amb Vuforia.

El que es farà ara, serà configurar l' Unity perquè funcioni la Realitat Augmentada amb la plataforma corresponent, sigui PC, Android o iOS. Amb les instal·lacions de les plataformes, s'instal·larà el Vuforia Engine directament dintre de l' Unity. Després, es configurarà l' Unity amb la càmera RA de Vuforia perquè funcioni correctament.

Per fer la configuració s'ha de seguir els següents passos:

- 1- A la pàgina de Vuforia Engine s'ha d'anar a "Downloads" i dintre d'aquest, a "SDK".

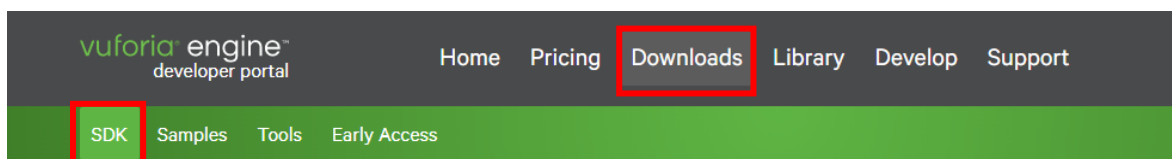


Figura 66. Baixada de les SDK de PC, Android i iOS

Font: Elaboració pròpia

Dintre del SDK, es trobaran les plataformes de PC, Android o iOS per descarregar-los i instal·lar-los.

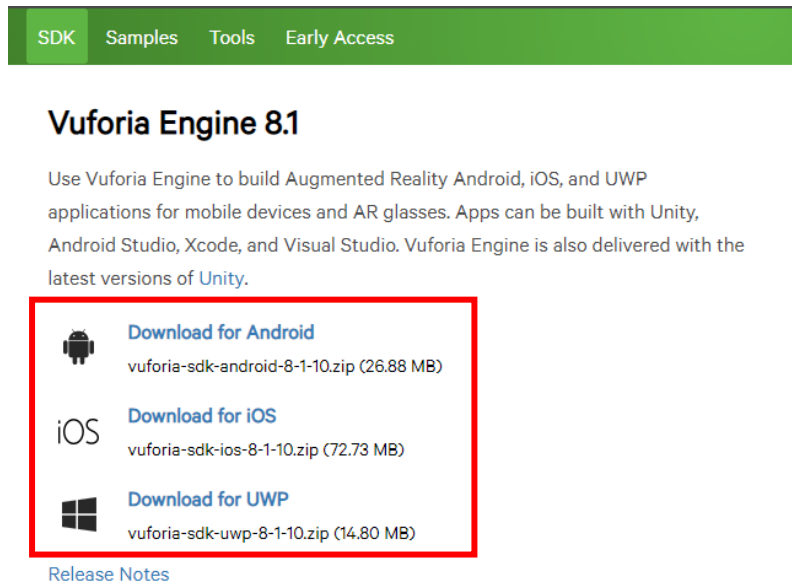


Figura 67. Instal·lació de les SDK

Font: Elaboració pròpia

2- Un cop s'ha instal·lat les plataformes de PC i Android, s'ha d'anar dintre del programa d'Unity, clicar a "File" i després, a "Build Settings".

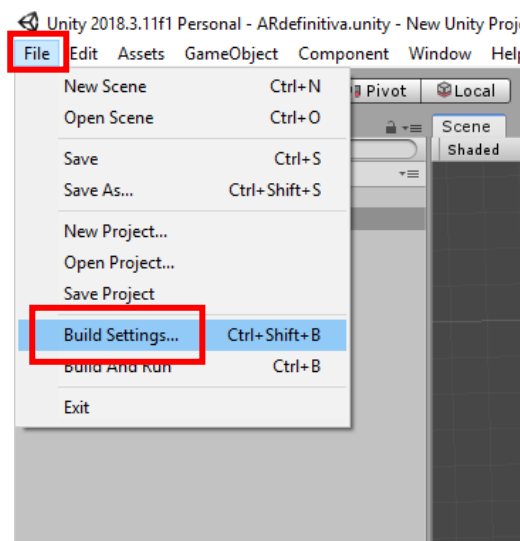


Figura 68. "File" > "Build Settings"

Font: Elaboració pròpia

3- Dintre de "Build Settings", es veurà que teniu instal·lades les plataformes PC i Android. Seleccionar la plataforma de PC i clicar a "Player Settings..." i immediatament, s'obrirà una finestra dintre del programa Unity.

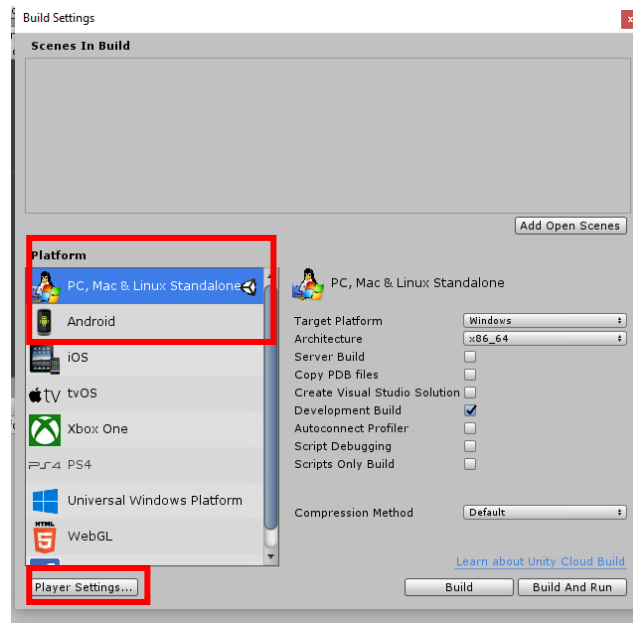


Figura 69. Finestra de “Build Settings”

Font: Elaboració pròpia

4- A la nova finestra de “Player Settings”, anar a XR Settings i seleccioneu l’opció de “Vuforia Augmented Reality”. I ara, ja es tindrà configurat l’ Unity amb la seva plataforma i amb RA.

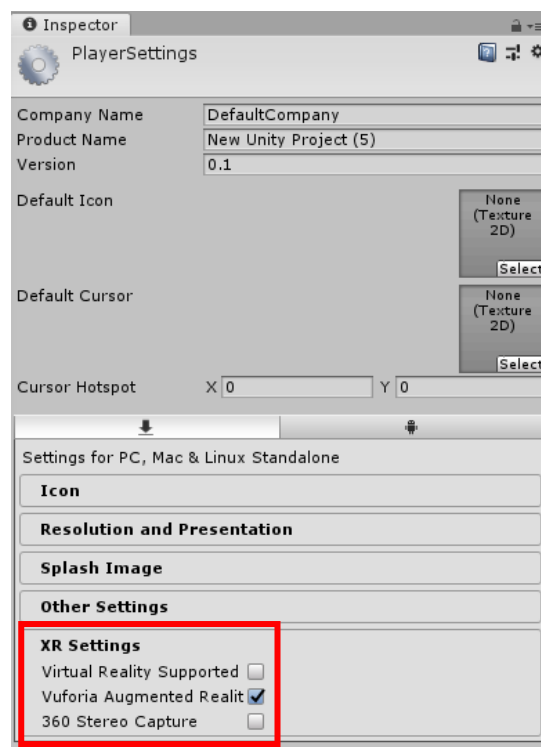


Figura 70. Finestra de “Player Settings”

Font: Elaboració pròpia

5- Per Android, seguir els mateixos passos.

6- Es pot veure si s'ha instal·lat correctament Vuforia Engine l' Unity, si en anar a "GameObject", es té el "Vuforia Engine", tal com es mostra a la figura 71.

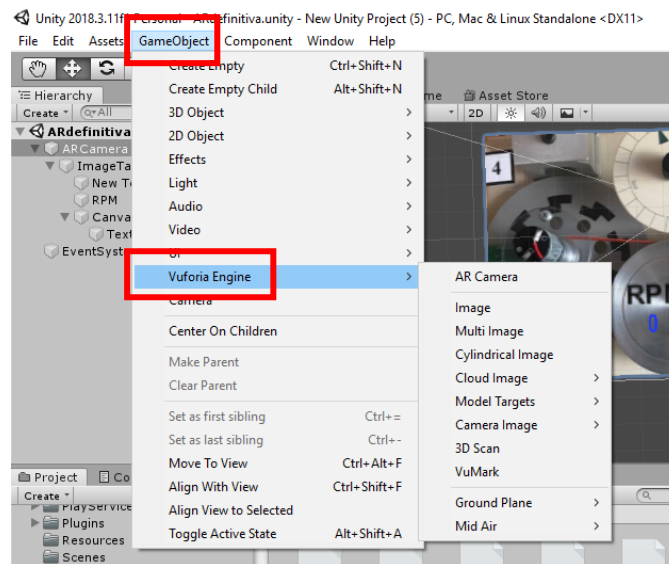


Figura 71. Finestra de "GameObject"

Font: Elaboració pròpia

Per configurar l' Unity amb la càmera RA de Vuforia i que aquesta funcioni correctament, només caldrà posar la llicència.

Per fer-ho, seguir els següents passos:

1- On s'havia creat la llicència, tornar al lloc i un cop dintre, s'ha de copiar.

License Manager > ra

ra Edit Name Delete License Key

License Key Usage

Please copy the license key below into your app

```
AVjer1j/////AAABmFPH3IjZy0cqpwiUmUyqwOwV2ckeTL5yBa3iNsfl1yq/8L6bk7eMMhDV7TDnhku4v3vx2rrWb+c/O
tuMgJ+JEDRhxYJD+oH6HH23RnLbF3R2u3cwY3mjsTzRxFUgk/hYUblWy49X2gh6yZrLuQVxpPgkR5mD8/CFReBYVwmcC
bkCrKSU90bACzercd2QmWAJgWKH1igbClPKw6Q4nEj151Qd97eJRFgk+tt+Gbt4uBxAHA7u2DQ8HCeaw/nqk2IqqOWAN
QyoUOceYtkErhcPlMbgkQvuwk/G1ABeg0EJXXA7DDwhyV/maHiRzZgcaAaEzB4h6HI45a0cfQdF1oiqV93DkiKNvApxm
ikP2FX18gbht
```

Plan Type: Develop
 Status: Active
 Created: Apr 09, 2019 15:11
 License UUID: 71e8733187c149d39bbe0842600b2858

Figura 72. Llicència de Vuforia

Font: Elaboració pròpia

2- Seguidament, anar al programa Unity, allà a la zona de “Hierarchy” eliminar tot i afegir la càmera RA.

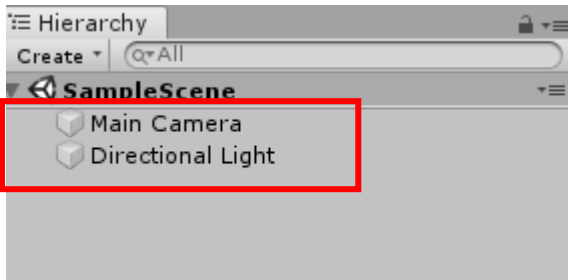


Figura 73. Finestra “Hierarchy” amb objectes

Font: Elaboració pròpia

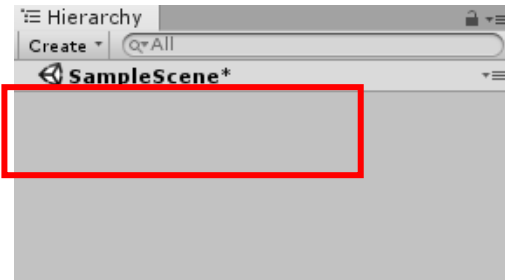


Figura 74. Finestra “Hierarchy” sense objectes

Font: Elaboració pròpia

3- Per afegir la càmera RA, anar a “GameObject”, “Vuforia Engine” i dintre d’aquest, seleccionar “AR Camera”.

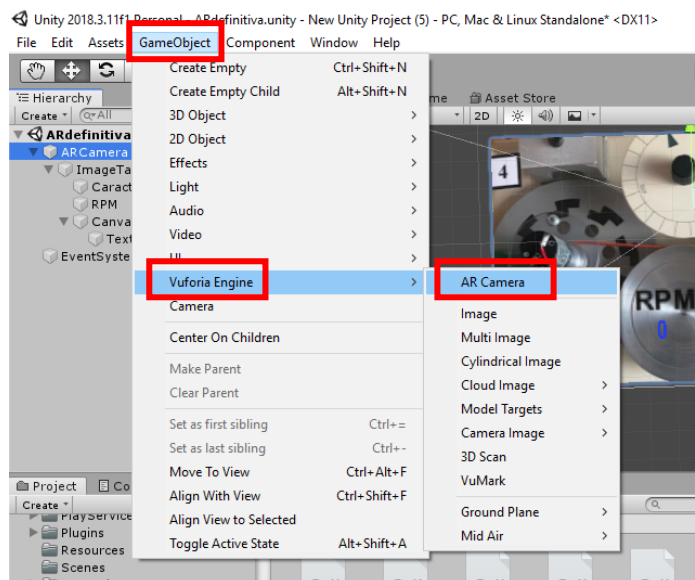


Figura 75. Creació de la càmera RA

Font: Elaboració pròpia

Com serà el primer cop que s'utilitzi, us demanarà importar els “assets” de Vuforia Engine per tal de poder utilitzar els objectes de Vuforia. Finalment, clicar en “Import”.

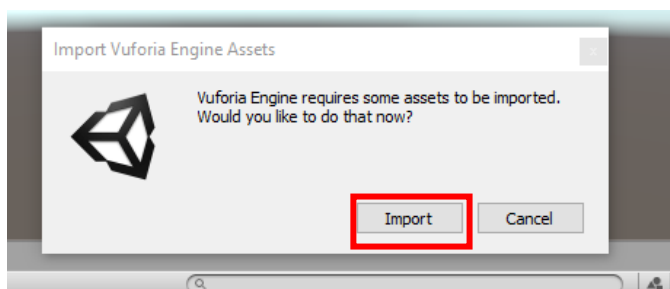
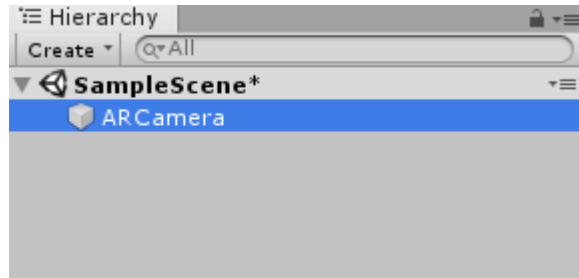
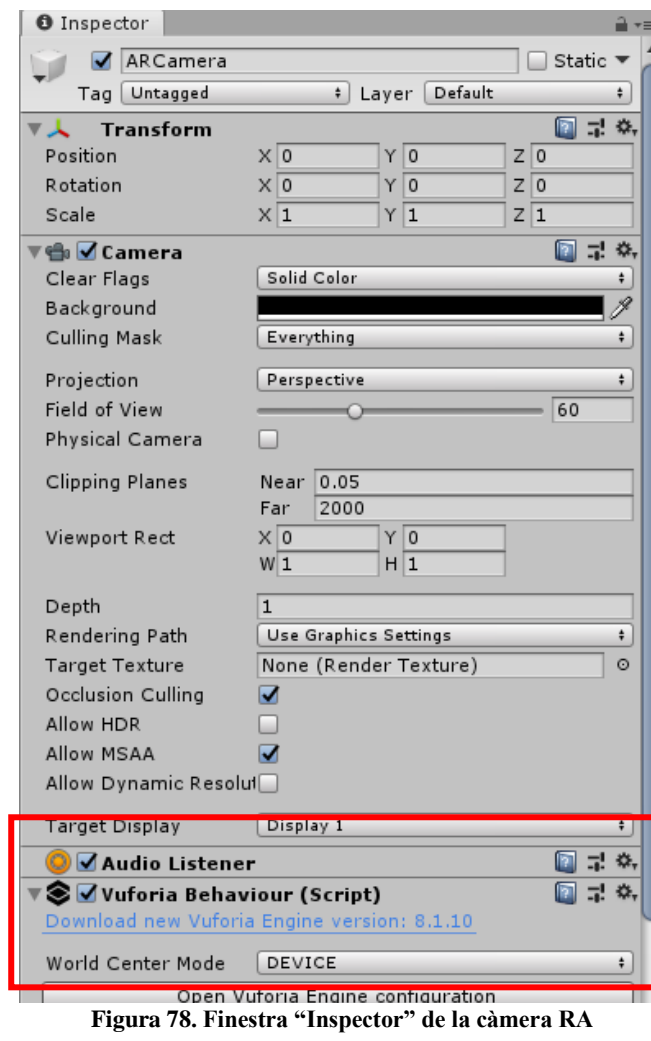


Figura 76. Importació de la llibreria Vuforia**Font: Elaboració pròpia**

I ja es tindrà la càmera RA disponible i afegida a “Hierarchy”.

**Figura 77. Finestra “Hierarchy” amb la càmera RA creada****Font: Elaboració pròpia**

4- Seleccionar “AR Camera” i a la finestra “Inspector”, a la dreta de tot d’Unity, buscar una finestra que digui “Vuforia Behaviour” i clicar a “Open Vuforia Engine Configuration”.

**Figura 78. Finestra “Inspector” de la càmera RA****Font: Elaboració pròpia**

5- Un cop s'ha clicat, aneu a “App License Key” i allà, enganxar la llicència que s'ha copiat abans de la pàgina de Vuforia i clicar a “Add License”.

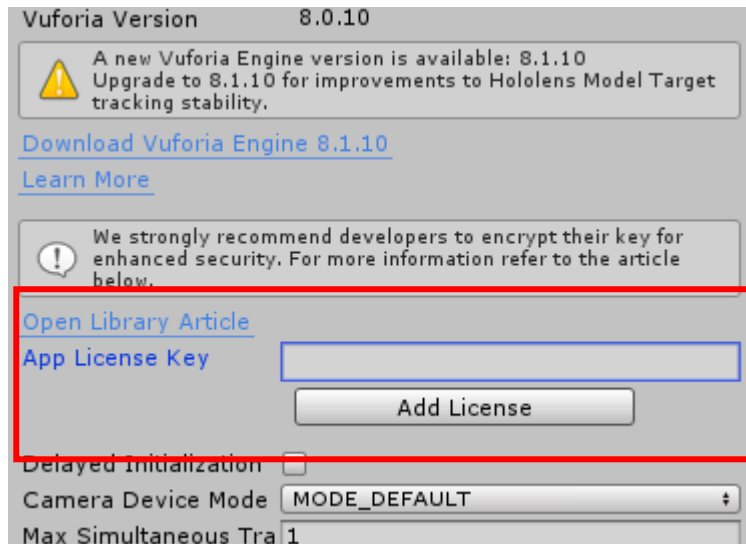


Figura 79. Afegir llicència de Vuforia

Font: Elaboració pròpia

Un cop configurat tot això, ja es pot començar a dissenyar l'experiència RA.

8.2.3. Modelització de l'escena.

Per ficar el marcador que s'ha creat en el pas 1 (creació del marcador o target), s'ha de seguir els següents passos:

1- Seleccionar “AR Camera”, seguidament amb el botó dret, anar a “GameObject”, “Vuforia Engine” i dintre d'aquest, clicar a “Image”.

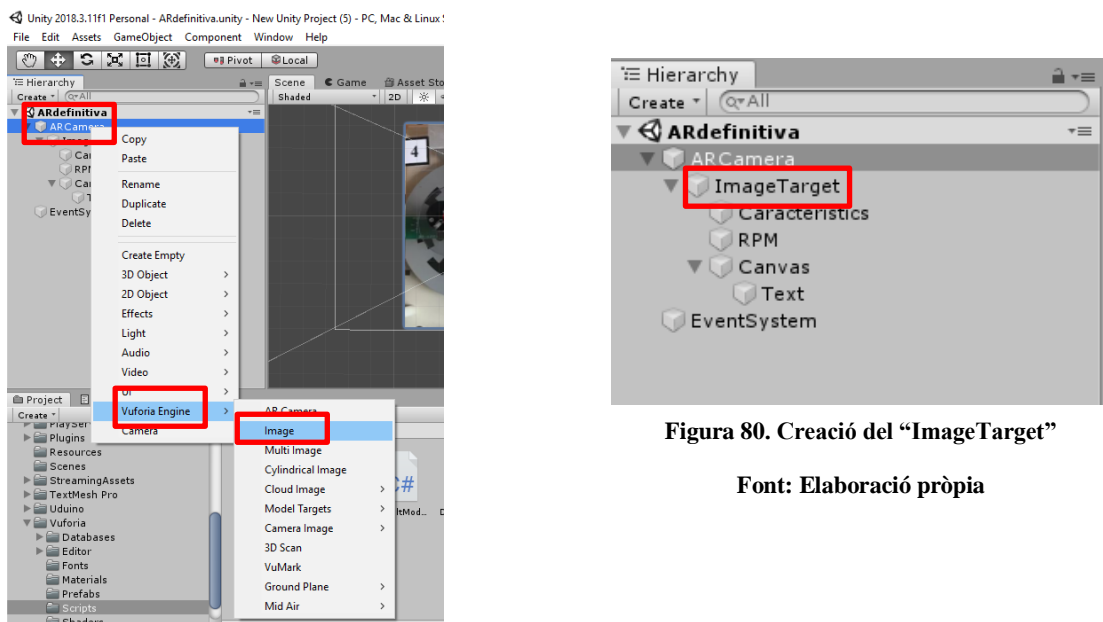


Figura 80. Creació del “ImageTarget”

Font: Elaboració pròpia

2- Un cop afegit com es pot veure a la figura 81 amb el nom de “ImageTarget”, seleccionar-ho i s’obrirà a la pantalla “Inspector” una finestra amb les configuracions que té aquesta “ImageTarget”. A on posa “Image Target Behaviour”, s’ha d’escollir la “Database” i després, la “Image Target”. Finalment, clicar a “Add Target”.

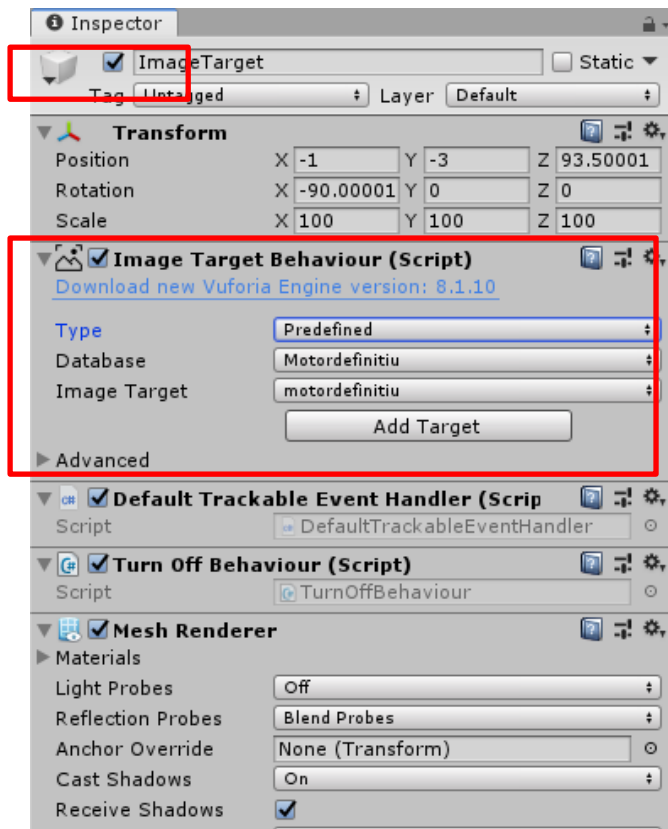
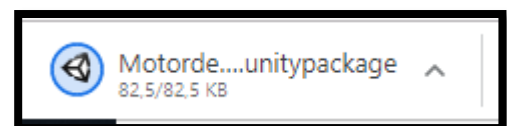


Figura 81. Finestra “Inspector” del “ImageTarget”

Font: Elaboració pròpia

Per poder escollir la base de dades i el marcador, s’ha d’importar un cop s’ha obert el Unity, l’arxiu que es va descarregar en el pas 1. Sinó no el trobarà.



3- Ara ja tindràs el vostre marcador a la finestra “Scene”. A continuació, si es clica a “AR Camera”, es pot observar la “Camera PreView”, que és la que farà de guia per ficar el marcador del motor dintre de la perspectiva de la càmera i d’aquesta manera, pugui detectar el target correctament i sense problemes. Ha de quedar de la següent manera:

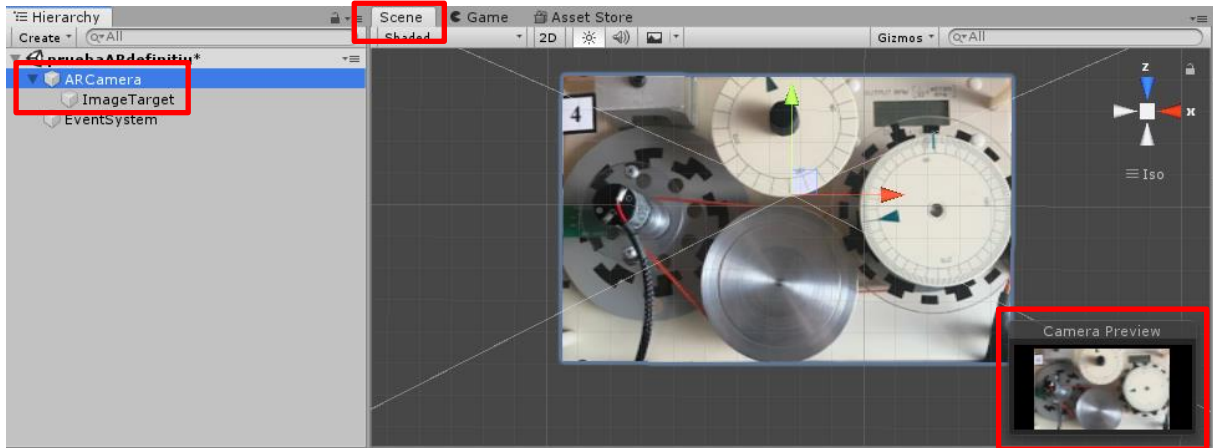


Figura 82. Modelització de l'escena amb Unity

Font: Elaboració pròpia

4- Un cop es tingui la imatge fixada amb la càmera, ja es pot ficar qualsevol cosa a sobre del marcador perquè així, quan el detecti, en el dispositiu aparegui el que s'hagi ficat. En aquest cas, s'ha creat dos textos tipus "3D Text", un amb el nom de "Característics" que contindrà la fitxa tècnica o de característiques i un altre que es diu "RPM" que farà de títol pel compte revolucions. I per una altra banda, es crearà un altre objecte tipus "Text" que és on es veuran les rpm (revolucions per minut) del motor.

- Per crear el tipus "3D Text": seleccionar "ImageTarget", fer clic el botó dret, anar a "3D Object" i dintre d'aquest, clicar a "3D Text".

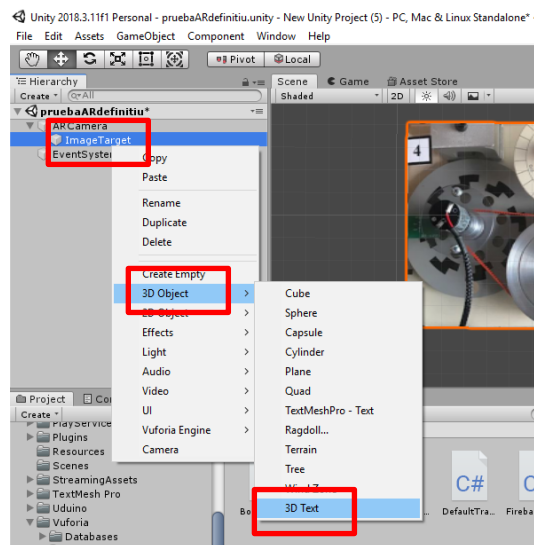


Figura 83. Creació del text en 3D per la fitxa tècnica

Font: Elaboració pròpia

- Per crear el tipus “Text”: seleccionar “ImageTarget”, fer botó dret, anar a “UI” i dintre d’aquest, clicar “Text”.

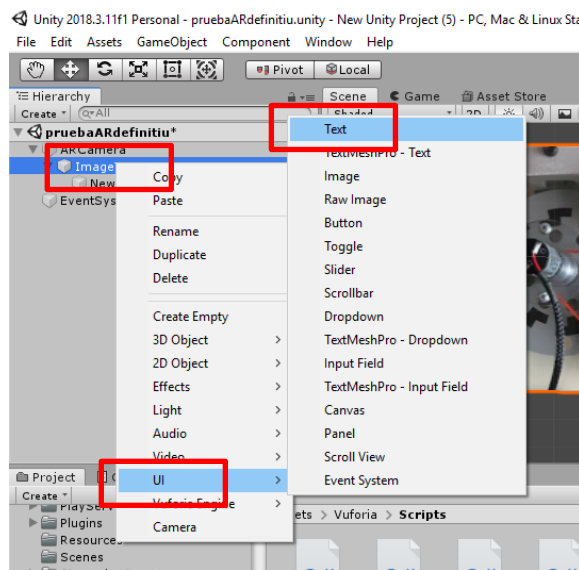


Figura 84. Creació del text per les rpm

Font: Elaboració pròpia

5- De manera que quedi d'aquesta forma:

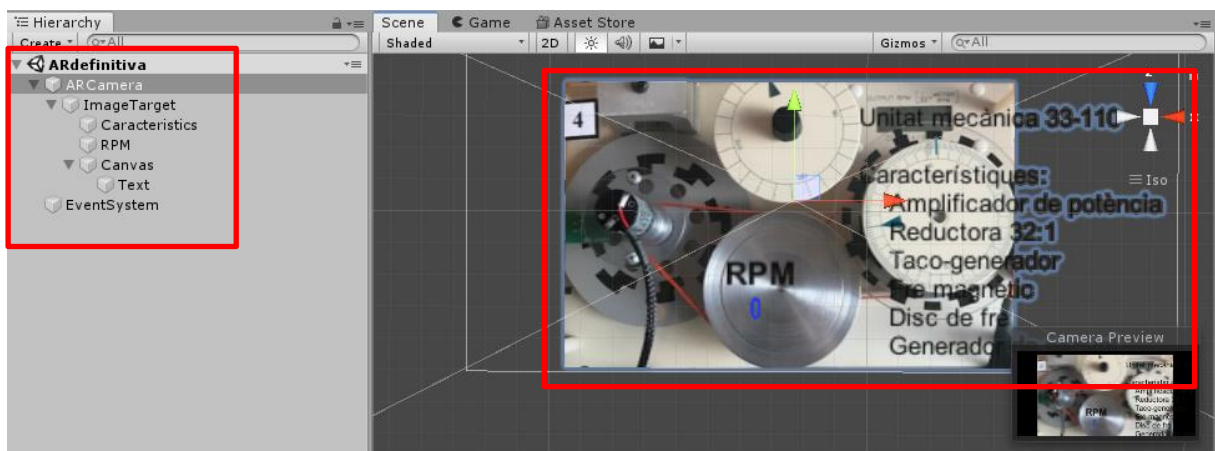


Figura 85. Resultat de la modelització de l'escena

Font: Elaboració pròpia

6- Per veure que s'ha enfocat correctament el marcador i els seus objectes, s'ha d'anar a la pantalla de “Game” i veure que es vegi la fitxa de característiques i les revolucions per minut en les que girarà el motor, tal com s'ha dissenyat en el mode “Scene”.

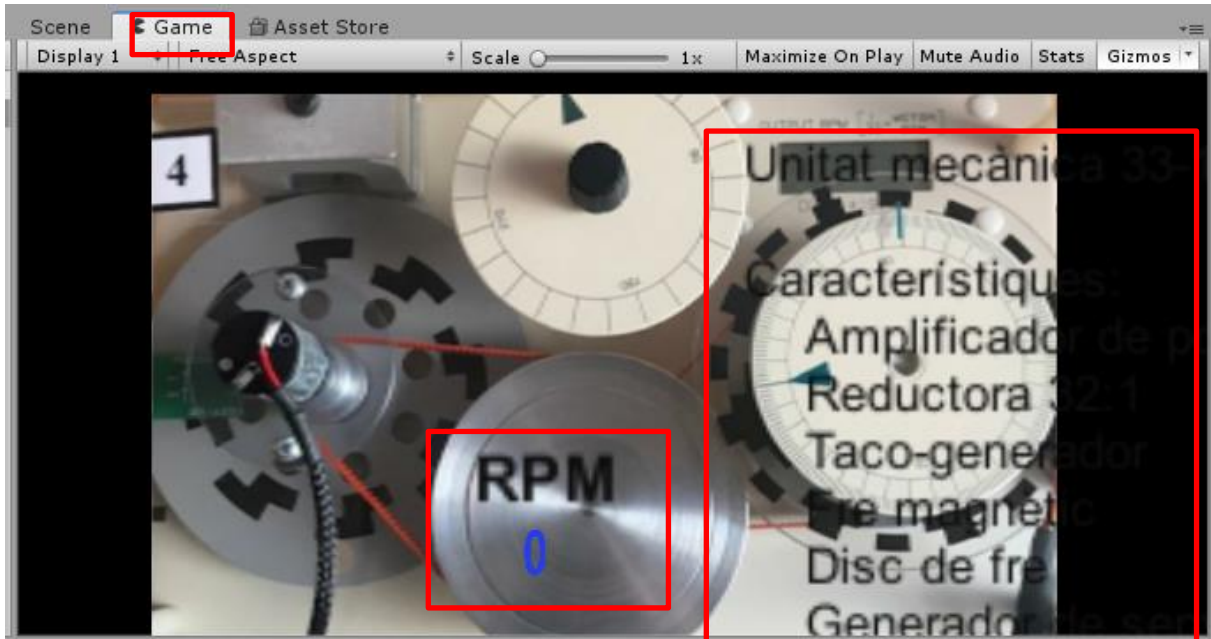


Figura 86. Visualització en mode joc en Unity

Font: Elaboració pròpia

8.2.4. Configuració del servidor Firebase i de l' Unity amb el Firebase.

En aquest pas, s'explicarà com crear la base de dades en el servidor Firebase i com instal·lar-la perquè funcioni en l' Unity.

1- Entrar a la següent pàgina: <https://firebase.google.com/> i anar a "Comenzar".

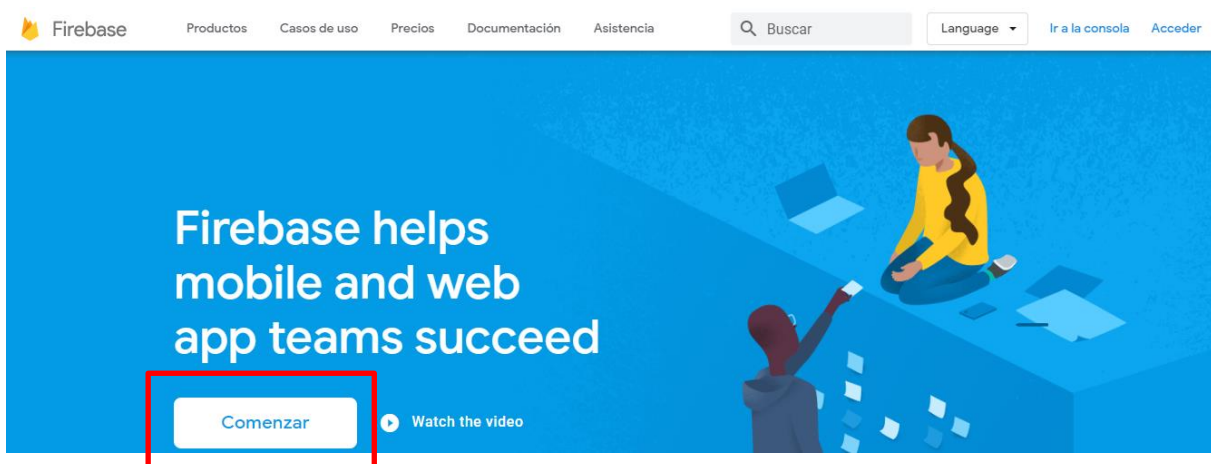


Figura 87. Pàgina web del servidor Firebase

Font: Elaboració pròpia

2- Un cop dintre, clicar a "Añadir proyecto". Posar un nom, acceptar les condicions i clicar a "Crear proyecto".

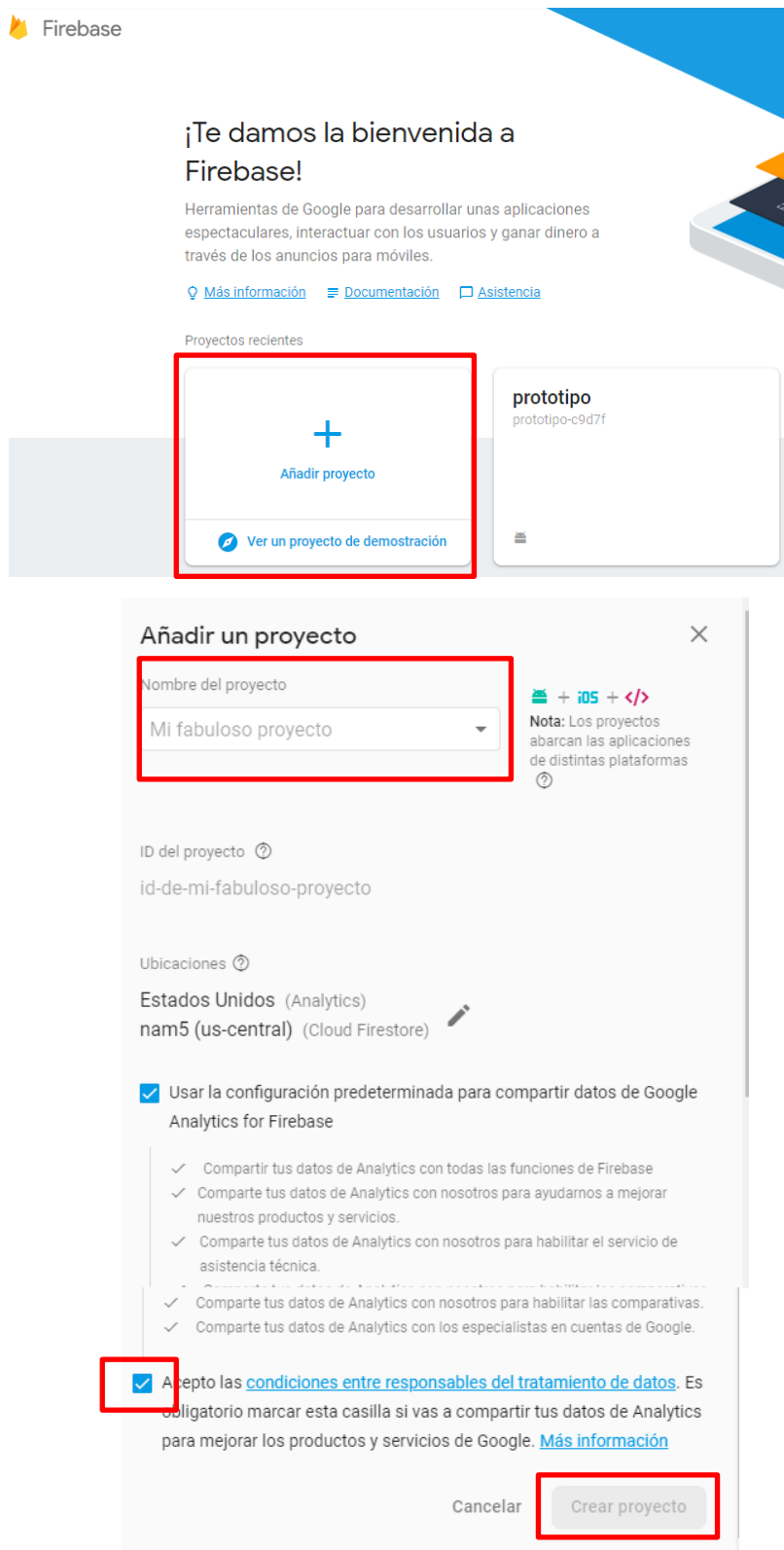


Figura 88. Creació del projecte en el servidor

Font: Elaboració pròpia

3- Apareixerà una finestra com la de la figura 89, que és on es podrà controlar i es tindrà tota la configuració del servidor que s'ha creat.

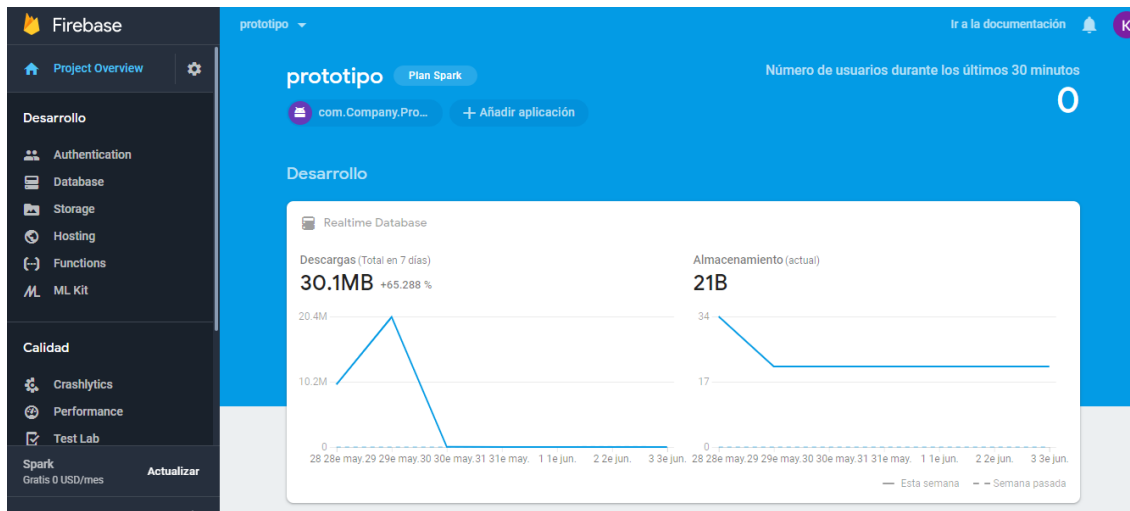


Figura 89. Pàgina principal de Firebase

Font: Elaboració pròpia

4- Un cop s'estigui a la finestra anterior, anar a "Database" i després, clicar a "Crear base de datos".

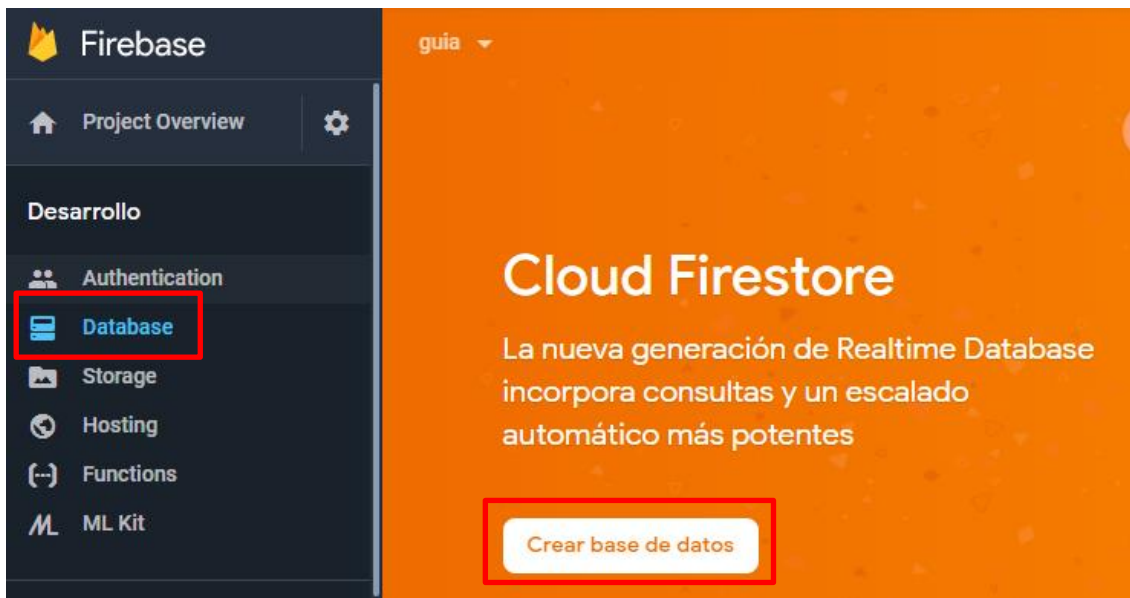


Figura 90. Creació de la base de dades en el servidor

Font: Elaboració pròpia

S'obrirà una nova finestra de "Reglas de Seguridad de Cloud Firestore", allà seleccionar l'opció de "Empezar con el modo de prueba" i clicar en "Habilitar".



Figura 91. Configuració de la creació de la base de dades

Font: Elaboració pròpia

5- Un cop s'ha posat "Habilitar", anar a una nova finestra com la de la figura 92, allà on posa "Cloud Firestore" clicar i apareixerà dues opcions, seleccionar la de "Realtime Database" que permetrà agafar les dades en temps real.

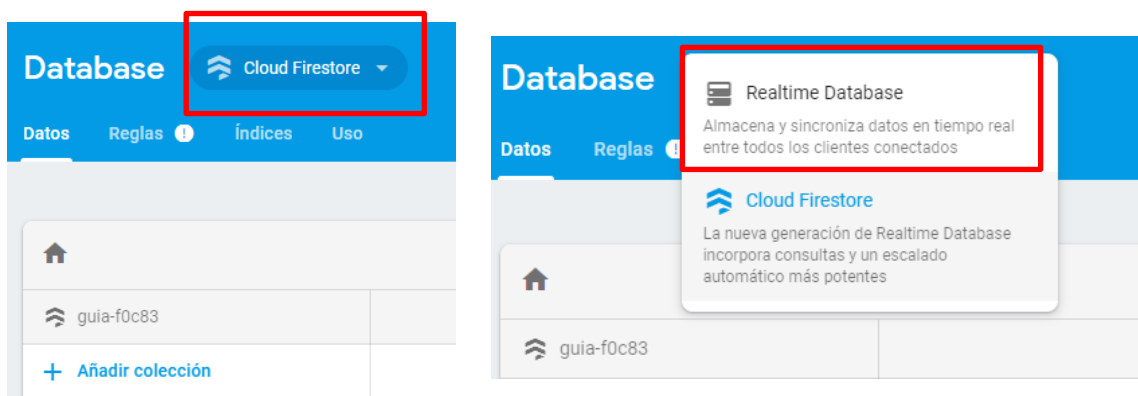


Figura 92. Selecció de la base de dades en temps real

Font: Elaboració pròpia

6- Només quedarà fixar les variables pel codi i ja estarà. Per fer-ho, fer clic a sobre del nom del projecte "prototipo-c9d7f" i afegir en aquest cas, "RPM" i a sota, "Value" que és on agafarà els valors dels rpm.

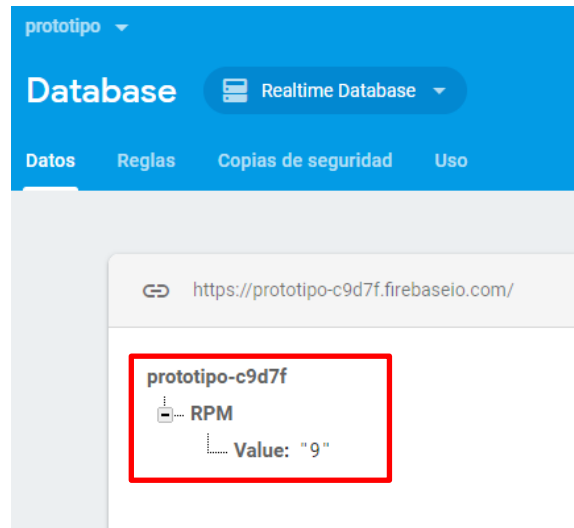


Figura 93. Configuració de les variables en el servidor

Font: Elaboració pròpia

Ara que ja es té configurat la rebuda de dades, es configurarà el servidor Firebase amb l' Unity perquè Unity pugui rebre les dades de Firebase. Per fer-ho, s'ha de seguir aquests passos:

1- Entrar a la següent pàgina: <https://firebase.google.com/docs/database/unity/start?hl=es-419>. Un cop dintre, anar a l'enllaç per descarregar el fitxer SDK de Firebase Unity.

Antes de comenzar

Sigue estos pasos para usar [Realtime Database](#):

- Registra tu proyecto de Unity y configúralo para usar Firebase.
 - Si tu proyecto de Unity ya usa Firebase, significa que ya está registrado y configurado para Firebase.
 - Si aún no tienes un proyecto de Unity, puedes descargar una [app de muestra](#).
- Agrega el [SDK de Firebase Unity](#) (en específico, `FirebaseDatabase.unitypackage`) al proyecto de Unity.

Figura 94. Descarrega de la SDK de Firebase Unity

Font: Elaboració pròpia

2- Es començarà a descarregar l'arxiu i un cop descarregat, s'ha d'obrir i buscar el fitxer amb el nom de "FirebaseDatabase.unitypackage" que es troba dintre del zip descarregat.

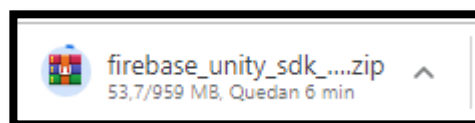


Figura 95. Fitxer Firebase Unity

Font: Elaboració pròpia

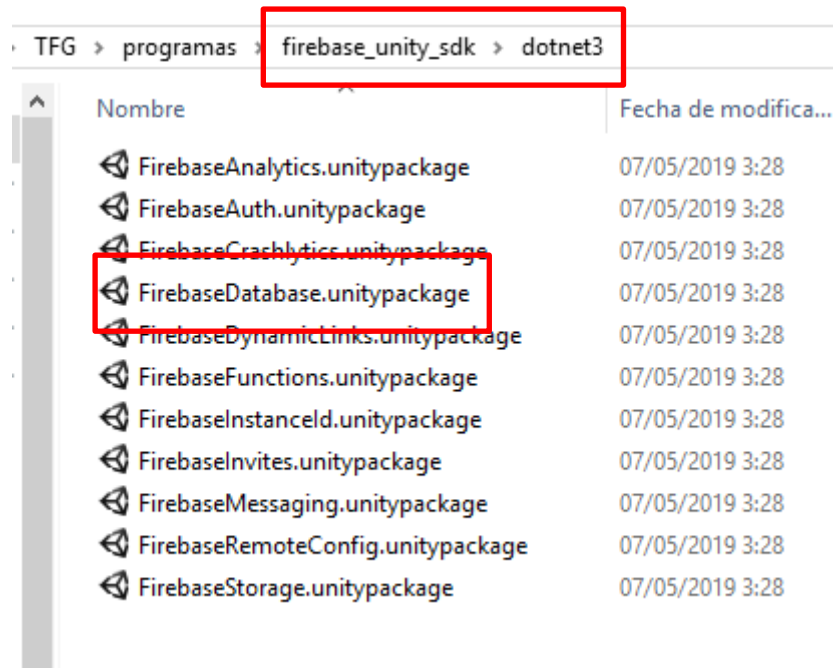


Figura 96. Fitxer de “FirebaseDatabase” Unity per obrir

Font: Elaboració pròpia

3- Amb l' Unity obert, s'ha d'importar el fitxer que és només fent doble clic al paquet que s'ha dit anteriorment de “FirebaseDatabase”.

Amb això, ja anirà les funcions de Firebase per fer el codi, però si es vol fer funcionar l'aplicació, encara no està configurat perquè s'ha d'afegir el projecte al servidor. Això, es fa de la següent manera:

1- A la pàgina principal del servidor, en “Project Overview”, clicar sobre el logo d'Unity.

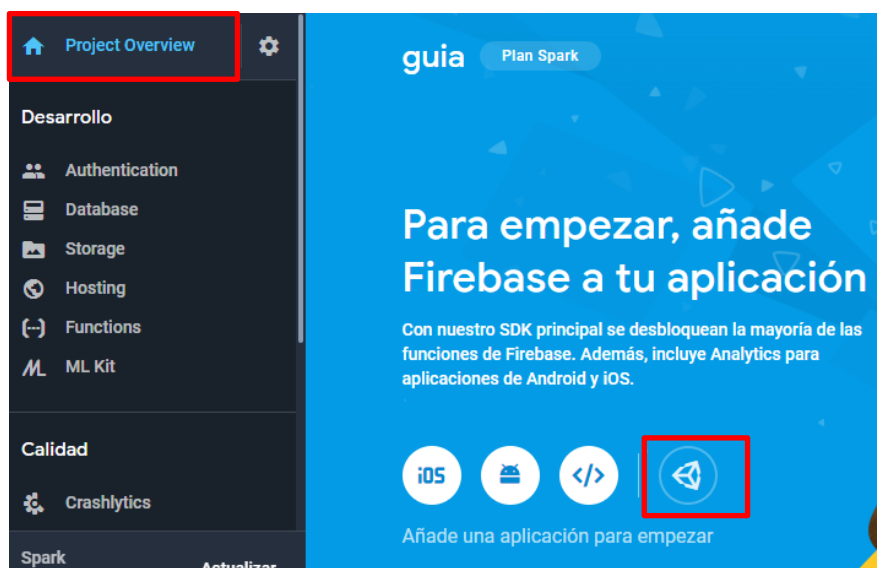


Figura 97. Creació de l'aplicació per Unity

Font: Elaboració pròpia

2- Seleccionar l'opció de “Register as Android App”, ja que es vol ficar l'aplicació en un mòbil Android i en el camp que posa “Nombre del paquete de Android” s'ha de ficar el mateix nom del projecte que es té posat en l'Unity.

Per trobar-ho s'ha d'anar a: **Unity > File > Build Settings > Android > Player Settings > Other Settings > Identification.**

Finalment, donar-li a “Registrar aplicación”.

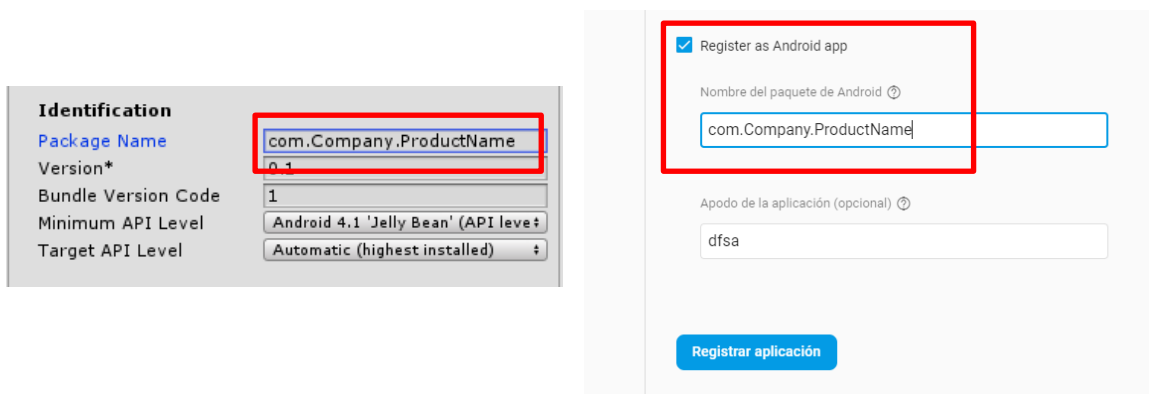


Figura 98. Configuració per Android des del servidor

Font: Elaboració pròpia

3- Un cop s'ha registrat, es descarrega el fitxer google-services.json i es fica a la carpeta “Assets” on s'ha guardat l'aplicació. En aquest cas, **herramientas RA > New Unity Project (5) > Assets**.

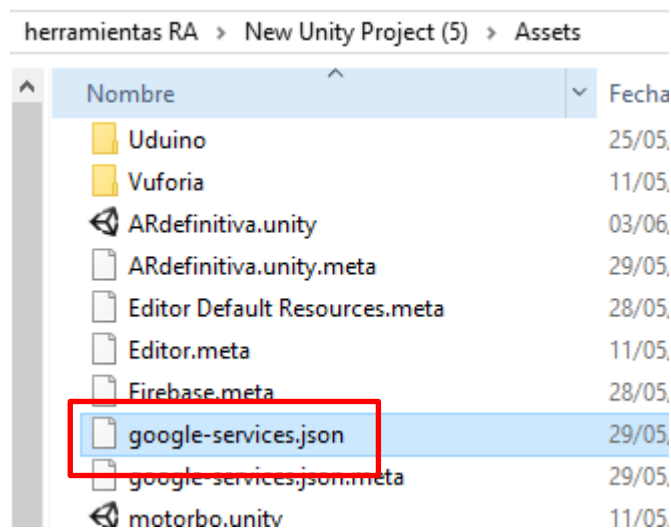


Figura 99. Assets > google-services.json

Font: Elaboració pròpia

4- El pas següent es pot passar sense problemes perquè ja està fet.

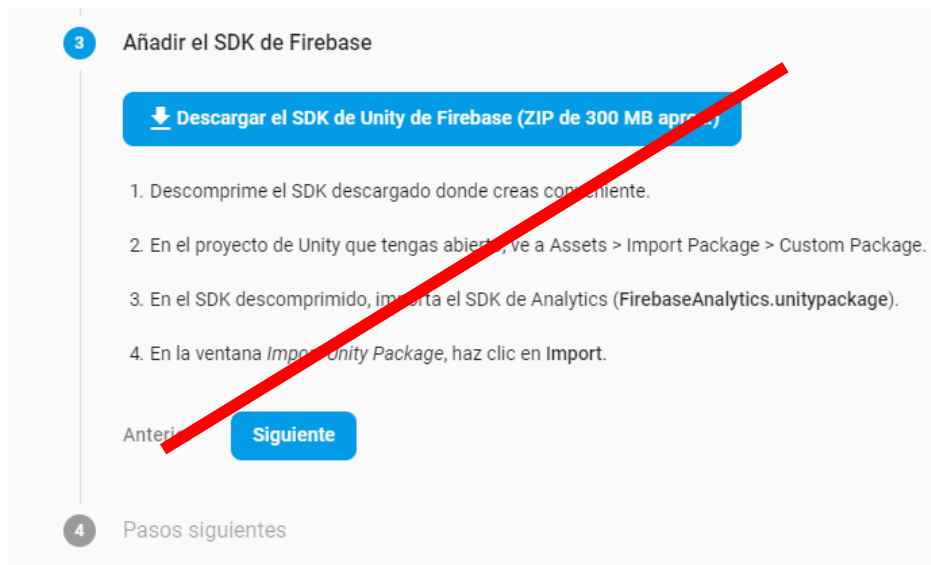


Figura 100. Afegir SDK de Firebase

Font: Elaboració pròpia

5- Per últim, anar a la consola i ja es tindrà l'aplicació configurada.

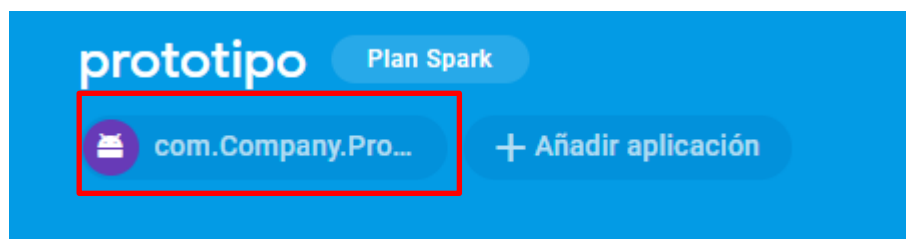


Figura 101. Aplicació en Firebase ja creada

Font: Elaboració pròpia

Ara sí, està tot preparat per utilitzar el servidor Firebase a l' Unity.

8.2.5. Codi conta rpm (revoluciones per minut) i de la pujada de les dades al servidor.

En aquest codi, hi podeu veure la programació de la pujada de les dades al servidor Firebase i del compte revolucions.

Perquè funcioni el servidor Firebase amb l'Arduino, el que s'ha fet simplement, és baixar la llibreria de Firebase i posar-la a les llibreries d'Arduino perquè reconeguéss les funcions que s'anava a utilitzar.

```

#include <ESP8266WiFi.h>
#include <FirebaseArduino.h>
#include <ESP8266HTTPClient.h>
#include <FirebaseHttpClient.h>

// Set these to run example.
#define FIREBASE_HOST "prototipo-c9d7f.firebaseio.com"
#define FIREBASE_AUTH "kqkPejg6arvYBvN3XfkO7G8rrWtAnwrdSnCiyDXX"
#define WIFI_SSID "TCM Docencia"
#define WIFI_PASSWORD "Rt56Ms87"

String myString;
float myRPM = 0;
const float bat = A0;
float adata = 0;
float RPM = 0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(bat, INPUT);
  // connect to wifi.
  WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);

  Serial.print("connecting");
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    Serial.print(".");
    delay(500);
  }
  Serial.println();
  Serial.print("connected: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());

  Firebase.begin(FIREBASE_HOST, FIREBASE_AUTH);
}

void loop()
{
  adata = analogRead(bat);
  myRPM = (adata - 2048)/204.8;
  RPM = myRPM * (1/0.0027);
  myString = String(RPM);
  Firebase.setString("RPM/Value", myString);
  Serial.println(myString);
  delayMicroseconds(50);
}

```

Figura 102. Codi Arduino

Font: Elaboració pròpia

8.2.6. Codi C# en l' Unity per a la comunicació amb el servidor.

Per crear el codi C#, seguir els següents passos (el del prototip ja està creat amb el nom de “FirebaseV2”):

1- Un cop s'estigui dintre de l' Unity, anar a la finestra de “Project”, dintre buscar: **Assets > Vuforia > Scripts** tal com es mostra a la figura 103, on hi haurà exemples de fitxers de programació.

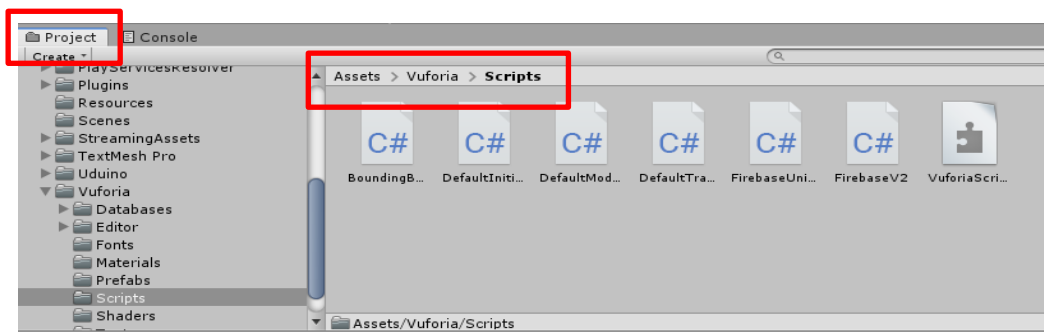


Figura 103. Localització dels fitxers de programació

Font: Elaboració pròpia

2- El següent pas, és crear el fitxer C#, per això anar a: **Botó dret dintre on estan els arxius C# > Create > C# Script**.

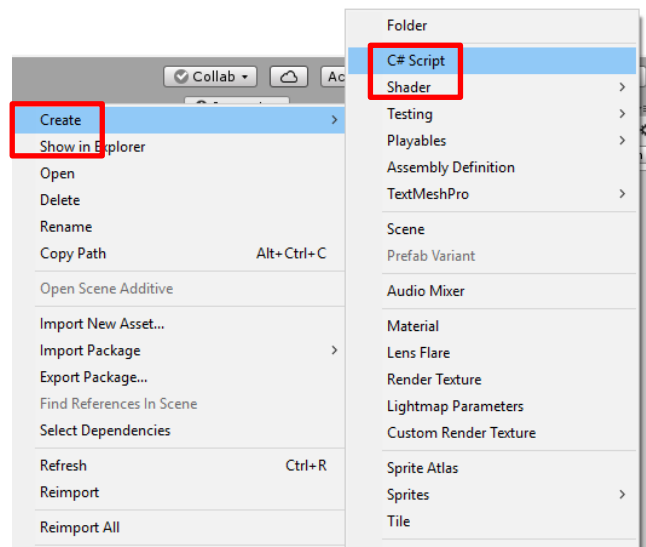


Figura 104. Creació d'un script en Unity

Font: Elaboració pròpia

3- Escriure el codi dintre d'aquest fitxer creat, el del projecte és el següent:

```

namespace FirebaseTest
{
    #region Dependencies
    using Firebase;
    using Firebase.Database;
    using Firebase.Unity.Editor;
    using UnityEngine;
    using UnityEngine.UI;
    #endregion

    public class FirebaseV2 : MonoBehaviour
    {
        [SerializeField] private Text _RPMText;
        private int _RPM = 0;

        private void Update()
        {
            _RPMText.text = _RPM.ToString("N0");
        }

        private DatabaseReference _counterRef;

        private void Awake()
        {
            FirebaseApp.DefaultInstance.SetEditorDatabaseUrl(
                "https://prototipo-c9d7f.firebaseio.com/");

            _counterRef =
                FirebaseDatabase.DefaultInstance.GetReference("RPM/Value");

            _counterRef.ValueChanged += OnCountUpdated;
        }

        private void OnCountUpdated(object sender, ValueChangedEventArgs e)
        {
            if (e.DatabaseError != null)
            {
                Debug.LogError(e.DatabaseError.Message);
                return;
            }

            if (e.Snapshot == null || e.Snapshot.Value == null) _RPM = 0;
            else _RPM = int.Parse(e.Snapshot.Value.ToString());
        }
    }
}

```

Figura 105. Codi per agafar dades del servidor en Unity

Font: Elaboració pròpia

4- Un cop es tingui acabat, anar a l'objecte de tipus "Text" i arrossegar el fitxer C# (FirebaseV2) que s'ha creat dintre de la finestra "Inspector", de manera que quedi així:

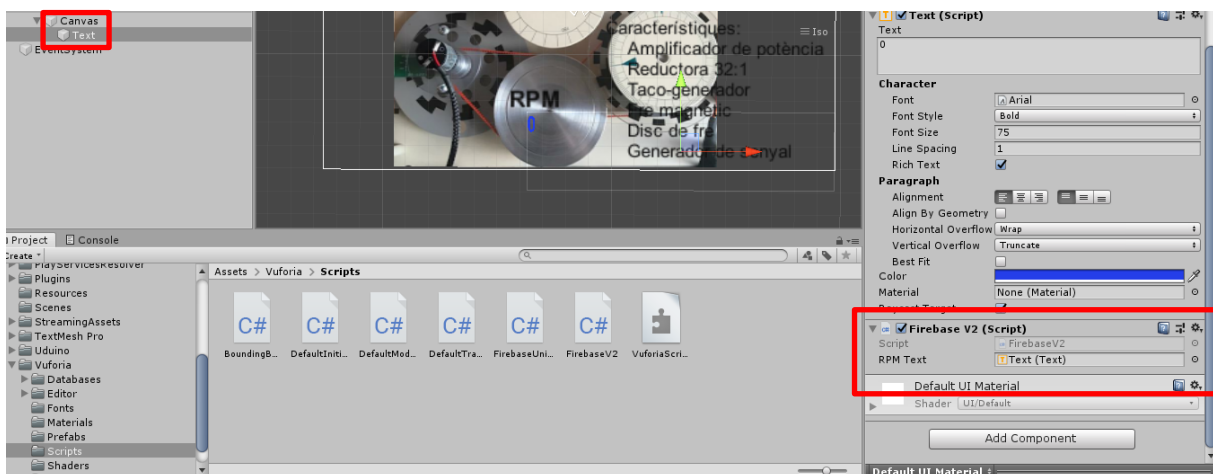


Figura 106. Arrossegar el script creat, a l'objecte text

Font: Elaboració pròpia

5- Finalment, a la nova finestra de “FirebaseV2 (Script)”, on posa “RPM Text”, clicar el cercle de la dreta i seleccionar “Text”. Això, serveix per saber quin és el text on s’ha de posar els rpm que anirà llegint del servidor.

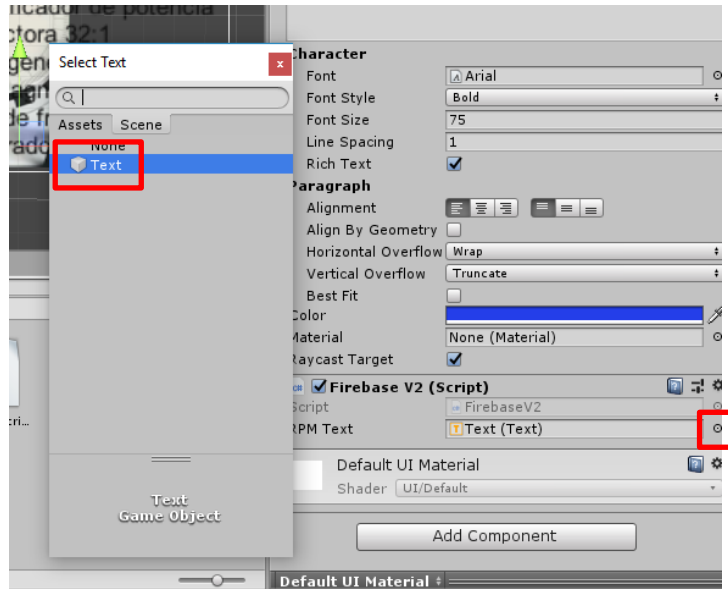


Figura 107. Posar en el objecte text les dades del servidor a partir del script creat

Font: Elaboració pròpia

Ara, ja estarà tot preparat per llegir els rpm en temps real i que un cop el dispositiu detecti el marcador, comenci a comptar les revolucions per minut en el text que se li ha dit.

En el cas del prototip, el text que se li ha ficat ha sigut un zero de color blau, com es pot veure a la figura 108:



Figura 108. Resultat del text que porta el codi C# dintre

Font: Elaboració pròpia

8.2.7. Finalització de l'aplicació de RA.

Per finalitzar l'aplicació, el que es farà serà provar-la primer en el PC per veure el resultat obtingut i finalment, es descarregarà l'aplicació per Android, per així tenir-ho en el dispositiu i que sigui més fàcil de portar que no en l'ordinador.

1- En l' Unity, en el centre del programa hi ha uns botons de “play”, pausa o següent. Si es clica en el botó de “play”, apareixerà la càmera de l'ordinador i es podrà fer la visualització de com quedaria un cop s'enfoqui en el marcador.



Figura 109. Mode “PLAY”

Font: Elaboració pròpia

2- Un cop s'ha clicat, s'apropa el marcador a la càmera i com es veu a la següent figura, es pot veure la fitxa tècnica i les revolucions per minut en temps real.



Figura 110. RA de la fitxa tècnica del motor d'aplicació RA a través de Unity

Font: Elaboració pròpia

Un cop s'hi ha vist que funciona correctament, es passa a descarregar l'aplicació .apk per Android, per fer-ho, s'ha de seguir aquests passos:

1- Anar a: **File > Build Settings**. Un cop a la finestra de “Build Settings”, clicar a “Add Open Scenes” i seleccionar l'escena que s'ha creat.



Figura 111. Selecció de l'escena

Font: Elaboració pròpia

2- Seleccionar l'opció d'Android, clicar a “Switch Platform” i apareixerà la icona d'Unity al costat de la plataforma Android com s'observa a la figura 112.

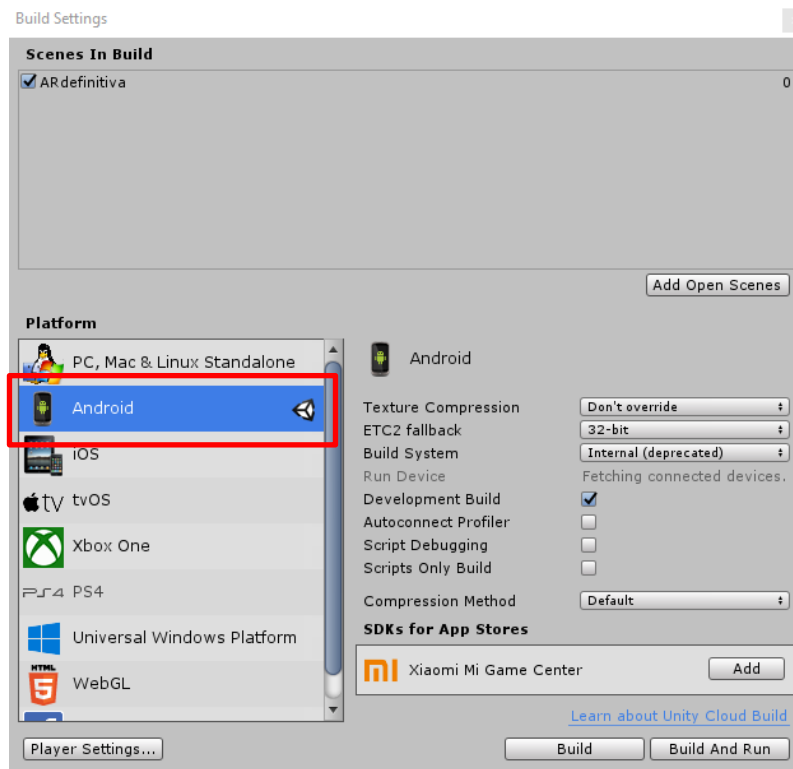


Figura 112. Selecció de la plataforma

Font: Elaboració pròpia

3- On posa “Build System”, seleccionar l’opció de “Internal” i marcar la casella de “Development Build”.

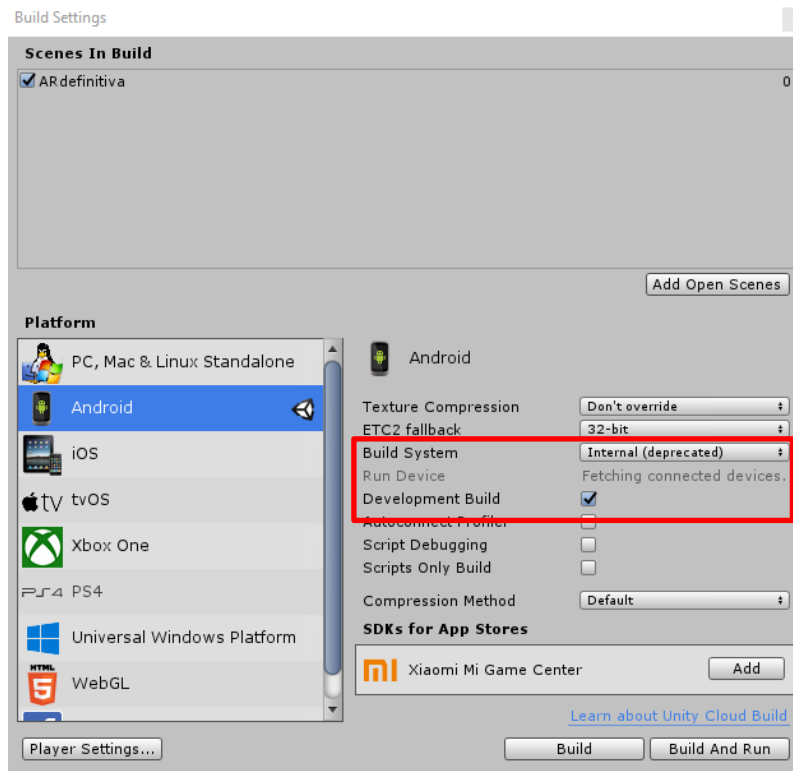


Figura 113. Configuració de l’aplicació

Font: Elaboració pròpia

4- Dintre de “Player Settings”, mirar si es té igual el següent:

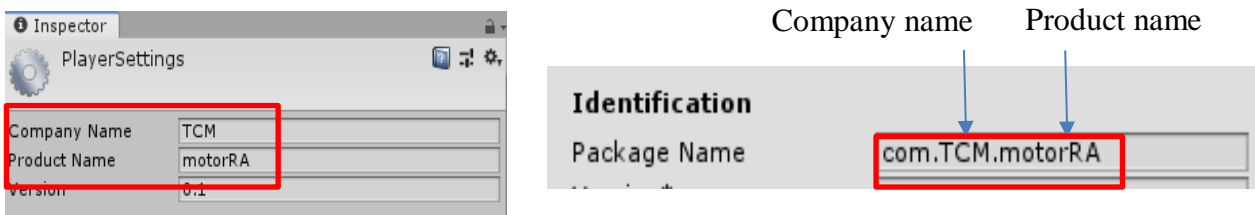


Figura 114. Confirmació que les dades estiguin correctes

Font: Elaboració pròpia

5- Finalment, un cop s’ha comprovat, ja es pot donar al botó de “Build” que es troba a la finestra de “Build Settings” i es crearà l’aplicació .apk.

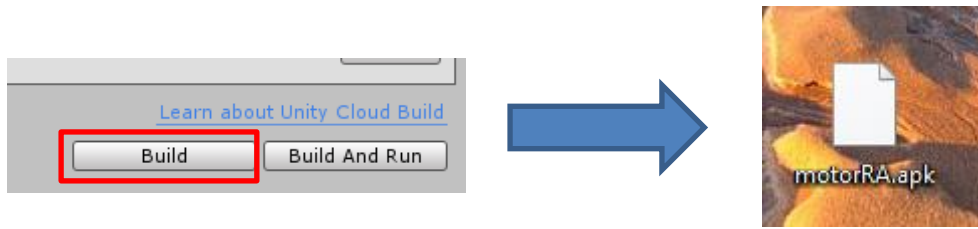


Figura 115. Construcció de l'aplicació per Android

Font: Elaboració pròpia

Ara només caldrà ficar l'aplicació el dispositiu i començar a viure l'experiència RA que s'ha creat.

8.3. Prototip.

Finalment, el prototip amb tot el seu hardware i material esmentat durant tot el projecte queda de la següent manera:

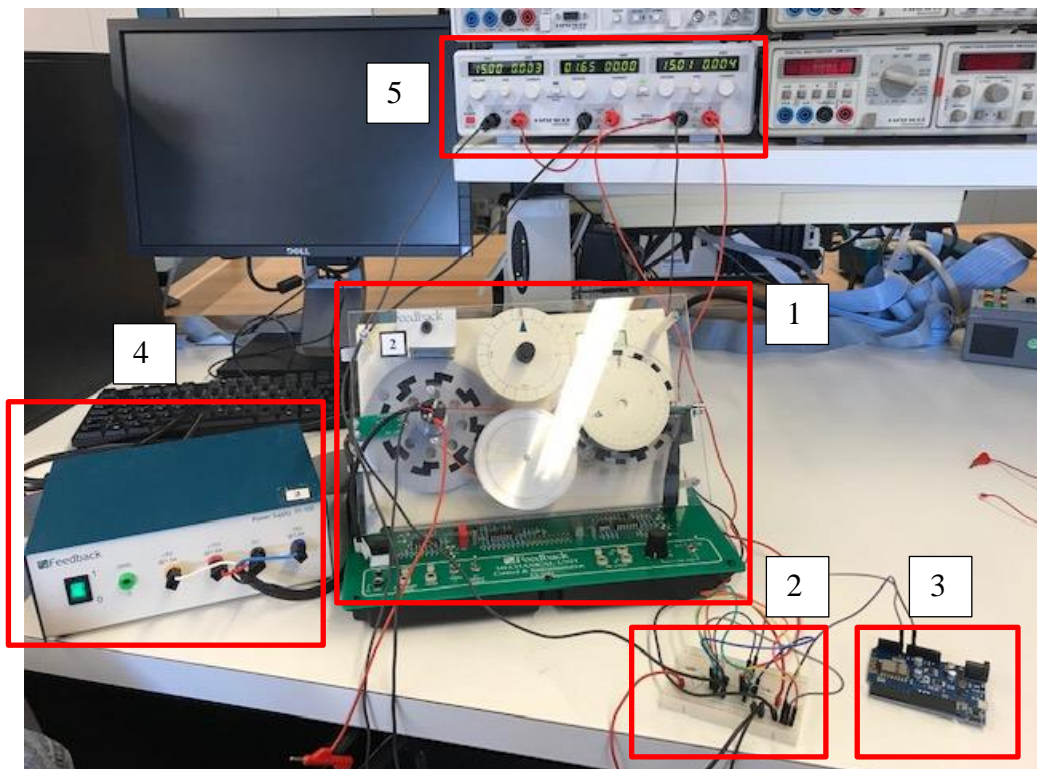


Figura 116. Prototip

Font: Elaboració pròpia

A la figura 116, es pot observar el motor de laboratori (1), el condicionament del senyal amb la protoboard(2), l'Arduino(3), la font d'alimentació del motor(4) i per últim, la font(5) que alimentarà els circuits integrats del condicionament del senyal.

Explicat amb més detall, el que farà serà el següent: de la tacodinamo del motor, sortirà dos cables, un positiu que anirà a l'entrada del condicionament del senyal i un altre del negatiu que anirà a terra. Seguidament, el senyal passarà a través del condicionament per passar de +10V i -10V a 0V i 3,3V que és amb el que funciona l'Arduino. Finalment, a la sortida del condicionament, es traurà un cable que anirà a l'entrada analògica (A0) de l'Arduino i aquest, enviarà les dades al núvol i el dispositiu un cop reconegui el marcador, recollirà les dades fent que comenci a comptar les rpm i surti la fitxa de característiques del motor.

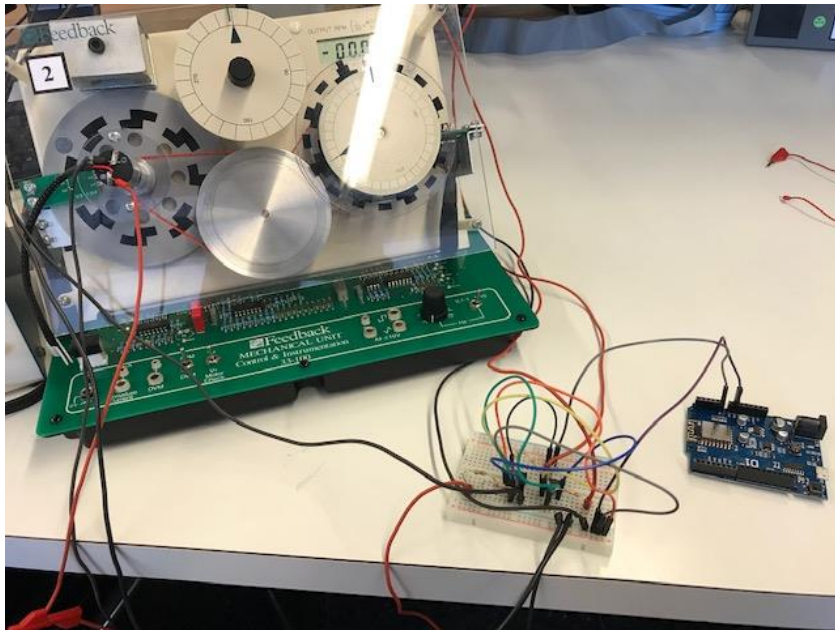


Figura 117. Motor, condicionament del senyal i Arduino

Font: Elaboració pròpia

9. Planificació.

Per realitzar la planificació d'aquest projecte s'ha pres les següents consideracions:

- Un crèdit ECTS correspon a 25 hores de treball. El Treball Final de Grau és de 16 crèdits i per tant, disposa de 400 hores de treball.

Gràcies el calendari acadèmic s'han aproximat les fites de:

- Inici de l'Avantprojecte: 14 de novembre de 2018.
- Final de l'Avantprojecte: 11 de febrer de 2019.
- Inici de la memòria intermèdia: 8 d'abril de 2019.
- Final de la memòria intermèdia: 24 d'abril de 2019.
- Inici de la memòria final: 12 de juny de 2019.
- Final de la memòria final: 14 de juny de 2019.

Seguidament, s'han determinat els recursos disponibles:

Com a recurs humà es té que com el TFG és individual, el projecte només té una persona i farà tots els següents rols:

- Planificar, organitzar, controlar i tancar el projecte. A més, de redactar la memòria del projecte i d'assistir a les reunions amb el ponent.
- Dissenyar, programar i implementar l'aplicació.

Com a recurs hardware s'utilitza un portàtil ASUS F552C d'ús privat amb les següents característiques: una CPU Intel Core i7-3537U, 2GHz, una RAM de 6GB, un disc dur de 1TB i una targeta gràfica NVIDIA GeForce 710M.

També s'utilitza un dispositiu per visualitzar l'experiència RA a través de l'iPhone 7 o tablet. Les característiques de l'iPhone 7 són les següents: Capacitat de 32GB, pantalla retina HD, xip A10 Fusion, càmera de 12 Mpx i sistema operatiu iOS 12.

I per últim, la targeta electrònica Arduino UNO amb mòdul WIFI ESP-12E D1 basat en el processador ESP8266

Com a recurs software hi ha:

- Sistema operatiu: Windows
- Eines per a la documentació: Microsoft Word 2016, Excel 2016 i MS-Project.
- Eines de disseny i desenvolupament de l'aplicació RA: SDK Vuforia & Unity i plataforma IoT Firebase.
- Eina per a la visualització de l'aplicació RA: App creada per Unity

9.1. Planificació inicial.

Per fer la planificació inicial s'han determinat les tasques i la seva aproximada duració. A les taules 9.1 i 9.2 ho podeu veure.

NOM DE LA TASCA	DURACIÓ
1. AVANTPROJECTE	150 hrs
Cerca d'antecedents, informació prèvia diversa i estat de l'art	50 hrs
Definició de l'objecte i l'abast	3 hrs
Definició d'objectius i especificacions tècniques	3 hrs
Plantejament de les possibles alternatives de solució	4 hrs
Selecció de l'alternativa més adequada	5 hrs
Estudis viabilitats	8 hrs
Definició de la solució final	3 hrs
Planificació	5 hrs
Pressupost	4 hrs
Redacció de la memòria	65 hrs

Taula 9.1. Tasques del Avantprojecte amb les seves duracions aproximades

Font: Elaboració pròpia

NOM DE LA TASCA	DURACIÓ
2. PROJECTE DE DETALL	250 hrs
DESENVOLUPAMENT DE LA SOLUCIÓ	250 hrs
Instal·lació Vuforia & Unity i prova d'entorn	3 hrs
Familiarització/Formació dels hardwares i softwares (Arduino UNO, Vuforia & Unity, Firebase, App Unity)	150 hrs
Modelització de l'escena	5 hrs
Implementació plataforma IoT	7 hrs
Disseny de l'experiència RA	25 hrs
Desenvolupament i implementació de l'experiència RA en conjunt	60 hrs

Taula 9.2. Tasques del projecte de detall amb la seves duracions aproximades

Font: Elaboració pròpia

9.2. Planificació final.

Per a la planificació final, hi ha hagut canvis a les tasques i durades del projecte. En la memòria s'ha afegit més tasques i s'ha hagut d'augmentar les hores d'aquesta part, per tant, vol dir que s'ha reduït del projecte de detall. A les taules 9.3 i 9.4 ho podeu veure.

NOM DE LA TASCA	DURACIÓ
1. MEMÒRIA	155 hrs
Cerca d'antecedents, informació prèvia diversa i estat de l'art	50 hrs
Definició de l'objecte i l'abast	3 hrs
Definició d'objectius i especificacions tècniques	3 hrs
Plantejament de les possibles alternatives de solució	4 hrs
Selecció de l'alternativa més adequada	5 hrs
Definició de la solució final	3 hrs

NOM DE LA TASCA	DURACIÓ
1. MEMÒRIA	155 hrs
Viabilitat tècnica	3 hrs
Impacte mediambiental	3 hrs
Estudi econòmic	6 hrs
Planificació	5 hrs
Tancament	5 hrs
Redacció i revisió de la memòria	65 hrs

Taula 9.3. Tasques del Avantprojecte amb les seves duracions reals

Font: Elaboració pròpia

En el projecte de detall, la tasca d'implementació de IoT s'ha necessitat més hores de la que es plantejava inicialment i s'ha reduït cinc hores en la tasca de familiarització de hardware i software. Per tant, el projecte de detall queda de la següent manera:

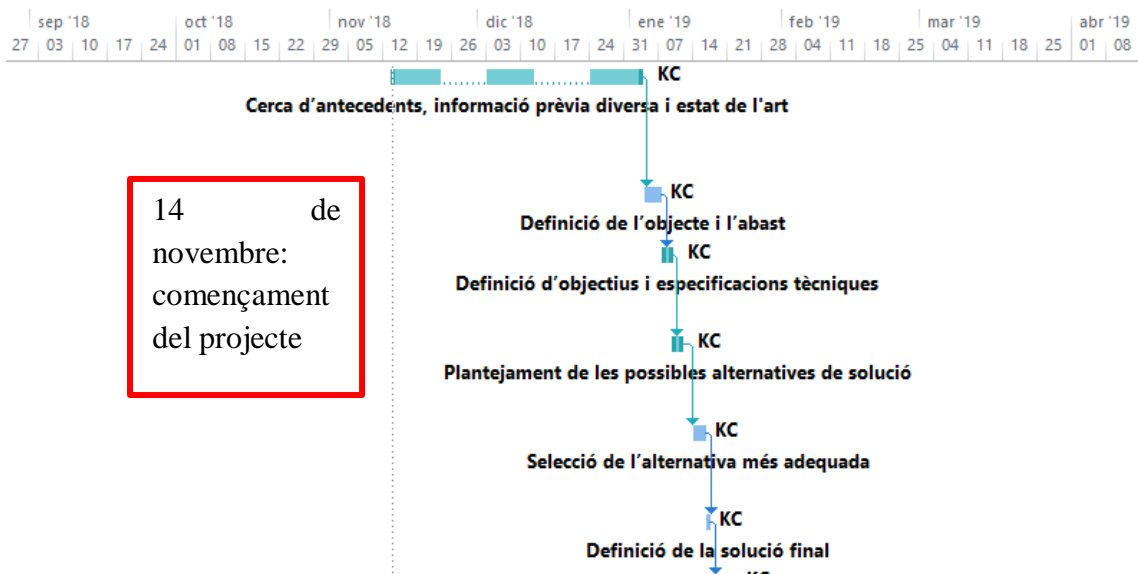
NOM DE LA TASCA	DURACIÓ
2. PROJECTE DE DETALL	245 hrs
DESENVOLUPAMENT DE LA SOLUCIÓ	245 hrs
Instal·lació Vuforia & Unity i prova d'entorn	3 hrs
Familiarització/Formació dels hardwares i softwares (Arduino UNO, Vuforia & Unity, Firebase, App Unity)	145 hrs
Modelització de l'escena	5 hrs
Implementació plataforma IoT	15 hrs
Disseny de l'experiència RA	17 hrs
Desenvolupament i implementació de l'experiència RA en conjunt	60 hrs

Taula 9.4. Tasques del projecte de detall amb la seves duracions reals

Font: Elaboració pròpia

9.2.1. Gantt planificació final.

Comença el dia 14 de novembre i el projecte acaba el 13 de juny, un dia abans de l'entrega final. En el següent diagrama, es pot veure la planificació de cada tasca amb el seu recurs corresponent, que és l'enginyer (KC) amb un total de 400 hores de tot el projecte.



El Gantt continua en el següent diagrama:

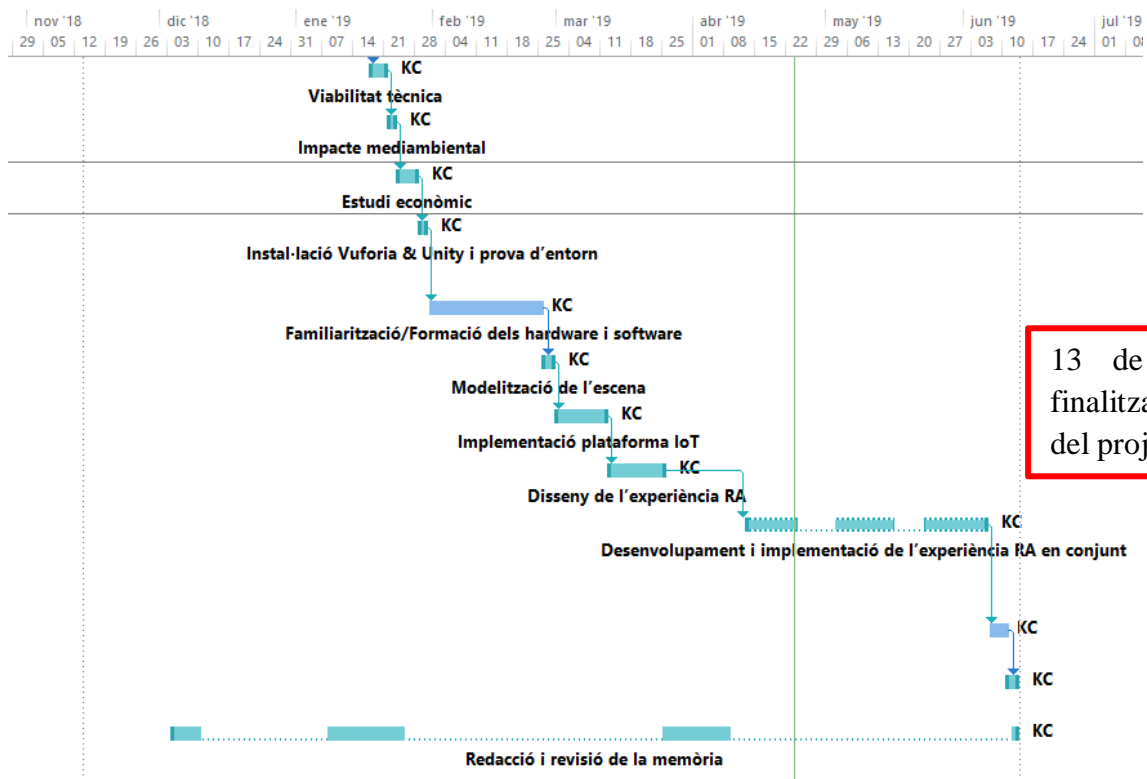


Figura 118. Diagrama de Gantt

Font: Elaboració pròpia

Nom de la tasca	Duració	Comença	Fi	Predecessores	Nombre del recurs	Cost
Cerca d'antecedents, informació prèvia diversa i estat de l'art	50 hores	dim 14/11/18	dij 03/01/19		KC	2.250,00 €
Definició de l'objecte i l'abast	3 hores	div 04/01/19	dill 07/01/19	1	KC	135,00 €
Definició d'objectius i especificacions tècniques	3 hores	mar 08/01/19	dim 09/01/19	2	KC	135,00 €
Plantejament de les possibles alternatives de solució	4 hores	dij 10/01/19	div 11/01/19	3	KC	180,00 €
Selecció de l'alternativa més adequada	5 hores	dill 14/01/19	dim 16/01/19	4	KC	225,00 €
Definició de la solució final	3 hores	dim 16/01/19	dij 17/01/19	5	KC	135,00 €
Viabilitat tècnica	3 hores	div 18/01/19	dill 21/01/19	6	KC	135,00 €
Impacte mediambiental	3 hores	mar 22/01/19	dim 23/01/19	7	KC	135,00 €
Estudi econòmic	6 hores	dij 24/01/19	dill 28/01/19	8	KC	270,00 €
Instal·lació Vuforia & Unity i prova d'entorn	3 hores	mar 29/01/19	dim 30/01/19	9	KC	135,00 €
Familiarització/Formació dels hardware i software	145 hores	dim 30/01/19	mar 26/02/19	10	KC	6.525,00 €
Modelització de l'escena	5 hores	mar 26/02/19	dij 28/02/19	11	KC	225,00 €
Implementació plataforma IoT	15 hores	div 01/03/19	mar 12/03/19	12	KC	675,00 €
Disseny de l'experiència RA	17 hores	dim 13/03/19	dill 25/03/19	13	KC	765,00 €
Desenvolupament i implementació de l'experiència RA en conjunt	60 hores	diss 13/04/19	dij 06/06/19	14	KC	2.700,00 €
Planificació	5 hores	div 07/06/19	mar 11/06/19	15	KC	225,00 €
Tancament	5 hores	mar 11/06/19	dij 13/06/19	16	KC	225,00 €
Redacció i revisió de la memòria	65 hores	mar 04/12/18	dij 13/06/19		KC	2.925,00 €

Taula 9.5. Taula MS-Project dades del Gantt

Font: Elaboració pròpia

10. Impacte mediambiental.

L'estudi de l'impacte mediambiental es farà seguint la plantilla de taules d'impacte mediambiental⁹. En aquestes, s'ha avaluat els diferents aspectes de la implementació del projecte i s'ha determinat els punts que representen un impacte.

El projecte presentat s'ha basat en el desenvolupament d'un sistema de Realitat Augmentada per ordinador, per tant el seu major impacte ambiental ha estat associat a l'ús dels recursos energètics (electricitat) i es considerarà indirecte, ja que deriva de la producció d'aquesta mateixa electricitat que es consumeix.

Un altre impacte ambiental que afecta indirectament, és que al ser també un projecte informàtic, les dades estan guardades al núvol i això fa que tingui uns servidors i aquests, per la gran quantitat d'energia que consumeixen s'escalfen i fan que desprenguin calor. A més, emeten diòxid de carboni (CO₂) perquè al produir energia també generen CO₂. Tot s'ha de dir, que aquesta tecnologia es diu que és neta perquè gràcies a això, s'està estalviant energia i disminuint el CO₂ generat pels següents motius:

- No consumeix tanta energia perquè no hi ha necessitat d'invertir en més infraestructures perquè les dades s'emmagatzemen en el núvol.
- Al tenir la informació en el núvol es pot accedir a ella des de qualsevol lloc i per tant, minimitzes els recursos que s'han d'utilitzar.

També, el projecte pot ocasionar un impacte ambiental en la utilització de recursos naturals com el paper perquè els marcadors normals estan fets de paper per tant es necessita o també perquè s'ha utilitzat per fer anotacions, etc.

Per altra banda, el projecte pot ocasionar un impacte social, ja que gràcies a aquesta tecnologia de Realitat Augmentada permet millorar l'eficiència, productivitat, qualitat i seguretat en els processos d'enginyeria, manteniment i operació en les plantes industrials i això comporta, que les empreses gràcies a la RA tinguin un camí més fàcil cap a la Indústria 4.0. Millorant així, la seva presència en el mercat.

Com a conclusió, els impactes indirectes no són de magnitud suficient per a dissenyar un pla correctiu que minimitzi aquests efectes.

⁹Per veure les taules mediambientals aneu al Annex II.

11. Conclusions.

Quan el meu tutor Joan Triadó em va comentar de fer un projecte com aquest, no vaig tenir cap dubte en acceptar-ho perquè crec que és una tecnologia interessant i que no ha explotat del tot. A part d'això, només l'havia vist en jocs i la desconeixia totalment i per tant, em va semblar una gran oportunitat per aprendre coses i conèixer aquesta tecnologia com funcionava.

Aquest projecte m'ha permès conèixer la Realitat Augmentada (RA) i veure com funciona des de dintre, encara que sé que només he tocat una mínima part del que es podria aconseguir fer utilitzant bé aquesta gran tecnologia a les empreses i sobretot, en el moment que estem de la Indústria 4.0.

També he pogut conèixer programes i eines per crear les escenes de RA com l'Unity i el Vuforia que són les més utilitzades per fer aquests tipus d'experiències. A més, d'utilitzar l'Arduino i a tenir coneixement bàsic del seu llenguatge de programació. També, d'aprendre a utilitzar plataformes IoT per fer la comunicació amb l'Arduino i amb l'Unity. Així com crear una base de dades al núvol a través de la plataforma IoT Firebase.

He vist que dona un ventall d'avantatges tant com en el món de l'entreteniment com en el món del negoci, això sí, com tota gran tecnologia té la seva inversió i és una cosa que no totes les empreses s'ho poden permetre però que si ho aconsegueixen implementar en el seu negoci, poden tenir grans beneficis, ja que com he dit anteriorment, et dona molts avantatges importants com l'estalvi de costos i de temps, cosa que per les empreses avui en dia, és molt important.

Després d'arribar fins aquí, penso que he complert amb tots els objectius proposats al principi del projecte i que em fan sentir orgullós i satisfet de la feina feta. Ha sigut una molt bona oportunitat per conèixer i poder saber molt més d'aquesta tecnologia que encara no ha explotat i que d'aquí a uns anys, ho veurem com una cosa inevitable per les empreses que vulguin ser una referència en el mercat.

En tema personal, el TFG m'ha ajudat a saber el que sóc capaç de fer sense tenir cap mena de coneixement del tema a resoldre i que és molt important saber que amb temps, planificació i dedicació he pogut resoldre totes les adversitats que he tingut durant tot el projecte.

12. Referències.

[1] Pneto (18 Octubre 2008). Paul Milgram and Fumio Kishino: Virutally Continuum. Disponible a: <https://erealityhome.wordpress.com/2008/10/18/paul-milgram-and-fumio-kishino-virtuality-continuum/> (Novembre 2018).

[2] GUZMÁN ORTIZ , E. (Juliol 2017). Estudio de viabilidad del uso de la realidad aumentada para la mejora del aprendizaje. Desarrollo de un prototipo para la asignatura de logística. Disponible a: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/91210/GUZM%C3%81N%20-%20Estudio%20de%20viabilidad%20del%20uso%20de%20la%20realidad%20aumentada%20para%20la%20mejora%20del%20aprendizaje.%20D....pdf?sequence=1> (Novembre 2018).

[3] Aumentada R. (2019). La Realidad Aumentada y su aplicación en la Indústria 4.0 [online]. Disponible a: <https://Indústria40.me/realidad-aumentada/> (Gener 2019).

[4] Elementos de la realidad aumentada. (2013). [Blog]. Disponible a: <http://www.realidad-aumentada.eu/es/elementos-de-la-realidad-aumentada/> (Novembre 2018)

[5] López Pomboo, H. (2010). Fases para el desarrollo de sistemas de realidad aumentada [Blog]. Disponible a: <https://informatic2you.wordpress.com/2013/03/18/fases-realidad-aumentada/> (Novembre 2018)

[6] Langer, C. (2019). Qué es y cómo funciona la realidad aumentada [Blog]. Disponible a: <https://es.ccm.net/faq/30104-que-es-y-como-funciona-la-realidad-aumentada#ventajas-de-la-realidad-aumentada> (Gener 2019)

[7] Ventajas y desventajas de la realidad aumentada. (2013). Disponible a: <http://gigatecno.blogspot.com/2014/09/ventajas-y-desventajas-de-la-realidad.html> (Deseembre 2018).

[8] Lago, S. (2019). Todo lo que necesitas saber sobre la Indústria 4.0. Disponible a: <https://hipertextual.com/presentado-por/icemd/saber-sobre-Indústria-4-0> (Gener 2019).

- [9] Indústria 4.0: Realidad Aumentada y Realidad Virtual. (2018). Disponible a: <https://www.tworeality.com/Industria-4-0-realidad-aumentada-realidad-virtual/> (Deseembre 2018).
- [10] Digital, E., & 2019 Unidad Editorial Información General, S. (2019). Así usa Airbus las gafas inteligentes en la fabricación del A330. Disponible a: <http://www.expansion.com/economia-digital/innovacion/2017/03/02/58b6c383e2704e05758b4641.html> (Gener 2019).
- [11] Elevator, t. (2019). MAX - Sistema de mantenimiento predictivo - thyssenkrupp Elevator. Disponible a: <https://max.thyssenkrupp-elevator.com/es/> (Gener 2019).
- [12] PDAXON. (2015). Microsoft HoloLens y Volvo nos muestran el potencial de la realidad aumentada [Blog]. Disponible a: <https://www.realovirtual.com/noticias/2109/microsoft-hololens-volvo-nos-muestran-potencial-realidad-aumentada> (Deseembre 2018).
- [13] Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno. (2018). [Blog]. Disponible a: <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno> (Gener 2019).
- [14] Castro, A. (2014). ¿Qué es Raspberry Pi, dónde comprarla y cómo usarla? [Blog]. Disponible a: <https://computerhoy.com/noticias/hardware/que-es-raspberry-pi-donde-comprarla-como-usarla-8614> (Gener 2019).
- [15] Horrillo, J. (2017). *Embedded Systems* [Ebook] (1st ed.). Barcelona: Julián Horrillo. Disponible a: http://aulavirtualhistorics.tecnocampus.cat/pluginfile.php/448068/mod_resource/content/1/Microcontrolador_CORTEX_M4_OK_Assembler.pdf (Gener 2019).
- [16] Garcia Lorca, F. (2019). Modulo WiFi basado en ESP8266-01e para Arduino. Disponible a: <https://www.e-ika.com/modulo-wifi-basado-en-esp8266-para-arduino> (Gener 2019).
- [17] Garcia Lorca, F. (2019). Modulo WiFi basado en ESP8266-01S para Arduino. Disponible a: <https://www.e-ika.com/modulo-wifi-basado-en-esp8266-01s-para-arduino> (Gener 2019).

- [18] Garcia Lorca, F. (2019). Modulo wifi ESP-12F, ESP8266. Disponible a: <https://www.e-ika.com/modulo-wifi-esp-12f-esp8266> (Gener 2019).
- [19] Garcia Lorca, F. (2019). Módulo bluetooth HC-05. Disponible a: <https://www.e-ika.com/modulo-bluetooth-hc-05> (Gener 2019).
- [20] imascono. (2018). [Podcast]. Disponible a: <http://imascono.com/es/magazine/realidad-aumentada-segun-utilizacion> (Gener 2019).
- [21] del Valle Hernandez, L. [Podcast]. Disponible a: <https://programarfacil.com/podcast/proyectos-iot-con-arduino/> (Gener 2019).
- [22] del Valle Hernandez, L. Introducción a Node-RED y Raspberry Pi con un sistema de alarma con Arduino [Blog]. Disponible a: <https://programarfacil.com/blog/raspberry-pi/introduccion-node-red-raspberry-pi/> (Gener 2019).
- [23] Zamora, J. (2016). ¿Qué es Firebase? La mejorada plataforma de desarrollo de Google [Blog]. Disponible a: <https://elandroidelibre.elespanol.com/2016/05/firebase-plataforma-desarrollo-android-ios-web.html> (Juny 2019)
- [24] ITAINNOVA. (2014). *Estado del arte de Realidad Aumentada* [Ebook] (1st ed.). Aragon. Disponible a: http://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Departamentos/InvestigacionInnovacionUniversidad/Areas/Sociedad_Informacion/Documentos/Estado%20del%20arte%20de%20Realidad%20Aumentada.pdf (Gener 2019).
- [25] Estudio Alfa. (2017). [Podcast]. Disponible a: <https://estudioalfa.com/top-herramientas-crear-apps-realidad-aumentada> (Gener 2019).
- [26] Miller, J., Priestly, T., Grosse, M., & Docimo, A. (2019). *Analog Motor Speed Control* [Ebook] (1st ed.). Disponible a: http://users.rowan.edu/~ravi/nsf_control/pdf/fall_01_analog.pdf (Gener 2019).