Desenvolupament d’un wearable per a monitora la salut de dones que volen quedar embarassades

Autor: Arnau Bennassar Formenti.

Enginyeria de Computadors,

FACULTAT D’INFORMÀTICA DE BARCELONA (FIB),

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA (UPC) – BarcelonaTech.

Director: Dr. Ian Tan (Multimedia University, Malaysia),

Ponent: Pau Fonseca Casas (UPC, Departament d'Estadística i Investigació Operativa).

Empresa: inspiriLab.

Índex de continguts

1. Context 4
2. Estat de l’art 6
   1. !!!!! DONES !!!!! 6
   2. Wearables 6
   3. Sensors i components hardware 6
      1. Sensors de ritme cardíac 6
      2. Sensors de temperatura 7
      3. Sensors d’activitat 7
      4. Comunicació amb altres dispositius 7
      5. Microprocessadors 8
3. Descripció del projecte 9
   1. Objectiu 9
      1. Obtenció de dades 9
      2. Comunicació de dades amb l’usuari 9
      3. Centralitzar i processar les dades 9
   2. Abast del projecte 10
   3. Actors implicats 11
      1. Desenvolupador 11
      2. Dissenyador 11
      3. Director 11
      4. Ponent 11
      5. Empresa 12
      6. Usuaris i beneficiaris 12
   4. Requeriments 12
   5. Possibles Obstacles 13
      1. Dificultats en aconseguir components 13
      2. Comportament inesperat dels components 13
      3. Dificultat d’interpretació de les dades dels sensors 13
   6. Mètodes de treball 13
      1. Metodologia 13
      2. Procediments 14
      3. Comunicació i seguiment 14
      4. Mètode de validació i avaluació 14
4. Planificació 15
   1. Descripció de les tasques 15
      1. Gestió del projecte 15
      2. Iniciació del projecte 15
      3. Prototip del hardware 16
      4. Comunicació wearable - smartphone - servidor 16
   2. Estimació temporal 17
      1. Temps per tasca 17
      2. Dependències entre tasques 18
      3. Diagrama de Gantt 20
   3. Pla d’acció 21
5. Gestió econòmica 22
   1. Pressupost 22
   2. Control de gestió 25
6. Implementació del hardware 26
7. Implementació de l’aplicació 27
8. Implementació del servidor 28
9. Avaluació dels resultats 29
10. Informe de sostenibilitat 30
    1. Dimensió econòmica 30
    2. Dimensió social 31
    3. Dimensió ambiental 31
11. Conclusions 32
12. Bibliografia 33

**Índex de taules i figures**

Fórmules

Formula 1: Formules per a calcular el cost. 24

Imatges

Imatge 1: Diagrama de Gantt 20

Taules

Taula 1: Temps per tasca. 18

Taula 2: Dependències entre tasques. 19

Taula 3: Pressupost del projecte. 23

Taula 4: Taula amb les puntuacions de la sostenibilitat del TFG. 30

# Context

En les darreres dècades la tecnologia a millorat la qualitat de la sanitat a partir d’instruments, generalment de grans dimensions, poc accessibles i ubicats als centres mèdics.

Aquests avanços tecnològics han permès desenvolupar tècniques com ara la fecundació in vitro (FIV) [[1]](https://paperpile.com/c/c4Whq3/awcm). La FIV és una tècnica de reproducció assistida, que permet ajudar a dones i/o parelles que tenen dificultats en aconseguir assolir que la dona quedi embarassada. El mètode consisteix en fecundar un ovul al laboratori, i posteriorment introduir-lo al cos de la dona.

Tot i així, el procés de la FIV és costós, i no té una eficàcia absoluta [[2]](https://paperpile.com/c/c4Whq3/lxGF). Per aquests motius la FIV acostuma a ser l’últim recurs que fan servir les dones amb problemes per quedar-se embarassades.

Actualment, la irrupció dels *wearables* º i l’internet de les coses (IoT, dispositius que es comunica amb altres dispositius amb o sense interacció humana)aspiren a tenir un fort impacte en el sector de la salut, ja que permetran entre altres coses, obtenir dades rellevants dels usuaris de manera constant, i comunicar-se amb els centres i sistemes mèdics de manera casi instantània [[4]](https://paperpile.com/c/c4Whq3/HJJe)**.**

Aquests *wearables* enfocats a la salut, poden evitar recorrer a mètodes dràstics com la FIV. Gràcies al seguiment constant de certes mètriques del cos humà, és possible detectar certes anomalies que podrien pa

ssar desapercebudes. D’aquesta manera és pot actuar de manera preventiva, per exemple canviant la dieta o dormint més.

En el cas de la FIV, per tal d’evitar-la caldria o bé augmentar la fertilitat de la dona i l’home o bé que els intents de fecundar es produeixin en el moment de màxima fertilitat.

Per al primer cas, una manera d’augmentar la fertilitat és mantenint un estil de vida sa i equilibrat, dormint vuit hores diàries, fent exercici i menjant variat

**//////MYBBT …..**

El projecte consisteix en desenvolupa un dispositiu que permeti monitora la salut de dones que volen practicar la fecundació in vitro (FIV) [[1]](https://paperpile.com/c/c4Whq3/awcm).

La FIV és una tècnica de reproducció assistida, que permet ajudar a dones i/o parelles que tenen dificultats en aconseguir assolir que la dona quedi embarassada. El mètode consisteix en fecundar un ovul al laboratori, i posteriorment introduir-lo al cos de la dona.

Malàisia és un destí internacionalment concorregut per a practicar la FIV a causa de la qualitat del servei i el seu cost.

Tot i així, el procés de la FIV és costos, i no té una eficàcia absoluta [[2]](https://paperpile.com/c/c4Whq3/lxGF). Una de les maneres en que es pot augmentar aquesta tassa d’èxit és tinguen un estat de salut favorable en el moment de dur a terme els diferents processos de la FIV [[3]](https://paperpile.com/c/c4Whq3/7Lgn).

# Estat de l’art

## !!!!! DONES !!!!!

## *Wearables*

Actualment existeixen diversos *wearables* comercials capaços de monitorar la salut general d’una persona. Aquests dispositius en general serien capaços de acomplir els objectius del projecte, és a dir, obtenir les dades de ritme cardíac, temperatura corporal i activitat física.

Aquests dispositius solen ser de propòsit general com ara l’*Apple Watch, MOTO360, SONY SMARTWATCH, …* Però aquests dispositius no són els més indicats per a enregistrar esdeveniments del cos humà ja que a causa de les altres funcions que duen a terme tenen un elevat consum de bateria. Tots aquests dispositius disposen d’una pantalla, que permet la interacció amb l’usuari així com un processador relativament potent de manera que poden funcionar sense la necessitat de comunicar-se amb un dispositiu més potent, habitualment un *smartphone.*

Per altre banda, al mercat també hi han *wearables* que serveixen exclusivament per a enregistrar les mètriques mencionades, alguns exemples són: *Fitbit, Xiaomi Mi Band, Garmin Vivosmart 3, …* Aquests dispositius solen tenir metòdes més discrets i rudimentaris per comunicar-se amb l’usuari com ara sistemes basats en llums led o pantalles de molt poca resolució i amb un sol color. A més disposen de poca potència de processat i és necessari comunicar les dades a un *smartphone* per tal de poder processar les dades correctament i comunicar-les a l’usuari. Tot i així, en general, aquests dispositius estàn enfocats a la salut general i al seguiment de l’activitat física, no a tractar malalties o problemes específics.

**//////WEARABLES ESPECIALITZATS EN CERTES MALALTIES, TRANSTORNS, …**

**///////TAULA COMPARATIVA DE WEARABLES????**

## Sensors i components *hardware*

### Sensors de ritme cardíac

La majoria dels *wearables* orientats a monitora la salut fan servir sensors òptics per a interpretar el ritme cardíac, aquesta tècnica a provat no ser gaire eficaç sobretot en condicions on l’usuari practica esport[[5]](https://paperpile.com/c/c4Whq3/xxbT).

Per altre banda, existeixen alguns productes que fan ús de tècniques de electrocardiograma (ECG), aquests productes no tenen tant d’èxit comercial ja que les tècniques tradicionals d’ECG requereixen elèctrodes aprop del cor i en contacte directe amb la pell, resultant en *wearables* no tant còmodes en comparació amb els més populars que es porten al canell. Tot i així aquests productes existeixen (*Polar H7 HR*).

Fora de l’entorn comercial, diferents estudis han experimentat amb maneres no convencionals de tècniques d’ECG, amb resultats molt prometedors, ja sigui fent servir tècniques de processament de senyal per aconseguir poder fer servir els sensor al canell o braç [[6]](https://paperpile.com/c/c4Whq3/l1k8) o fent servir elèctrodes capaços de funcionar sense fer contacte amb la pell [[7]](https://paperpile.com/c/c4Whq3/RMGn).

### Sensors de temperatura

Pel que fa a la temperatura corporal, existeixen sensors de gran precisió i mínim consum energètic que poden enregistrar la temperatura en el rang de temperatura corporal habitual en el ser humà amb un marge d’error de +/- 0.05 Cº, com és el cas del *LMT70* de *Texas Instruments.* Aquest tipus de sensor cobreix perfectament les necessitats en quant a l’enregistrament de la temperatura corporal.

### Sensors d’activitat

Respecte a les mètriques d’activitat física, no és tant evident quin són els sensors a fer servir ja que el propi concepte d’activitat física és més abstracte que el ritme cardíac o la temperatura corporal. En general els sensors més capaços per a aquest funció són les *Unitats de Mesurament Inercial* (IMU)[[8]](https://paperpile.com/c/c4Whq3/rjbe). Tot i que normalment es fan servir en combinació d’altres sensors com el GPS. . En general els grans fabricants fan servir aquestes solucions, però cal remarcar que a diferència dels casos anteriorment descrits, per a obtenir les mètriques relacionades amb l’activitat física cal processar les dades més enllà de les tècniques habituals de processament del senyal[[9]](https://paperpile.com/c/c4Whq3/XQLN)[[10]](https://paperpile.com/c/c4Whq3/YsON). Com a resultat, resulta complicat saber quines són les tècniques *software* més apurades ja que els productes més punters no són de codi obert.

### Comunicació amb altres dispositius

Pel que fa a la comunicació del *wearable* amb altres dispositius, podem trobar clarament certs estàndards que dominen la indústria depenent de la naturalesa de la connexió. Podem distingir al menys tres escenaris diferents amb solucions diferents:

* Connexió amb cable: no hi a cap dubte que les connexions d’aquest tipus, es fan a través de la tecnologia USB.
* Connexió inalàmbrica: aquest tipus de transmissió casi sempre es fa a través de *Bluetooth.* En especial cal destacar el *Bluetooth Low Energy* (BLE), que permet establir comunicació amb una gran quantitat de dispositius amb un consum d’energia molt reduït.
* Connexió directe a internet: la connexió directe a internet té una especial rellevància en l’àmbit de l’*IoT.* Podem distingir dos maneres de connectar-se a internet, via wi-fi o via xarxes mòbils 3G o 4G. Pel que fa a la connexió wi-fi, cal destacar l’estàndard LoRa que està especialment dissenyat per l’IoT, i té com a principals característiques el baix consum i la gran cobertura que és capaç de proporcionar **[referencia:** <http://www.mdpi.com/1424-8220/16/9/1466/htm> **].**

### Microprocessadors

Els processadors d’avui en dia són capaços de fer molt amb molt poc consum. Ara bé, la potència que pot requerir un *wearable* pot variar molt: pot ser propera a la que necessita un *smartphone* o molt més senzilla, comparable per exemple amb la que necessita una rentadora. És a dir, que virtualment existeixen processadors per a qualsevol tipus de *wearable* simplement és tracta de trobar un equilibri entre potència i consum. En cas de necessitar una potència de processat molt gran, fins al punt de fer insostenible el consum energètic, la solució és delegar part de la feina a sistemes més potents com ara *smartphones* o fins i tot centres de processament de dades.

Un altre factor important és la quantitat i tipus d’interfície de las que disposa el processador per a connectar-se amb els diferents sensors i dispositius. Això no acostuma ser un problema ja que existeixen molts models de processadors amb moltes combinacions d’interfícies.

# Descripció del projecte

## Objectiu

L’objectiu d’aquest projecte es dissenyar i produir un sistema capaç d’ajudar a dones amb dificultats per quedar-se embarassades a aconseguir-ho. A més, es pretén aconseguir aquest objectiu sense l’ajuda de personal especialitzat, com ara metges. És a dir, que els usuaris seràn autosuficients amb l’ajuda del sistema.

Per tal d’aconseguir aquest objectiu, s’hauran de satisfer els següents **subobjectius**:

### Obtenció de dades

Per tal de poder fer estimacions, prediccions i recomanacions als usuaris es indispensable disposar de certes dades dels mateixos.

A partir de la recerca realitzada respecte l’estat de l’art de (**FERTILITAT DONES**) s’ha determinat que les mètriques més rellevants i les que s’obtindràn són: la temperatura corporal, el ritme cardíac, els períodes en que els usuaris dormen i el nivell d’activitat física.

Per tal d’aconseguir aquestes dades es desenvoluparà un wearable, que l’usuari podrà portar de manera continuada, equipat amb sensors suficients per obtenir les dades anteriorment descrites.

### Comunicació de dades amb l’usuari

Un cop disposem de certa informació útil, aquesta s’ha de comunicar a l’usuari. Per tal de que l’usuari pugui percebre la informació adquirida i generada pel sistema, es desenvoluparà una aplicació mòbil. Així doncs, aquest *software* ha de ser capaç de obtenir les dades i informació del *wearable* i també de fonts externes provinents d’internet per tal d’ensenyar-les de forma gràfica a l’usuari.

Aquesta aplicació ha de ser fàcil de fer servir, i capaç de funcionar en un gran nombre de dispositius per tal de poder tenir una major acollida.

### Centralitzar i processar les dades

Per tal de poder obtenir i generar informació més útil, és centralitzaran totes les dades obtingudes dels diferents usuaris del sistema. D’aquesta manera es podran analitzar les dades de manera conjunta. Un cop aquestes dades hagin sigut analitzades també es comunicaran a l’usuari.

L’aplicació mòbil serà la encarregada de comunicar les dades al sistema centralitzat o servidor, i també de recollir-ne els resultats un cop analitzades. A més, l’aplicació mòbil serà la responsable de processar les dades enviades pel wearable abans d’enviar-les al sistema centralitzat, per tal de reduir la carga de treball d’aquest, resultant en un sistema més distribuït i eficient en termes econòmics ja que la potència de processat del dispositiu mòbil la proporciona l’usuari.

A més el fet de centralitzar les dades té com a objectiu fer-les accessibles de manera remota i persistent. Això pot resultar molt útil, per exemple, en cas que un usuari perdi el dispositiu mòbil amb el que feia servir la aplicació.

## Abast del projecte

Aquest projecte farà èmfasis en l’obtenció, la visualització i la transmissió de les dades obtingudes de l’usuari. Per tant es desenvoluparà un prototip funcional del wearable, una aplicació capaç de comunicar-se amb el wearable i amb el servidor i que a més pugui ensenyar la informació rellevant a l’usuari. També es desenvoluparà un servidor capaç d’emmagatzemar les dades i gestionar els usuaris.

Aquestes funcionalitats formaràn la primera fase del projecte, i el seu desenvolupament es documentarà en les següents pàgines d’aquesta memòria. Quedaràn fora d’aquesta fase, i es desenvoluparàn en cas de que el projecte tingui continuïtat les següents funcionalitats:

* Processat i abstracció de les dades obtingudes respecte l’activitat física: tal i com s’expressa en l’estat de l’art, convertir les dades obtingudes per un sensor IMU en conceptes com ara salts, passes, o metres correguts pot ser molt complicat. Per això l’activitat física s’expressarà de forma més simple. Per exemple en quantitat de moviment.
* Processat de les dades centralitzades per tal d’obtenir informació útil a partir d’analitzar les dades de forma conjunta: el sistema que es desenvoluparà, deixarà oberta la possibilitat d’implementar aquesta funcionalitat amb relativa facilitat al disposar de les dades centralitzades. Tot i aixì per poder dur a terme aquesta funció es necessita un volum de dades que no es tindrà fins que el producte es comercialitzi amb èxit. Per tant aquesta part del desenvolupament tampoc es realitzarà a la primera fase.
* Prototip formal del wearable: la primera fase del desenvolupament només contemplarà la funcionalitat del *wearable*, és a dir que és produirà un dispositius suficient per demostrar que pot recol·lectar les dades necessàries de manera efectiva. Així doncs quedarà fora de l’abast dissenyar un prototip que faci referència a la estètica i la usabilitat del *wearable.*

## Actors implicats

En el context d’aquest projecte hi ha tota una serie de persones implicades, ja sigui directament o indirectament. Des del desenvolupador, fins als que en trauran un profit al final, els beneficiaris. A continuació, hi ha un explicació de quins són aquests actors implicats.

### Desenvolupador

Aquesta persona és la més activa del projecte, ja que és l’encarregada de desenvolupar-lo íntegrament. No només s’encarrega de la part tècnica, és a dir, d’implementar el *hardware* i el *software*, sinó que també s’encarrega de realitzar tota la part de gestió del projecte, redactar la memòria i preparar i fer la presentació. Aquest rol el dur a terme l’estudiant d’enginyeria informàtica Arnau Bennassar.

### Dissenyador

Per tal de complementar les habilitats del desenvolupador, el projecte contarà amb el suport del dissenyador Oriol Casademont. La funció d’aquest serà la de dissenyar la UI/UX (interfície d’usuari / experiència d’usuari) de l’aplicació mòbil, així com ajudar en el procés d’ideació del producte a compartint la seva experiència en tècniques com ara el *Design Thinking* (més informació al capítol **3.6** Mètodes de treball).

### Director

El rol del director és guiar i orientar al desenvolupador en la seva tasca, així com assegura un correcte desenvolupament i, en cas de un possible desviament, corregir-lo el més aviat possible. El Doctor Ian Tan, *Chief Technological Advisor* (CTA) de la empresa i professor de la *Multimedia University* (MMU) ocuparà la posició de director del projecte. La seva llarga experiència en el desenvolupament tant de *hardware* com de *software*, i la gestió de diferents empreses que ell mateix a fundat, fan que sigui una persona excel·lent per a la posició

### Ponent

El rol de ponent està representat pel Doctor i professor de la FIB Pau Fonseca i Casas és el ponent del TFG. La funció d’aquest es la d’assessorar al director, assegurant-se que el projecte compleixi les especificacions i normatives marcades per la FIB. El doctor Fonseca també resulta ser ideal pel carreg pel fet d’estar vinculat a la FIB i tenir experiència en el camp dels *wearables*.

### Empresa

Aquest projecte es desenvolupa a la empresa *InspiriLab* amb seu a Kuala Lumpur, Malasia. La empresa proporciona les seves instal·lacions així com suport en aspectes on el desenvolupador no tingui tanta experiència com la gestió del projecte. En aquest sentit es destaca el fet d’haver posat en contacte el desenvolupador i el dissenyador.

### Usuaris i beneficiaris

Finalment existeix un grup de persones que poden ser potencials beneficiaris del resultat del projecte. La manera en que aquest col·lectiu es veurà beneficiat dependrà del resultat final del projecte. En cas d’èxit, s’hauria de veure augmentat el rati d’embarassos per intent.

## Requeriments

Per tal d’avaluar el projecte a continuació es determinaràn uns requeriments que s’hauran d’assolir per considerar que el projecte s’ha desenvolupat satisfactòriament. Aquests requeriments han de ser tangibles i han de poder ser fàcilment emmarcats com a assolits o no assolits. Els requeriments són els següents:

* S’han integrat els components necessaris per tal d’enregistrar l’activitat física, el ritme cardíac i la temperatura corporal en un microprocessador.
* S’ha desenvolupat un medi de comunicació pel qual el microprocessador pot transmetre les dades adquirides a altres dispositius.
* S’ha desenvolupat una aplicació mòbil capaç de rebre les dades transmeses pel microprocessador.
* S’ha programat un algoritme que interpreta correctament les dades rebudes a l’aplicació mòbil.
* S’ha dissenyat i implementat una interfície d’usuari que mostra a l’usuari la informació rellevant generada pel sistema.
* S’ha desplegat un servidor capaç de rebre i emmagatzemar dades enviades pels usuaris.
* S’ha desenvolupat un medi de comunicació pel qual el servidor pot enviar informació als usuaris.

# Planificació

## Mètodes de treball

### Metodologies

Per tal de dur a terme aquest treball s’han fet servir dues metodologies diferents:

* *Scrum*: aquesta metodologia s’ha fet servir en totes les etapes del projecte amb l’objectiu de respectar les dates establertes en la planificació temporal, i poder detectar desviacions i complicacions abans de que suposin un greu problema. *Scrum* [[11]](https://paperpile.com/c/c4Whq3/AXJu)consisteix en un mètode de treball en el qual es defineixen un seguit de tasques i a cada tasca se li assigna un temps estimat per a completar-la. De manera periòdica es fa un seguiment per determinar si las tasques s’han completat amb èxit, i es revisen les tasques pendents i actuals per tal de que el projecte es mantingui viable.   
  En aquesta metodologia existeixen un seguit de rols que no s’aplicaran en aquest projecte ja que l’equip que el desenvolupa és molt petit i no és necessària una coordinació tant gran.
* *Design thinking*: aquesta metodologia s’ha fet servir en la etapa de ideació i disseny del projecte. Ja que aquesta etapa és de caire més creatiu feia falta un mètode diferent per afrontar-la. *Design thinking* [**REFERENCIA**] consisteix en un seguit de tècniques per tal de definir i idear un producte o servei. És tracta d’un procés iteratiu que es va repetint fins a la comercialització del producte per tal d’anar-lo perfeccionant. Algunes de les tècniques que es fan servir són la de empatitzar amb possibles consumidors per detectar coses que els incomoden o que els fan falta, entrevistar a experts, …   
  Per a aquest projecte aquest mètode s’ha abandonat un cop es va trobar una proposta de valor[**REFERENCIA**] convincent i justificada que podia encaixar de manera realista al mercat.

### Mètodes de comunicació i seguiment

Per tal de dur a terme el seguiment, s’incorporaran les següents eines TIC:

* *Skype*: per a la comunicació amb el ponent.
* *Google Drive*: per a compartir i editar en temps real els documents del projecte.
* *Google Calendar*: per concretar esdeveniments i fixar dates limit
* *BitBucket*: Per compartir i mantenir el codi.

Mitjançant aquestes eines serà possible establir una comunicació tant directe com indirecte amb el director i el ponent del projecte. De fet, ambdós tindran accés practicament en temps real de tot el contingut del projecte excepte del *hardware*. Però fins i tot aquest ultim estarà representat en forma de representació gràfica a *Google Drive.*

### Mètodes de validació i avaluació

A mesura que el projecte vagi superant les diferents etapes aquestes s’avaluaran, cada una de les etapes s’haurà de superar amb un mínim d’èxit per a poder procedir a la següent. A part d’aquest mínim, també existeix una avaluació mes qualitativa, que fa referència especialment a la precisió de les dades aconseguides.

En finalitzar el projecte es comprovarà si s’han assolit els requeriments mencionats a l’apartat **1.4.3**.

## Descripció de les tasques

En aquest apartat es donara una descripció detallada de les diferents tasques que conformen el projecte. Estan ordenades cronològicament. Totes les tasques comparteixen els mateixos recursos humans: el desenvolupador del projecte, per tant només s’inclourà un llistat del recursos *software* i *hardware* necessaris per dur a terme cada tasca. De la mateixa manera, totes les tasques comparteixen un ordinador com a recurs *hardware*, i *software* bàsic com ara un navegador. També la connexió a internet.

### Gestió del projecte

En aquesta tasca es realitzara els preparatius per afrontar al projecte. Aquesta tasca es realitzarà sota l’assignatura GEP, que consta de 7 entregables:

* Abast del projecte.
* Planificació temporal.
* Gestió econòmica i sostenibilitat.
* Presentació preliminar.
* Contextualització i bibliografia.
* Plec de condicions.
* Presentació oral i document final.

Recursos *hardware*:

* Una càmera capaç d’enregistrar vídeo.

Recursos *software*:

* *Google Docs:* editar els diferents documents.
* *Google Drive*: emmagatzema els diferents components.
* *Gantter*: crear el diagrama de *Gantt.*
* el Racó de la FIB: gestió administrativa del TFG
* l’Atenea de la UPC: gestió de les diferents entregues i el *feedback* del professor.

### Iniciació del projecte

L’objectiu d’aquesta tasca és aconseguir el *hardware* necessari per al desenvolupament del projecte. La primera part consistirà en dur a terme una recerca intensiva sobre quins són els sensors més adequats per al prototip, i la segona a adquirir-los.

Sense recursos *hardware* i *software* addicionals.

### Prototip del hardware

Per a dur a terme aquesta tasca, serà imprescindible haver obtingut els diferents components prèviament. El propòsit d’aquesta tasca és connectar els diferents sensors a un microprocessador mitjançant una placa de desenvolupament o *breadboard.* Un cop el circuit estigui a punt, desenvolupa el codi del microprocessador per tal de llegir les dades obtingudes pels sensors.

Recursos *hardware*:

* Microprocessador: encarregat de gestionar els diferents sensors.
* Sensors: permeten obtenir informació de diferents constants de salut.
* Placa *breadboard*: permet integrar els components *hardware* sense soldar.
* Cables, resistències i altres components electrònics bàsics.

Recursos *software*:

* Arduino IDE: entorn per desenvolupa el *software* del microprocessador.

### Comunicació *wearable* - *smartphone* - servidor

Aquesta etapa consisteix en desenvolupa l’arquitectura de la comunicació del sistema. En particular, la comunicació entre el wearable i un *smartphone* *Android*. Aquesta comunicació es realitzarà a través de *Bluetooth,* de manera que el wearable transmetrà les dades obtingudes al dispositiu *Android*.

Per tal de realitzar aquesta comunicació es necessari crear una aplicació per a dispositius *Android* capaç de rebre dades via *Bluetooth.* Un cop el dispositiu *Android* obtingui les dades, aquest les tractara per tal de obtenir resultats més precisos i útils.

Finalment el dispositiu Android transmetrà les dades ja tractades a un servidor. Aquest servidor consistirà en una *Raspberry Pi* que tindrà com a objectiu emmagatzema les dades de diferents usuaris a una base de dades.

Recursos *hardware*:

* Mòdul *Bluetooth*: necessari per transmetre les dades des del *wearable.*
* Dispositiu *Android*: encarregat de part del processament i la transmissió al servirdor.
* *Raspberry Pi:* ordinador de baix cost que farà la funció de servidor.
* Disc dur USB: necessari per a emmagatzema les dades rebudes al servidor.
* Targeta de memòria *microSD*: necessari per executar un Sistema Operatiu al servidor.

Recursos *software*:

* *Android Studio*: *software* per desenvolupa aplicacions *Android.*
* *Atom*: editor de codi.
* *Laravel: framework* per desenvolupa aplicacions i serveis web .
* *MySQL*: base de dades.

## Possibles obstacles

En el transcurs del projecte poden produir-se potencials riscos derivats de l’ús d’eines *hardware* o *software*. Per a cada un d’aquests riscos, s’intentarà donar una solució satisfactòria i eficient. Els potencials riscos s’exposen a continuació.

### Dificultats en aconseguir components

Durant el procés de desenvolupament s’hauran d’adquirir determinats sensors. Existeix la possibilitat de que obtenir aquests sensors sigui complicat o bé per motius econòmics, o bé per motius de disponibilitat i accessibilitat dels mateixos. Aquest potencial obstacle pot ser el més complicat de resoldre ja que és tractaria d’un problema totalment extern. Una possible solució seria optar per altres sensors potencialment no tant adequats com els escollits en primera instància.

### Comportament inesperat dels components

Un cop adquirits els sensors es pot donar el cas de que aquests no es comportin com s’esperava. Això pot ser causat per diferents motius: els components són defectuosos, la qualitat d’aquest es inferior a la que es pretenia, la complexitat per utilitzar-los es major a la esperada. La solució a aquest eventual problema és similar a la descrita a l’apartat 1.5.1, es a dir obtenir diferents sensors o en cas de que aquests siguin defectuosos, obtenir-ne de nous. Una mesura preventiva a aquest possible problema, seria obtenir més sensors dels que es necessiten per si algun no estigues condicions adequades.

### Dificultat d’interpretació de les dades dels sensors

El tractament de les dades rebudes pels sensors pot ser realment complicat, especialment respecte al que fa a l’enregistrament de la activitat utilitzant IMUs. Això es podria resoldre utilitzant *software* propietari, o simplificant l’abstracció del concepte activitat.

## Estimació temporal

Aquest projecte es realitza sota l’empresa *InspiriLab*, en la que estic treballant. De dilluns a dijous realitzo tasques pròpies de la empresa, i els divendres els dedico íntegrament a aquest projecte. Això condiciona a la estimació total del temps i al diagrama de Gantt en particular però no a la estimació del temps per tasca.

### Temps per tasca

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tasca** | **Hores** | **Dies (aproximadament,**  **només laborals)** |
| **Gestió del projecte** | **75** | **9** |
| Abast del projecte | 9.25 | 1 |
| Planificació temporal | 8.25 | 1 |
| Gestió econòmica i sostenibilitat | 9.25 | 1 |
| Presentació preliminar | 6.25 | 1 |
| Contextualització i bibliografia | 15.25 | 2 |
| Plec de condicions | 8.5 | 1 |
| Presentació oral i document | 18.25 | 2 |
| **Iniciació del projecte** | **14** | **3** |
| Recerca de components adequats | 12 | 2 |
| Adquisició de components | 2 | 1 |
| **Prototip del *hardware*** | **24** | **3** |
| Integrar els components | 16 | 2 |
| Obtenir dades dels sensors | 8 | 1 |
| **Comunicació *wearable* - *smartphone* - servidor** | **120** | **16** |
| Desenvolupa aplicació Android | 24 | 3 |
| Enviar dades del wearable a l'aplicació Android | 16 | 2 |
| Emmagatzema les dades al dispositiu Android | 8 | 1 |
| Tractament de les dades al dispositiu Android | 48 | 6 |
| Crear base de dades al servidor | 16 | 3 |
| Comunicació Android - servidor | 8 | 1 |
| **Total** | **233** | **31** |

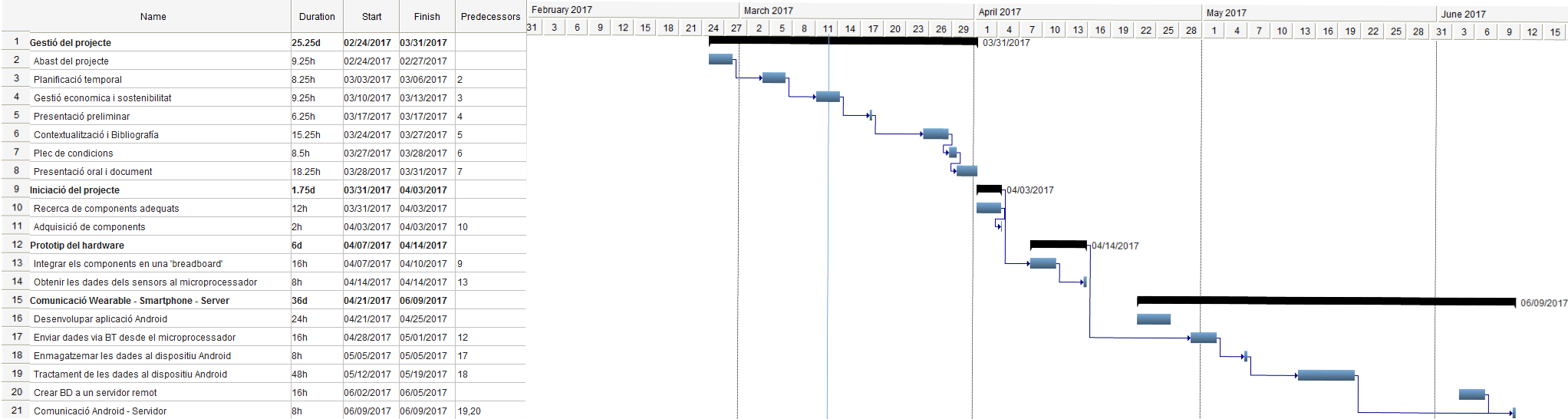
Taula 1: Temps per tasca.

### Dependències entre tasques

|  |  |
| --- | --- |
| **Tasca** | **Dependència amb** |
| **Gestió del projecte** | - |
| Abast del projecte | - |
| Planificació temporal | Abast del projecte |
| Gestió econòmica i sostenibilitat | Planificació temporal |
| Presentació preliminar | Gestió econòmica i sostenibilitat |
| Contextualització i bibliografia | Presentació preliminar |
| Plec de condicions | Contextualització i bibliografia |
| Presentació oral i document | Plec de condicions |
| **Iniciació del projecte** | - |
| Recerca de components adequats | - |
| Adquisició de components | Recerca de components adequats |
| **Prototip del *hardware*** | **Iniciació del projecte** |
| Integrar els components | Adquisició de components |
| Obtenir dades dels sensors | Integrar els components |
| **Comunicació *wearable* - *smartphone* - servidor** | **Prototip del *hardware*** |
| Desenvolupa aplicació Android | - |
| Enviar dades del wearable a l'aplicació Android | Obtenir dades dels sensors |
| Emmagatzema les dades al dispositiu Android | Enviar dades del wearable a l'aplicació Android |
| Tractament de les dades al dispositiu Android | Emmagatzema les dades al dispositiu Android |
| Crear base de dades al servidor | - |
| Comunicació Android - servidor | Tractament de les dades al dispositiu Android |

Taula 2: Dependències entre tasques.

### Diagrama de Gantt



Imatge 1: Diagrama de Gantt

## Pla d’acció

Probablement durant el projecte es produiran desviacions respecte aquesta planificació, ja que a priori és difícil predir el nombre d’hores que es dedicaran a cada tasca. Però el fet d’aplicar una metodologia Scrum, permet controlar les possibles desviacions, és a dir, que una tasca no duri el temps planificat. Això és degut a que Scrum és un mètode dinàmic, i per tant, a mesura que avança el projecte, es pot revisar i adaptar la planificació inicial. El passos a seguir en una eventual desviació són els següents:

* Si una tasca dura menys del planificat no és cap problema, es comença la següent.
* Si una tasca dura més del planificat, s’allarga i es comença la següent més tard. Ara bé, si aquest retràs és molt significatiu, o inclús pot ser perjudicial per a la finalització del projecte, es reduirà el temps assignat al tractament de les dades al dispositiu *Android,* ja que aquesta és la tasca més complexa, i no és competència de la especialitat que emmarca aquest projecte.

Aquestes possibles desviacions no afectarien als recursos assignats. Per altra banda, es realitzaran reunions periòdiques per a dur un control del projecte i de la seva planificació. Es pot concloure que és una planificació que assegura la finalització del projecte en el temps establert.

# Gestió econòmica

## Pressupost

A partir de la planificació, s’ha estimat el pressupost del projecte, en el qual s’han tingut en compte els costos directes per a cada tasca, els costos indirectes, els imprevistos i la contingència. A la següent taula hi ha el pressupost detallat: **///////!!!!!ACTUALITZAR TAULA, EN ESPECIAL BACKEND + dissenyador!!!!!////////**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Unitats** | **Preu / Unitat (€)** | **Consum (W)** | **Vida**  **útil (Anys)** | **Hores/ Dia** | **Hores d'ús** | **Cost (€)** |
| **Gestió del projecte** |  |  |  |  |  |  |  |
| Ordinador  (MacBook Air) | 1 | 1099 | 45 | 5 | 8 | 75 | 6.15 |
| Càmera | 1 | 150 | 5 | 3 | 8 | 20.5 | 0.37 |
| Google Docs | 1 | 0 | - | - | - | 50 | 0 |
| Google Drive | 1 | 0 | - | - | - | 50 | 0 |
| Racó de la FIB | 1 | 0 | - | - | - | 10 | 0 |
| Atenea de la UPC | 1 | 0 | - | - | - | 10 | 0 |
| Recursos humans  (enginyer informàtic) | 1 | 20 | - | - | - | 75 | 1500 |
| **Iniciació del projecte** |  |  |  |  |  |  |  |
| Ordinador  (MacBook Air) | 1 | 1099 | 45 | 5 | 8 | 14 | 1.15 |
| Recursos humans  (enginyer informàtic) | 1 | 20 | - | - | - | 14 | 280 |
| **Prototip**  **del *hardware*** |  |  |  |  |  |  |  |
| Ordinador  (MacBook Air) | 1 | 1099 | 45 | 5 | 8 | 8 | 0.66 |
| Microprocessador  (tensyduino) | 1 | 30 | 2 | 5 | 24 | 24 | 0.02 |
| Sensor ritme cardíac\* | 1 | 60 | 0.1 | 3 | 24 | 24 | 0.06 |
| Sensor d'activitat\* | 1 | 10 | 0.1 | 3 | 24 | 24 | 0.01 |
| Sensor de temperatura\* | 1 | 10 | 0.1 | 3 | 24 | 24 | 0.01 |
| Components electrònics | 1 | 20 | - | 3 | 24 | 24 | 0.02 |
| Arduino IDE | 1 | 0 | - | - | - | 8 | 0 |
| Recursos humans  (enginyer informàtic) | 1 | 20 | - | - | - | 24 | 480 |
| **Comunicació**  **wearable -**  **smartphone- servidor** |  |  |  |  |  |  |  |
| Ordinador  (MacBook Air) | 1 | 1099 | 45 | 5 | 8 | 120 | 9.84 |
| Sensor BlueTooth\* | 1 | 10 | 0.1 | 3 | 24 | 120 | 0.05 |
| Dispositiu Android | 1 | 150 | 5 | 3 | 8 | 80 | 1.43 |
| RaspberryPi 3 | 1 | 40 | 5 | 3 | 24 | 24 | 0.05 |
| Disc dur USB | 1 | 70 | 5 | 3 | 24 | 24 | 0.08 |
| Memòria  microSD 8 GB | 1 | 8 | - | 3 | 24 | 24 | 0.01 |
| Android Studio | 1 | 0 | - | - | - | 80 | 0 |
| Atom | 1 | 0 | - | - | - | 24 | 0 |
| Laravel | 1 | 0 | - | - | - | 24 | 0 |
| MySQL | 1 | 0 | - | - | - | 24 | 0 |
| Recursos humans  (enginyer informàtic) | 1 | 20 | - | - | - | 120 | 2400 |
| **Mensual** |  |  |  |  |  |  |  |
| ADSL | 1 | 40 | - | - | - | 4 | 160 |
| **TOTAL Acumulat** |  |  |  |  |  |  | **4839.91** |
| **Contingència: 5%** |  |  |  |  |  |  | **242** |
| **Risc: 15%** |  |  |  |  |  |  | **725.99** |
| **Total sense impostos** |  |  |  |  |  |  | **5807.9** |
| **Impostos: 21%** |  |  |  |  |  |  | **1219.66** |
| **Total amb impostos** |  |  |  |  |  |  | **7028** |

Taula 3: Pressupost del projecte.

\*Producte estimat no definitiu.

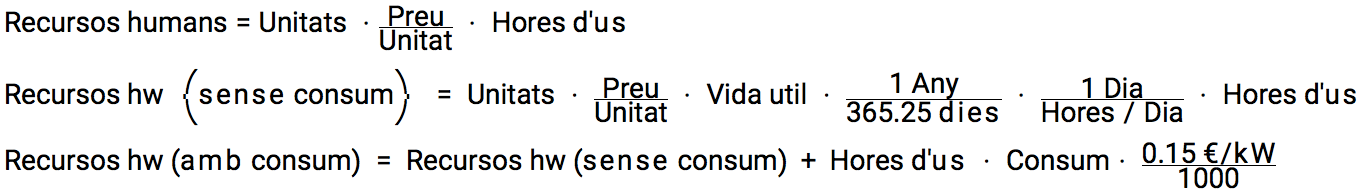
El pressupost recull els recursos software, hardware i humans agrupats per tasca. S’inclou el cost causat pel consum energètic quan és pertinent.

Pels recursos hardware i software que tenen un cost, s’ha realitzat un calcul en funció de les seves hores d’utilització i la seva vida útil per saber l’amortització estimada. Per altra banda, com es pot observar, tot el software utilitzat és gratuït, i no comporta cap cost.

El recursos humans del projecte només els constitueixen un estudiant d’enginyeria informàtica especialitzat en computadors. Cada hora de feina costa 20 euros.

Addicionalment es té en compte la quota mensual a pagar per a la connexió a internet en concepte de ADSL.

Un altre concepte a tenir en compte són els imprevistos. Per al càlcul d’aquest cost s’ha afegit un 15% al total acumulat, per tal de tenir un marge de maniobra considerablement ample.

Per a fer una estimació del cost, només es tenen en compte l’amortització del hardware, les hores dels recursos humans i la connexió ADSL. La quantitat d’hores estimades és el resultat de la planificació temporal. En particular, s’han fet servir les següents formules:

Formula 1: Formules per a calcular el cost.

Abreviació hw enlloc de hardware utilitzada per motius d’espai.

Per altra banda, s’ha calculat el percentatge de la contingència. Per a aquest projecte és d’un 5%, ja que malgrat la existència d’alguns components *hardware* que encara no són definitius, s’ha fet una estimació en base a la recerca de l’estat de l’art. La resta d’elements estan ben acotats.

Finalment, s’aplica l’IVA (21%) sobre el cost acumulat del pressupost.

## Control de gestió

Al llarg del projecte es poden produir desviacions, les quals es corregiran segons el pla d’actuació de la planificació. Tot i així, s’han d’establir uns mecanismes que permetin calcular les desviacions respecte el pressupost i els costos reals.

El millor mecanisme per a aquest projecte tenint en compte la planificació i la importància de les tasques, és calcular les desviacions al final de les següents tasques:

* Iniciació del projecte: ja que en aquesta tasca s’adquirira *hardware*, que de moment té un preu estimat. Caldrà doncs, en acabar aquesta tasca actualitzar el pressupost, en particular, els elements que apareixen amb un asterisc (\*) a la taula.
* Comunicació *wearable - smartphone -* servidor: en aquesta tasca es realitza la part més complexa del desenvolupament, i la estimació temporal podria fluctuar considerablement, afectant al pressupost.

En aquests punts, es calcularà el cost real en hores i es compararà amb el cost de les hores estimades. En el cas que la diferencia sigui molt gran, s’haurà d’estudiar el perquè ha passat i així evitar-ho en el futur. Al final del projecte també s’ha de calcular la desviació per a poder comparar-la i avaluar-la.

Tot i així, és poc probable que al final del projecte la diferencia entre el pressupost i el cost real sigui molt diferent, ja que, s’han calculat uns imprevistos bastant realistes, un risc elevat i una contingència del 5%. Implementació del hardware

# Implementació del *hardware*

# Implementació de l’aplicació

# Implementació del servidor

# Avaluació dels resultats

# Informe de sostenibilitat

**INCLOURE LES PARTS PERTINENTS A LA MEMORIA FINAL**

Per a poder realitzar un estudi de sostenibilitat de la planificació, es valorarà des de tres punts de vista: econòmic, social i ambiental. En cada una d’aquestes dimensions s’obtindrà una puntuació que es calcularà usant el mètode socràtic, és a dir, contestant una sèrie de preguntes. A aquestes preguntes se'ls hi assigna una puntuació seguint les pautes marcades per la UPC per a avaluar la sostenibilitat del TFG.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Projecte Posat**  **a Producció (0 ~ 10)** | **Vida útil (0 ~ 20)** | **Riscos (-20 ~ 0)** | **Puntuació** |
| Ambiental | 5 | 5 |  | 10 |
| Econòmic | 9 | 7 |  | 16 |
| Social | 6 | 18 |  | 24 |
| **Puntuació** | **20** | **30** | **0** | **Total = 50** |

Taula 4: Taula amb les puntuacions de la sostenibilitat del TFG.

A la taula és pot apreciar la puntuació de cada dimensió, amb possibles valors de 0 a 30, del projecte posat a producció (de 0 a 30) i de la vida útil (de 0 a 60). També apareix la puntuació total del projecte (de 0 a 90). La columna de riscos no s’avaluara fins a la fase final del projecte.

A continuació es justifica les puntuacions de cada una de les dimensions, responent a les preguntes plantejades pel mètode.

## Dimensió econòmica

* S’han avaluat els costos materials i de recursos humans.
* No s’han considerat costos de possibles reparacions o actualitzacions durant la vida útil del projecte.
* El cost del projecte és viable a nivell competitiu. El projecte té finalitats comercials.
* El projecte és podria realitzar en un temps total inferior, ja que la dedicació a aquest serà parcial, però a nivell de recursos humans, és a dir de temps consumit i per tant costos es correcte.
* El temps dedicat a cada tasca és proporcional a la seva importància.
* El projecte es fa amb col·laboració de *Malaysia Healthcare Travel Council* (MHTC).

## Dimensió social

* Malasia és un país que està en vies de creixement, intentant posar-se al nivell dels països del primer món. Actualment les pràctiques de FIV atrauen a gent de diversos països ja que són més competitives que a altres llocs.
* Un desenvolupament amb èxit del projecte contribuiria a augmentar la qualitat del procés de FIV i abaratir-ne el cost.
* El producte que es desenvolupa no és estrictament necessari, però reforça un servei ja existent, i de caràcter fortament social.
* La qualitat de vida dels consumidors milloraria amb el producte, ja que aquest faria la FIV més econòmica, i amb més probabilitat d’èxit, reduint per tant el temps que comporta als usuaris.
* Cap col·lectiu es veu perjudicat pel TFG.

## Dimensió ambiental

* Per al projecte es necessiten diferents recursos *hardware* com ara sensors i microprocessadors, juntament amb els recursos necessaris per a produir el *software*. (Els recursos necessaris han estat analitzats exhaustivament prèviament).
* Durant les diferents fases del projecte aquest es consumirà electricitat, tot i que atès al baix consum dels components que es faran servir, el consum elèctric és poc significatiu.
* La mateixa activitat és podria dur a terme sense l’us de tot el *hardware* que es pretén produir en cas d’èxit al projecte.
* Alguns recursos es poden reutilitzar d’altres projectes anteriors com ara l’ordinador que es farà servir durant tot el desenvolupament.
* Els components que es faran servir requereixen d’una gran quantitat d’energia per ser produïts, de fet, molt superior a la que consumiran durant la seva vida útil.
* No s’han tingut en compte el desmantellament un cop acabi la vida útil ni el reciclatge.
* Durant el desenvolupament no es generarà contaminació directament.
* El projecte requereix de material manufacturat, els components electrònics, en una quantitat relativament petita. La seva producció no es ètica.
* La implantació del projecte augmenta la petjada ecològica.
* Totes les parts del projecte es poden fer servir en altres possibles futurs projectes.

# Conclusions

# Bibliografia

1. [Laura Aibar Villán LMN. FECUNDACIÓN IN VITRO [Internet]. 3 Mar 2011. Available:](http://paperpile.com/b/c4Whq3/awcm) <http://www.hvn.es/servicios_asistenciales/ginecologia_y_obstetricia/ficheros/clase2011_fecundacion_in_vitro.pdf>

2. [Collins J. Cost-effectiveness of In Vitro Fertilization. Semin Reprod Med. 2001;19: 279–290.](http://paperpile.com/b/c4Whq3/lxGF)

3. [ESHRE Task Force on Ethics and Law, including, Dondorp W, de Wert G, Pennings G, Shenfield F, Devroey P, et al. Lifestyle-related factors and access to medically assisted reproduction. Hum Reprod. 2010;25: 578–583.](http://paperpile.com/b/c4Whq3/7Lgn)

4. [Piwek L, Ellis DA, Andrews S, Joinson A. The Rise of Consumer Health Wearables: Promises and Barriers. PLoS Med. 2016;13: e1001953.](http://paperpile.com/b/c4Whq3/HJJe)

5. [Parak J, Korhonen I. Evaluation of wearable consumer heart rate monitors based on photopletysmography. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. 2014;2014: 3670–3673.](http://paperpile.com/b/c4Whq3/xxbT)

6. [Lynn WD, Escalona OJ, McEneaney DJ. Arm and wrist surface potential mapping for wearable ECG rhythm recording devices: a pilot clinical study. J Phys Conf Ser. 2013;450: 012026.](http://paperpile.com/b/c4Whq3/l1k8)

7. [Muneer KVA, Ahammed Muneer KV. Non contact ECG recording instrument for continuous cardiovascular monitoring. IEEE-EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics (BHI). 2014. doi:](http://paperpile.com/b/c4Whq3/RMGn)[10.1109/bhi.2014.6864355](http://dx.doi.org/10.1109/bhi.2014.6864355)

8. [Zaman KI, White A, Yli-Piipari SR, Hnat TW. K-Sense: Towards a Kinematic Approach for Measuring Human Energy Expenditure. Lecture Notes in Computer Science. 2014. pp. 166–181.](http://paperpile.com/b/c4Whq3/rjbe)

9. [Prathivadi Y, Wu J, Bennett TR, Jafari R. Robust activity recognition using wearable IMU sensors. IEEE SENSORS 2014 Proceedings. 2014. doi:](http://paperpile.com/b/c4Whq3/XQLN)[10.1109/icsens.2014.6985041](http://dx.doi.org/10.1109/icsens.2014.6985041)

10. [Ohnishi Y, Katsura S. Recognition and classification of human motion based on hidden Markov model for motion database. 2012 12th IEEE International Workshop on Advanced Motion Control (AMC). 2012. doi:](http://paperpile.com/b/c4Whq3/YsON)[10.1109/amc.2012.6197112](http://dx.doi.org/10.1109/amc.2012.6197112)

11. [Schwaber K. SCRUM Development Process. Business Object Design and Implementation. 1997. pp. 117–134.](http://paperpile.com/b/c4Whq3/AXJu)