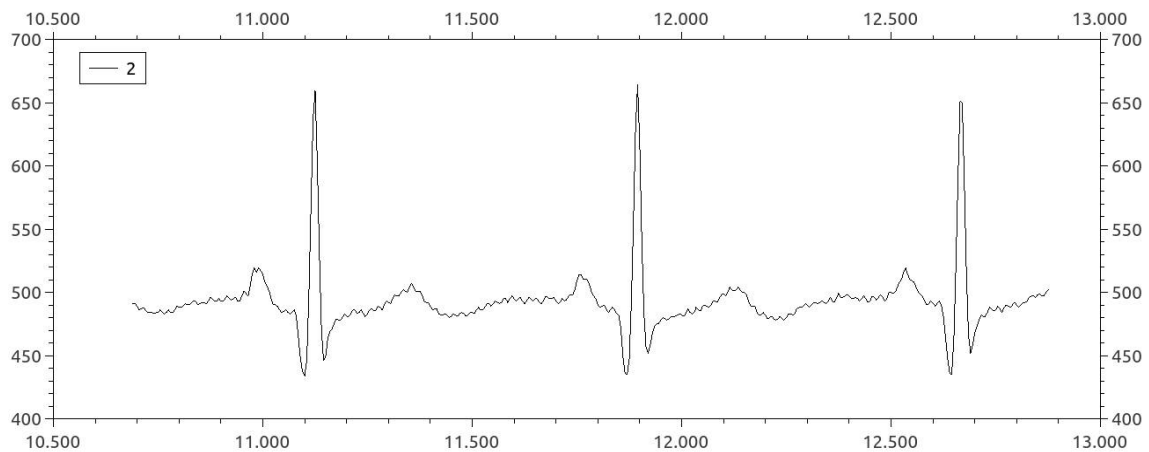

HOLTER



Judith Casas Vázquez
Núria Padilla Sánchez
Tutor: Jordi Orts
2ⁿ de batxillerat A
Treball de recerca 2018-2019
Institut Príncep de Viana

«La ciencia, muchacho, está hecha de errores, pero de errores útiles de cometer, pues poco a poco, conducen a la verdad»

Julio Verne

«Me enseñaron que el camino del progreso no era rápido ni fácil»

Marie Curie

«Aquel que procura asegurar el bienestar ajeno ya tiene asegurado el propio»

Confucio



AGRAÏMENTS

Creiem necessari agrair al nostre tutor de TR, Jordi Orts, l'entrega que ha mostrat cap al nostre treball des d'un principi fins al final. Ens ha recolzat i ajudat en tot moment.

A la meva germana Shelia Casas agrair-li tot l'ajut que ens ha oferit, proporcionant-nos tots els seus coneixements de medicina per fer-nos entendre a dues tecnòlogues com analitzar un electrocardiograma.

També, a la fundació TIC per haver-se interessat en el nostre projecte i facilitar-nos eines per enriquir el nostre treball.

Índex de continguts

1. INTRODUCCIÓ.....	6
1.1. ELECCIÓ DEL TEMA.....	6
1.2. INTRODUCCIÓ AL PROJECTE I OBJECTIUS.....	7
2. HOLTER.....	8
2.1. INTRODUCCIÓ ALS HOLTERS.....	8
2.2. ELECTROCARDIOGRAMA.....	9
2.2.1. Anatomia del cor.....	10
2.2.2. Generació de l'impuls elèctric.....	11
2.2.3. Circuit elèctric del cor.....	14
2.2.4. Estructura d'un electrocardiograma.....	15
2.3. ESTUDI DEL MERCAT.....	18
3. DISSENY.....	21
3.1. DIAGRAMA DE BLOCS.....	21
3.2. COMPONENTS.....	21
3.3. EXPLICACIÓ CODIS.....	26
3.4. CAPSA 3D.....	30
3.4.1. Capsa 1.....	31
3.4.2. Capsa 2.....	35
3.5. PLANIFICACIÓ.....	38
3.6. PRESSUPOST.....	41
4. PROVEM EL NOSTRE PRODUCTE.....	44
4.1. HIPÒTESI.....	44
4.2. PROVES.....	44
4.3. CONCLUSIÓ.....	60
5. CONCLUSIÓ.....	62
5.1. VALORACIÓ FINAL.....	62
5.2. MILLORES A FER.....	63
6. ANNEXOS.....	65
6.1. ANNEX 1: PROCÉS PER A TROBAR LA COMBINACIÓ CORRECTA DELS SENSORS.....	65
6.2. ANNEX 2: PROCÉS DE CREACIÓ DEL CODI.....	66
6.3. ANNEX 3: PROCÉS DE CREACIÓ DE LA CAPSA 3D.....	75
6.4. ANNEX 4: INCIDÈNCIA HOLTER 2.....	78
6.5. ANNEX 5: REUNIÓ AMB TIC SALUT I SOCIAL.....	83
7. BIBLIOGRAFIA.....	85

1. INTRODUCCIÓ

1.1. ELECCIÓ DEL TEMA

Des de fa temps ens sentim atretes per la tecnologia, trobem que és un àmbit apassionant sense limitacions que està revolucionant la societat i que promet un futur amb progressos avui inimaginables. El ventall de possibilitats que ofereix ens va conduir a triar-la com a modalitat de batxillerat i també com a matèria per al nostre treball de recerca.

No tenim clar quins estudis volem emprendre un cop acabem batxillerat, però de ben segur que realitzarem alguna carrera relacionada amb la ciència i la tecnologia.

Pel que fa al treball, teníem algunes idees en ment, entre aquestes l'estudi dels cristalls líquids que, tot i que, molta gent ho desconeix són presents en alguns objectes d'ús diari com pantalles de calculadores, rellotges digitals... En concret teníem gran interès en l'estudi de les seves transicions de fase.

Però, finalment, després de meditar totes les propostes i comparar els avantatges que podria aportar cadascuna, ens vam decidir per crear un holter que ens proporcionaria l'oportunitat de treballar amb sondes i amb l'ESP8266, del qual ja teníem una experiència prèvia del PRE de 4^t d'ESO i del projecte que fèiem en grups l'any passat, en el nostre cas el control d'accés de les portes de l'institut i que vam poder exhibir en la Maker Faire 2018 a Barcelona, on els nostres projectes van rebre un reconeixement.

A més, la lectura que vam fer del treball de la Patrícia Olmos, antiga exalumna del nostre centre, anomenat «Electromedicina econòmica» [PO] realitzat ja fa més de deu anys ens va cridar molt l'atenció i, va ser un punt a favor i gairebé decisiu per a decantar-nos pel tema del nostre treball de recerca.

Sobretot, ens va animar el fet de veure que en el seu treball utilitzava la tecnologia més avançada d'aquell moment i pensar que si ella ho va poder fer, nosaltres amb la tecnologia d'avui dia podríem arribar molt més enllà.

1.2. INTRODUCCIÓ AL PROJECTE I OBJECTIUS

El nostre projecte es basa en la creació d'un holter, un petit dispositiu que enregistra l'activitat elèctrica del cor durant un cert temps. Aquests dispositius normalment al mercat solen tenir un preu força elevat¹ i, per tant, no estan a l'abast de països o zones deprimides, camps de refugiats, etc. que compten amb pocs recursos sanitaris. Som conscients que és un dels problemes amb què sovint es troben els serveis sanitaris. Per això, vam voler contribuir amb el nostre granet de sorra creant un holter de baix cost adreçat a aquestes poblacions amb escassos recursos mèdics.

A banda del nostre principal objectiu d'abaratir el cost, a l'inici del projecte també ens vam proposar altres objectius a escala personal com adquirir més coneixements i experiència sobre programació (en el nostre cas sobre l'entorn Arduino), l'elaboració de peces a partir d'impressores 3D amb el programa OpenSCAD i la interpretació i comparació de dades.

A més, com el treball el portàvem a terme en parella, ens vam proposar col·laborar totes dues de manera equitativa, cohesionar el grup, realitzar aportacions tant pròpies com conjuntes, escoltar-nos i respectar les idees i opinions de l'altra.

1. Veure apartat 2.3: estudi del mercat, pàgina 18

2. HOLTER

2.1. INTRODUCCIÓ ALS HOLTERS

El nom del dispositiu prové de Norman Holter, físic nord-americà que va desenvolupar a principis del segle XX un monitor lleuger i transportable amb capacitat d'escriure un registre continu del ritme cardíac. Per això, es va aplicar en la mesura de l'activitat electrocardiogràfica, freqüència cardíaca i respiratòria. Va suposar un gran avanç, ja que antigament els electrocardiogrames eren molt grans i ocupaven habitacions senceres. Durant el segle XX es va perfeccionar reduint encara més la seva mida i pes i afegint un registre digital.

El seu funcionament consisteix en la col·locació d'uns sensors sobre la pell i la mesura de les diferències de voltatge entre aquests. Posteriorment, s'emmagatzemen els resultats en un registre digital. L'avantatge principal del holter és que es pot aplicar de forma ambulatoria al domicili del pacient i després portar-lo al metge especialista (cardiòleg) que analitzarà els resultats. Això permet al pacient dur a terme les seves activitats diàries sense limitacions.

Són recomanables per a persones que han patit desmaïs o síncope de repetició, palpitations o infarts atès que els holters contribueixen en la detecció de possibles causes cardíques com les arrítmies (alteració del ritme del cor) i distingir fins i tot el tipus: taquicàrdies (ritmes ràpids) i bradicàrdies (ritmes lents).

Per més informació consultar [WCO].

2.2. ELECTROCARDIOGRAMA

El cor és l'òrgan encarregat de bombejar, d'impulsar la sang per tal que aquesta adquireixi l'energia cinètica necessària per poder sobrepassar les resistències que troba al seu pas per artèries i venes i també l'energia potencial gravitatòria i arribar a irrigar totes les cèl·lules del nostre cos assegurant així l'arribada de nutrients i oxigen i alhora la recollida de substàncies de rebuig cel·lular fruit del seu metabolisme com poden ser el CO₂ o la urea.

Així doncs, el cor desenvolupa una funció vital que determina el bon funcionament de la resta d'òrgans com el cervell i per tant, el seu bon funcionament és clau per a la nostra supervivència. Per aquest motiu el seu monitoratge és de gran importància resultant essencial i bàsica en l'àmbit mèdic, sobretot en un moment d'urgència vital.

Aquest estudi funcional del cor s'aconsegueix mitjançant la mesura de constants com:

- La freqüència o ritme cardíac (mesurada en pulsacions per minut). Ens permet confirmar que aquest batega i realitzar una anàlisi molt general de la situació clínica partint del context com a base (per exemple si aquest batega massa ràpid en una situació de repòs, pensarem que aquest rep poca sang i per això es veu obligat a treballar més, potser per pèrdua de sang, potser degut a un batec ineficient... i estarem en una situació d'elevada urgència mèdica).
- La pressió sistòlica i diastòlica (mesurada en mmHg) que indirectament i a grans trets ens permet conèixer la força amb la què el cor impulsa la sang.

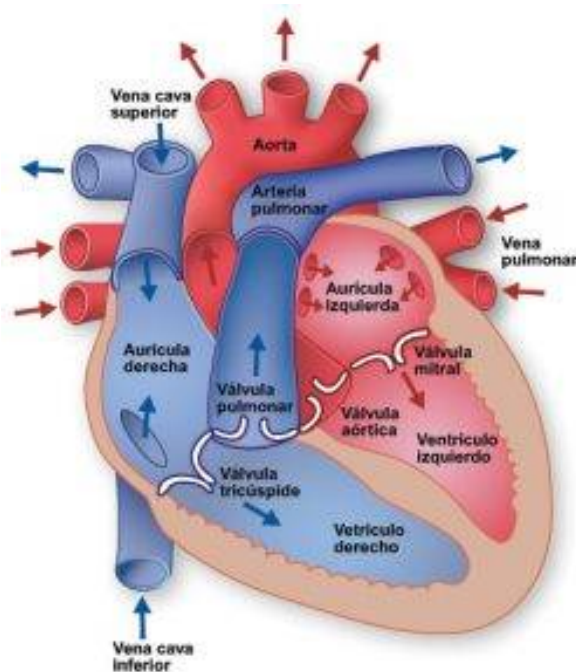
Però per un millor estudi de la seva funcionalitat, un estudi més precís i localitzat, és essencial un estudi de la seva activitat contràctil a través de l'estudi de la generació i transmissió de l'impuls elèctric per les diverses cavitats cardíques d'una manera immediata i aquest s'aconsegueix mitjançant l'electrocardiograma.

L'electrocardiograma és doncs, la prova cardiològica de referència, és completa, rendible i eficaç però per tal d'entendre el seu funcionament cal primerament ser bons coneixedors de l'estructura anatòmica i funcional cardíaca, dels mecanismes de generació de l'impuls elèctric, la seva propagació i conversió en contracció.

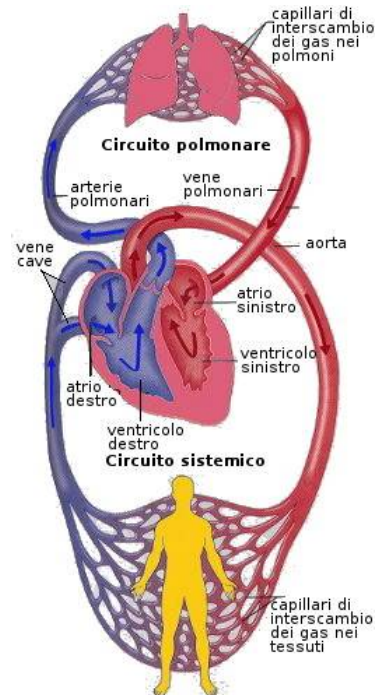
2.2.1. Anatomia del cor

El cor és un múscul especial, autònom i compost de 4 cambres o cavitats: dos superiors anomenades aurícules que reben la sang provinent de la circulació venosa i la bombegen a les parts inferiors o ventricles, els quals impulsen la sang cap a la circulació arterial. Entre aurícula i ventricle trobem les vàlvules auriculoventriculars que eviten el retorn sanguini del ventricle cap a l'aurícula durant la fase de contracció ventricular.

D'altra banda, dividim el cor en cor dret i cor esquerre construint dos circuits en paral·lel: el circuit pulmonar i el sistèmic respectivament. Aquesta divisió s'aconsegueix gràcies als envans interauricular i interventricular que eviten que la sang d'ambdós circuits es barregi, funció essencial, ja que l'aurícula dreta rebrà la sang plena de CO₂ que a través del ventricle dret serà enviada als pulmons on es produirà l'intercanvi de gasos, de manera que la sang que arriba a l'aurícula esquerra serà rica en oxigen i estarà preparada per ser enviada a la resta del cor mitjançant la contracció ventricular esquerra.



Imatge 1: cavitats cardíques
Font: [IM1]



Imatge 2: sistema circulatori
Font: [IM2]

Així doncs, el cor és un gran múscul amb cavitats que treballen dos a dos de manera sincronitzada i alternant relaxació muscular (diàstole o moment d'ompliment) i contracció muscular (sístole o ejecció). Pel seu bon funcionament és essencial aquesta coordinació en la contracció i s'aconsegueix per la regulació de l'impuls elèctric que activa les fibres musculars, però com es genera aquest impuls?

2.2.2. Generació de l'impuls elèctric

L'impuls elèctric no és més que un canvi en la diferència de potencial o voltatge existents entre el medi intracel·lular i extracel·lular que es propaga a través d'uns canals que connecten les cèl·lules veïnes (connexions). Aquesta diferència de potencial en repòs ve determinada per la diferència de concentració d'ions i l'alteració del potencial de repòs s'estableix pel flux d'ions que altera les concentracions basals i més concretament, del flux de l'ió sodi, de l'ió potassi i l'ió calci.

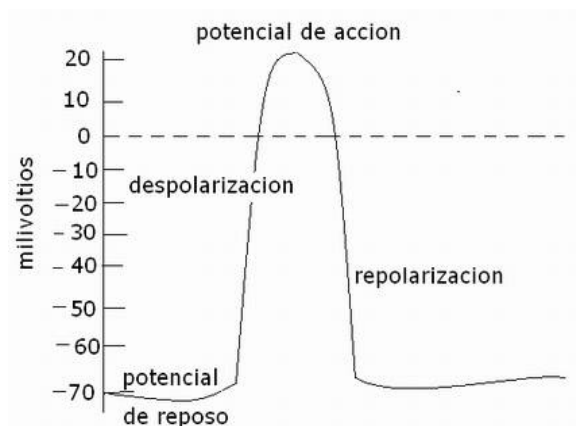
En condicions de repòs (fase 0), la concentració de Na^+ és més elevada al medi extracel·lular, el Ca^{2+} es troba emmagatzemat dins un compartiment cel·lular aïllat del medi intracel·lular i el K^+ té una elevada concentració a escala intracel·lular. A grans trets, hi ha més càrregues positives al medi extracel·lular i el voltatge és de -65mV.

Alguns canals de membrana de sodi (única manera de travessar la membrana cel·lular) s'obren permetent el flux d'ions sodi a favor de gradient, cap a l'interior cel·lular. A poc a poc augmenten les càrregues positives al seu interior i el voltatge passa a ser d'uns -55mV.

En aquest moment, els canals de calci dependents de voltatge s'obren i els ions calci comencen a sortir al medi intracel·lular, augmentant més i més la càrrega positiva de l'interior cel·lular. El voltatge es positivitza i es diu que la cèl·lula està despolaritzada.

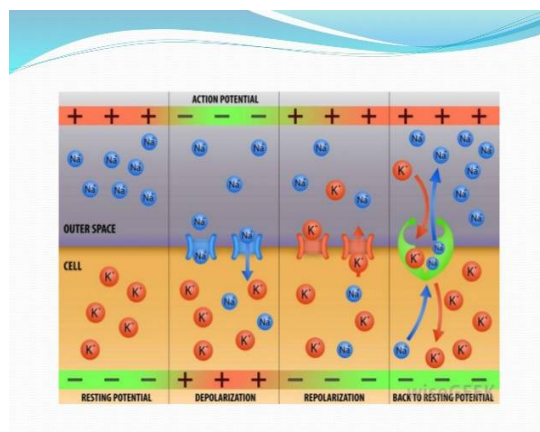
Quan s'assoleixen uns nivells màxims de voltatge positiu, s'activen els canals de potassi, aquest cop però, la tendència de flux a favor de gradient d'aquest ió serà inversa, l'ió potassi sortirà de la cèl·lula reduint la càrrega positiva intracel·lular i recuperant els nivells de voltatge negatiu inicials. Es diu que la cèl·lula s'ha repolaritzat.

En contra de gradient de concentració, mitjançant uns canals diferents que requereixen del consum d'energia es recuperen les concentracions inicials de cada ió.



Imatge 3: diferència de potencial en l'impuls elèctric

Font: [IM3]

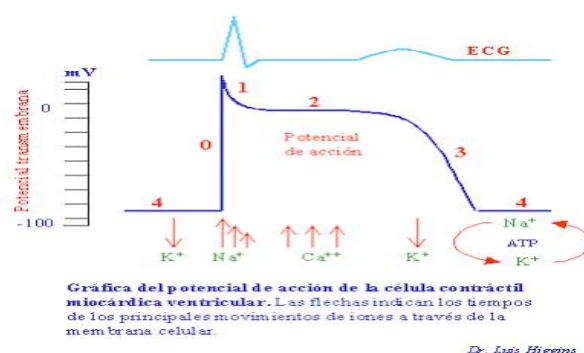


Imatge 4: pas d'ions en la generació de l'impuls elèctric

Font: [IM4]

Aquest fenomen no es produeix normalment de manera automàtica a les cèl·lules.

Si pensem en un múscul com el bíceps veiem que, per poder contraure'l, necessitem el sistema nerviós que és el que genera i envia un impuls fins a les cèl·lules musculars que formen el bíceps i és llavors i només llavors quan aquestes es contrauen. El patró de despolarització-repolarització de les cèl·lules del bíceps és lleugerament diferent, es partirà d'un potencial de repòs molt més negatiu i la despolarització, en lloc de ser progressiva és sobtada donada l'obertura massiva de canals de sodi en rebre el senyal elèctric provinent del sistema nerviós.



Imatge 5: potencial d'acció cèl·lula muscular del cor durant la contracció

Font: [IM5]

El cor però, està format per un tipus de teixit muscular diferent (miocardi) capaç de generar per si mateix, de manera intrínseca aquest impuls (imatge 3), és el que anomenem automatisme elèctric i que permet automatisme contràctil (el cor fora del cos humà pot seguir bategant).

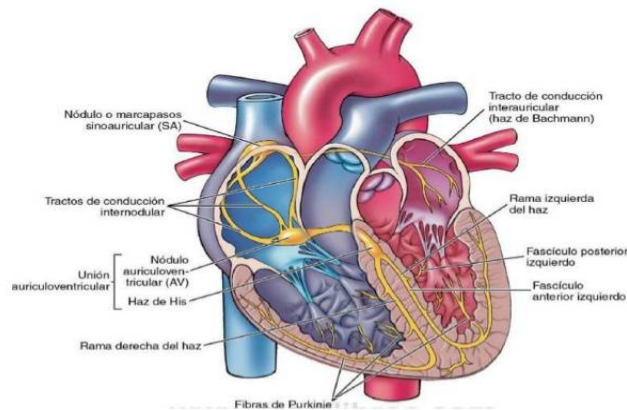
Tot i això, no totes les cèl·lules que formen el cor o miocardiocits, són capaces de generar per si mateixes aquest impuls elèctric. Existeix un circuit cardíac que genera i propaga aquest impuls elèctric que de manera molt organitzada arribarà a les diferents cèl·lules musculars que formen el cor. Entendre aquest circuit elèctric particular del cor és determinant per acabar d'entendre i poder interpretar l'electrocardiograma.

2.2.3. Circuit elèctric del cor

L'impuls elèctric s'inicia a l'aurícula dreta, a l'anomenat Nòdul Sinusal, s'estén a ambdues aurícules i com a conseqüència, es produeix la seva contracció avançant la sang cap als ventricles (els quals es troben en relaxació o diàstole). D'aquesta manera, el Nòdul Sinusal es converteix en el director d'orquestra de la producció elèctrica i activitat contràctil que presenta el cor, és el marcapassos cardíac.

Aquest impuls arriba a la segona parada, al Nòdul Auriculoventricular (situat al septe interauricular tocant els ventricles) que fa de control, de filtre del qual arriba de les aurícules, i transmet l'impuls a través del Feix de Hiss o via de transmissió situada a l'envàs interventricular, perquè aquest arribi de manera simultània a ambdós ventricles. Un cop arriba l'impuls, les fibres musculars dels ventricles es contrauen (sístole) enviant la sang a les artèries. El cor es relaxa i es reinicia el procés.

Sistema de conducción eléctrica del corazón.



Imatge 6: Sistema de conducció elèctrica del cor
Font: [IM6]

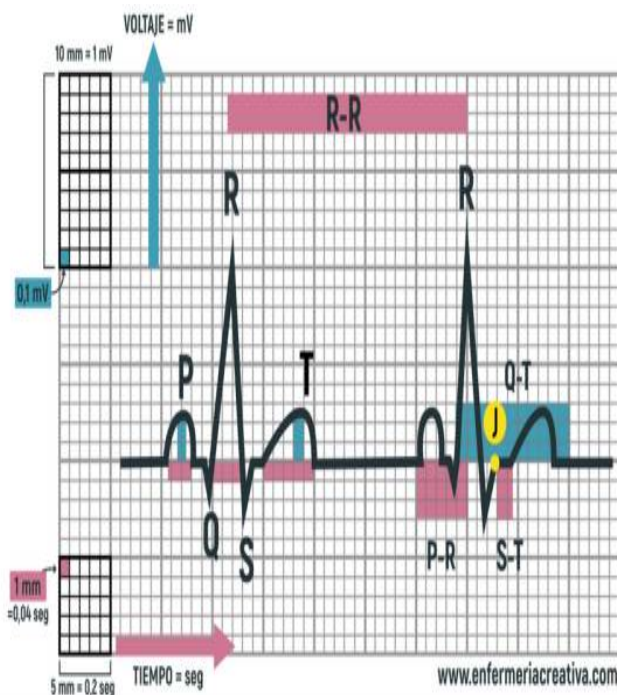
Així doncs, sabem que particularment el cor compta amb determinades agrupacions de cèl·lules musculars encarregades de la generació de l'impuls elèctric i de la seva propagació de manera esglaonada a les diferents cavitats que formen el cor establint tres possibles etapes molt marcades:

1. Generació de l'impuls elèctric i contracció auricular
2. Propagació de l'impuls als ventricles i contracció ventricular
3. Relaxació

Però com podem relacionar aquesta informació fisiològica amb l'electrocardiograma?

2.2.4. Estructura d'un electrocardiograma

En termes generals l'electrocardiograma estudia el cor analitzant els processos elèctrics que experimenta i presenta la següent estructura:



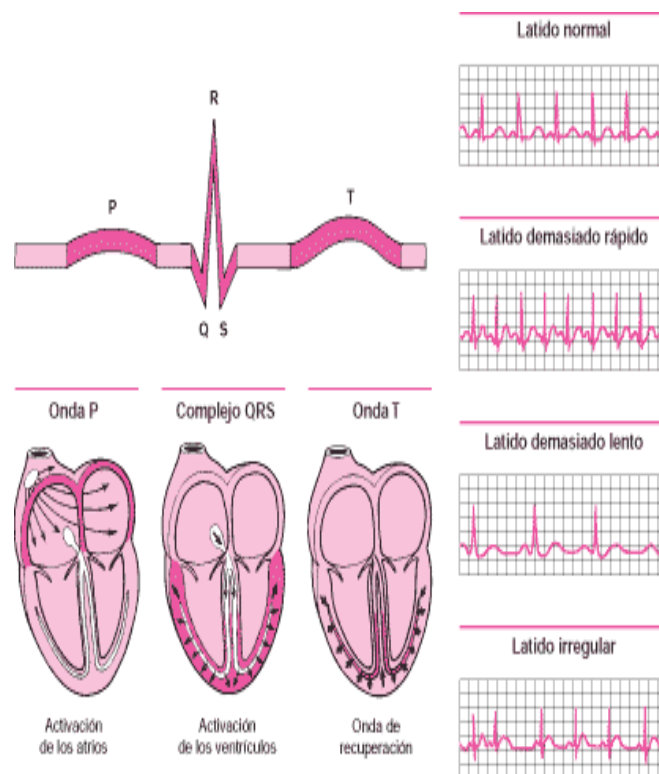
Imatge 7: esquema d'un electrocardiograma
Font: [IM7]

Podem destacar tres ones ben delimitades i de morfologia lleugerament diferent generades com a conseqüència dels canvis de potencial que experimenten les cèl·lules (eix y) respecte al temps (eix x). A grans trets, les ones es formaran en el moment en què agrupacions de cèl·lules es despolaritzin en rebre l'impuls elèctric inicial (recordem generat intrínsecament al cor al Nòdul Sinusal), com més gran sigui el nombre de cèl·lules que rebin l'impuls elèctric i es despolaritzin, més amplitud tindrà l'ona; i com més dispersa sigui l'arribada de l'impuls elèctric a les cèl·lules musculars de la zona, més longitud tindrà l'ona. I analitzant-les una per una:

- La primera ona és l'anomenada **ona P** i tenint com a referència el funcionament del cor (primer ompliment auricular) i com s'inicia i es propaga l'impuls elèctric (iniciat al Nòdul Sinusal localitzat a l'aurícula dreta), podem associar-la a la contracció d'ambdues aurícules.
- El segment isoelèctric abans de la següent ona o **interval PQ**, es correspondria doncs al mateix temps que triga a arribar l'impuls elèctric a través del Nòdul Auriculoventricular i el Feix de Hiss als ventricles, així doncs,

cap cèl·lula és despolaritzada per tal de contraure's i per tant no es detecta voltatge.

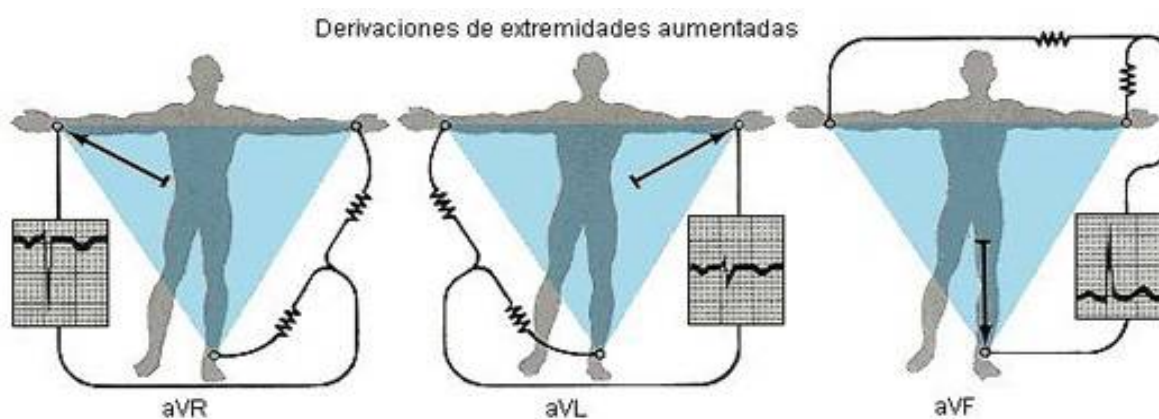
- La segona ona, l'**ona QRS** molt més estreta i punxeguda, es correspon a la contracció ventricular. Recordem que els ventricles són els encarregats de donar a la sang l'impuls suficient per a recórrer tot el cos de manera que tenen molt més teixit muscular cosa que explicaria el seu elevat voltatge. També l'arribada de l'impuls arreu de les parets d'ambdós ventricles és molt més homogènia fet que explica la seva longitud inferior a l'ona P.
- Finalment, l'**ona T** representa el moment de repolarització o relaxació muscular necessari per a omplir-se altra vegada les cavitats cardíaqes i reiniciar-se el cicle.



Imatge 8: relació figures electrocardiograma amb transmissió de l'impuls elèctric a través del cor
Font: [IM8]

D'altra banda, el caràcter positiu o negatiu que presentin les ones de l'electrocardiograma està relacionat amb la direcció amb la qual estudiem el cor.

Per tal d'obtenir el dibuix de l'electrocardiograma hem de col·locar un mínim de 3 elèctrodes al cos que detectin el recorregut de l'impuls elèctric pels canvis de voltatge, com si es tractés d'un vector. Aquests però, es poden col·locar de moltes maneres, anomenades Derivacions, segons la seva col·locació, tindrem una referència diferent i veurem l'impuls elèctric des d'una direcció determinada: si l'impuls va en la direcció dels elèctrodes (s'apropa) l'ona generada serà positiva, si aquest vector que forma l'impuls elèctric s'allunya del punt de referència, l'ona serà negativa.






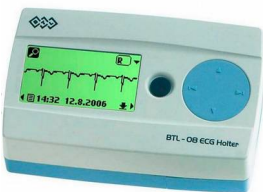


Imatge 9: estructura electrocardiogràfica en funció de la col·locació dels elèctrodes
Font: [IM9]

2.3. ESTUDI DEL MERCAT

Els aparells electrònics mèdics sempre s'han caracteritzat per tenir uns preus elevats atès que requereixen molta precisió i, per tant, deduïem que el preu d'un holter també ho seria, tot i desconèixer preus de mercat. Per tal d'obtenir els preus reals vam optar per realitzar un petit estudi entre alguns dels existents actualment al mercat per així conèixer de primera mà entre quins preus es mouen, quin és el preu mínim, quins són els més alts i deduir a què es deu la diferència.

A banda dels preus, també ens interessava observar les diferents funcions de les quals disposen per poder obtenir idees per a una futura millora del nostre producte.

			
	<i>Imatge 10: holter I</i>	<i>Imatge 11: holter II</i>	<i>Imatge 12: holter III</i>
Marca	MEDILOG AR12PLUS	PHILIPS	Contec
Referència	[EB1] [ME1]	[EB2] [ME2]	[EB3] [ME3]
Preu	1 762,2 €	441,88 €	265 €
Descripció	- Registre de ECG a llarg termini. - 1 o 3 canals i ofereix una àmplia gamma d'opcions d'anàlisi de ECG.	- Lleuger, amb un monitor gran integrat.	- 12 canals. - Té un registre de dades - Es pot utilitzar en institucions mèdiques.

			
	<i>Imatge 13: holter IV</i>	<i>Imatge 14: holter V</i>	<i>Imatge 15: holter VI</i>
Marca	BTL	EVO Spacelabs	MORTARA
Referència	[EB4] [ME4]	[EB5] [ME5]	[EB6] [ME6]
Preu	3 999 €	307,65 €	265 €
Descripció	- És possible avaluar en un temps mínim i amb la màxima precisió.	- És molt lleuger, (massa: 70 g) i pot ocultar-se fàcilment a sota de la roba.	- Massa: 125 g - 48 hores de registre. - 12 canals

	<ul style="list-style-type: none">- 12 canals- Ha estat dissenyat específicament per estalviar el temps al metge.	<ul style="list-style-type: none">- Es poden seleccionar un màxim de 48 hores de registre.- 1 canal	
--	--	--	--

Un cop realitzada aquesta comparativa entre diferents holters que trobem al mercat podem observar que no baixen dels 200 € i els de més qualitat poden arribar fins als 3 000 € o més. Aquesta diferència de preu és deguda a una major quantitat de canals (fins a 12) i a l'autonomia de l'enregistrament de dades. Cal tenir en compte que el nostre holter consta d'un sol canal i per ara, a causa del gran volum de dades que crea no és possible un enregistrament d'un interval de temps de tantes hores atès que és difícil descarregar-ne tantes.

3. DISSENY

3.1. DIAGRAMA DE BLOCS

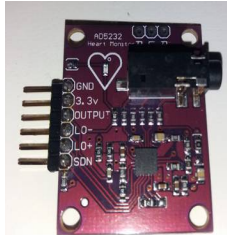


3.2. COMPONENTS

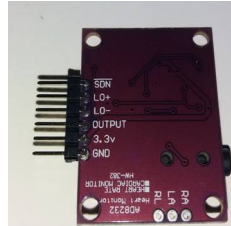
A continuació hem fet un llistat dels diferents components que hem utilitzat per realitzar el nostre producte, amb les especificacions pertinents.

AD8232 Heart Monitor

Placa 1

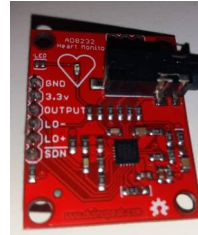


Imatge 16: Heart Monitor (1)

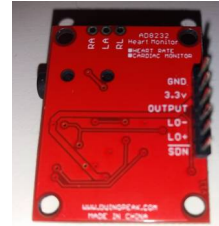


Imatge 17: Heart Monitor (1)

Placa 2



Imatge 18: Heart Monitor (2)



Imatge 19: Heart Monitor (2)

Petit xip utilitzat per mesurar la cavitat elèctrica del cor.

Té un LED que s'il·lumina seguint el ritme del batec del cor.

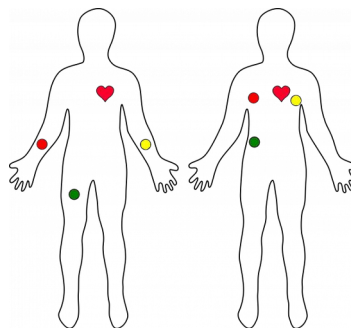
Etiqueta	Funció del Pin	Connexió Arduino
GND	Negatiu	GND
3.3v	3.3v font d'alimentació	3.3v
OUTPUT	Sortida analogica	A0
LO-	Detecció de derivació -	D4
LO +	Leads-off Detect +	D0
SDN	Apagar	No utilitzat

Per més informació consultar [SF].

Sensors



Imatge 20: sensors



Imatge 21: connexions del sensor

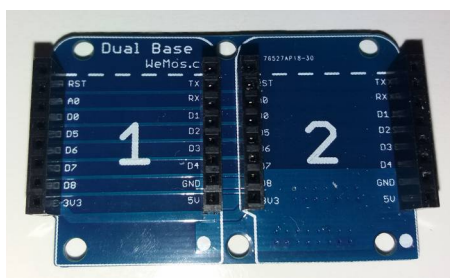
Color del Cable	Senyal
Groc	L (Left) esquerra
Vermell	R (Right) dreta
Verd	F (Foot) peu

En la comanda vam rebre dos sensors dels quals un no portava indicades les lletres (L, R i F), és per això que en un principi semblaven diferents i vam haver de fer proves per conèixer la col·locació dels sensors. Finalment, vam veure que la combinació coincidia amb l'altre.

Consultar les proves fetes a l'annex 1.

[SF]

Base dual per Wemos D1mini



Imatge 22: Base dual

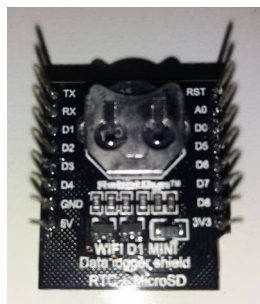
Data logger shield RTC + MicroSD

Mòdul amb rellotge amb pila i lector MicroSD.

PINS

Relloige (RTC)	
D1	SCL
D2	SDA

MicroSD	
D5	CLK
D6	DO
D7	DI
D8	CS



Imatge 23: Data logger shield RTC + MicroSD



Imatge 24: Data logger shield RTC + MicroSD

[AL3]

1-button shield Wemos cc

El polsador el fem servir per enviar les dades.

PINS

D3	Button
----	--------

[WE1]



Imatge 25: 1-button shield Wemos cc



Imatge 26: 1-button shield Wemos cc

Wemos D1mini V3.0.0

Microcontrolador amb wifi i compatible amb programació de codi Arduino. Consta d'onze pins digitals d'entra/sortida i una entrada analògica. També, una connexió Micro USB.

[AL5]

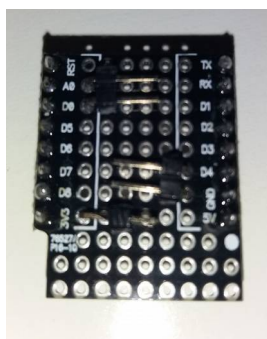


Imatge 27: Wemos D1mini V3.0.0

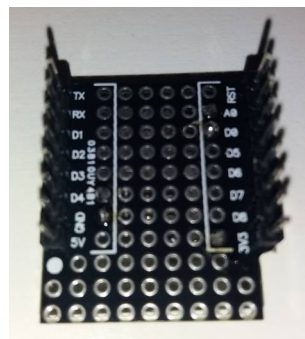


Imatge 28: Wemos D1mini V3.0.0

ProtoBoard Shield



Imatge 29: ProtoBoard Shield



Imatge 30: ProtoBoard Shield

[WE2]

Elèctrodes



Imatge 31: elèctrodes

[BK1]

Targeta MicroSD

En el nostre cas es tracta d'una targeta marca SanDisk Ultra amb 32 GB de memòria.

Utilitzem la MicroSD per a emmagatzemar les dades del Heart Monitor. Ens permet tenir una capacitat d'emmagatzematge superior i per tant una major autonomia.



Imatge 32: targeta MicroSD

Bateria portàtil

El nostre holter consumeix 0,10 A i per tant en 24 h, consumiria 2,4 A. Caldria, doncs, una bateria de capacitat mínima de 2,4 A.

La nostra té una capacitat de 1 200 mAh, cal una amb més capacitat.



Imatge 33: voltímetre i amperímetre, consum del nostre holter



Imatge 34: bateria portàtil

3.3. EXPLICACIÓ CODIS

ESP8266

En el nostre treball de recerca hem treballat amb el D1 mini, una placa amb un ESP8266 amb 4MB de memòria antena wifi integrada i un bus que conté tots els senyals aprofitables de l'ESP8266. Vam escollir treballar amb aquest xip i no amb altres pels següents motius:

- És compatible amb l'entorn Arduino.

L'Arduino és una plataforma electrònica de codi obert capaç de llegir entrades i convertir-les en sortides. Per indicar a la placa el que ha de fer utilitzem el llenguatge de programació Arduino. En anteriors treballs totes dues ja havíem treballat amb aquest llenguatge i, això ens va permetre començar amb una bona base la creació de codis.

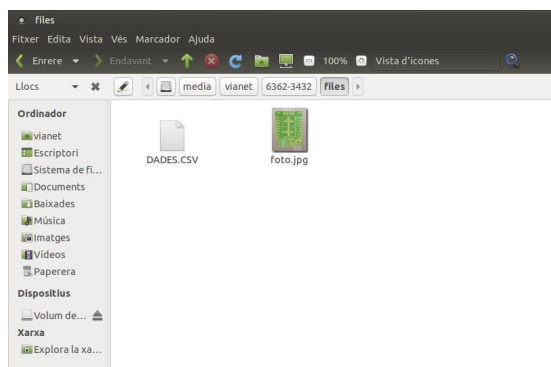


- Ens permet fer codis utilitzant el wifi integrat, sigui com a punt d'accés o connectant-se a una altra xarxa.
- El seu preu, és un xip molt econòmic.

Durant tot el nostre treball hem anat realitzant versions millorades de cada codi, afegint components, rectificant errors... Per observar tot el procés de creació dels diferents codis i els que hem fet servir per provar els diferents components consultar l'annex 2.

El funcionament d'aquest codi consisteix:

- 1- El sensor Heart Monitor rep les dades del nostre cor i les guarda a la SD juntament amb temps mesurat en ms, d'ençà que es va fer un reset a la placa, cada 5 segons es fa una mesura.
- 2- Aquestes dades es guarden a la SD en una carpeta que anteriorment ha estat creada en aquesta, anomenada files. Aquest fitxer que es guarda l'hem anomenat DADES.csv.

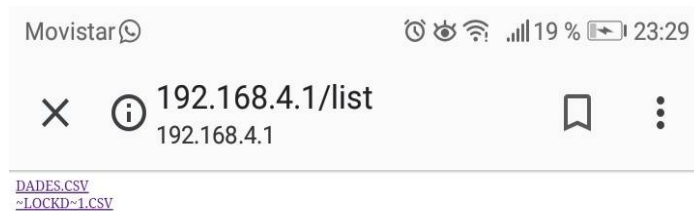


Imatge 36: carpeta files dins de la SD

A	B	C	D
1327	15025	83	
1328	15030	84	
1329	15035	87	
1330	15040	88	
1331	15045	89	
1332	15050	89	
1333	15055	90	
1334	15060	90	
1335	15065	91	
1336	15070	93	
1337	15075	94	

Imatge 37: exemple de document "DADES.csv"

- 3- Quan volem enviar aquestes dades pitgem el polsador durant uns segons.
- 4- A partir d'aquest moment el nostre mòdul crea un punt d'accés wifi. Ens podem connectar amb el mòbil o amb un ordinador.
- 5- En un buscador posem la IP en el nostre cas (<http://192.168.4.1/list>). Posem //list perquè surtin els fitxers que hi ha a la carpeta de la SD.
- 6- Apareix el llistat de fitxers i podem baixar el nostre fitxer de dades.



Imatge 38: llistat de fitxers

A continuació, adjuntem el codi definitiu del nostre treball:

```
#include <ESP8266WiFi.h> // incloem les llibreries per crear la WiFi
#include <WiFiClient.h>
#include <ESP8266WebServer.h>
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#define DBG_OUTPUT_PORT Serial

ESP8266WebServer server ( 80 );

const char *ssid = "HOLTER-N";
const char *password = "INSPVIANA";
```

```
const int heratPin = A0;
const int chipSelect= D8;
unsigned long ara=millis();
unsigned long sequent=ara+100;
static bool hasSD = false;
File uploadFile;

void returnOK();
void returnFail(String msg);
bool loadFromSdCard(String path);
void handleNotFound();
void printDirectory();

void setup() {
  DBG_OUTPUT_PORT.begin(115200);
  DBG_OUTPUT_PORT.setDebugOutput(true);
  DBG_OUTPUT_PORT.print("\n");
  if (SD.begin(SS)) {
    DBG_OUTPUT_PORT.println("SD Card initialized.");
    hasSD = true;
  }
  pinMode(D3, INPUT);
}

void loop() {

  if (digitalRead(D3)==true){
    File dataFile = SD.open("/files/DADES.csv", FILE_WRITE);
    for(int i=1; i<=1000; i++){
      int heartValue = analogRead(A0);
      Serial.println(heartValue);
      dataFile.print(millis());
      dataFile.print(",");
      dataFile.println(heartValue);
      while(millis()<sequent){
      }
      ara=sequent;
      sequent=ara+5;
    }
    dataFile.close();
  }

  else {
    WiFi.mode(WIFI_AP);
    WiFi.softAP(ssid, password);
    server.on("/list", HTTP_GET, printDirectory);
    server.onNotFound(handleNotFound);
    server.begin();
    DBG_OUTPUT_PORT.println("HTTP server started");
    while(true){
      server.handleClient();
    }
  }
}

void returnOK() {
  server.send(200, "text/plain", "");
}
```

```
void returnFail(String msg) {
server.send(500, "text/plain", msg + "\r\n");
}
bool loadFromSdCard(String path) {
String dataType = "text/plain";
if (path.endsWith("/")) {
path += "index.htm";
}
if (path.endsWith(".src")) {
} else if (path.endsWith(".htm")) {
dataType = "text/html";
}
else if (path.endsWith("csv")){
dataType = "text/css";
}
else if (path.endsWith(".css")) {
dataType = "text/css";
} else if (path.endsWith(".js")) {
dataType = "application/javascript";
} else if (path.endsWith(".png")) {
dataType = "image/png";
} else if (path.endsWith(".gif")) {
dataType = "image/gif";
} else if (path.endsWith(".jpg")) {
dataType = "image/jpeg";
} else if (path.endsWith(".ico")) {
dataType = "image/x-icon";
} else if (path.endsWith(".xml")) {
dataType = "text/xml";
} else if (path.endsWith(".pdf")) {
dataType = "application/pdf";
} else if (path.endsWith(".zip")) {
dataType = "application/zip";
}

File dataFile = SD.open(path.c_str());
if (dataFile.isDirectory()) {
path += "/index.htm";
dataType = "text/html";
dataFile = SD.open(path.c_str());
}
if (!dataFile) {
return false;
}
if (server.hasArg("download")) {
dataType = "application/octet-stream";
}
if (server.streamFile(dataFile, dataType) != dataFile.size()) {
DBG_OUTPUT_PORT.println("Sent less data than expected!");
}
dataFile.close();
return true;
}

void handleNotFound() {
if (hasSD && loadFromSdCard(server.uri())) {
return;
}
}
```

```
String message = "SDCARD Not Detected\n\n";
message += "URI: ";
message += server.uri();
message += "\nMethod: ";
message += (server.method() == HTTP_GET) ? "GET" : "POST";
message += "\nArguments: ";
message += server.args();
message += "\n";
for (uint8_t i = 0; i < server.args(); i++) {
message += " NAME:" + server.argName(i) + "\n VALUE:" + server.arg(i) + "\n";
}
server.send(404, "text/plain", message);
DBG_OUTPUT_PORT.print(message);
}

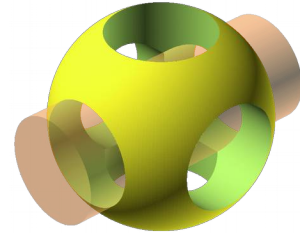
void printDirectory(){
File dir = SD.open("/files");
dir.rewindDirectory();
server.setContentLength(CONTENT_LENGTH_UNKNOWN);
server.send(200, "text/html", "");
server.sendContent("<html><head></head><body>");
while(true) {
File entry = dir.openNextFile();
if (! entry) {
// no more files
break;
}
String output;
output += "<a href='/files/'";
output += entry.name();
output += ">";
output += entry.name();
output += "</a><br/>";
server.sendContent(output);
entry.close();
}
server.sendContent("</body></html>");
dir.close();
}
```

3.4. CAPSA 3D

Buscant la màxima comoditat del pacient, vam decidir dissenyar una capsa que recollís tot el mòdul i la placa Heart Monitor evitant així alteracions per possibles cops que interfereixin en les connexions i com a conseqüència en la recollida de dades. Vam considerar adient, utilitzar l'OpenSCAD, ja que ja havíem tingut l'oportunitat de treballar amb ell i comptàvem amb una certa experiència.

OpenSCAD

L'OpenSCAD és un programari per a la creació de models 3D. És un programari lliure i està disponible per a Linux. L'OpenSCAD no és un modelador interactiu però és molt útil per crear peces per imprimir amb la impressora 3D, ja que proporciona al dissenyador un control total sobre el procés de modelització o fer dissenys definits per paràmetres configurables.

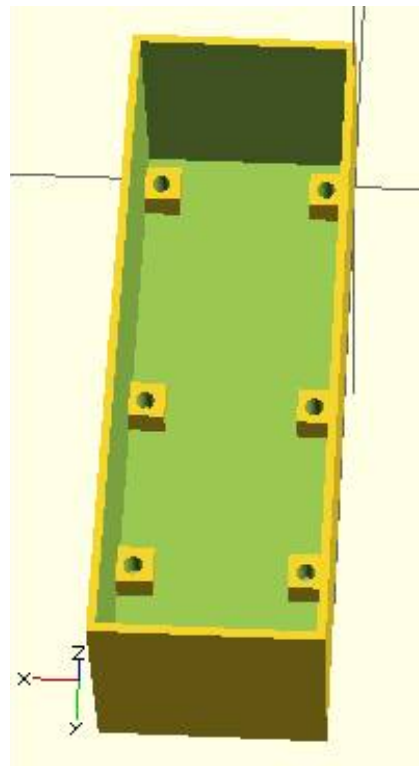


*Imatge 39: logo
OpenSCAD*

Per més informació consultar [OSCAD].

3.4.1. Capsa 1

```
include<M3.scad>
module capsa_1_v3(){
  difference() {
    translate([0,-5,0])
    cube([39.4,114.3,43.5]);
    translate([1.5,-3.5,1.5])
    cube([36.4,111.3,43.5]);
  }
  difference(){
    translate ([1.5,1.5,1.5])
    cube([6.5,6.5,6]);
    union () {
      translate ([5,5,1.5]) forat_M3(10);
    }
  }
  difference(){
    translate ([31.5,1.5,1.5])
    cube([6.5,6.5,6]);
    translate ([35,5,1.5]) forat_M3(10);
  }
  difference(){
    translate ([31.5,45.5,1.5])
    cube([6.5,6.5,6]);
    translate ([35,49,1.5])forat_M3(10);
  }
  difference(){
    translate ([1.5,45.5,1.5])
    cube([6.5,6.5,6]);
    translate ([5,49,1.5]) forat_M3(10);
  }
  difference(){
    translate ([1.5,77.5,1.5])
    cube([6.5,6.5,6]);
    translate ([5,81,1.5]) forat_M3(10);
  }
  difference(){
```

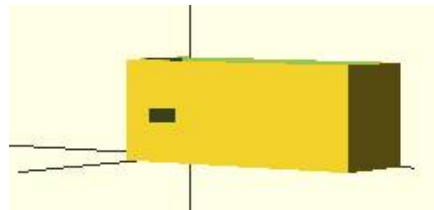


Imatge 40: capsa 1

```
translate ([1.5,100.5,1.5])
cube([6.5,6.5,6]);
translate ([5,104,1.5])forat_M3(10);
}
difference(){
translate ([31.5,77.5,1.5])
cube([6.5,6.5,6]);
translate ([35,81,1.5]) forat_M3(10);
}
difference(){
translate ([31.5,100.5,1.5])
cube([6.5,6.5,6]);
translate ([35,104,1.5]) forat_M3(10);
}
}
```

```
include <capsa_1_v3.scad>

module capsa_2_v3(){
difference() {
capsa_1_v3();
translate([10,7,17])
cube([800,15,6]);
}
}
```



Imatge 41: capsa 1

```
include <capsa_2_v3.scad>
include <halfcylindre.scad>

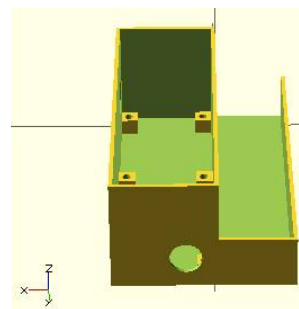
module capsa_3_v3(){
difference() {
capsa_2_v3();
translate([30.4,14.5,22])
halfcylindre();
}
}
```



Imatge 42: capsa 1

```
include <capsa_3_v3.scad>

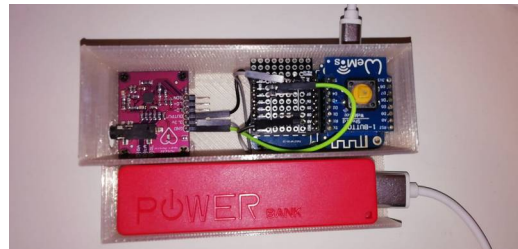
difference() {
capsa_3_v3();
rotate ([90,90,0])
translate ([-12,12,-109.3])
cylinder (h=10, r=6, $fn=48);
}
difference() {
translate([-28.5,-5,0])
cube([28.5,114.3,20]);
translate([-27,-5,1.5])
cube([27,112.8,20]);
}
```



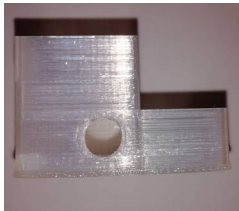
Imatge 43: capsa 1



Imatge 44: capsa 1



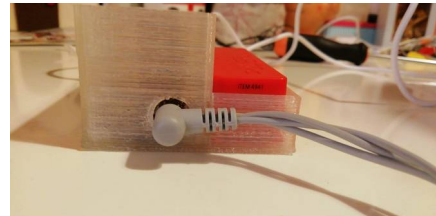
Imatge 45: capsa 1



Imatge 46: capsa 1



Imatge 47: capsa 1



Imatge 48: capsa 1



Imatge 49: capsa 1



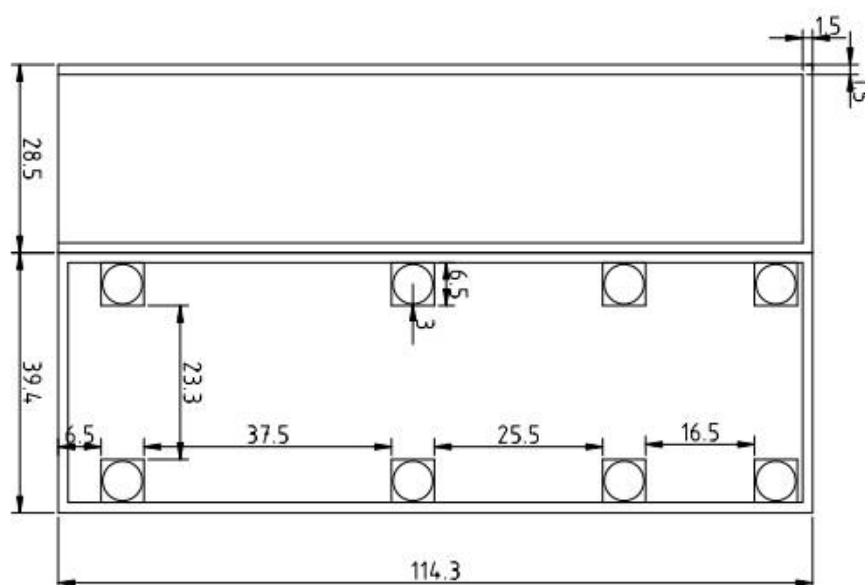
Imatge 50: capsa 1



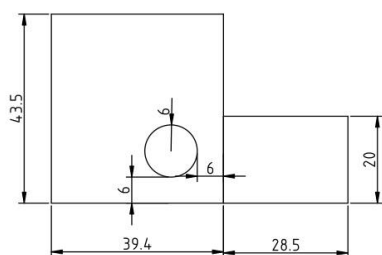
Imatge 51: capsa 1

Plànols QCAD

El QCAD és un programa que treballa en 2D i és molt útil per a la creació de plànols. Fa tres anys a l'assignatura de tecnologia vam conèixer les seves funcions bàsiques i vam decidir aplicar els coneixements adquirits per a la realització de les diferents vistes (planta, perfil i alçat) de les nostres capses fetes amb la impressora 3D per així mostrar les seves dimensions.



Imatge 52: planta capsa 1



Imatge 53: perfil capsa 1

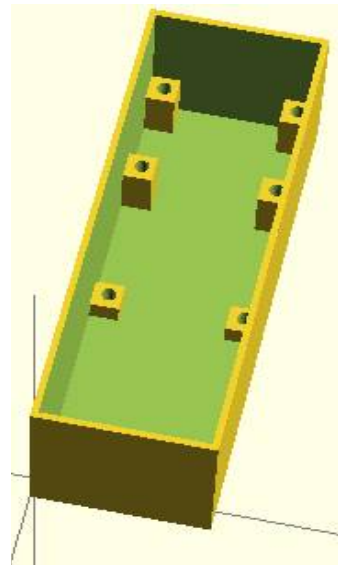


Imatge 54: alçat capsa 1

3.4.2. Capsa 2

```
include<M3.scad>
module capsa_1_v3_J(){
  difference() {
    translate([0,-5,0])
    cube([39.4,114.3,43.5]);
    translate([1.5,-3.5,1.5])
    cube([36.4,111.3,43.5]);
  }

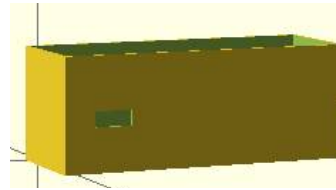
  difference(){
    translate ([1.5,1.5,1.5])
    cube([6.5,6.5,6]);
    union () {
      translate ([5,5,1.5]) forat_M3(10);
    }
  }
  difference(){
    translate ([31.5,1.5,1.5])
    cube([6.5,6.5,6]);
    translate ([35,5,1.5]) forat_M3(10);
  }
  difference(){
    translate ([31.5,45.5,1.5])
    cube([6.5,6.5,6]);
    translate ([35,49,1.5])forat_M3(10);
  }
  difference(){
    translate ([1.5,45.5,1.5])
    cube([6.5,6.5,6]);
    translate ([5,49,1.5]) forat_M3(10);
  }
  difference(){
    translate ([1.5,77.5,1.5])
    cube([6.5,6.5,15]);
    translate ([5,81,9.5]) forat_M3(10);
  }
  difference(){
    translate ([1.5,100.5,1.5])
    cube([6.5,6.5,15]);
    translate ([5,104,9.5])forat_M3(10);
  }
  difference(){
    translate ([31.5,77.5,1.5])
    cube([6.5,6.5,15]);
    translate ([35,81,9.5]) forat_M3(10);
  }
  difference(){
    translate ([31.5,100.5,1.5])
    cube([6.5,6.5,15]);
    translate ([35,104,9.5]) forat_M3(10);
  }
}
```



Imatge 55: capsa 2

```
include <capsa_1_v3_J.scad>

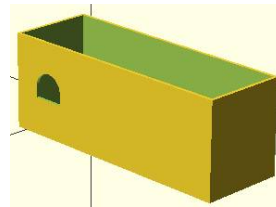
module capsa_2_v3_J(){
  difference() {
    capsa_1_v3_J();
    translate([10,7,17])
    cube([800,15,6]);
  }
}
```



Imatge 56: capsa 2

```
include <capsa_2_v3_J.scad>
include <halfcylindre.scad>

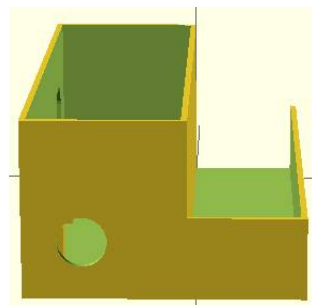
module capsa_3_v3_J(){
  difference() {
    capsa_2_v3_J();
    translate([30.4,14.5,22])
    halfcylindre();
  }
}
```



Imatge 57: capsa 2

```
include <capsa_3_v3_J.scad>

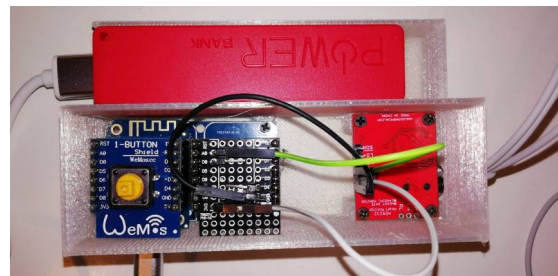
difference() {
  capsa_3_v3_J();
  rotate ([90,90,0])
  translate ([-14,25,-109.3])
  cylinder (h=10, r=6, $fn=48);
}
difference() {
  translate([-28.5,-5,0])
  cube([28.5,114.3,20]);
  translate([-27,-5,1.5])
  cube([27,112.8,20]);
}
```



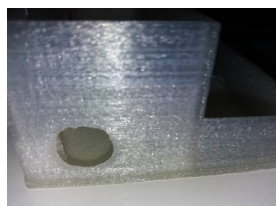
Imatge 58: capsa 2



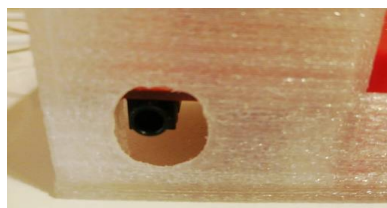
Imatge 59: capsa 2



Imatge 60: capsa 2



Imatge 61: capsa 2



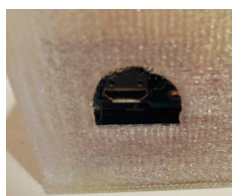
Imatge 62: capsa 2



Imatge 63: capsa 2



Imatge 64: capsa 2

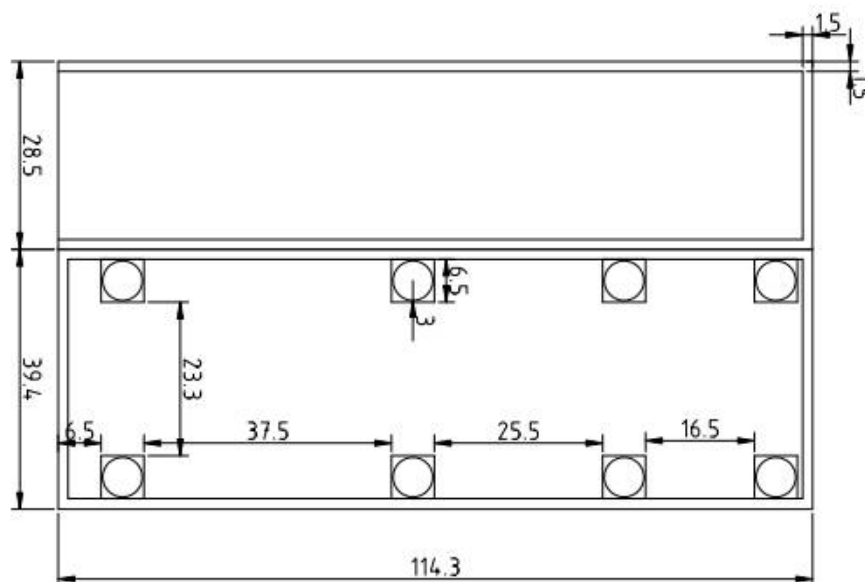


Imatge 65: capsa 2

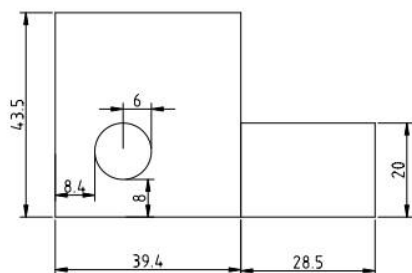


Imatge 66: capsa 2

Plànols QCAD



Imatge 67: planta capsa 2



Imatge 68: perfil capsa 2



Imatge 69: alçat capsa 2

A diferència de la capsa 1, les torretes per a la placa Heart Monitor en la capsa 2 són més altes a causa del diferent disseny de les plaques.

També, com es pot observar en el perfil, el forat per al connector dels sensors està en una diferent posició, més desplaçat a l'esquerra i més amunt per la mateixa raó.

3.5. PLANIFICACIÓ

Operació	Material i eines	Duració	Producció
Soldar les potes de les plaques: - Heart Monitor - Wemos D1mini - Data logger shield RTC + Micro SD - 1-button shield wemos cc	- Soldador - Aliatge Sn (60%) i Pb (40%)	30 minuts	x
Carregar el programa amb el potenciòmetre. Comprovar que funciona	- Ordinador - Potenciòmetre	10 minuts	
Carregar el primer codi a la placa Heart Monitor per comprovar que funciona [Ok_1]	- Ordinador amb programa Arduino	1 minut	

Provar totes les combinacions possibles amb els elèctrodes per aconseguir la correcta	- Mòdul - Cable de dades - Connector - Elèctrodes	1 hora	
Crear el segon codi [Ok_2]	- Ordinador amb programa Arduino	30 minuts	
Crear el tercer codi [Ok_3]	- Ordinador amb programa Arduino	20 minuts	
Crear el quart codi [Ok_4]	- Ordinador amb programa Arduino	3 hores	
Crear el cinquè codi [Ok_5]	- Ordinador amb programa Arduino	15 minuts	
Crear el sisè codi [Ok_6]	- Ordinador amb programa Arduino	15 minuts	
Crear el setè codi [Ok_7]	- Ordinador amb programa Arduino	15 minuts	
Crear el vuitè codi [Ok_8]	- Ordinador amb programa Arduino	3 hores	
Crear el novè codi [Ok_9]	- Ordinador amb programa Arduino	15 minuts	
Carregar el programa definitiu	- Ordinador amb programa Arduino	2 minuts	x
Fer el disseny de la capsa 1	- Peu de rei - Ordinador amb programa OpenSCAD	6 hores	
Imprimir la capsa 1 amb la impressora 3D (prova 1)	- Impressora 3D - Plàstic impressora 3D	2hores 30 minuts	
Fer millores capsa 1 (prova 2)	- Peu de rei - Ordinador amb programa OpenSCAD	30 min	

Imprimir la capsa 1 (prova 2)	- Impressora 3D - Plàstic impressora 3D	2 hores 30 minuts	
Fer millores capsa 1 (prova 3)	- Peu de rei - Ordinador amb programa OpenSCAD	30 min	
Imprimir la capsa 1 (prova 3)	- Impressora 3D - Plàstic impressora 3D	2 hores 30 minuts	
Fer més grans els forats de les torretes (defectes d'impressió)	- Tornavís - Cargol	10 minuts	
Cargolar tot el mòdul i la placa Heart Monitor	- Tornavís - 8 cargols - Capsa feta amb impressora 3D - Mòdul - Placa Heart Monitor	10 minuts	
Fer el disseny de la capsa 2	- Peu de rei - Ordinador amb programa OpenSCAD	1 hora	
Imprimir la capsa 2 (prova 1)	- Impressora 3D - Plàstic impressora 3D	2 hores 30 minuts	
Fer més grans els forats de les torretes (defectes d'impressió)	- Tornavís - Cargol	10 minuts	
Llimar el forat del connector per fer-lo més gran	- Llima	5 minuts	

Cargolar tot el mòdul i la placa Heart Monitor	<ul style="list-style-type: none"> - Tornavís - 8 cargols - Capsa feta amb impressora 3D - Mòdul - Placa Heart Monitor 	10 minuts	x
--	---	-----------	---

3.6. PRESSUPOST

Components	Quantitat	Preu unitari	Preu total	Referència
AD8232 Heart Monitor Sensors	1	8,36 € (10,30 € amb les despeses d'enviament)	10,30 €	[AL1]
Base Dual per WEMOS D1 mini	1	0,71 € (1,24 €)	1,24 €	[AL2]
Data logger shield RTC + MicroSD	1	1,36 € (3,52 €)	3,52 €	[AL3]
1-button shield wemos cc	1	0,53 € (1,77 €)	1,77 €	[AL4]
Wemos D1mini V3.0.0	1	3,06 € (4,30 €)	4,30 €	[AL5]
ProtoBoard Shield	1	0,27 € (1,51 €)	1,51 €	[AL6]
Paquet de 12 elèctrodes	1	5,08 € (9,86 €)	9,86 €	[BK1]
MicroSD (32GB)	1	11,69 €	11,96 €	[MM]

Cable de dades	1	3 €	3 €	
Bateria portàtil	1	5 €	5 €	
Bobina de 100g d'aliatge Sn (60%) i Pb (40%)	Molt poca quantitat	9,32 €	Com la quantitat utilitzada és insignificant no tenim en compte el preu	
Paquet 200 unitats cargols M2 x 6mm	8	2,57 €	0,10 €	[AL7]
Paquet de 40 unitats de cable femella-femella	3	0,51 € (1,63 €)	0,12 €	[AL8]
Plàstic caps 3D	42 g	35 € / 600 g	2,45 €	

CÀLCUL DEL PRESSUPOST

Els pressupostos només cobreixen les despeses (mà d'obra i materials) i no pas els beneficis, els impostos, les despeses de comercialització, ...

- Pressupost dels 2 primers holters (prototip comercial), tenint en compte la mà d'obra (recerca) i el preu del material.
- Pressupost enfocat a una producció en sèrie (1000 unitats), considerant el cost de la producció, una mil·lèsima part del cost total del prototip comercial i el preu del material.

	Prototip comercial	Producció en sèrie
Mà d'obra	16 €/h	16 €/h
Temps total	18 h 16 min	50 min
R+D	-	$347,45 \text{ €} \div 1000 = 0,35\text{€}$
Preu mà d'obra	292,32 €	13,33 €
Preu materials	55,13 €	55,13 €
Preu total	347,45 €	68,81 €

El preu del nostre producte en una producció en sèrie seria de 68,81 €, és molt més econòmic que els trobats en l'estudi del mercat (apartat 2.3). A més a més el nostre sistema és obert i el programari pot millorar.

Atès que aquest holter està destinat a ONGs, nosaltres de forma altruista no consideràrem el preu de la recerca i tota la part de producció seria feta per voluntaris, això provocaria que el preu disminuís, únicament es tindria en compte el preu dels materials (55,13 €).

4. PROVEM EL NOSTRE PRODUCTE

4.1. HIPÒTESI

Abans de començar a fer les proves del nostre sensor vam decidir fer un seguit d'hipòtesis sobre quins resultats obtindríem, i així després poder comprovar si estàvem o no encertades.

- Sense tocar el terra hi ha la possibilitat que no funcioni perquè no es descarrega l'electricitat estàtica del cos.
- Potser no funciona amb algun tipus de roba amb tendència a carregar-se més d'electricitat estàtica.
- En moviment creiem que és possible que no funcioni.
- És possible que el volum del pit afecti les lectures del sensor.
- El cor d'una persona que es troba de peu batega més ràpidament que una que està estirada.

4.2. PROVES

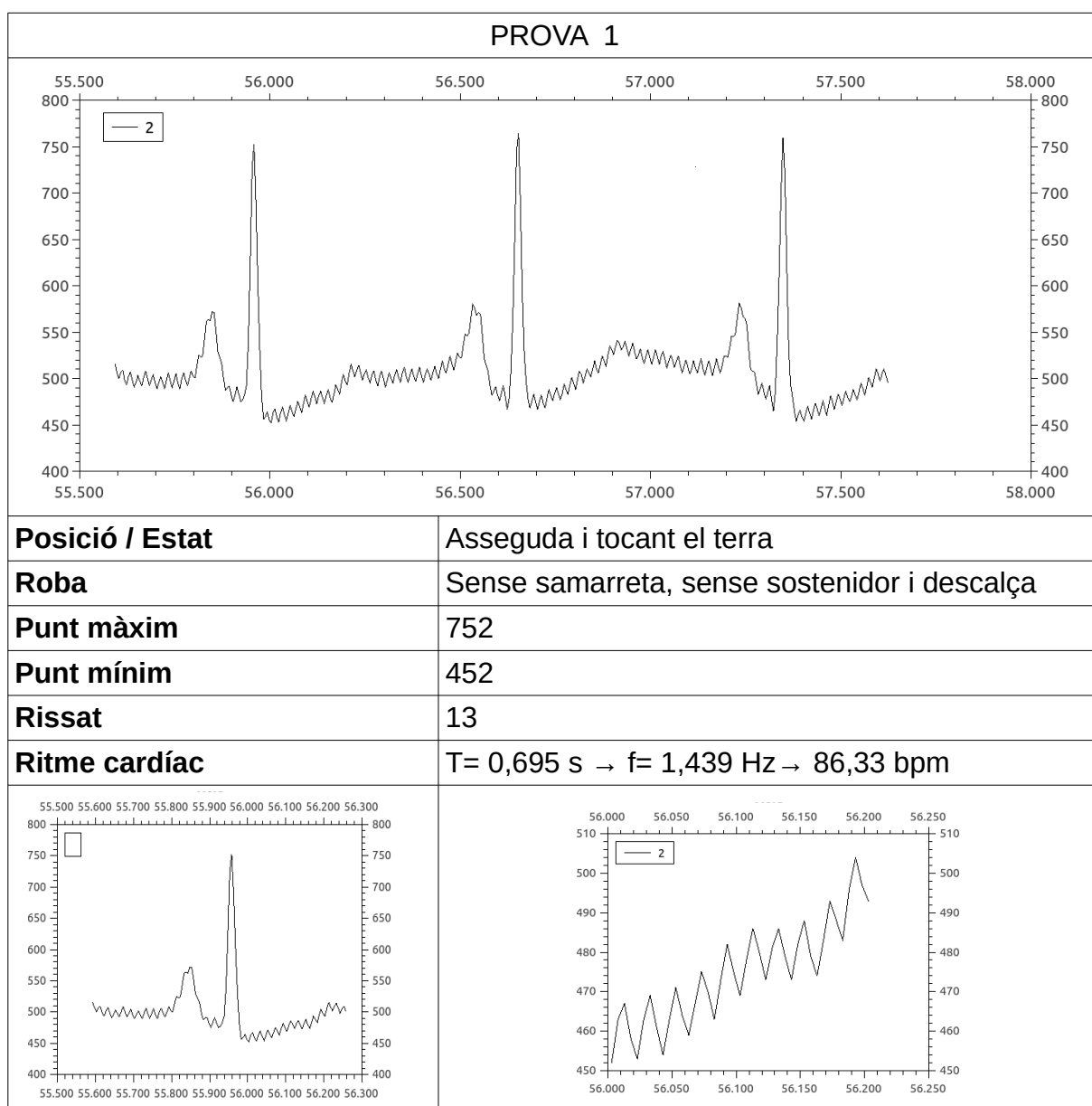
Després de fer les hipòtesis sobre els nostres holters vam començar a provar el nostre producte, aquesta tasca ens va permetre comprovar si estàvem encertades i detectar una sèrie de situacions on el nostre holter no dona els resultats esperats.

Hem dividit el conjunt de proves en diferents parts, en la primera es troben recollides totes les dades del holter 1, en la segona les del holter 2, en la tercera proves amb roba de diferents teixits i finalment, les situacions en les quals no funciona.

QtiPlot [QP]

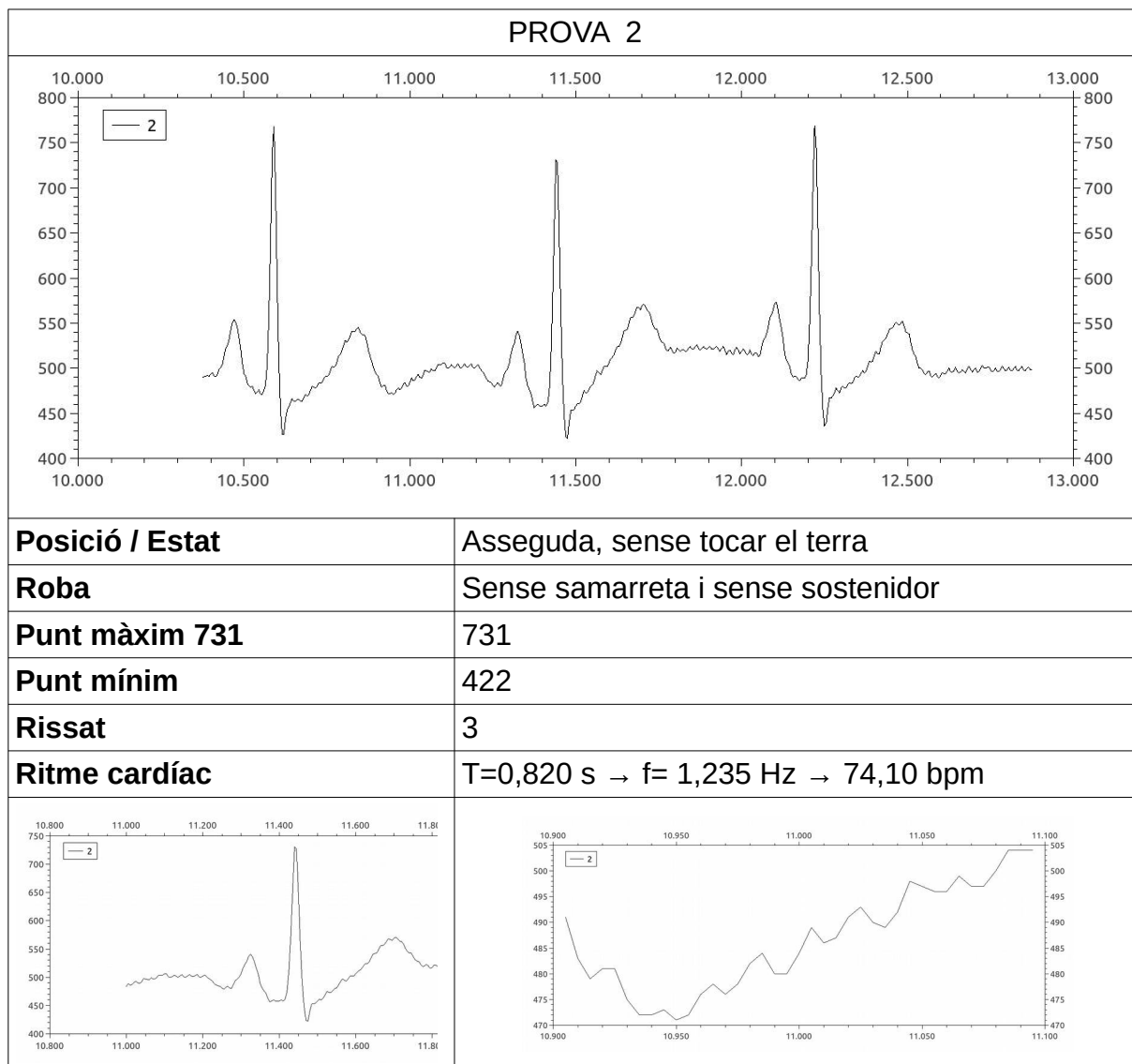
Per a l'estudi de les nostres proves hem utilitzat el QtiPlot, una aplicació d'anàlisi de dades i visualització científica. La vam escollir principalment perquè és compatible amb Linux i ens oferia totes les eines necessàries per fer l'anàlisi de les nostres proves.

HOLTER 1



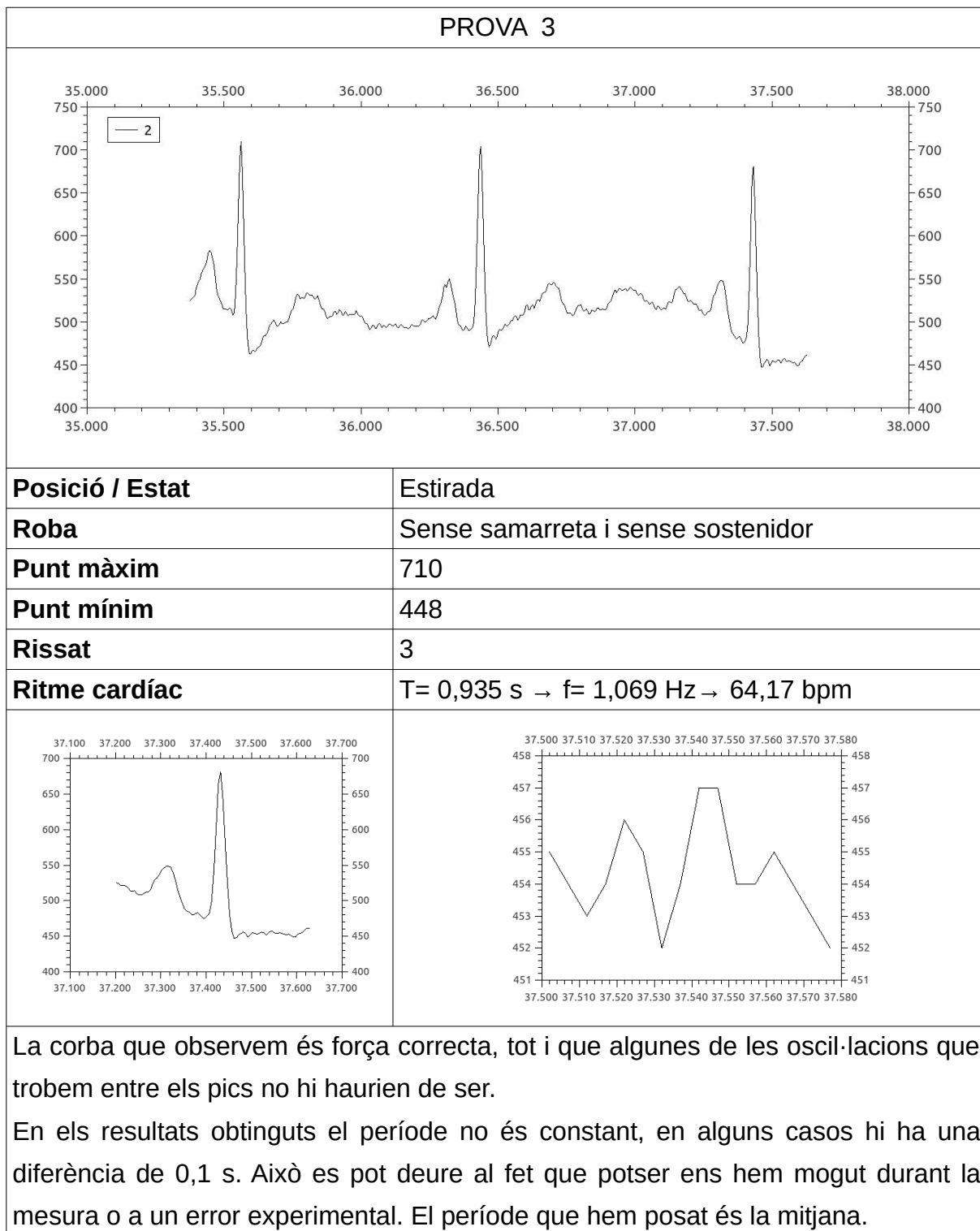
La corba que observem és correcta, el valor de les pulsacions té sentit i tots els valors del període són iguals, aquesta és un molt bon senyal que el nostre ECG és correcte.

En aquest cas el rissat és una mica més elevat del normal i es fa visible en l'ECG.

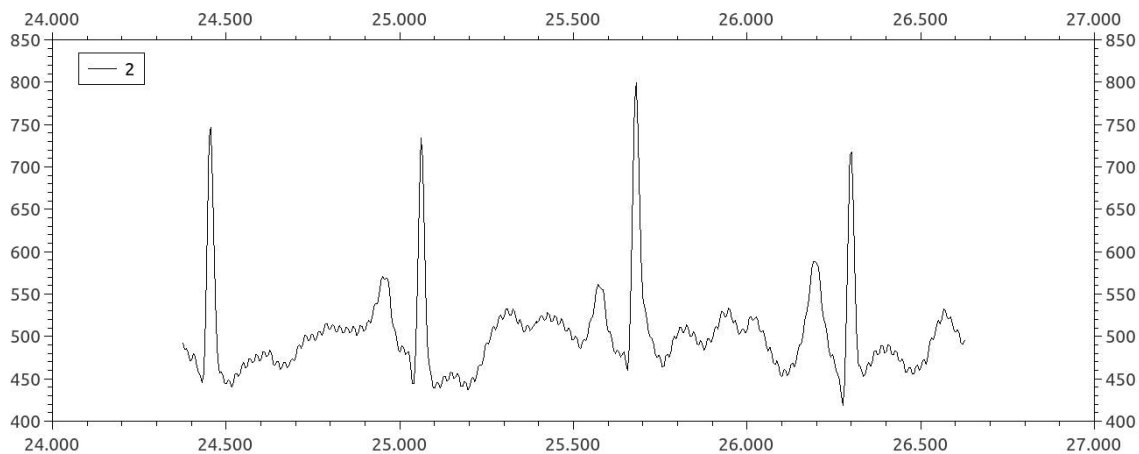


Hem agafat diferents mesures del valor del període en diferents punts i el resultat ha oscil·lat entre 0,82 s i 0,81 s, la diferència és mínima i deduïm que es deu a un error experimental.

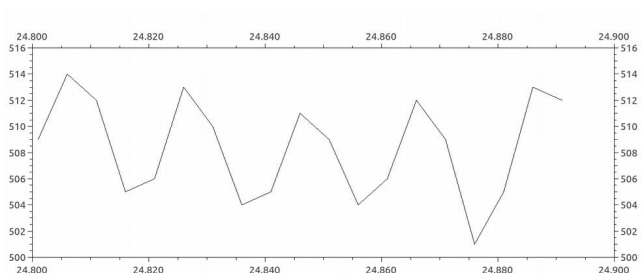
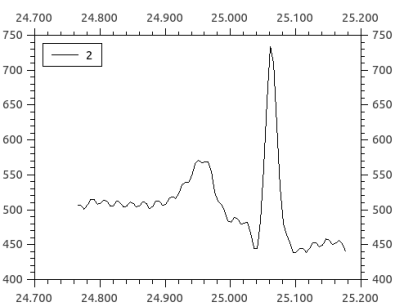
La corba que observem és la més correcta de totes les proves i el rissat és mínim.



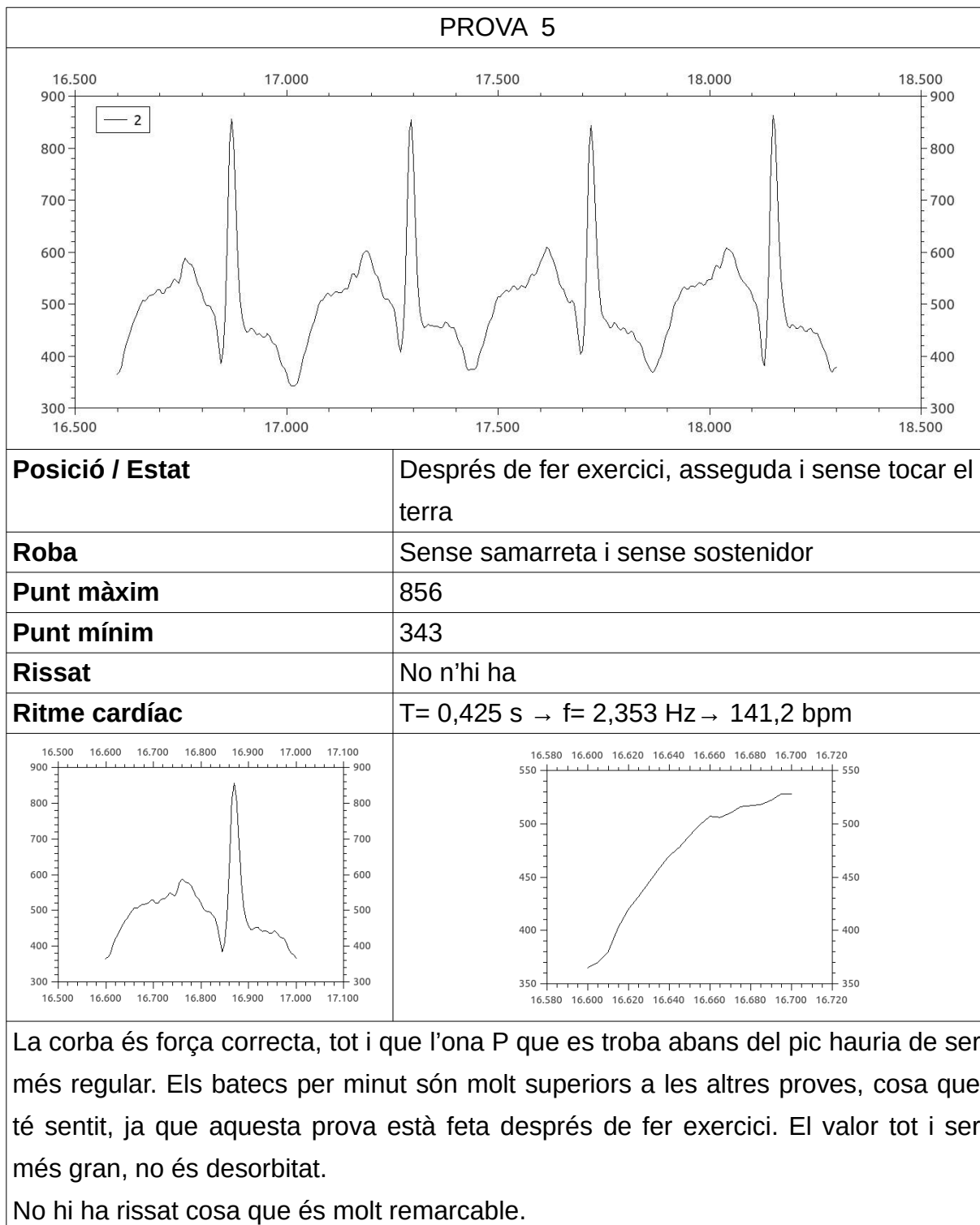
PROVA 4



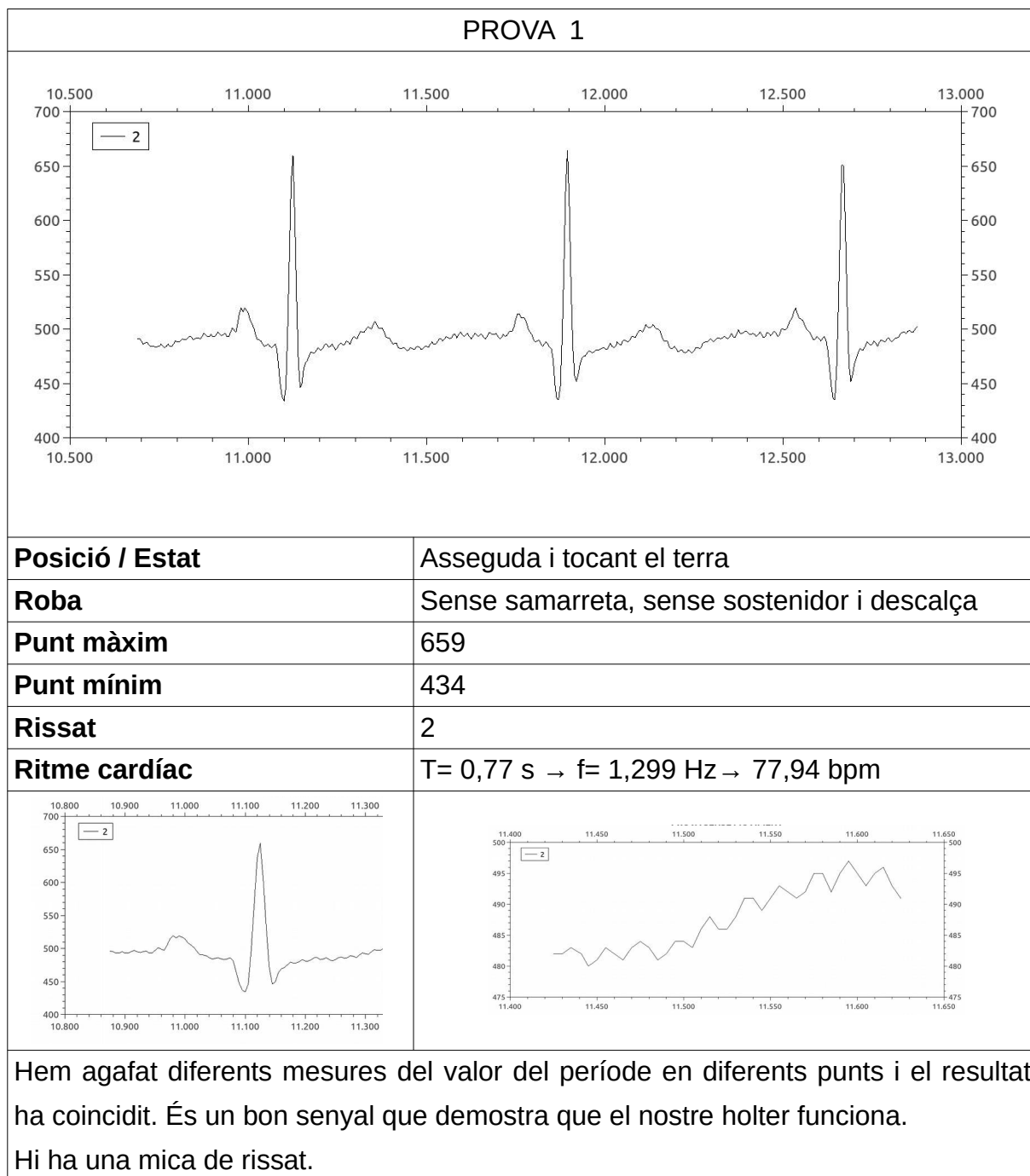
Posició / Estat	Dreta i tocant el terra
Roba	Sense samarreta, sense sostenidor i descalça
Punt màxim	799
Punt mínim	419
Rissat	9
Ritme cardíac	$T = 0,615 \text{ s} \rightarrow f = 1,626 \text{ Hz} \rightarrow 97,56 \text{ bpm}$



En aquest cas la corba que observem és més irregular, es deu principalment a què dreta és més difícil estar quieta. I per obtenir un bon ECG és necessari estar molt quiet.

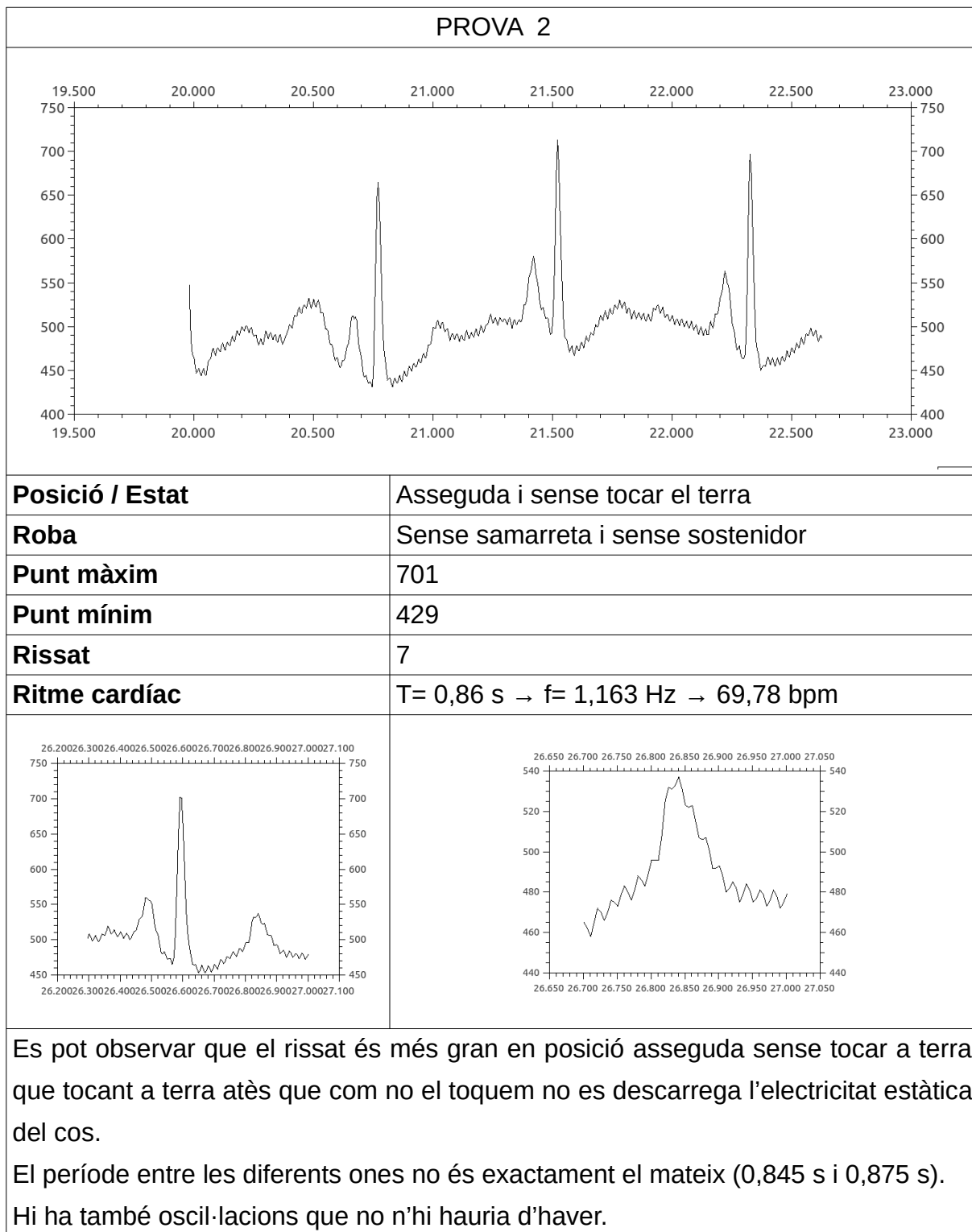


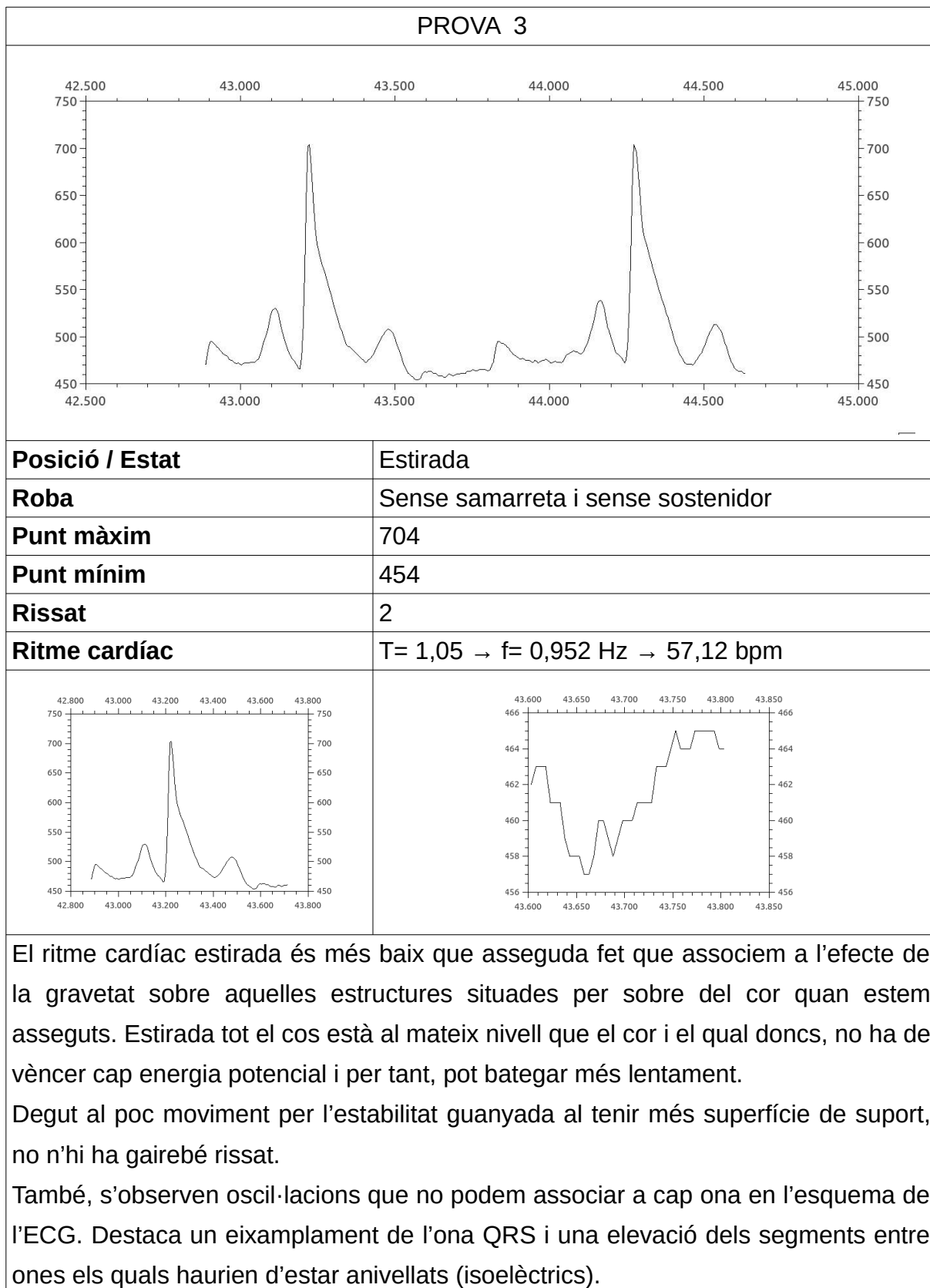
HOLTER 2

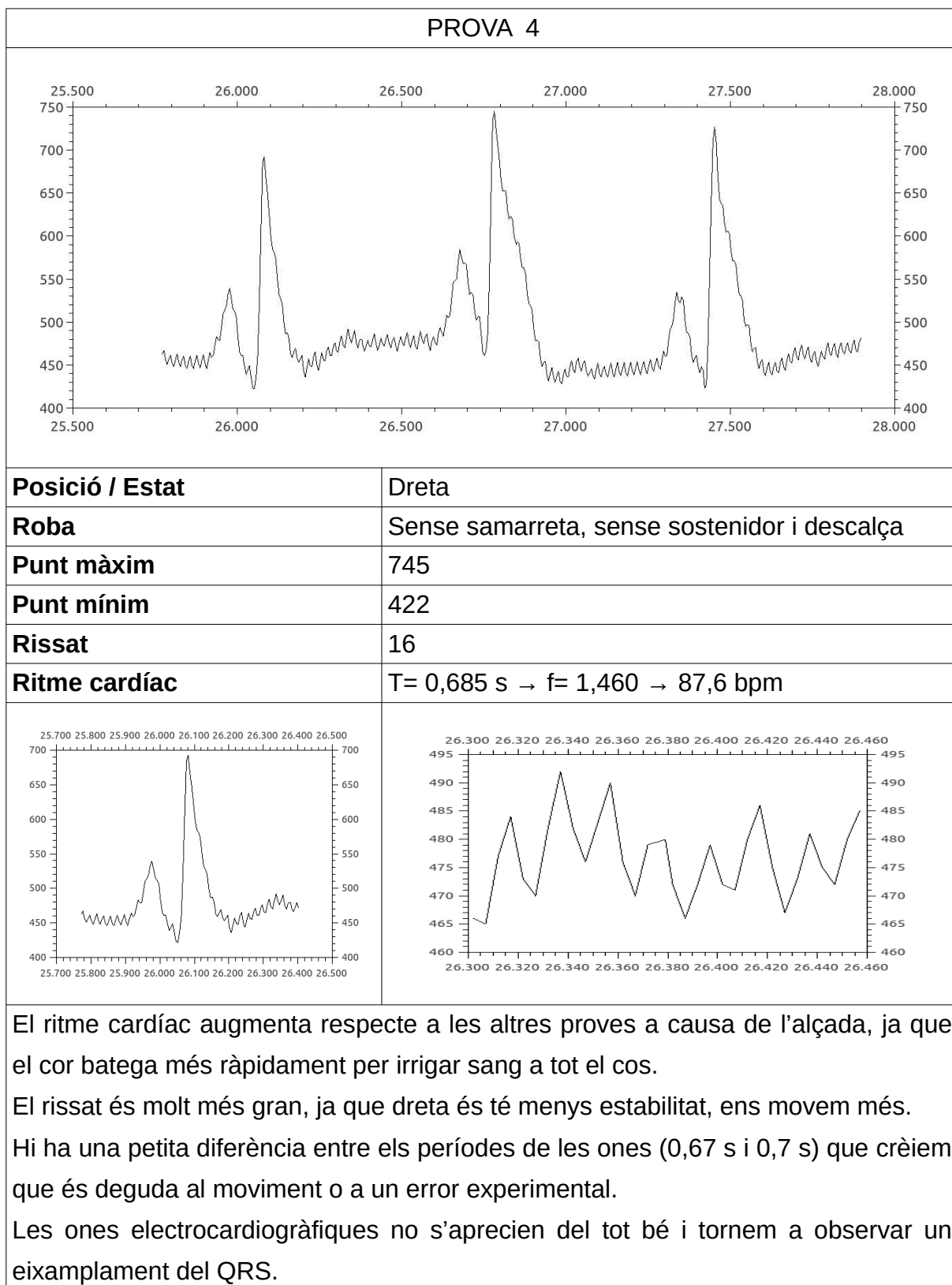


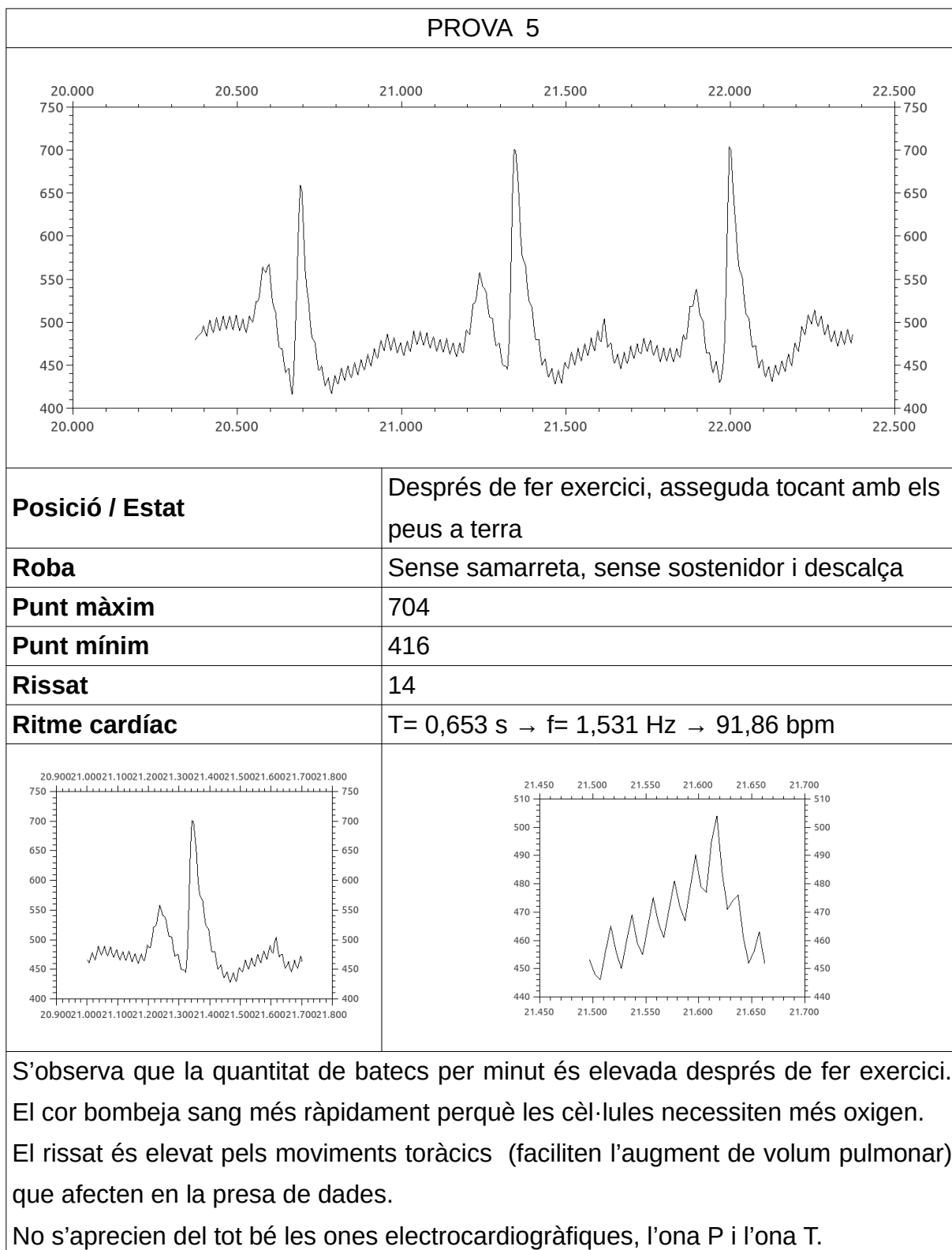
Incidència:

Dies després de la primera prova vam intentar realitzar-ne més, i durant el procés vam detectar algunes anomalies. Està tot detallat a l'annex 4.

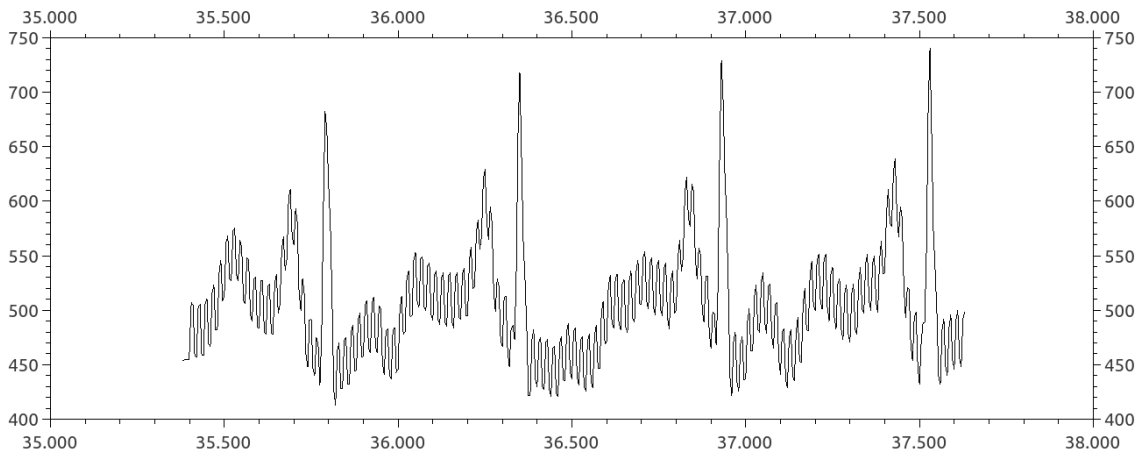
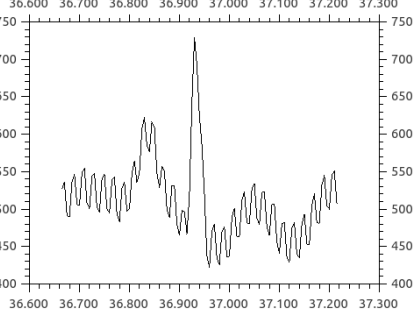
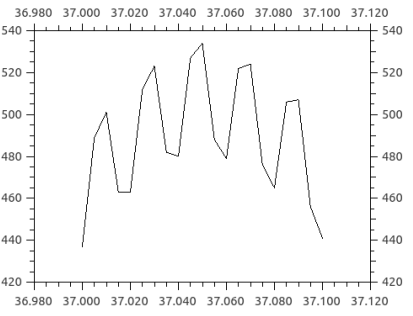


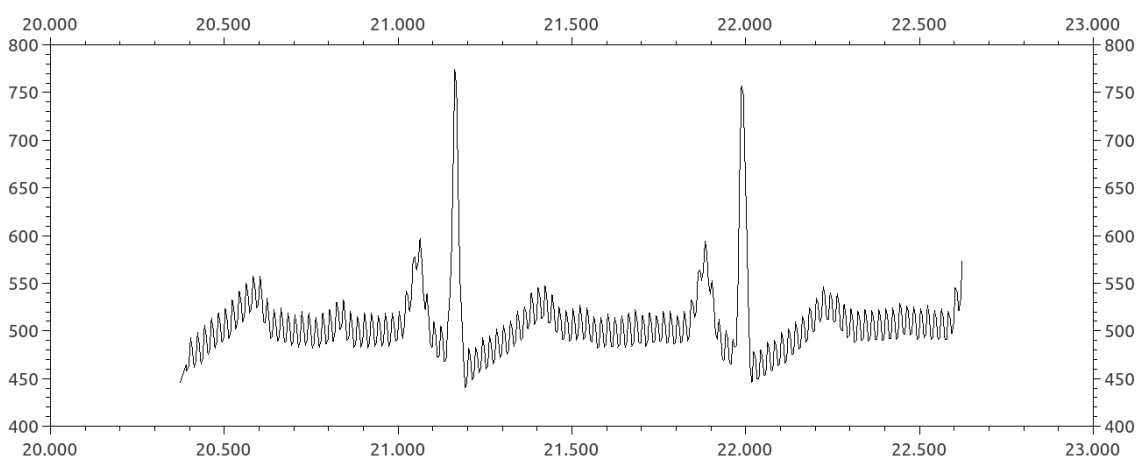
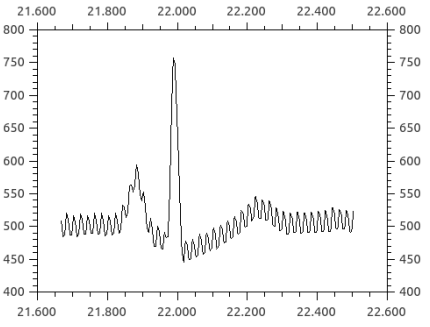
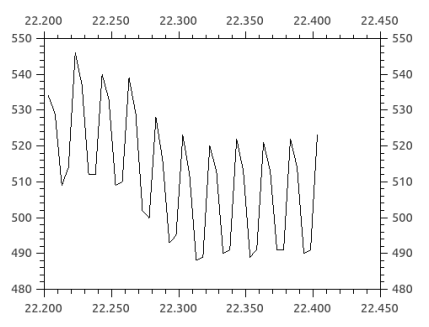




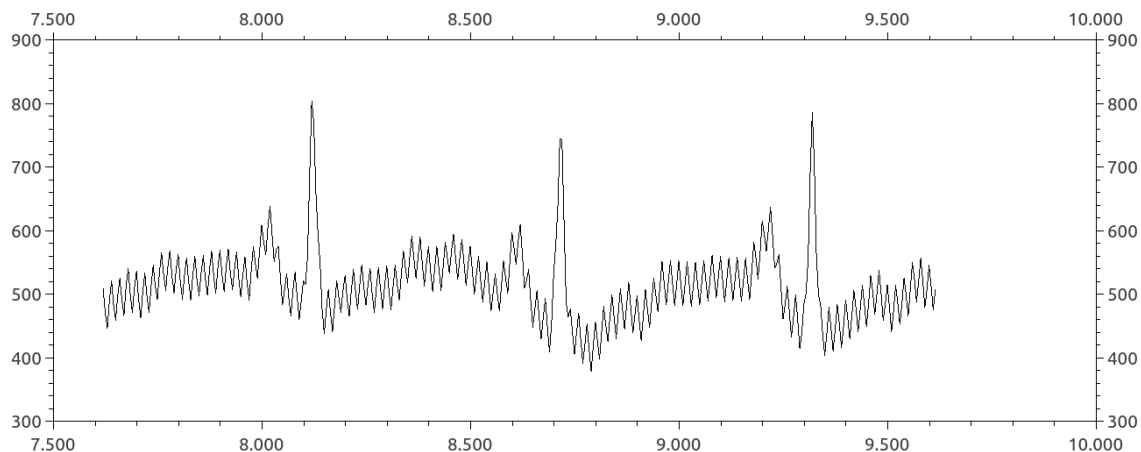


PROVES AMB ROBA

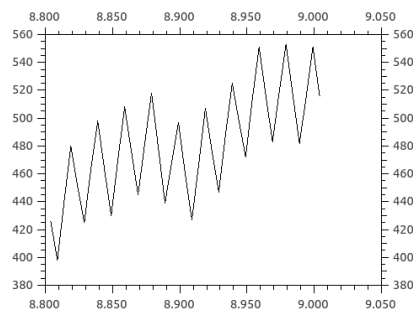
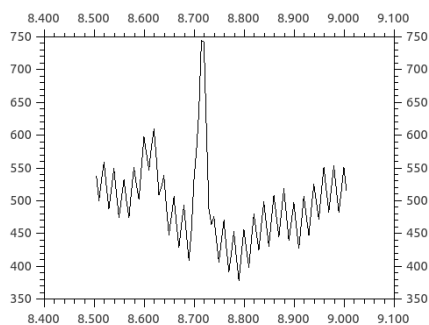
PROVA 1	
	
Posició / Estat	Asseguda, sense tocar el terra
Roba	Amb samarreta 100% acrílic i sense sostenidor
Punt màxim	740
Punt mínim	413
Rissat	41
Ritme cardíac	$T = 0,580 \text{ s} \rightarrow f = 1,724 \text{ Hz} \rightarrow 103,4 \text{ bpm}$
	
<p>Hi ha una petita diferència entre els períodes (0,6 s, 0,58 s i 0,56 s).</p> <p>Hi ha molt rissat, oscil·lacions i el ritme cardíac és molt elevat probablement ocasionat pel tipus de teixit.</p>	

PROVA 2	
	
Posició / Estat	Asseguda, sense tocar al terra
Roba	Amb samarreta 100% cotó i sense sostenidor
Punt màxim	774
Punt mínim	440
Rissat	35
Ritme cardíac	$T = 0,825 \text{ s} \rightarrow f = 1,212 \text{ Hz} \rightarrow 72,72 \text{ bpm}$
	
<p>Hi ha molt rissat, però no s'aprecien gairebé oscil·lacions i la quantitat de batecs per minut està dins de la normalitat en repòs.</p>	

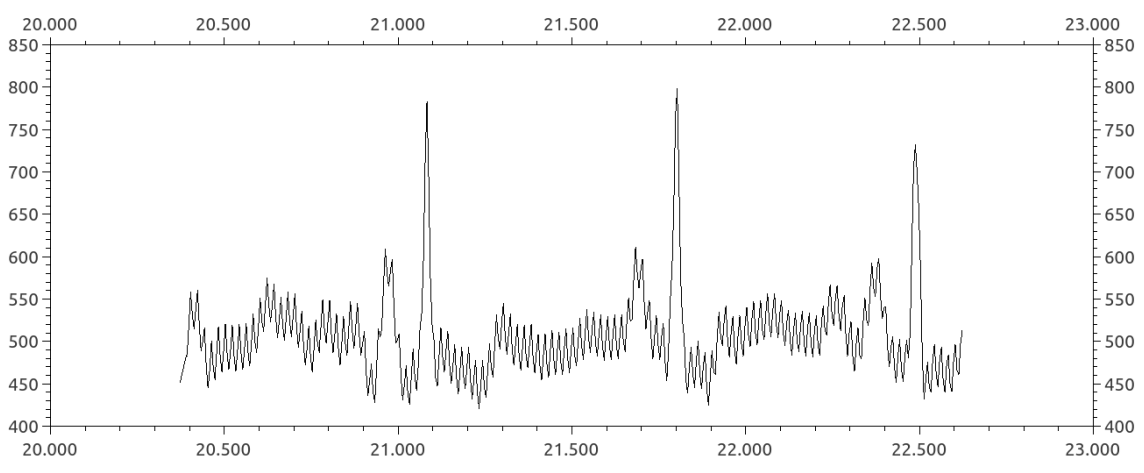
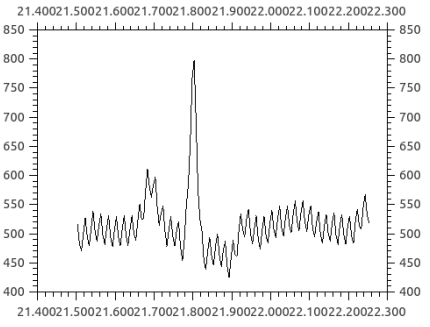
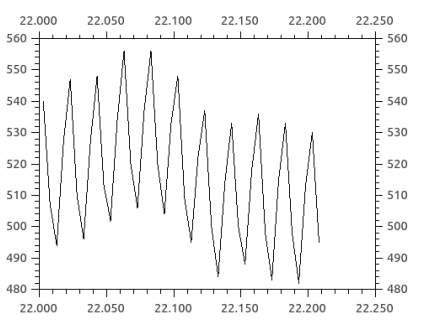
PROVA 3



Posició / Estat	Asseguda, sense tocar el terra
Roba	Amb samarreta 100% niló i sense sostenidor
Punt màxim	804
Punt mínim	378
Rissat	60
Ritme cardíac	$T = 0,600 \text{ s} \rightarrow f = 1,667 \text{ Hz} \rightarrow 100,02 \text{ bpm}$



Hi ha molt rissat i el ritme cardíac és molt elevat. Hi ha oscil·lacions i s'esborra l'estructura base de l'ECG.

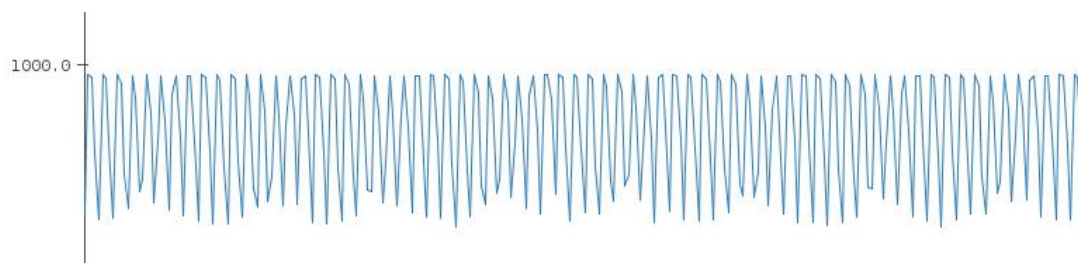
PROVA 4	
	
Posició / Estat	Asseguda, sense tocar el terra
Roba	Amb samarreta 100% polièster i sense sostenidor
Punt màxim	798
Punt mínim	425
Rissat	52
Ritme cardíac	$T = 0,703 \rightarrow f = 1,422 \text{ Hz} \rightarrow 85,32 \text{ bpm}$
	
<p>Hi ha diferència entre els diferents períodes (0,685 s i 0,72 s).</p> <p>La quantitat de rissat és molt elevada.</p> <p>Hi ha moltes oscil·lacions, costa discernir les ones principals que formen l'estructura de l'ECG.</p>	

Després d'haver realitzat aquest seguit de proves. Podem observar que totes produeixen rissat, encara que alguns teixits més que d'altres: niló, acrílic, polièster i cotó (ordenats del que produeix més al que menys). En tots els electrocardiogrames trobem oscil·lacions. Però, l'acrílic i el niló donen valors desmesurats del ritme cardíac, mentre que el cotó i el polièster, no.

Per tant, podem confirmar que el tipus de teixit afecta en la presa de dades de l'electrocardiograma, en més o menys quantitat. Entre aquests quatre, el cotó és el que ha alterat menys l'electrocardiograma.

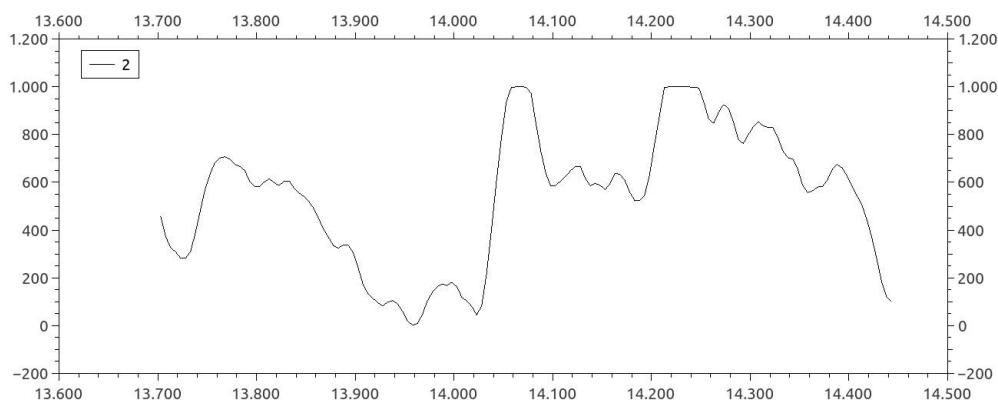
SITUACIONS EN LES QUE NO FUNCIONA

Connectat a la corrent elèctrica



Dona valors sense sentit i s'observa que el dibuix que crea és aleatori.

En moviment



Com es pot observar el recorregut de la gràfica que obtenim mentre fem exercici no correspon amb la forma característica d'un electrocardiograma, per tant, podem concloure que la nostra placa no dona els valors que es poden esperar i la mesura es veu afectada pel moviment.

4.3. CONCLUSIÓ

Un cop acabades de fer les diferents proves amb tots dos holters podem arribar a diferents conclusions.

La primera d'elles, cap dels holters funciona quan estan connectats a l'ordinador i aquest s'està carregant i d'acord amb el que imaginàvem, tampoc, funcionen quan el subjecte està en moviment. El holter és molt sensible a qualsevol petit moviment i es veu reflectit en el rissat de les proves.

En segon lloc, tot i que, en un principi suposàvem que seria necessari tocar amb els peus a terra per a descarregar l'electricitat estàtica del nostre cos, hem descobert que aquest fet no afecta massa en la presa de dades. Si ve es pot apreciar més rissat, les ones electrocardiogràfiques s'observen amb claredat.

D'altra banda, també, hem detectat que el tipus de teixit de la roba altera els resultats. El rissat del gràfic es modifica a causa de la diferent càrrega elèctrica estàtica present en la roba. El cotó és el teixit que menys interfereix en la presa de dades.

Així mateix, d'acord amb la nostra hipòtesi, hem pogut comprovar com la posició del cos afecta el ritme cardíac. Els batecs per minut d'un individu de peu són més elevats que estirat, atès que de peu el cor es veu afectat per una energia potencial que ha de vèncer per enviar sang a tot el cos i, per tant, ha de bategar més ràpid i pel mateix motiu, estirat no hi ha diferències d'energia potencial entre les diferents parts del cos i no necessita bategar tant.

Per manca de temps, no hem pogut provar el nostre holter en un noi per resoldre el dubte que teníem en un principi sobre si el volum del pit afecta o no en la realització de l'electrocardiograma.

Per últim, la prova definitiva per poder concloure que el nostre electrocardiograma funciona correctament era fent la comparació amb els utilitzats als hospitals. Però érem molt conscients que resultaria molt difícil accedir a un centre hospitalari.

Mai ens hauríem imaginat que ho podríem arribar a fer a dins, però en la reunió que vam tenir amb la fundació TIC es van comprometre a proporcionar-nos un (el desenvolupament de la reunió el podeu trobar a l'annex 5). Finalment, tot i que, la idea ens feia molta il·lusió no ho vam poder dur a terme per diferents motius sobretot per manca de temps. La reunió es va fer a l'octubre, i posteriorment, la prova es va haver d'ajornar a causa de la vaga de metges d'aquest curs. Va ser decebedor, ja que hi teníem moltes expectatives posades per acabar de validar el nostre holter. El dia 9 de gener del 2019 vam rebre un correu conforme que ja tenien la confirmació per part del CAP per poder fer les nostres proves. Encara que no ho hem pogut incloure en la memòria, de cara a la revisió de l'estiu tenim intenció de dur-les a terme.

5. CONCLUSIÓ

5.1. VALORACIÓ FINAL

Després d'haver realitzat el treball de recerca durant més de mig any, arribat a aquest punt podem extreure diferents conclusions. Si ens fixem en els objectius que ens vam plantejar en un principi, podem dir que els hem complert satisfactòriament. El nostre principal objectiu era crear un holter, molt més assequible econòmicament que els que es troben en el mercat (a preus molt elevats), destinat a països i zones (com camps de refugiats) amb manca de recursos econòmics per poder obtenir electrocardiogrames; i ho hem aconseguit.

D'altra banda, ens havíem proposat aprendre programació en l'entorn Arduino, programa que hem utilitzat des de 4t d'ESO i vam decidir treballar amb un de compatible (ESP8266) en el TR. Hem sabut aplicar els coneixements previs i obtenir molts de nous per arribar a crear el codi definitiu que ens proporciona l'autonomia per al nostre producte. Encara que, durant el procés de creació se'ns han presentat diversos problemes, que han requerit recerca, però que finalment hem pogut superar.

A més a més, hem utilitzat el programa OpenSCAD per crear la capsa elaborada amb la impressora 3D dissenyada especialment per als nostres holters. També, en aquest cas, hem necessitat fer un seguit de proves i impressions fins a arribar a la capsa que s'ajusta perfectament.

Un dels moments més gratificants del projecte va ser quan vam observar que realment els electrocardiogrames que creava eren correctes després de fer les anàlisis i comparacions. Era imprescindible per poder determinar si el nostre producte era operatiu o no. I, encara que no som professionals de l'àmbit de la salut, realitzant les anàlisis i comparacions de totes les proves ens vam sentir en la

pell de les metges cardiòlogues i hem d'admetre que era força engrescador. Si més no, també ens va resultar molt curiós poder observar el nostre propi electrocardiograma provinent d'un holter fet per nosaltres.

A més a més, ens ha agradat molt poder aprofundir en tot allò que suposa un electrocardiograma, desconeixíem la gran quantitat d'informació que amaga dintre i que aquest TR ens ha permès descobrir.

D'altra banda, tot i que, totes dues havíem realitzat juntes diferents treballs que ens havien brindat l'oportunitat de conèixer com treballa cadascuna i a tenir una certa experiència conjunta, això no resta mèrit al repte que suposa realitzar un treball de recerca en parella. Encara que podem afirmar que ho hem superat col·laborant totes dues equitativament i de manera organitzada. Considerem que hem repartit el treball de manera que cadascuna ha fet allò en què s'hi veia més capacitada. Ens hem escoltat i tot i que en algun moment hem tingut diferents postures sobre algun aspecte, ho hem solucionat explicant cadascuna la seva opinió al respecte fins a arribar a un punt satisfactori per a totes dues.

Estem molt satisfetes amb el resultat obtingut i també pel procés desenvolupat. Tot i que, no neguem la possibilitat d'acabar de perfeccionar el treball, ja que considerem que sempre es poden trobar petites coses a millorar per obtenir una millor versió del producte.

5.2. MILLORES A FER

Com a principal proposta que fem per a millorar el nostre producte és utilitzar l'ESP32. Consta de doble nucli, permetria que un es pogués dedicar a l'adquisició de dades i l'altre a enviar-les via wifi; disposa de més potes per a connectar els pins d'alerta per desconnexió, de Bluetooth per a connectar amb el mòbil i de més entrades analògiques on potser es podrien connectar més sondes.

Això implicaria també fer canvis en la capsa feta amb la impressora 3D perquè les mesures de la placa no són les mateixes que la base dual per a Wemos D1mini.

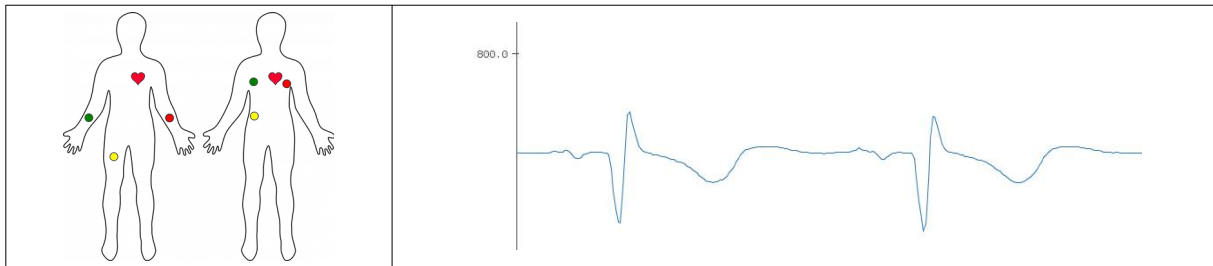
Una altra millora que ens hauria agradat haver realitzat, però per manca de temps no hem pogut, és disminuir la mida dels fitxers de dades. Vam observar que fent una presa de dades molt gran, el document pesa molt i és difícil d'obrir. Per això, seria de gran utilitat comptar amb el rellotge (que no vam fer servir) de la placa Data logger shield + MicroSD que ens aportaria un coneixement del temps real i podríem crear fitxers cada hora, sent per al metge més fàcil poder trobar el moment que desitja guiant-se per l'hora.

D'altra banda, tenim la intenció d'afegir al codi les desconnexions que ens permetran saber si hi ha algun problema amb les connexions dels sensors i el Heart Monitor. Per exemple, en cas que un dels sensors es desconnectés podríem obtenir alguna mena d'avís que permeti detectar, localitzar i solucionar el problema.

6. ANNEXOS

6.1. ANNEX 1: PROCÉS PER A TROBAR LA COMBINACIÓ CORRECTA DELS SENSORS





La combinació correcta és la segona on es poden distingir les diferents ones electrocardiogràfiques: ona P, interval PQ, ona QRS i ona T (encara que una mica petita) i a més, totes 3 són ones positives. En un primer moment pensàvem que era la primera, ja que conserva l'estructura base, ona P, QRS i T però l'ona QRS és isoelèctrica fet que ens indica que estem mirant el cor des d'una altra posició a la posició de referència utilitzada en medicina. De fet, en un estudi acurat del cor, per tal de veure'l des de tots els angles possibles s'utilitzaria també aquesta combinació d'elèctrodes. El mateix passaria amb altres combinacions com la 6.

6.2. ANNEX 2: PROCÉS DE CREACIÓ DEL CODI

Ok_1

Rep les dades del Heart Monitor, fa la gràfica en el Plotter sèrie.

```
const int heartPin = A0

void setup() {
  Serial.begin(115200);
}

void loop() {
  int heartValue = analogRead(A0);
  Serial.println(heartValue);
  delay(5);
}
```

Ok_2

Afegim les llibreries per poder crear la xarxa pròpia.

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <ESP8266WebServer.h>
#include <FS.h>

ESP8266WebServer server ( 80 );
```

```
const char *ssid = "HOLTER-N";
const char *password = "INSPVIANA";

const int heratPin = A0;
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  SPIFFS.begin();

  WiFi.softAP ( ssid, password );
  // server.on ( "/", handleRoot );
  server.serveStatic("/docs", SPIFFS, "/docs"); // gauge files dir
  // server.on ("/ajax_info.txt", handleAjax );
  server.begin();
}

void loop() {
  /*
  int heartValue = analogRead(A0);
  Serial.println(heartValue);
  delay(5);
  */
  server.handleClient();
}
```

Ok_3

Afegim el polsador (D3).

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <ESP8266WebServer.h>
#include <FS.h>

ESP8266WebServer server ( 80 );
const char *ssid = "HOLTER-N";
const char *password = "INSPVIANA";
const int heratPin = A0;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  SPIFFS.begin();
}

void loop() {
  int heartValue = analogRead(A0);
  Serial.println(heartValue);
  delay(5);

  if(digitalRead(D3)==false)
  {
    WiFi.softAP ( ssid, password );
    server.serveStatic("/docs", SPIFFS, "/docs"); // gauge files dir
    // server.on ( "/", handleRoot );
    // server.on ("/ajax_info.txt", handleAjax );
    server.begin();
    while(true){
```

```
server.handleClient();  
}  
}  
}
```

Ok_4

Afegim els ms.

Les dades del Heart Monitor es guarden a la SD virtual i les podem consultar connectant-nos al punt wifi que crea un cop hem pitjat el polsador.

Cada vegada que hi ha un reset les dades s'esborren.

```
#include <ESP8266WiFi.h>  
#include <WiFiClient.h>  
#include <ESP8266WebServer.h>  
#include <FS.h>  
  
ESP8266WebServer server ( 80 );  
  
const char *ssid = "HOLTER-N";  
const char *password = "INSPVIANA";  
  
const int heratPin = A0;  
  
void setup() {  
  Serial.begin(115200);  
  SPIFFS.begin();  
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT); // Initialize the LED_BUILTIN pin as an output  
  pinMode(D3, INPUT);  
}  
  
void loop() {  
  File f = SPIFFS.open("/docs/f.txt", "w");  
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);  
  for(int i=1; i<=1000; i++){  
    int heartValue = analogRead(A0);  
    Serial.println(heartValue);  
    f.print(millis());  
    f.print(",");  
    f.println(heartValue);  
    delay(5);  
  }  
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);  
  f.close();  
  unsigned long ara=millis();  
  unsigned long espera= ara+3000;  
  while(millis()<espera){  
    if(digitalRead(D3)==false)  
    {  
      WiFi.softAP ( ssid, password );  
      server.serveStatic("/docs", SPIFFS, "/docs"); // gauge files dir  
      // server.on ( "/", handleRoot );  
      // server.on ("/ajax_info.txt", handleAjax );  
      server.begin();  
      while(true){
```

```
server.handleClient();  
}  
}  
}  
}
```

Ok_5

Canviem la funció “w” (write) per “a” (add). Això ens permet que cada vegada que hi hagi un reset no s'esborrin les dades, sinó que s'afegeixin.

```
#include <ESP8266WiFi.h>  
#include <WiFiClient.h>  
#include <ESP8266WebServer.h>  
#include <FS.h>  
  
ESP8266WebServer server ( 80 );  
const char *ssid = "HOLTER-N";  
const char *password = "INSPVIANA";  
const int heartPin = A0;  
  
void setup() {  
  Serial.begin(115200);  
  SPIFFS.begin();  
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT); // Initialize the LED_BUILTIN pin as an output  
  pinMode(D3, INPUT);  
}  
  
void loop() {  
  File f = SPIFFS.open("/docs/f.txt", "a");  
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);  
  for(int i=1; i<=1000; i++){  
    int heartValue = analogRead(A0);  
    Serial.println(heartValue);  
    f.print(millis());  
    f.print(",");  
    f.println(heartValue);  
    delay(5);  
  }  
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);  
  f.close();  
  unsigned long ara=millis();  
  unsigned long espera= ara+3000;  
  while(millis()<espera){  
    if(digitalRead(D3)==false)  
    {  
      WiFi.softAP ( ssid, password );  
      server.serveStatic("/docs", SPIFFS, "/docs"); // gauge files dir  
      // server.on ( "/", handleRoot );  
      // server.on ("/ajax_info.txt", handleAjax );  
      server.begin();  
      while(true){  
        server.handleClient();  
      }  
    }  
  }  
}
```

Ok_6

Vam adonar-nos que utilitzant la SD virtual no podríem emmagatzemar un gran nombre de dades, per tant, vam decidir que havíem d'utilitzar una MicroSD. Això va fer que haguéssim de refer el codi.

Aquest codi ens serveix per comprovar que el lector de MicroSD funciona.

```
#include <SPI.h>
#include <SD.h>

// change this to match your SD shield or module;
// WeMos Micro SD Shield V1.0.0: D8
// LOLIN Micro SD Shield V1.2.0: D4 (Default)
const int chipSelect = D8;

void setup()
{
  // Open serial communications and wait for port to open:
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial) {
    ; // wait for serial port to connect. Needed for Leonardo only
  }

  Serial.print("Initializing SD card...");// see if the card is present and can be
  initialized:
  if (!SD.begin(chipSelect)) {
    Serial.println("Card failed, or not present");// don't do anything more:
    return;
  }
  Serial.println("card initialized.");
}

void loop()
{
  // make a string for assembling the data to log:
  String dataString = "";
  // read three sensors and append to the string:
  //for (int analogPin = 0; analogPin < 3; analogPin++) {
  //int sensor = analogRead(analogPin);
  //dataString += String(sensor);
  //if (analogPin < 2) {
  //dataString += ",";
  //}
  //}
  // The WeMos D1 Mini only has one analog pin A0.
  int sensor = analogRead(A0);
  dataString += String(sensor);
  // open the file. note that only one file can be open at a time,
  // so you have to close this one before opening another.
  File dataFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);
  // if the file is available, write to it:
  if (dataFile) {
    dataFile.println(dataString);
    dataFile.close();// print to the serial port too:
    Serial.println(dataString);
  }// if the file isn't open, pop up an error:
  else {
```

```
Serial.println("error opening datalog.txt");
}
delay(1000);
}
```

Ok_7

Les dades del sensor Heart Monitor es guarden a la SD, ja estan inclosos els ms.

```
#include <SPI.h>
#include <SD.h>

const int chipSelect = D8;
unsigned long ara=millis();
unsigned long seguent=ara+100;

void setup()
{
  // Open serial communications and wait for port to open:
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial) {
    ; // wait for serial port to connect. Needed for Leonardo only
  }

  Serial.print("Initializing SD card...");
  // see if the card is present and can be initialized:
  if (!SD.begin(chipSelect)) {
    Serial.println("Card failed, or not present");
    // don't do anything more:
    return;
  }
  Serial.println("card initialized.");
}

void loop()
{
  // make a string for assembling the data to log:
  String dataString = ""; // read three sensors and append to the string:
  for (int analogPin = 0; analogPin < 3; analogPin++) {
    int sensor = analogRead(analogPin);
    dataString += String(sensor);
    if (analogPin < 2) {
      dataString += ",";
    }
    dataString += String(millis());
  }
  Serial.println (millis());
  // open the file. note that only one file can be open at a time,
  // so you have to close this one before opening another.
  File dataFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);
  // if the file is available, write to it:
  if (dataFile) {
    dataFile.println(dataString);
    dataFile.close();
    // print to the serial port too:
    Serial.println(dataString);
  }
}
```

```
// if the file isn't open, pop up an error:
else {
  Serial.println("error opening datalog.txt");
}
while(millis()<seguent){
}
ara=seguent;
}
```

Ok_8

Aquest codi és igual a l'Ok_7 però canviant les funcions de la SD virtual (SPIFF) per la SD. El problema és que la funció serveStatic que utilitzàvem amb la SD virtual en la SD no existeix.

```
#include<ESP8266WiFi.h>
#include<WiFiClient.h>
#include<ESP8266WebServer.h>
#include<SPI.h>
#include<SD.h>
const int heartPin = A0;
const int chipSelect= D8;
unsigned long ara=millis();
unsigned sequent=ara+100;
ESP8266WebServer server (80);
const char *ssid = "HOLTER-N";
const char *password = "INSPVIANA";

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Serial.print("Initializing SD card...");
  if(!SD.begin (chipSelect)) {
    Serial.print("Card failed, or not present");
    return;
  }
  Serial.print("card inialized.");
  pinMode (D3, INPUT);
}

void loop() {
  if (digitalRead(D3)==true){
    File dataFile = SD.open ("datalog.txt",FILE_WRITE);
    for (int i=1; i<1000; i++){
      int heartValue = analogRead (A0);
      Serial.println(heartValue);
      dataFile.print(millis());
      dataFile.print(",");
      dataFile.println(heartValue);
      while(millis()<sequent){
      }
      ara=sequent;
      sequent=ara+5;
    }
    dataFile.close();
  }
  else {
```



```
WiFi.softAP(ssid, password);
server.serveStatic("/docs", SDFS, "/docs");
server.begin();
while(true){
  server.handleClient();
}
}
```

Ok_9

Amb aquest codi d'exemple del SDServer, i afegint tot el que teníem en el altres hem pogut fer el nostre codi definitiu que el podeu trobar al apartat 3.3.

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <ESP8266WebServer.h>
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#define DBG_OUTPUT_PORT Serial
const char* ssid = "ESPserver";
const char* password = "robotica";
ESP8266WebServer server(80);
static bool hasSD = false;
File uploadFile;

void returnOK() {
  server.send(200, "text/plain", "");
}

void returnFail(String msg) {
  server.send(500, "text/plain", msg + "\r\n");
}

bool loadFromSdCard(String path) {
  String dataType = "text/plain";
  if (path.endsWith("/")) {
    path += "index.htm";
  }
  if (path.endsWith(".src")) {
    path = path.substring(0, path.lastIndexOf("."));
  } else if (path.endsWith(".htm")) {
    dataType = "text/html";
  } else if (path.endsWith(".css")) {
    dataType = "text/css";
  } else if (path.endsWith(".js")) {
    dataType = "application/javascript";
  } else if (path.endsWith(".png")) {
    dataType = "image/png";
  } else if (path.endsWith(".gif")) {
    dataType = "image/gif";
  } else if (path.endsWith(".jpg")) {
    dataType = "image/jpeg";
  } else if (path.endsWith(".ico")) {
    dataType = "image/x-icon";
  } else if (path.endsWith(".xml")) {
    dataType = "text/xml";
  } else if (path.endsWith(".pdf")) {
```

```
dataType = "application/pdf";
} else if (path.endsWith(".zip")) {
dataType = "application/zip";
}
File dataFile = SD.open(path.c_str());
if (dataFile.isDirectory()) {
path += "/index.htm";
dataType = "text/html";
dataFile = SD.open(path.c_str());
}
if (!dataFile) {
return false;
}
if (server.hasArg("download")) {
dataType = "application/octet-stream";
}
if (server.streamFile(dataFile, dataType) != dataFile.size()) {
DBG_OUTPUT_PORT.println("Sent less data than expected!");
}
dataFile.close();
return true;
}

void handleNotFound() {
if (hasSD && loadFromSdCard(server.uri())) {
return;
}
String message = "SDCARD Not Detected\n\n";
message += "URI: ";
message += server.uri();
message += "\nMethod: ";
message += (server.method() == HTTP_GET) ? "GET" : "POST";
message += "\nArguments: ";
message += server.args();
message += "\n";
for (uint8_t i = 0; i < server.args(); i++) {
message += " NAME:" + server.argName(i) + "\n VALUE:" + server.arg(i) + "\n";
}
server.send(404, "text/plain", message);
DBG_OUTPUT_PORT.print(message);
}

void printDirectory(){
File dir = SD.open("/files");
dir.rewindDirectory();
server.setContentLength(CONTENT_LENGTH_UNKNOWN);
server.send(200, "text/html", "");
server.sendContent("<html><head></head><body>");
while(true) {
File entry = dir.openNextFile();
if (! entry) {
break;
}
String output;
output += "<a href='/files/'";
output += entry.name();
output += ">";
output += entry.name();
}
```

```
output += "</a><br/>";
server.sendContent(output);
entry.close();
}
server.sendContent("</body></html>");
dir.close();
}

void setup(void) {
DBG_OUTPUT_PORT.begin(115200);
DBG_OUTPUT_PORT.setDebugOutput(true);
DBG_OUTPUT_PORT.print("\n");
WiFi.mode(WIFI_AP);
WiFi.softAP(ssid, password);
server.on("/list", HTTP_GET, printDirectory);
server.onNotFound(handleNotFound);
server.begin();
DBG_OUTPUT_PORT.println("HTTP server started");
if (SD.begin(SS)) {
DBG_OUTPUT_PORT.println("SD Card initialized.");
hasSD = true;
}
}

void loop(void) {
server.handleClient();
}
```

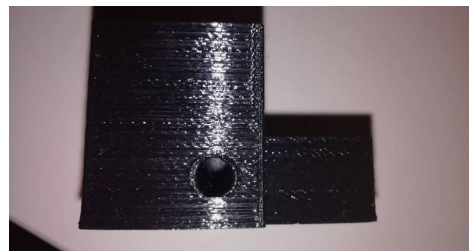
6.3. ANNEX 3: PROCÉS DE CREACIÓ DE LA CAPSA 3D

CAPSA 1

PROVA 1



Imatge 70: capsa 1 prova 1



Imatge 71: capsa 1 prova 1

Millores a fer:

- Allargar la capsa (3,5 mm) perquè la Base Dual no entra bé.
- Unificar la base de la bateria portàtil amb la de les plaques.



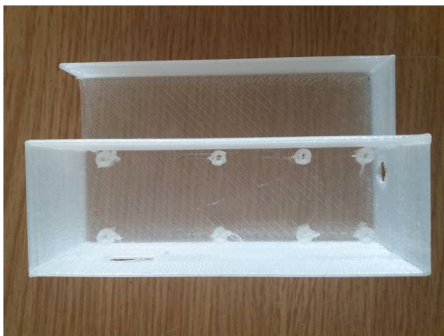
Imatge 72: capsa 1 prova 1

- Fer més gran el forat del connector de la bateria portàtil (5 mm).



Imatge 73: capsa 1 prova 1 (forat connector bateria)

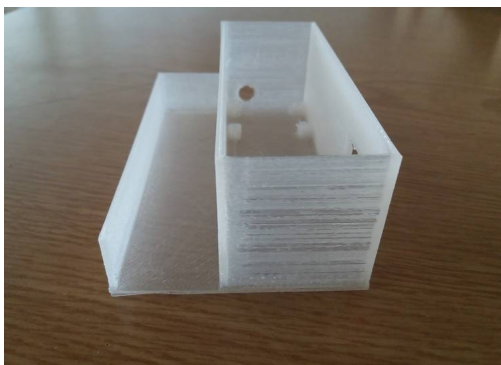
PROVA 2



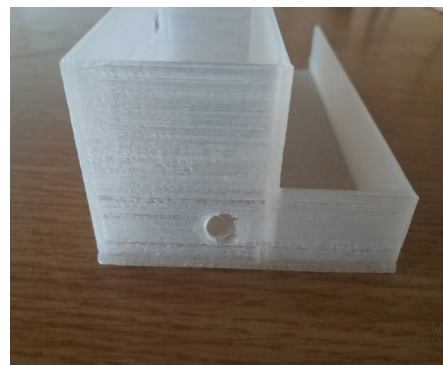
Imatge 74: capsa 1 prova 2



Imatge 75: capsa 1 prova 2



Imatge 76: capsa 1 prova 2



Imatge 77: capsa 1 prova 2

Millores fetes:

Totes les millores a fer de la prova 1.

Millores a fer:

- Desplaçar el forat del connector de la bateria portàtil cap a l'esquerra (3 mm) i cap a baix.

- Canviar la forma rectangular del forat per al connector de la bateria portàtil per una de mig arc.



*Imatge 78: capsa 1 prova 2
(forat connector bateria)*

- Desplaçar el forat dels sensors cap a l'esquerra (2 mm) i cap amunt (2 mm).



*Imatge 79: capsa 1
prova 2 (forat
connector sensors)*

- Canviar la forma cilíndrica de les torretes per prismes per a què així tinguin més superfície de contacte amb les parets de la capsa. Suposaria més estabilitat per a poder posar els cargols.



Imatge 80: capsa 1 prova 2 (torretes)

CAPSA 2 (per a una placa Heart Monitor diferent)

Diferències amb la capsa 1:

- El forat per als sensors va col·locat al costat contrari (esquerra) i més amunt.
- Les torretes de la placa Heart Monitor són més altes (8 mm).

PROVA 1

Millores a fer:

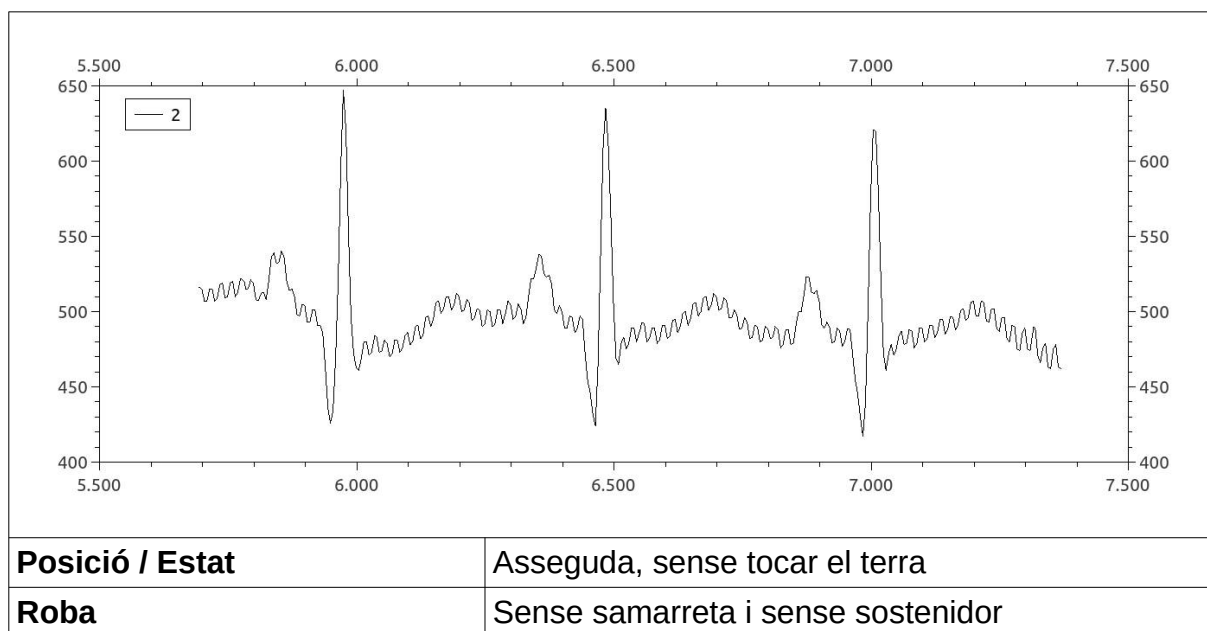
- Pujar el forat del connector 2 mm perquè està massa just i no permet acabar de connectar bé amb el mòdul.



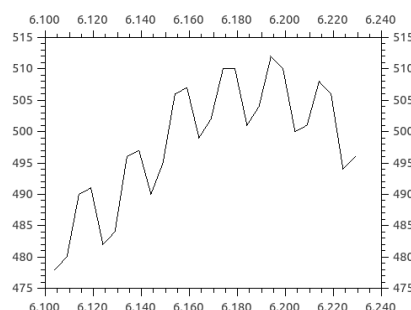
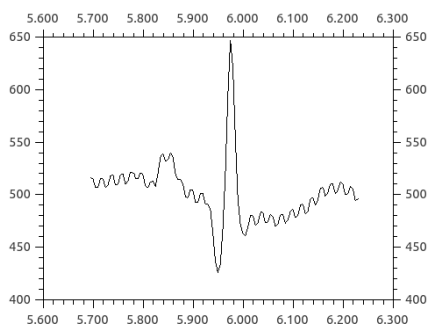
*Imatge 81: capsa 2 prova 1
(forat connector sensors)*

*No hem imprès la capsa modificada, però les millores estan fetes en el codi.

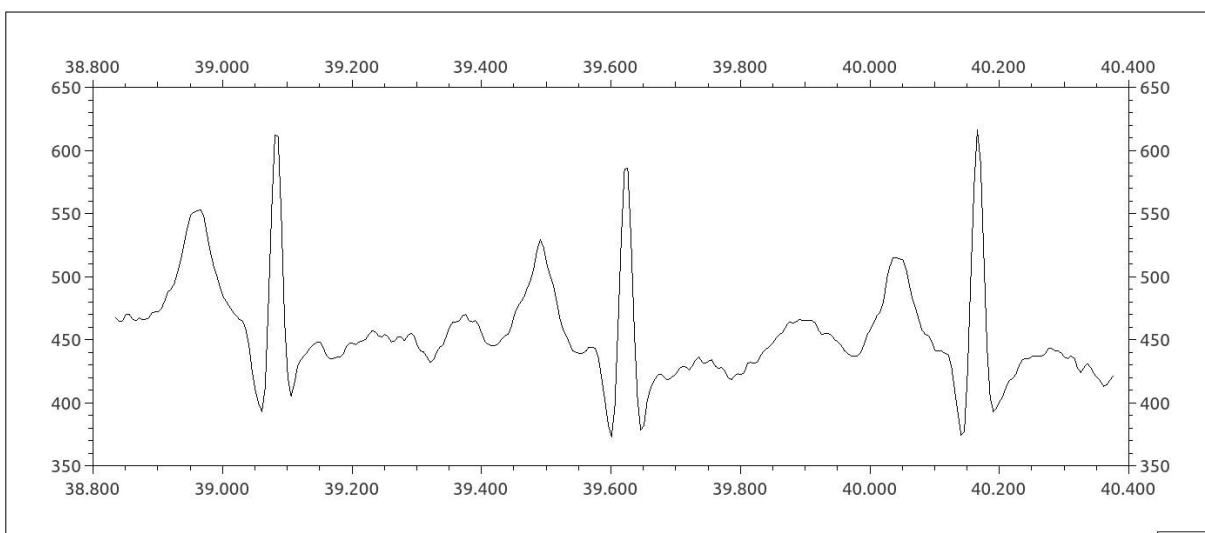
6.4. ANNEX 4: INCIDÈNCIA HOLTER 2



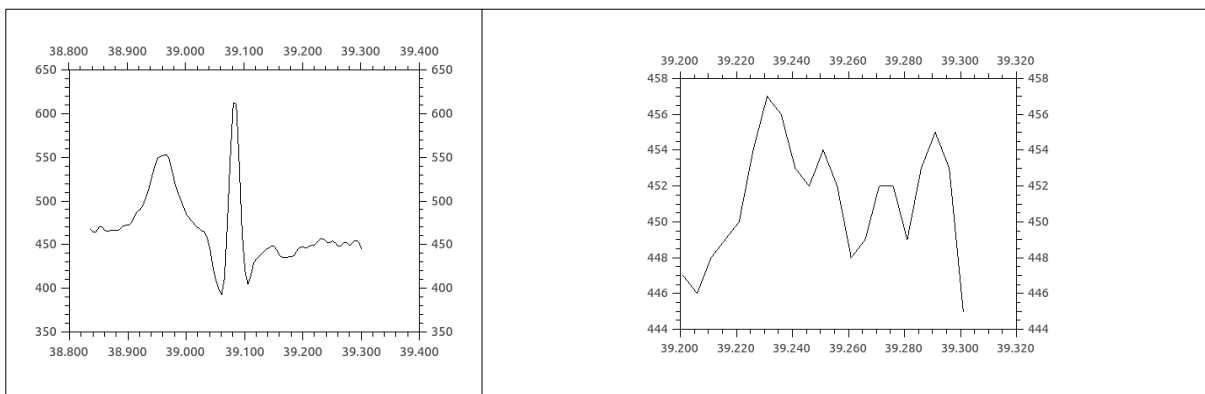
Punt màxim	647
Punt mínim	417
Rissat	8
Ritme cardíac	$T = 0,515 \text{ s} \rightarrow f = 1,942 \text{ Hz} \rightarrow 116,52 \text{ bpm}$



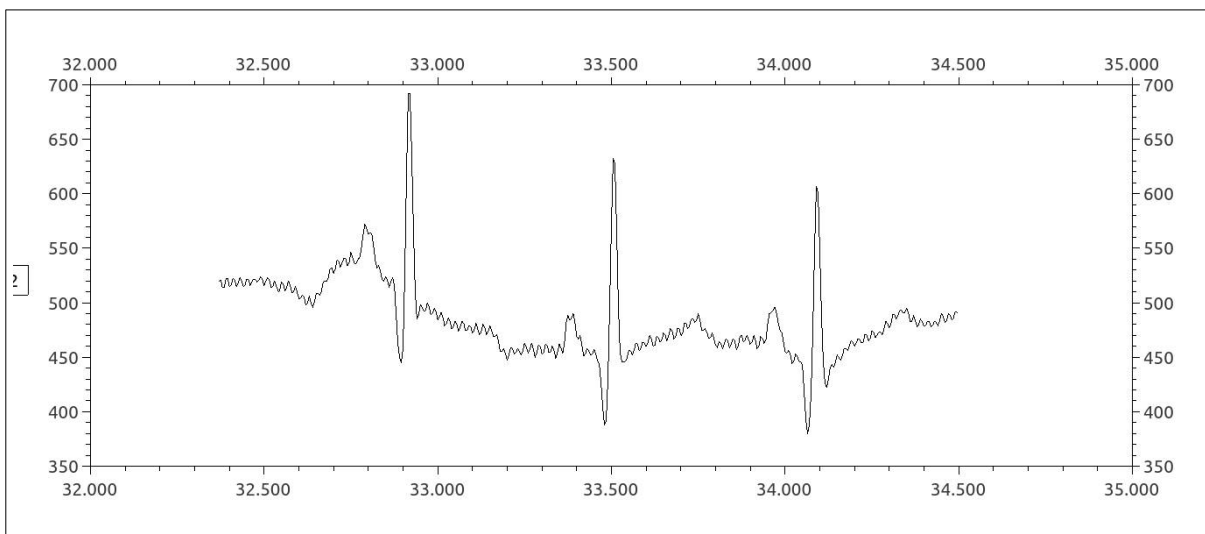
Hi ha moltes oscil·lacions, masses batecs per minut sense cap explicació al respecte.



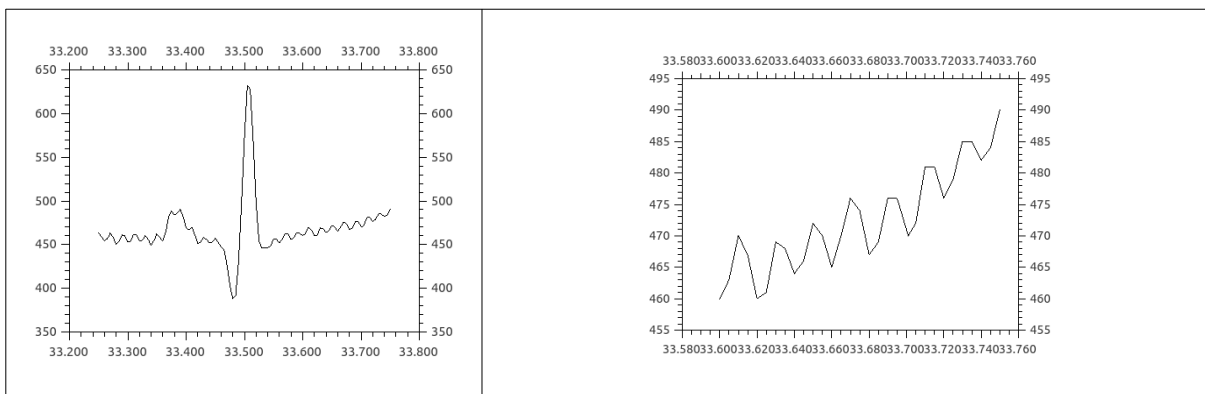
Posició / Estat	Estirada
Roba	Sense samarreta i sense sostenidor
Punt màxim	616
Punt mínim	373
Rissat	3
Ritme cardíac	$T = 0,543 \text{ s} \rightarrow f = 1,842 \text{ Hz} \rightarrow 119,52 \text{ bpm}$



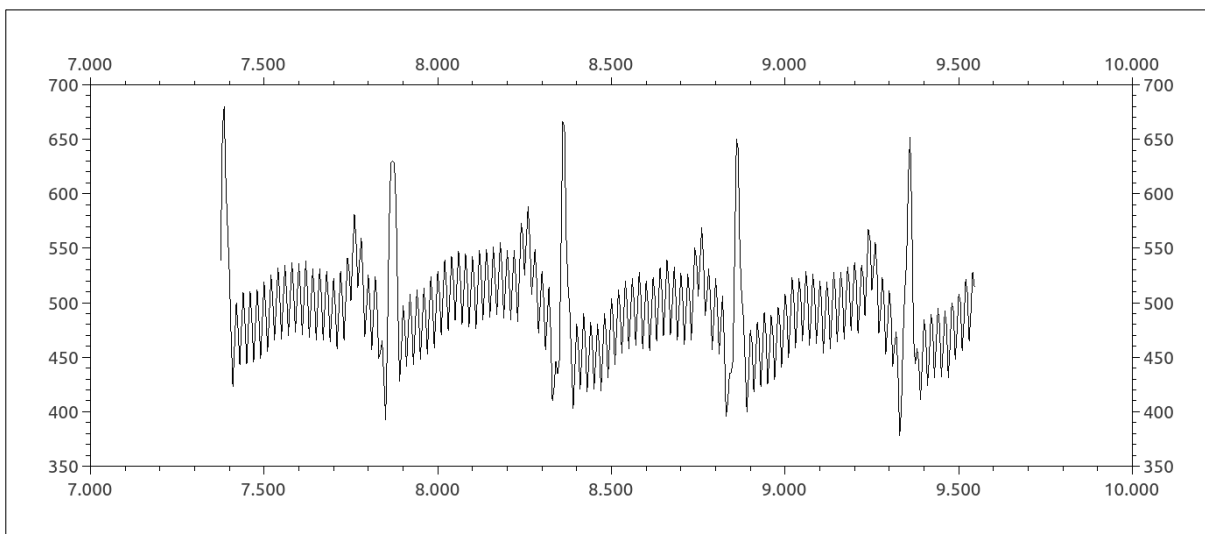
L'alçada de l'ona P és bastant elevada, hi ha moltes oscil·lacions i és desmesurat el valor del ritme cardíac sense estar realitzant cap activitat que requereixi més oxigen i encara més en posició horitzontal.



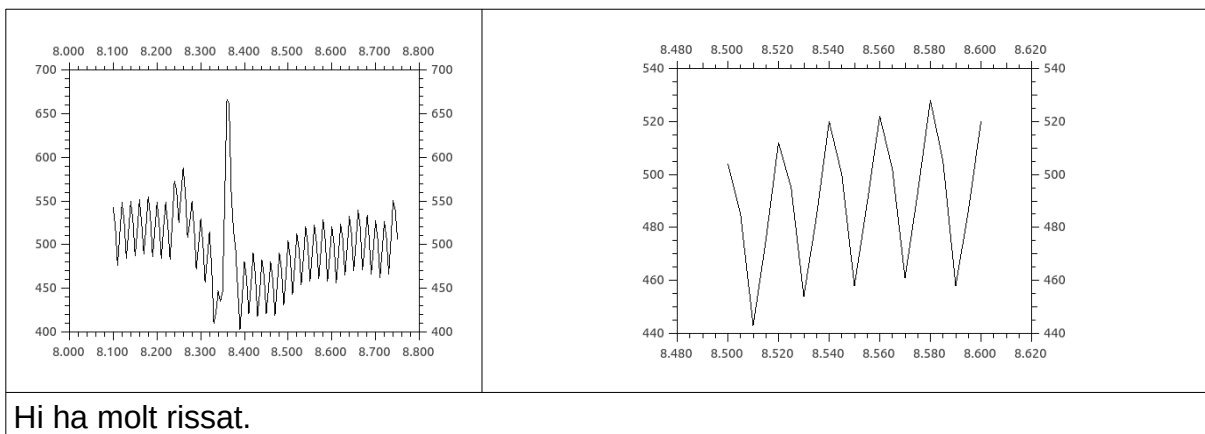
Posició / Estat	De peu
Roba	Sense samarreta, sense sostenidor i descalça
Punt màxim	692
Punt mínim	380
Rissat	7
Ritme cardíac	$T = 0,5875 \text{ s} \rightarrow f = 1,702 \text{ Hz} \rightarrow 102,12 \text{ bpm}$



Tot i que, en un principi sembla que es poden deduir les ones electrocardiogràfiques, hi ha moltes oscil·lacions que no haurien d'estar i el valor del ritme cardíac no pot ser correcte.



Posició / Estat	Després de fer exercici, asseguda i tocant el terra
Roba	Sense samarreta i sense sostenidor
Punt màxim	680
Punt mínim	378
Rissat	62
Ritme cardíac	$T = 0,494 \text{ s} \rightarrow f = 2,024 \text{ Hz} \rightarrow 121,5 \text{ bpm}$



Vam detectar alguns problemes durant la realització de les tres proves que ens va portar a pensar que hi havia alguna incidència en el holter 2. Un dels primers problemes que ens va portar a sospitar-ho va ser que el petit LED que té incorporat la placa Heart Monitor no seguia el batec del cor.

Després, un cop preses les dades vam observar que en el document de càlcul apareixien valors diferents dels que normalment ens sortien. Per aquest motiu, ens va ser difícil trobar un conjunt de valors que fessin un dibuix de les ones electrocardiogràfiques pròpies de l'electrocardiograma. A més, la forma no s'assemblava.

Finalment, vam concloure que efectivament estava espatllat perquè un cop fets els càlculs dels batecs per minut de totes les proves vam poder observar que la quantitat de batecs per minut era massa elevada en les tres quan en les dues primeres proves no hauria de donar aquests valors perquè el cor no havia de fer cap esforç i per tant, no hauria d'estar accelerat.

Vam començar a fer un seguit de proves per a intentar detectar quin era l'error causant dels problemes. Primer, vam provar de pressionar una pota del mòdul perquè vam percebre que estava una mica solta. I la prova va sortir bé.

Per assegurar-nos vam fer més proves, vam canviar els sensors i també la placa Heart Monitor i vam comprovar que aquí no es localitzava el problema.

6.5. ANNEX 5: REUNIÓ AMB TIC SALUT I SOCIAL

La fundació TIC Salut Social, que es defineix com un organisme del Departament de Salut, que treballa per impulsar el desenvolupament i la utilització de les TIC i el treball en xarxa en l'àmbit de la salut, fa d'observatori de noves tendències, innovació i seguiment d'iniciatives emergents, i ofereix serveis de normalització i homologació de productes. Es va posar en contacte amb el nostre tutor de recerca mostrant el seu interès per col·laborar amb alumnes de batxillerat que realitzin el treball de recerca relacionat amb l'àmbit de la salut i la tecnologia.

El nostre tutor, per tant, els hi parlà del nostre treball, que precisament fusiona aquestes dues. El dia 31 d'octubre vam concertar una reunió per exposar de primera mà el nostre projecte i poder explicar-los també com l'hem enfocat. A aquesta reunió hi van assistir en Josuè Sallent (chief executive officer), l'Ariadna Rius (head of interoperability) i en Marc Fortes (nurse).

Primer de tot, els vam presentar el nostre projecte com un holter pensat per ser adreçat a països amb pocs recursos mèdics i a camps de refugiats. Vam recalcar en tot moment que el seu preu és molt reduït i que per tant no és tan professional com d'altres. Van estar d'acord amb nosaltres, no pot competir amb els utilitzats en hospitals. Però, tot i això, el nostre holter no deixa de fer les funcions com a tal, i per a un país sense recursos mèdics és una bona eina.

D'altra banda, ambdues teníem la intenció de conèixer l'opinió d'un professional de la salut respecte a l'electrocardiograma que crea el nostre holter per a comprovar el seu grau de fiabilitat. Segons l'infermer, a primera vista, la gràfica que realitza el nostre aparell fa un recorregut semblant als usats en hospitals, tot i que, ens va suggerir que féssim un estudi comparant resultats d'una mateixa persona en un d'homologat amb el nostre. En conseqüència, es van comprometre a intentar proporcionar-nos accés a un holter homologat per així poder fer nosaltres mateixes aquestes comparatives.

Com a proposta de millora, pel que respecta a la interfície del metge, l'enginyera informàtica ens va suggerir uns programes compatibles amb l'Arduino per poder llegir l'electrocardiograma directament i no haver de recollir les dades indirectament mitjançant una taula de valors. Ens van explicar que els metges per llegir els electrocardiogrames no miren els valors sinó que per fer la interpretació imprimeixen els gràfics en paper mil·limetrat per poder mesurar les distàncies entre els punts màxims de les diferents corbes, l'alçada d'aquests...

Per més informació consultar [TIC].

7. BIBLIOGRAFIA

[IoT]. Llibre: IoT amb D1 mini (ESP8266) i codi Arduino. Jordi Orts. 2019.

[PO]. Treball de recerca: Electromedicina econòmica. Patrícia Olmos. 2005.

[GJ]. *GitHub jorts64* [en línia], [consulta 9 de gener del 2019]. Disponible a:
<<http://github.com/jorts64/kit-D1-mini>>

Utilitzada per obtenir informació sobre els holters:

[WCO]. *Holter* [en línia], [consulta 8 de desembre del 2018]. Disponible a: <<https://www.webconsultas.com/pruebas-medicas/holter-12058>>

Webs d'on hem extret les imatges d'electrocardiograma:

[IM1]. *Imatge 1* [en línia], [consulta: 29 de desembre del 2018]. Disponible a:
<<https://www.texasheart.org/heart-health/heart-information-center/topics/anatomia-del-corazon/>>

[IM2]. *Imatge 2* [en línia], [consulta: 29 de desembre del 2018]. Disponible a:
<<http://www.sabelotodo.org/anatomia/sistemavascular.html>>

[IM3]. *Imatge 3* [en línia], [consulta: 29 de desembre del 2018]. Disponible a:
<<https://sites.google.com/site/unidmed5oct/anatomia-y-fisiologia-cardiaca?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1>>

[IM4]. *Imatge 4* [en línia], [consulta: 29 de desembre del 2018]. Disponible a:
<<https://www.slideshare.net/hamzehbattikhi/general-physiology-action-potential>>

[IM5]. *Imatge 5* [en línia], [consulta: 29 de desembre del 2018]. Disponible a:
<<https://sites.google.com/site/anatomiacardiaca/unidad-4>>

[IM6]. *Imatge 6* [en línia], [consulta: 29 de desembre del 2018]. Disponible a:
<<https://es.slideshare.net/gustavo2409/sistema-de-conduccion-elctrica-del-corazon-bases-elctricas-del-ecg>>

[IM7]. *Imatge 7* [en línia], [consulta: 29 de desembre del 2018]. Disponible a:
<<https://sites.google.com/site/portafoliocuidadosenlauci/bases-electrocardiograficas>>

[IM8]. *Imatge 8* [en línia], [consulta: 29 de desembre del 2018]. Disponible a:
<<https://www.msdmanuals.com/es/hogar/trastornos-del-coraz%C3%B3n-y-los-vasos-sangu%C3%ADneos/arritmias/extras%C3%ADstole-auricular>>

[IM9]. *Imatge 9* [en línia], [consulta: 29 de desembre del 2018]. Disponible a: <http://www.abbel.cat/wp-content/uploads/2012/11/07_11_12_CURS-ECG.-ECG-NORMAL.pdf>

Webs on hem cercat holters, per realitzar l'estudi del mercat:

[EB1]. *Preu holter (I)* [en línia], [consulta: 11 de desembre del 2018]. Disponible a:
<<https://www.ebay.com/itm/Schiller-Medilog-AR12-Plus-High-Performance-Waterproof-Holter-Recorder-2-Yr-Wty/153263476986?epid=17008403220&hash=item23af3710fa:g:7d4AAOSwrsIaWTLs:rk:1:pf:0>>

[ME1]. *Info holter (I)* [en línia], [consulta: 11 de desembre del 2018]. Disponible a:
<<http://www.medicalexpo.es/prod/schiller/product-70731-430535.html>>

[EB2]. *Preu holter (II)* [en línia], [consulta: 11 de desembre del 2018]. Disponible a:
<<https://www.ebay.com/itm/Philips-DigiTrak-XT-48-Hour-Holter-Monitor/254017690549?hash=item3b24a25bb5:g:jRcAAOSwUVFcC~ht>>

[ME2]. *Info holter (II)* [en línia], [consulta: 11 de desembre del 2018]. Disponible a :
<<http://www.medicalexpo.es/prod/philips-healthcare/product-70721-435717.html>>

[EB3]. *Preu holter (III)* [en línia], [consulta: 11 de desembre de 2018]. Disponible a:
<<https://www.ebay.es/itm/CONTEC-Dynamic-Portable-ECG-EKG-Holter-48-Hora-Grabadora-TLC6000-USB-Software-CE/283297622948?hash=item41f5daaba4:g:leIAAOSwI01cDg0j:rk:10:pf:0>>

[ME3]. *Info holter (III)* [en línia], [consulta: 11 de desembre de 2018]. Disponible a:
<http://www.google.com/url?q=http%3A%2F%2Fwww.medicalexpo.es%2Fprod%2Fcontec-medical-systems%2Fproduct-68095-599827.html&sa=D&sntz=1&usg=AFQjCNFNEHUCnlkELg5JXiFx_8eQ3ujQzw>

[EB4]. *Preu holter (IV)* [en línia], [consulta: 11 de desembre de 2018]. Disponible a:
<<https://www.ebay.es/itm/Holter-BTL-08-H100-3-canales-NEW/123490809887?hash=item1cc0a0381f:g:8zAAAOSw241Yhdes:rk:1:pf:0>>

[ME4]. *Info holter (IV)* [en línia], [consulta: 11 de desembre de 2018]. Disponible a:
<<http://www.medicalexpo.es/prod/btl-international/product-67916-434707.html>>

- [EB5]. *Preu holter (V)* [en línia], [consulta: 11 de desembre de 2018]. Disponible a: <<https://www.ebay.es/itm/Spacelabs-Healthcare-Evo-V02-54-Digital-Holter-Recorder/132878201383?hash=item1ef0287227:g:Yy8AAOSwZGRbYGjr:rk:2:pf:0>>
- [ME5]. *Info holter (V)* [en línia], [consulta: 11 de desembre de 2018]. Disponible a: <<https://www.ebay.com/itm/Schiller-Medilog-AR12-Plus-High-Performance-Waterproof-Holter-Recorder-2-Yr-Wty/153263476986?epid=17008403220&hash=item23af3710fa:g:7d4AAOSwrsIaWTLs:rk:1:pf:0>>
- [EB6]. *Preu holter (VI)* [en línia], [consulta: 11 de desembre de 2018]. Disponible a: <<https://www.ebay.es/itm/Reconditioned-Mortara-H12-Digital-Holter-Recorder-With-Battery/283245572482?hash=item41f2c07182:g:GocAAOSwENVb31UR:rk:2:pf:0>>
- [ME6]. *Info holter (VI)* [en línia], [consulta: 11 de desembre de 2018]. Disponible a: <<http://www.medicalexpo.es/prod/mortara-instrument-europe-srl/product-69455-442842.html>>

Webs on hem cercat informació d'alguns components:

- [WE1]. *1-Button Shield* [en línia], [última revisió: 2 de maig 2017], [consulta: 27 d'agost del 2018]. Disponible a: <https://wiki.wemos.cc/products:d1_mini_shields:1-button_shield>
- [WE2]. *ProtoBoard Shield* [en línia], [última revisió: 2 de maig 2017], [consulta: 27 d'agost del 2018]. Disponible a: <https://wiki.wemos.cc/products:d1_mini_shields:protoboard_shield#protoboard_shield>
- [SF]. *AD8232 Heart Rate Monitor Hookup Guide* [en línia], [consulta: 27 d'agost del 2018]. Disponible a: <<https://learn.sparkfun.com/tutorials/ad8232-heart-rate-monitor-hookup-guide>>

Utilitzada per fer la introducció de l'entorn Arduino:

- [A1]. *What is Arduino?* [en línia], [consulta: 19 d'agost del 2018]. Disponible a: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction#>>

Webs on hem comprat cadascun dels diferents components del nostre treball:

[AL1]. *Preu del Heart Monitor + sensor* [en línia], [consulta: 27 d'agost del 2018].

Disponible a: <<https://es.aliexpress.com/item/32847272903/32847272903.html?shortkey=yuQ3QvAZ&addresstype=600>>

[AL2]. *Preu de la Base dual* [en línia], [consulta: 27 d'agost del 2018]. Disponible a:

<https://es.aliexpress.com/store/product/WEMOS-D1-MINI-NodeMCU-Double-Socket-Dual-Base-Shield-ESP8266-WIFI-Module-DIY-PCB-Expansion-Board/2162059_32838512044.html?spm=a219c.search0204.3.51.16256e6cqiij2g&ws_ab_test=searchweb0_0.searchweb201602_5_10065_10068_10547_10059_10548_5724515_10696_100031_309_10084_10083_5725015_10103_10618_5724315_10307_10820_10301_10821_5724215_10303_525_5724115.searchweb201603_2.ppcSwitch_5_ppcChannel&algo_exp_id=a967aa56-f86b-47c2-a7c2-8f3b91350dc1-6&algo_pvid=a967aa56-f86b-47c2-a7c2-8f3b91350dc1&transAbTest=ae803_2&priceBeautifyAB=0>

[AL3]. *Preu Data logger shield RTC + MicroSD* [en línia], [consulta: 27 d'agost del 2018]. Disponible a:

<<https://es.aliexpress.com/item/Micro-SD-Wemos-D1-Mini-Data-Logger-Shield-RTC-DS1307-Clock-For-Arduino-Raspberry/32831096592.html>>

[AL4]. *Preu 1-Button Shield* [en línia], [consulta: 27 d'agost del 2018]. Disponible a:

<<https://es.aliexpress.com/item/1-Button-Shield-for-WeMos-D1-mini-button/32575988167.html>>

[AL5]. *Preu Wemos D1mini V3.0.0* [en línia], [consulta: 27 d'agost del 2018].

Disponible a: <https://es.aliexpress.com/item/D1-mini-Mini-NodeMcu-4M-bytes-Lua-WIFI-Internet-of-Things-development-board-based-ESP8266/32529101036.html?src=google&albch=search&acnt=479-062-3723&isdl=y&aff_short_key=UneMJZVf&albcpr=363222436&albag=18220035556&slnk=&trgt=aud-165594907443:dsa-108604429036&plac=&crea=64152583396&netw=g&device=c&mtctp=b&memo1=1t2&albbt=Google_7_search&aff_platform=google&gclid=EAlaIQobChMIrfPhj5WN3QIV1ZrVCh1A9A5cEAAYAAAEgJxF_D_BwE>

[AL6]. *Preu ProtoBoard Shield* [en línia], [consulta: 27 d'agost del 2018]. Disponible a: <<http://tienda.bricogeek.com/home/1077-pack-de-electrodos-ecg-12-unidades.html>>

[BK1]. *Preu elèctrodes 12 unitats* [en línia], [consulta 27 de setembre del 2018]. Disponible a: <<http://tienda.bricogeek.com/home/1077-pack-de-electrodos-ecg-12-unidades.html>>

[MM]. *Preu SD* [en línia], [consulta: 20 d'octubre 2018]. Disponible a: <<https://tiendas.mediamarkt.es/p/sandisk-32gb-ultra-a1-microsdhc-32gb-mic-1375381>>

[AL7]. *Preu paquet 200 cargols* [en línia], [consulta 30 d'octubre del 2018]. Disponible a: <<https://s.click.aliexpress.com/e/b2LrygOl>>

[AL8]. *Preu paquet de 40 cables femella-femella* [en línia], [consulta 28 de desembre del 2018]. Disponible a: <https://es.aliexpress.com/store/product/40pcs-lot-10cm-2-54mm-1pin-feMale-to-feMale-jumper-wire-Dupont-cable/1678083_32800215149.html?spm=a219c.search0604.3.9.ef467cferwotkf&ws_ab_test=searchweb0_0.searchweb201602_3_10065_10068_10547_319_10891_317_10548_10696_453_10084_454_10083_10618_10307_10820_10301_10821_538_10303_537_536_10059_10884_1_0887_100031_321_322_10103_5727015_5727515-5727015_10891.searchweb201603_52.ppcSwitch_0&algo_expid=cf2b048f-cd98-41a3-bdea-be5c89e4bafb-1&algo_pvid=cf2b048f-cd98-41a3-bdea-be5c89e4bafb>

Utilitzada per a informació del programa OpenSCAD:

[OSCAD]. *About OpenSCAD* [en línia], [consulta: 20 d'agost del 2018]. Disponible a: <<http://www.openscad.org/about.html>>

Web QtiPlot:

[QP]. *QtiPlot* [en línia], [consulta: 30 de desembre del 2018]. Disponible a: <<https://www.qtiplot.com/>>

Web TIC Salut Social:

[TIC]. Tecnologia, innovació i transformació digital [en línea], [consulta: 7 novembre 2018]. Disponible a: <<https://ticsalutsocial.cat/>>