

Treball final de grau

Estudi: Grau en Tecnologies Industrials

Títol: Xarxa de desfibril·ladors externs automàtics de Girona: estudi i millora de la cobertura i optimització de la gestió

Document: Memòria i annexos

Alumne: Júlia Soler Boada

Tutor: Pepus Daunis i Estadella, Remei Calm Puig

Departament: Informàtica, Matemàtica Aplicada i Estadística

Àrea: EIO i MA

Convocatòria (mes/any): Juny 2019

Índex

Índex	i
Índex de figures.....	v
Índex de taules	ix
1 Introducció	1
1.1 Antecedents	1
1.2 Objecte	2
1.3 Abast i especificacions	3
2 Estudi dels DEA des d'un punt de vista teòric i pràctic	5
2.1 La fibril·lació.....	5
2.2 La desfibril·lació	7
2.3 Tipus de desfibril·ladors.....	7
2.4 Normatives i desfibril·ladors externs automàtics	8
2.5 Girona territori cardioprotegit	10
2.6 Paràmetres a considerar en la col·locació dels DEA.....	12
2.7 Tècniques de desplegament de DEA.....	14
3 Estudi de la distribució dels DEA de la ciutat de Girona	15
3.1 Mapa de desfibril·ladors de Girona.....	15
3.2 ESTUDI 1. Distribució en funció del temps de resposta.....	17
3.2.1 Definició de conceptes	17
3.2.2 Càlcul de l'àrea de cobertura d'un DEA	17
3.2.3 Càlcul de l'àrea real de cobertura d'un DEA	20
3.2.4 Nivell de cobertura d'un DEA.....	22
3.3 Resultats ESTUDI 1	23
3.3.1 Àrees de cobertura a nivell global	23
3.3.2 Àrees de cobertura per barris.....	25
3.3.3 Àrees de cobertura reals dels DEA.....	28
3.3.4 Nivell de cobertura dels DEA	30

3.4	Conclusions ESTUDI 1	32
3.5	ESTUDI 2. Distribució dels DEA en funció del nombre de persones.....	32
3.5.1	Relació entre el nombre d'habitants per DEA al barri.....	32
3.5.2	Anàlisi de resultats.....	35
3.5.3	Relació entre nombre de DEA, nombre d'habitants i superfície dels barris.....	36
3.6	Conclusions ESTUDI 2	38
3.7	ESTUDI 3. Zones de risc.....	38
3.8	Conclusions ESTUDI 3	40
3.9	Valoració final	40
4	Propostes per millorar la cardioprotecció a Girona	41
4.1	PROPOSTA 1. Millora de la cobertura passant tots els DEA interiors a l'exterior	41
4.1.1	Avaluació àrees de cobertura.....	41
4.1.2	Avaluació àrees reals de cobertura	42
4.1.3	Avaluació nivells de cardioprotecció.....	42
4.1.4	Relació habitants per DEA	43
4.1.5	Conclusions	44
4.2	PROPOSTA 2. Millora de la cobertura reubicant DEA interiors i reduint zones sobreprotegides.....	45
4.2.1	Avaluació àrees de cobertura i àrees reals de cobertura	45
4.2.2	Relació habitants per DEA	46
4.2.3	Conclusions	47
4.3	PROPOSTA 3. Millora del nivell de cobertura afegint DEA.....	47
4.3.1	Avaluació àrees de cobertura i àrees reals de cobertura	48
4.3.2	Relació habitants per DEA	48
4.3.3	Conclusions	49
5	Optimització de la gestió de manteniment	51
5.1	Manteniment dels DEA	51
5.2	Plantejament del problema	52

5.2.1	El problema del viatjant de comerç asimètric	52
5.2.2	Representació matemàtica del nostre problema	52
5.3	L'entorn de treball: Grafos	53
5.4	Creació del graf	54
5.4.1	Definició de vèrtexs i arcs	54
5.4.2	Càlcul de la matriu de costos.....	54
5.4.3	Entrada del graf al programa Grafos	56
5.4.4	Subdivisió del graf	57
5.5	Resultats	60
5.5.1	Zona 1. Barri Nord, barri Santa Eugènia i barri Oest.....	60
5.5.2	Zona 2. Barri Sud, un DEA del barri Est i un DEA de l'Eixample Sud.....	60
5.5.3	Zona 3. Eixample Nord	61
5.5.4	Zona 4. Set DEA del Centre i un DEA del barri Est	61
5.5.5	Zona 5. Barri Mas Xirgu, sis DEA de l'Eixample sud i un DEA del Centre	61
6	Aplicació web de suport a la cardioprotecció	63
6.1	Entorn de desenvolupament	63
6.2	Objectiu de l'aplicació	64
6.3	El procés de creació.....	64
6.3.1	Preparació de les dades.....	64
6.3.2	Pantalla d'inici.....	65
6.3.3	Creació capa de DEA	66
6.3.4	Creació capa àrees de cobertura dels DEA.....	67
6.3.5	Visualització dels DEA i àrees de cobertura sobre el mapa de Girona	69
6.4	Creació de la web	70
6.4.1	Selecció de capes de la web	71
6.4.2	Geolocalització usuari	71
6.4.3	Ajustaments finals.....	72
6.5	Instal·lació.....	72

6.6	Generalització de l'aplicació	75
7	Resum del pressupost	77
8	Conclusions	79
9	Treball futur.....	83
10	Relació de documents.....	85
11	Bibliografia.....	87
Annex A	Codi Matlab	89
Annex B	Àrea de cobertura per DEA exteriors	91
Annex C	Fitxes tècniques	93
	a. Desfibril·lador	93
	b. Columna	94
Annex D	Codi qgis2web.....	95

Índex de figures

Figura 1. La cadena de supervivència indica els passos que cal aplicar en una aturada cardiorespiratòria (imatge de https://www.erc.edu/).....	2
Figura 2. Identificació d'ones en un electrocardiograma, ECG normal i amb arítmies (imatge de http://www.dalcame.com).....	6
Figura 3. Funcionament del cor en condicions normals i en fibril·lació (imatges de https://www.mayoclinic.org/)	6
Figura 4. Tipus de desfibril·ladors: (a) manual, (b) automàtic i (c) intern (imatges de https://corprotegit.com/).....	7
Figura 5. Comunitats autònomes en les que està regulat l'ús de desfibril·ladors (imatge de https://www.b-safe.es/)	9
Figura 6. Web del DipSalut d'accés al programa Girona territori cardioprotegit (GCP, 2019),..	11
Figura 7. Factors per posicionament DEA.....	12
Figura 8. Relació entre supervivència i temps fins a la realització de la desfibril·lació.	13
Figura 9. Estudis a realitzar	15
Figura 10. Web UMAT (UMAT, 2019)	15
Figura 11. Mapa dels DEA de la ciutat de Girona (imatge de http://terra.girona.cat/vu/desfibriladors/#)	16
Figura 12. Àrea de cobertura d'un DEA.....	18
Figura 13. Regió de Voronoi.....	18
Figura 14 Configuració de carrers de Manhattan (a) i de Girona (b).....	21
Figura 15. (a) Distància real a recórrer per accedir a DEA i (b) simplificació de la distància a partir del radi.....	21
Figura 16. Possibles patrons de relació àrea de cobertura i àrea real de cobertura del DEA i classificació segons nivells	23
Figura 17. Diagrames de Voronoi considerant: DEA exteriors (a) i (b) i tots els DEA (c) i (d). En els mapes (b) i (d) s'han remarcat les zones que es veuen afectades pel fet de considerar un tipus de DEA o els dos.....	24

Figura 18. Ampliació de les àrees de cobertura en les que la superfície neta és del 100%	25
Figura 19. Barris de la ciutat de Girona	25
Figura 20. Regions de Voronoi segons la distribució de DEA exteriors i tots els DEA pels barris Mas Xirgu, Nord i Montjuïc, Sud i Est de Girona.	26
Figura 21.Regions de Voronoi dels barris Oest, Santa Eugènia, Eixample i Centre.....	27
Figura 22. Àrea real de cobertura considerant circumferències de radi 200 metres	28
Figura 23. Àrea real de cobertura considerant circumferències de radi 250 metres	28
Figura 24. Àrea real de cobertura considerant circumferències de radi 300 metres	29
Figura 25. Patrons de cobertura en funció de les interseccions entre àrea de cobertura i àrea real de cobertura.....	30
Figura 26. Nombre de zones de cada nivell de cardioprotecció en funció dels diferents radis de cobertura considerant només els DEA exteriors	31
Figura 27. Habitants per DEA exterior segons barris.....	34
Figura 28. Habitants per DEA segons barris.....	35
Figura 29. Habitants per DEA i nombre d’habitants segons barris.....	35
Figura 30. Relació nombre de desfibril·ladors exteriors i nombre d’habitants.....	37
Figura 31. Relació nombre de desfibril·ladors totals i nombre d’habitants.	37
Figura 32. Relació nombre de desfibril·ladors exteriors i superfície neta.....	38
Figura 33. Relació nombre de desfibril·ladors totals i superfície neta.....	38
Figura 34. Mapa turístic de Girona i localitzacions dels DEA interiors i exteriors	40
Figura 35. Àrees de cobertura considerant només DEA exteriors (a) i considerant tots els DEA (b).....	41
Figura 36. Àrea real de cobertura considerant radi de 300 metres	42
Figura 37. Nombre de zones de cada nivell de cardioprotecció en funció dels diferents radis de cobertura considerant els DEA exteriors.....	43

Figura 38. Zones de nivell A de la ciutat de Girona considerant DEA exteriors o tots els DEA exteriors i interiors.	43
Figura 39. Nombre d'habitants per DEA segons barris	44
Figura 40. Àrees de cobertura i àrees reals de cobertura amb les noves ubicacions.....	46
Figura 41. Habitants per DEA, segons situació actual, proposta 1 i proposta 2.	47
Figura 42. Àrees de cobertura amb les noves ubicacions de DEA considerant els DEA exteriors actuals i nous (a) i els DEA exteriors i interiors actuals i nous (b).	48
Figura 43. Habitants per DEA, segons situació actual, proposta 1, proposta 2 i proposta 3.....	49
Figura 44. Temps de DEA A a DEA B (7 minuts) i de DEA B a DEA A (4 minuts)	53
Figura 45. Algorismes que proporciona el programa Grafos.....	53
Figura 46. Menú del Google Maps per fixar posicions origen i destí.....	54
Figura 47. Exemple d'aplicació del fitxer autoexecutable.....	56
Figura 48. Interfície d'usuari en mode taula	57
Figura 49. Opcions per importar dades.....	57
Figura 50. DEA de les diferents zones.....	58
Figura 51. Selecció algorisme de processament del graf	60
Figura 52. Ordre que cal seguir en les rutes de cada zona	62
Figura 53. QGIS és un Sistema d'Informació de Codi Obert llicenciat sota la llicència GNU-GPL	64
Figura 54. Columnes del QGIS després de l'edició.....	65
Figura 55. Interfície inicial del QGIS.	65
Figura 56. Menús de creació de capa vectorial	66
Figura 57. Menú de càrrega del fitxer amb les coordenades de DEA per crear la capa	66
Figura 58. Capa amb la informació dels 51 DEA.....	67
Figura 59. Creació del mapa de Voronoi prenen com a seus els DEA	68

Figura 60. Àrees de cobertura dels DEA a partir del diagrama de Voronoi.....	68
Figura 61. Menú edició de capes.....	69
Figura 62. Capes dels diagrames de Voronoi dels DEA exteriors i de tots els DEA.....	69
Figura 63. Menú de selecció de mapes.....	70
Figura 64. Visualització conjunta dels DEA i les seves àrees de cobertura.....	70
Figura 65. Menú per crear la web.....	70
Figura 66. Pestanya de selecció de capes que apareixeran en la web	71
Figura 67. Pestanya per activar la geolocalització a la web	72
Figura 68. Contingut de la carpeta creada al fer l'exportació	72
Figura 69. Interfície de la web	73
Figura 70. Zoom de la zona geolocalitzada.....	74
Figura 71. Informació del DEA més proper a la zona geolocalitzada.....	74
Figura 72. Visualització dels DEA exteriors.....	75

Índex de taules

Taula 1. Distàncies amb metres que es recorren en funció del temps i velocitat.....	20
Taula 2. Classificació de les regions en funció del nivell de cobertura	23
Taula 3. Relació dels DEA exteriors amb l'àrea de cobertura associada i la seva classificació en A, B, C i D segons nivell cardioprotecció.....	31
Taula 4. Relació entre el nombre d'habitants per barris i el nombre de DEA	34
Taula 5. Nombre d'habitants, superfície, densitat de població i nombre de DEA per barris.....	36
Taula 6. Coordenades dels llocs on calen DEA	39
Taula 7. Habitants per desfibril·lador en funció dels barris segons proposta 1	44
Taula 8. DEA exteriors que estan en una zona cardioprotegida.	45
Taula 9. Noves ubicacions dels DEA externs que s'han reubicat.	45
Taula 10. Habitants per desfibril·lador en funció dels barris segons proposta 2	46
Taula 11. Noves ubicacions de DEA segons proposta 3.....	47
Taula 12. Habitants per DEA exterior i per habitants per DEA exteriors i interiors segons proposta 3	49
Taula 13. Submatrius de cada zona.....	59

1 Introducció

1.1 Antecedents

L'aturada cardiorespiratòria o aturada cardíaca és l'aturada brusca del batec cardíac amb la interrupció de la circulació sanguínia i, per tant, de l'aportació d'oxigen als teixits. Aquesta patologia es caracteritza per la pèrdua de coneixement, l'absència de pols i de moviments respiratoris. En el cas que la falta d'oxigen duri entre cinc i deu minuts els trastorns que es produeixen són irreversibles en el cervell, causant en el pitjor dels casos la mort de la víctima.

Cada any a Europa l'aturada cardíaca afecta al voltant de 40 de cada 100.000 persones, essent una de les primeres causes de mortalitat al món occidental. El 80% dels casos tenen lloc fora de l'hospital i la seva supervivència amb bona qualitat de vida no acostuma a superar el 10%. El fet és que la majoria d'aquestes morts es podrien haver evitat, o millorat la qualitat de vida dels supervivents practicant la reanimació cardiopulmonar.

La **reanimació cardiopulmonar (RCP)** comprèn un conjunt de maniobres que tenen per objectiu mantenir el flux sanguini als òrgans de forma provisional. Aquesta maniobra combina massatges al pit amb insuflacions en una proporció de 30 massatges per 2 insuflacions. Qualsevol persona major de 8 anys pot aprendre la maniobra i en molts països es considera com un element obligat de formació del ciutadà ja que el seu coneixement pot ajudar a salvar vides (Akahane M, 2013).

Els **desfibril·ladors externs automàtics (DEA)** són dispositius de suport a la RCP. Aquests aparells electrònics diagnostiquen i tracten l'aturada cardiorespiratòria donant indicacions de forma verbal de com cal utilitzar-los. El principal avantatge és que els poden usar tant persones expertes com no expertes, ajudant així a augmentar l'índex de supervivència de les víctimes.

L'aplicació conjunta de les maniobres de RCP i l'ús dels DEA és el que es coneix com a cadena de supervivència. Com es mostra en la Figura 1, aquesta cadena està formada per quatre passos: (1) Identificar l'aturada cardiorespiratòria; (2) Practicar la maniobra de reanimació per mantenir flux sanguini (compressions i ventilacions); (3) Aplicar una descàrrega usant el desfibril·lador extern automàtic; (4) Tractament per part del personal expert.



Figura 1. La cadena de supervivència indica els passos que cal aplicar en una aturada cardiorespiratòria (imatge de <https://www.erc.edu/>)

L'inici immediat de la reanimació cardiopulmonar pot quadruplicar les possibilitats de sobreviure i l'ús d'un DEA pot augmentar-les encara més. Una vegada es pateix una aturada cardiorespiratòria, cada segon que passa és vital, no només per recuperar la vida del pacient, sinó també per recuperar la seva qualitat de vida. Per això, promoure l'aprenentatge de la RCP i l'ús dels DEA s'ha convertit en un objectiu principal a nivell mundial en el que hi estant treballant diferents organitzacions com són l'*American Heart Association* (AHA, 2019) o l'*European Resuscitation Council* (ERC, 2019), ambdues amb seus a la majoria de ciutats del món.

A nivell espanyol fa gairebé dues dècades que es va començar a utilitzar els DEA i la majoria de comunitats autònomes han anat regulant per decret l'ús i instal·lació dels DEA. A nivell català i en particular a Girona, el juny del 2011 es va iniciar el programa "Girona, territori cardioprotegit" (GCP, 2019). En el marc d'aquest programa es van desplegar la majoria dels diferents DEA que hi ha actualment a la ciutat.

1.2 Objecte

L'objecte d'aquest treball és estudiar la xarxa de DEA de la ciutat de Girona. Ens interessa estudiar si la distribució actual és correcta o si caldria modificar-la per poder augmentar eficiència, eficàcia i efectivitat en el tractament de les aturades cardiorespiratòries.

Per assolir aquest objectiu hem dividit el treball en les cinc fases següents:

- **Estudi dels DEA des d'un punt de vista teòric i pràctic.** En primer lloc, ens interessa saber quina és la funció exacta dels DEA i quin és el seu funcionament. En segon lloc, analitzarem quins són els paràmetres que cal tenir en compte en el moment de determinar

la localització i el nombre de DEA que cal instal·lar en una ciutat i quines tècniques s'han proposat per fer-ne el seu desplegament.

- **Estudi de la distribució dels DEA de la ciutat de Girona.** Ens interessa recollir informació de les ubicacions actuals dels DEA que hi ha a la ciutat de Girona i analitzar si aquesta distribució es pot considerar òptima o no en funció dels paràmetres identificats en la fase anterior. Aquest estudi ens ha de servir per detectar les limitacions de la distribució actual.
- **Proposta de millora de la distribució dels DEA de la ciutat de Girona.** A partir de les limitacions detectades en la fase anterior es proposaran millores que ens permetin optimitzar la distribució actual. Ens interessa identificar, en el cas que siguin necessàries les noves ubicacions de DEA per poder resoldre les mancances detectades.
- **Optimització de la gestió del manteniment dels DEA.** Donat que els DEA requereixen un servei de manteniment es proposarà una estratègia per optimitzar la ruta per dur a terme aquest manteniment tenint en compte els requeriments de gestió.
- **Creació d'una aplicació web de suport a la cardioprotecció.** Desenvolupament d'una aplicació web que permeti analitzar tota la informació estudiada i que en cas d'urgència permeti saber quin és el DEA més pròxim. El disseny de l'aplicació es realitzarà de manera que es pugui replicar a qualsevol altra ciutat o territori.

1.3 Abast i especificacions

Com a resultat del treball realitzat es podrà:

- Identificar les limitacions de la xarxa actual de DEA públics de la ciutat de Girona.
- Millorar la situació actual de la xarxa, determinant les ubicacions de nous DEA a partir de dades de població, llocs d'interès i altres paràmetres que es puguin considerar.
- Establir la ruta de manteniment òptima per garantir el bon funcionament dels DEA.
- Proposar una aplicació web per determinar, en cas d'urgència, quin és el desfibril·lador més proper.
- Proposar un model a seguir per poder reproduir l'estudi realitzat a qualsevol altra ciutat.

2 Estudi dels DEA des d'un punt de vista teòric i pràctic

En aquest apartat ens centrarem en l'estudi dels desfibril·ladors des d'un punt de vista teòric i pràctic. En primer lloc presentarem una base teòrica de com funciona el cor. A continuació, descriurem els principis de funcionament dels desfibril·ladors com a estratègia per aturar la fibril·lació cardíaca. Posteriorment, descriurem les diferents normatives relacionades amb la seva col·locació amb un especial interès en la ciutat de Girona. Per concloure, veurem els paràmetres que cal tenir en compte per determinar quants i on cal col·locar-los.

2.1 La fibril·lació

El cor es pot descriure com un múscul buit que té com a funció principal bombear la sang a tot l'organisme. Per tal que la sang flueixi al cor amb normalitat s'han de produir per una banda una sèrie de contraccions (sístole i diàstole) i per l'altra banda, les seves vàlvules s'han d'obrir i tancar de forma coordinada. Aquestes accions s'han de realitzar de forma coordinada per marcar el ritme de les contraccions. El node sinusal és l'encarregat de marcar el ritme donant una ordre de batec mitjana de 60 a 80 vegades per minut. Això fa que el múscul cardíac es contracti de 60 a 80 vegades, bombejant així la sang. El senyal que envia el node sinusal es transmet a totes les cèl·lules del múscul cardíac fent que aquestes actuïn de forma coordinada.

Els corrents elèctrics generats pel múscul cardíac es propaguen als teixits que envolten el cor i són conduïts a través dels líquids corporals. Una petita part d'aquesta activitat elèctrica arriba a la superfície corporal, on pot ser detectada utilitzant elèctrodes de registre. El registre produït és un electrocardiograma (ECG) que detecta tres formes diferents d'ona: l'ona P, el complex QRS i l'ona T. La forma d'aquestes ones permet detectar si el funcionament del cor és correcte o no. En la Figura 2 es mostren les ones que detecta un ECG i els resultats que s'obtenen en el cas d'un batec normal i un de patològic (AHA, 2019).

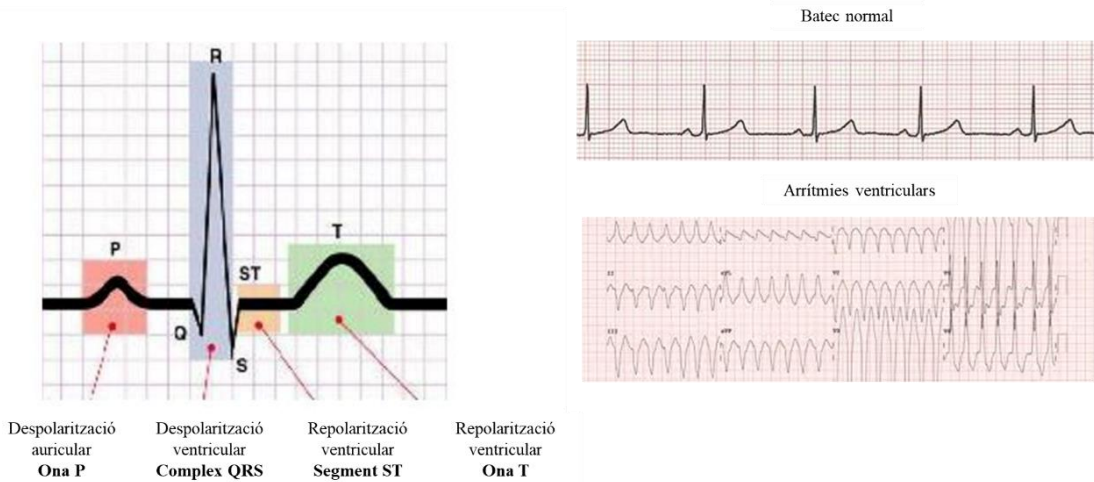


Figura 2. Identificació d'ones en un electrocardiograma, ECG normal i amb arítmies (imatge de <http://www.dalcame.com>)

Parlem de fibril·lació ventricular quan les cèl·lules del cor actuen de forma no coordinada generant un caos elèctric, fent que la sang no es bombegi de forma correcta. És en aquesta situació quan parlem d'aturada cardiorespiratòria. En realitat, tot i parlar d'aturada, el cor no ha deixat de funcionar sinó que ha començat a funcionar de forma accelerada i desordenada. En el cas que aquesta fibril·lació no s'aturi en pocs minuts esdevindrà la mort. En la Figura 3 es mostra el cor bategant de forma normal o en fibril·lació. Com es pot veure en la primera imatge, si el ritme cardíac és normal, un senyal elèctric viatja des de les càmeres superiors del cor (aurícules) fins a les càmeres inferiors del cor (ventricles), el que genera que els ventricles es contreguin i bombegin sang. En el cas de la fibril·lació ventricular, es generen impulsos elèctrics ràpids i erràtics en els ventricles. Això provoca que els ventricles tremolin inútilment i no puguin bombejar la sang, produint-se així l'aturada cardiorespiratòria.

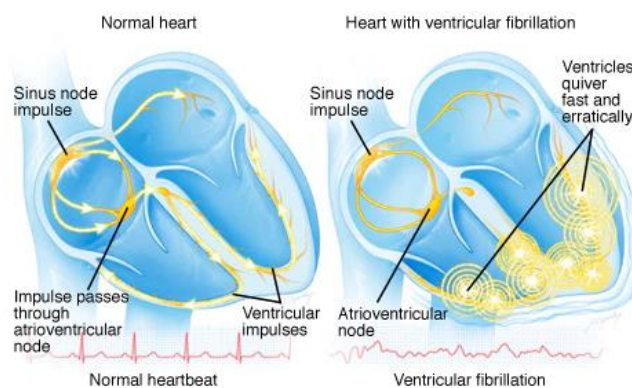


Figura 3. Funcionament del cor en condicions normals i en fibril·lació (imatges de <https://www.mayoclinic.org/>)

2.2 La desfibril·lació

La desfibril·lació és el tractament elèctric de la fibril·lació ventricular. Consisteix en una descàrrega d'alt voltatge al pacient a través del múscul cardíac. Aquesta descàrrega sobtada cap al cor provoca que les fibres musculars es contraguin simultàniament i possiblement en aquesta situació podran respondre als impulsos fisiològics cardíacs normals. Per garantir que la descàrrega es produeix en el moment adequat, durant la desfibril·lació és necessari un electrocardiograma per seguir el ritme del cor i saber el moment en el que cal aplicar-la.

La descàrrega elèctrica pot ser subministrada al cor de dues maneres. Una primera opció és col·locar pales o elèctrodes al pit del pacient, en aquest cas parlem de desfibril·lador extern. Una segona opció és col·locar els elèctrodes directament sobre el cor, en aquest cas parlem de desfibril·lador intern. En el següent apartat veurem els diferents tipus de desfibril·ladors.

2.3 Tipus de desfibril·ladors

Els diferents tipus de desfibril·ladors que hi ha en el mercat són els que es mostren en la Figura 4 i que es descriuen a continuació.

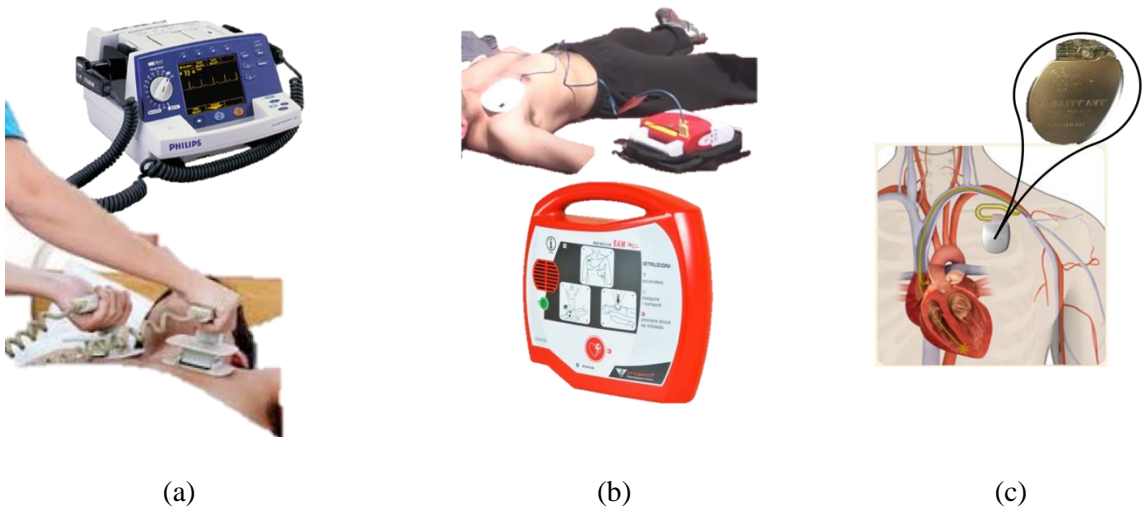


Figura 4. Tipus de desfibril·ladors: (a) manual, (b) automàtic i (c) intern (imatges de <https://corprotegit.com/>)

Els *desfibril·ladors manuals* són utilitzats en els hospitals pels professionals mèdics. Aquests són controlats per un operador que aplica les pales (o elèctrodes) al pit del pacient i controla manualment l'energia que se li aplica al pacient. En aquest cas, la durada d'una descàrrega és d'uns 20 ms amb unes tensions des de 1000 a 4000 volts al pit del pacient alliberant una energia entre 200 i 360 Joules. El seu ús va acompanyat d'un electrocardiògraf que fa el seguiment del batec del cor.

Els *desfibril·ladors externs automàtics (o semi-automàtics)* eliminen la necessitat d'interpretació de l'operador ja que el mateix desfibril·lador pren les decisions mèdiques, decidint si es requereix o no la descàrrega elèctrica. Estan dissenyats per ser utilitzats per personal no especialitzat ja que només necessiten que l'operador posi els elèctrodes en el pit del pacient. El mateix dispositiu analitza el ritme del cor i, quan es requereixi descàrrega, l'equip s'encarregarà de proporcionar-la. En el cas del desfibril·lador semiautomàtic es demana confirmació per a la descàrrega, és a dir, l'operador ha de prémer un botó. En el cas dels automàtics no cal fer res. Tecnològicament són molt similars als manuals excepte que inclouen tècniques d'interpretació de l'electrocardiograma.

Els *interns o desfibril·ladors automàtics implantables (DAI)* són aquells dispositius que s'implanten en una persona amb problemes cardíacs de la mateixa manera que s'implanta un marcapassos. Quan es detecta una arrítmia s'activa una descàrrega elèctrica que restableix el ritme normal del cor. Aquest dispositiu es situa sota la pell del pacient i va connectat directament al cor aplicant la descàrrega elèctrica directa al cor. Els elèctrodes sempre estan en contacte amb les parets del cor (o teixit miocàrdic) i per tant l'energia que s'aplica es inferior variant entre 1J i 30J. En els altres dos tipus de desfibril·ladors, el corrent elèctric ha de travessar els diferents teixits per arribar al cor, per això requereix de més energia. Aquests tipus de desfibril·ladors porten una bateria que pot durar aproximadament 5 anys.

En aquest treball final de grau ens centrarem en els desfibril·ladors externs automàtics. El primer model d'aquest dispositiu fou desenvolupat el 1979 per de Diack, Welborn, Rullman, Walter i Wayne. Des de llavors han anat evolucionant al llarg dels anys fins arribar als nostres dies. Afortunadament, les normatives relacionades amb aquests dispositius també han anat evolucionant convertint-los en uns dispositius fonamentals a tenir en compte en la distribució de recursos públics de les ciutats. L'èxit del dispositiu rau en el fet de ser segur, eficaç i fàcil d'utilitzar per gent no experta (Yeung J, 2011).

Diferents estudis han demostrat l'efectivitat del dispositiu i l'increment del nombre de víctimes que s'han recuperat d'una aturada cardíaca gràcies al seu ús. D'entre aquests estudis remarcar el realitzat per (Kitamura, 2010) al Japó, en el que després d'estudiar les 44000 aturades cardíques produïdes entre el 2005 i el 2013, es va veure que gràcies a la utilització dels DEA es va passar de 6 a 201 supervivents. De fet Japó es considera com un referent en l'àmbit dels DEA.

2.4 Normatives i desfibril·ladors externs automàtics

El 1994 l'*American Heart Association* (AHA, 2019) va celebrar la primera conferència sobre accés públic als DEA assenyalant els espais on s'haurien d'instal·lar. Uns anys més tard, al 2002, el Consell Europeu de Ressuscitació (ERC, 2019) i la Societat Europea de Cardiologia (SEC, 2019) van

elaborar un document sobre l'ús dels DEA a Europa definint una sèrie d'estratègies per a la seva implementació.

A nivell espanyol fa gairebé dues dècades que es va començar a utilitzar els DEA, i va ser Galícia la que va regular per primera vegada la seva utilització per part de personal no sanitari (Decret 25/10/2000, 2019). Des de llavors, aquests aparells s'han anat instal·lant per tota la geografia en espais amb gran afluència de públic, com són empreses, pavellons esportius, grans magatzems, aeroports, estacions d'autobusos, etc. L'objectiu sempre és el mateix, augmentar la supervivència davant d'una aturada cardíaca.

Totes les comunitats autònomes han anat regulant per decret, l'ús i instal·lació dels DEA, establint l'obligatorietat de comunicació a l'organisme corresponent del lloc on s'instal·len. Fins al 2018, només hi havia sis Comunitats Autònomes que obligaven a instal·lar DEA en espais públics. Aquestes eren: País Basc, Catalunya, Andalusia, Astúries, Canàries i Madrid. El 2019 es van afegir Aragó, Cantabria, Navarra i Comunitat Valenciana (vegeu Figura 5).



Figura 5. Comunitats autònomes en les que està regulat l'ús de desfibril·ladors (imatge de <https://www.b-safe.es/>)

En el context català, a finals del 2012, es va fixar el decret que establia els requisits per a la instal·lació i l'ús de desfibril·ladors externs fora de l'àmbit sanitari. La modificació permetia que en

situacions d'emergència en què no hi ha cap persona formada en RCP i amb independència de la ubicació, qualsevol persona pogués fer ús del dispositiu.

La Generalitat obliga que en determinats tipus d'instal·lacions públiques i privades es disposi d'un DEA i de personal autoritzat pel seu ús. Segons aquest decret cal instal·lar DEA en les grans superfícies amb una activitat comercial minorista amb una superfície útil per l'exposició i venda al públic superior als 2500 m², aeroports, ports comercials, estacions d'autobusos i ferrocarrils de poblacions de 50000 habitants, estacions de metro amb trànsit diari igual o superior a 5000 persones, instal·lacions, centres o complexos esportius amb un nombre d'usuaris diaris igual o superior a 500 persones i establiments amb un aforament igual o superior a 5000 persones.

Segons el decret 151/2012 (Decret 151/2000, 2019), de 20 de novembre, pel qual s'estableixen els requisits per a la instal·lació i l'ús de desfibril·ladors externs fora de l'àmbit sanitari i per a l'autorització d'entitats formadores. El decret 30/2015 (Decret 30/2015, 2019), de 3 de març, pel qual s'aprova el catàleg d'activitats i centres obligats a adoptar mesures d'autoprotecció i es fixa el contingut d'aquestes mesures.

2.5 Girona territori cardioprotegit

L'adaptació d'aquestes normatives a nivell català ha variat segons els territoris donant lloc a diferents programes d'actuació. Pel que fa la ciutat de Girona va esdevenir ciutat cardioprotegida el juny del 2011 quan es va desplegar el programa "Girona, territori cardioprotegit".

Una ciutat obté el certificat de cardioprotegida si:

- Disposa de desfibril·ladors homologats amb marcatge CE.
- Disposa d'un programa de manteniment integral dels desfibril·ladors.
- Els desfibril·ladors estan ubicats en vitrines homologades i amb cartelleria oficial ILCOR (International Liaison Committee on Resuscitation).
- Disposa de persones formades per a la seva utilització i a més ofereix cursos homologats en suport vital bàsic i ús de DEA segons normativa de la comunitat autònoma.
- Compleix amb la normativa vigent de la seva comunitat autònoma.

El programa "Girona, territori cardioprotegit" s'iniciava a la ciutat i es feia extensiu a tota la província través de DipSalut, organisme de Salut pública de les comarques de Girona que forma part de la Diputació de Girona.

En el marc d'aquest programa es pretenia implantar una xarxa de fins a 650 desfibril·ladors d'ús públic als municipis de la demarcació. Cada municipi en disposaria de com a mínim un. Des de l'inici del programa fins ara s'ha anat evolucionant i en aquest moment, ja s'han instal·lat 503 desfibril·ladors fixos, 170 de mòbils i 47 de lliures.

Els anomenats desfibril·ladors fixos estan protegits per una caixa situada dins una columna que està connectada amb el Sistema d'Emergències Mèdiques (SEM). El SEM rep una alerta automàtica quan algú agafa el desfibril·lador per tal de poder enviar una ambulància al lloc dels fets. També s'avisava el proveïdor del servei per tal que pugui substituir ràpidament el DEA que s'ha utilitzat.

Els dispositius mòbils estan ubicats en vehicles de la Policia Municipal o de Protecció Civil. Els desfibril·ladors lliures serveixen per cardioprotegir esdeveniments puntuals i activitats de temporada. A banda de cedir gratuïtament els desfibril·ladors i instal·lar-los, Dipsalut es responsabilitza de la seva gestió integral. S'encarrega doncs, del control, la vigilància, la informació i el manteniment de la xarxa de desfibril·ladors. El manteniment inclou: revisions anuals, neteja interior i exterior de la cabina, resolució de les incidències, substitució de desfibril·ladors utilitzats o avariats i canvi de bateries i d'elèctrodes sempre que calgui i en un termini màxim de 24 hores.

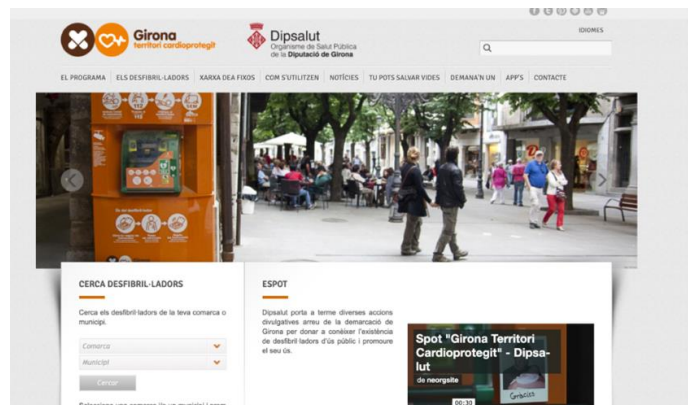


Figura 6. Web del DipSalut d'accés al programa Girona territori cardioprotegit (GCP, 2019)

Paral·lelament, Dipsalut facilita formació sobre la utilització idònia dels aparells i promou accions arreu de la demarcació per donar a conèixer el “Girona, territori cardioprotegit” la ubicació concreta dels aparells i com cal fer-los servir en cas d'urgència (vegeu Figura 6).

Els resultats del “Girona, territori cardioprotegit” es van recollir i avaluar per tal de poder extreure'n conclusions i introduir millores al programa. Està previst recollir dades durant 10 anys en el marc de l'estudi “Girona, Vital”, endegat per la Facultat de Medicina de la Universitat de Girona (GV, 2019).

2.6 Paràmetres a considerar en la col·locació dels DEA

La legislació actual obliga a tenir DEA en determinades àrees públiques, en particular en les que està previst que hi hagi acumulacions de gent (estacions de tren, aeroports, centres comercials, etc.) o en zones en les que hi ha una alta activitat (pavellons poliesportius, piscines, etc.). A més d'aquestes zones ja fixades per llei, en la majoria de ciutats s'apliquen polítiques de distribució de DEA en altres zones que es poden considerar de risc. Donat que el nombre de DEA que es poden posar només està limitat per temes pressupostaris, determinar quines són les millors ubicacions per aquests dispositius pot resultar complicat.

Tant l'*American Heart Association* (AHA, 2019) com l'*European Resuscitation Council* (ERC, 2019) han definit programes per donar indicacions que poden ajudar a determinar aquestes ubicacions.

Els principals factors a tenir en compte en el moment de determinar la posició d'un DEA són els que es mostren en la Figura 7 i es descriuen a continuació:

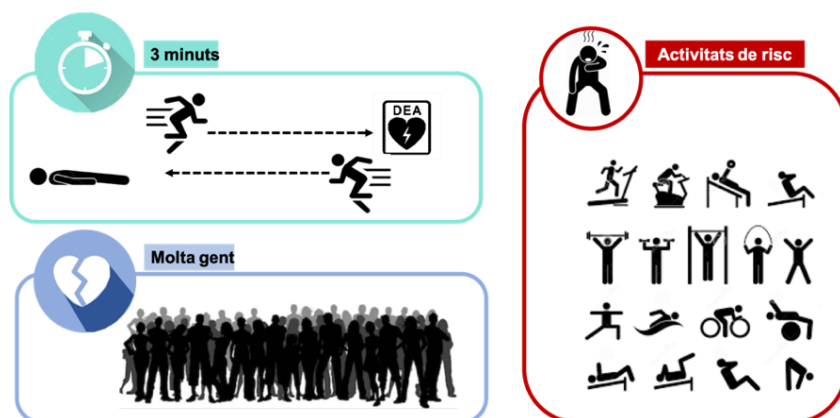


Figura 7. Factors per posicionament DEA

- **Temps de resposta.** Es considera que el temps de resposta des de l'inici de l'emergència fins a l'arribada d'un DEA ha de ser com a màxim de tres minuts. L'*American Heart Association* assenyalava que per a cada minut més que tardi la desfibril·lació, la possibilitat de supervivència de la víctima disminueix al voltant del 10%. Es considera que la desfibril·lació fins a tres minuts després d'una aturada cardíaca sobtada augmenta les possibilitats de supervivència fins al 70%. Si s'actua en un minut, les possibilitats de supervivència augmenten fins al 90%. Per tant, la supervivència és inversament proporcional al temps de desfibril·lació (vegeu Figura 8).

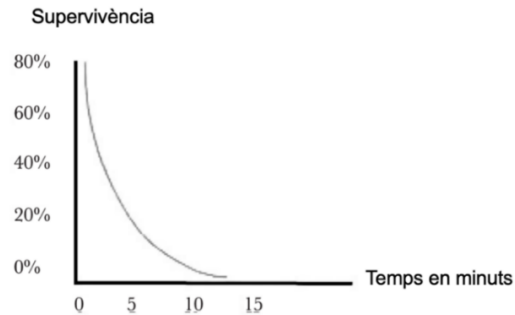


Figura 8. Relació entre supervivència i temps fins a la realització de la desfibril·lació

- **Nombre de persones.** Les zones en les que està prevista una alta afluència de persones ja siguin empleats, visitants, convidats, etc., també requereixen de la col·locació de DEA. Tot i que no hi ha dades exactes que ho certifiquin es preveu que hi hagi una correlació entre zones d'alt volum de persones i possibilitats de patir una aturada cardíaca. Com més gent hi ha en un determinat lloc, major risc de que algú pateixi una aturada cardíaca.
- **Activitat de risc.** També es preveu que els individus en àrees amb activitats d'alt risc tenen més probabilitats de patir una aturada cardíaca. Entre aquestes zones es consideren, per exemple, les zones esportives.

A més d'aquests paràmetres, hi ha estudis que també consideren la taxa d'incidència d'aturades com un factor important a tenir en compte. Per aquesta raó es considera fonamental portar un registre de tots els llocs en els que s'ha produït una emergència ja que poden servir per determinar on cal col·locar nous DEA. Relacionat amb aquesta adquisició de dades, el 1990, en una reunió multidisciplinària internacional celebrada a l'abadia d'Utstein, Noruega, es va proposar la creació del Registre Utstein (Samantha J. McDonnell, 2017). L'objectiu era consensuar termes i definicions relacionades amb l'aturada cardíaca i portar un control de totes les emergències a nivell internacional. Recollir aquesta informació donaria lloc a una millor comprensió de l'epidemiologia de l'aturada cardíaca, permetent comparar els enfoccs que donaven els diferents països en el tractament de les aturades cardíques. D'aquesta manera es podria avançar de forma coordinada en el seu tractament.

Actualment, la majoria de regions disposen de registres de recollida de dades que analitzen la informació de les diferents emergències que s'han produït i de l'evolució dels pacients. Molts d'aquests registres segueixen el format Utstein.

A Catalunya, el Servei d'Emergències Mèdiques (SEM, 2019) és el responsable de l'assistència a les aturades cardíques extrahospitalàries. El SEM és el responsable d'enregistrar de forma reglada les actuacions dutes a terme durant la ressuscitació i registrar-la a l'Utstein. A més de l'emergència també s'enregistren variables del resultat prehospitalari, com la recuperació de circulació espontània, que indica el percentatge de pacients que en algun moment de l'intent de ressuscitació han recuperat el pols.

El SEM també està treballant en col·laboració amb els sistemes d'emergències prehospitalàries de la resta de l'Estat espanyol per tal de consensuar les variables que permetin la comparació entre els diversos territoris.

2.7 Tècniques de desplegament de DEA

Tot i que els paràmetres a tenir en compte estan clars, determinar en base a aquests paràmetres on cal col·locar els DEA en una ciutat no és un problema ben resolt. De fet en aquesta darrera dècada s'ha convertit en un tema de recerca associat als mètodes de distribució de recursos en les ciutats. A diferència d'altres problemes tractats, en aquest cas, el principal problema és que l'avaluació de les estratègies usades són difícils de valorar. L'èxit en l'ús del DEA no depèn només d'on està col·locat sinó també de que hi hagi alguna persona que el faci servir. Per aquesta raó, saber si una estratègia funciona o no, resulta difícil (Ahmadi-Javid, 2017).

3 Estudi de la distribució dels DEA de la ciutat de Girona

En aquest apartat analitzarem la distribució dels DEA de la ciutat de Girona. Ens interessa veure si la distribució actual es pot considerar òptima i en el cas de que no ho sigui, volem detectar quines són les seves mancances.

Avaluarem la xarxa de DEA de la ciutat considerant el temps de resposta mínim per actuar davant d'una emergència, el nombre de persones que hi ha en una determinada regió i les possibles situacions de risc. Com es mostra en la Figura 9 farem tres estudis diferents.

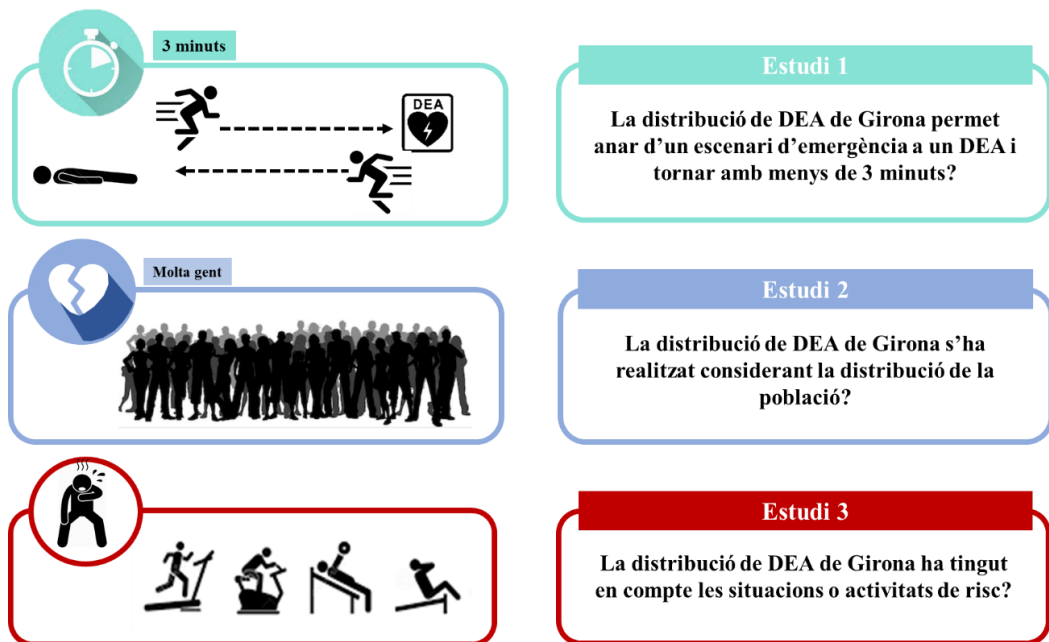


Figura 9. Estudis a realitzar

3.1 Mapa de desfibril·ladors de Girona

Per poder iniciar el nostre estudi en primer lloc ens cal obtenir les posicions dels DEA de la ciutat. Aquesta informació l'hem obtingut a partir de la web de la Unitat Municipal d'Anàlisi Territorial (UMAT) (vegeu Figura 10).



Figura 10. Web UMAT (UMAT, 2019)

Aquesta unitat gestiona des de l'any 1995 el Sistema d'Informació Territorial de l'Ajuntament de Girona, en tres àmbits:

- El primer és el Servei Municipal de Cartografia Geodèsia amb informació de base topogràfica, ortoimatges i models 3D.
- El segon és la gestió del sistema d'informació territorial que proporciona informació de referència territorial i àrees municipals.
- El tercer és la cartografia administrativa que permet obtenir informació d'anàlisi territorial, estudis de població i habitatge. La darrera actualització de dades és del 1 de gener del 2018.

A la web es pot trobar un mapa amb la distribució actual dels desfibril·ladors de la ciutat de Girona. A més a més, es troba una opció per descarregar un arxiu .GPX que conté les posicions en coordenades GPS dels DEA. El .GPX és el format estàndard utilitzat per l'intercanvi i emmagatzemament d'informació de mapes en dispositius GPS, telèfons i ordinadors.

A partir d'aquesta informació s'obté el mapa de la Figura 11 on es mostra la distribució actual de tots els DEA. Els de color verd representen els DEA que estan al carrer i els taronges els que estan en recintes tancats i per tant no sempre accessibles.

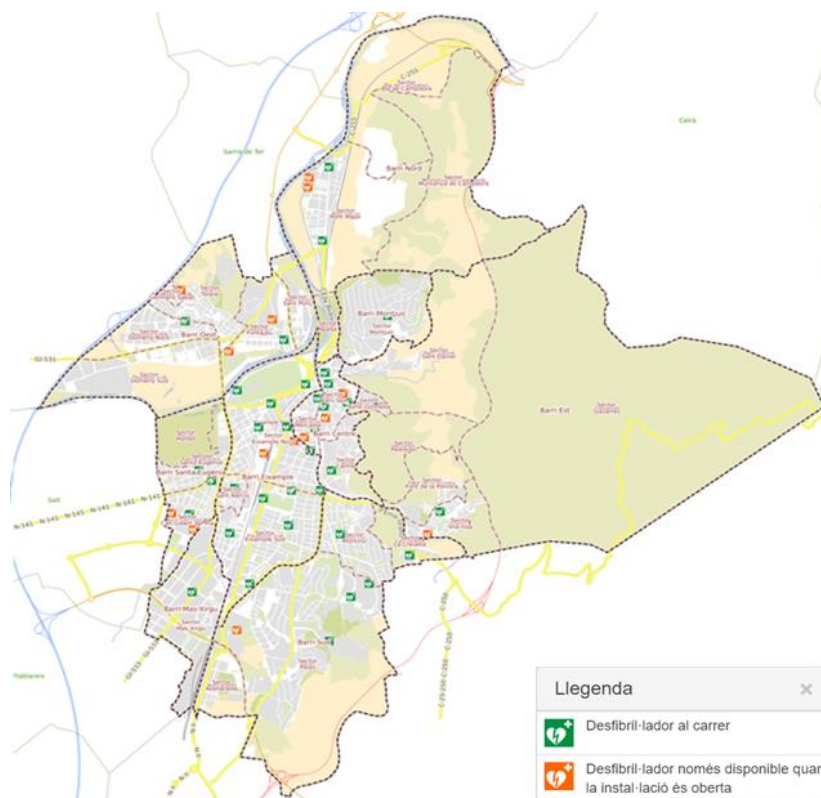


Figura 11. Mapa dels DEA de la ciutat de Girona (imatge de <http://terra.girona.cat/vu/desfibriladors/#>)

3.2 ESTUDI 1. Distribució en funció del temps de resposta

Idealment, el temps de resposta entre la caiguda de la víctima i la primera descàrrega del desfibril·lador ha de ser com a màxim de tres minuts. Tenint en compte aquesta restricció de temps, ens interessa saber quina distància es pot recórrer en un minut i mig des d'un desfibril·lador concret, ja que partint de la posició de la víctima hem de tenir temps d'anar a buscar el desfibril·lador i tornar. Totes les víctimes que quedin dins d'aquest radi d'acció tindran més possibilitats de sobreviure. Per realitzar l'estudi caldrà tenir en compte la velocitat a la que la persona anirà a buscar el DEA. Aquest paràmetre no és fix ja que depèn de la l'edat de la persona o de la preparació física, entre d'altres. Per tant, haurem de tenir en compte diferents situacions. Començarem l'estudi introduint els conceptes que ens serviran de base per realitzar-lo.

3.2.1 Definició de conceptes

Per estudiar la relació entre el temps de resposta i la distribució dels DEA introduïrem els següents conceptes.

- **Àrea de cobertura d'un DEA** és la regió de l'espai que conté tots els punts que tenen un determinat DEA com a més proper.
- **Àrea real de cobertura d'un DEA** és l'àrea que conté tots els punts tals que la distància entre el punt i el DEA es pot recórrer com a màxim en 1,5 minuts, és a dir podem anar de la posició indicada al DEA i tornar amb un temps no superior a 3 minuts.
- **Nivell de cobertura d'un DEA** és la relació que hi ha entre l'àrea de cobertura i l'àrea real de cobertura.

En els següents apartats veurem per cada un d'aquests conceptes com podem calcular-lo i proposarem una estratègia que ens permeti fer aquest càlcul de la forma més automàtica possible.

3.2.2 Càlcul de l'àrea de cobertura d'un DEA

En la Figura 12 es mostra l'àrea de cobertura d'un DEA com la regió continguda en el perímetre dibuixat al voltant del DEA. Analitzant bibliografia veiem que l'àrea de cobertura del DEA es pot obtenir a partir d'un diagrama de Voronoi prenent com a punts de referència les ubicacions dels DEA (vegeu Figura 12 i Figura 13) (de Berg, 2008). Abans d'analitzar aquest diagrama sobre la ciutat de

Girona es presentarà una breu introducció d'aquests diagrames que representen una de les estructures més importants de la Geometria Computacional.

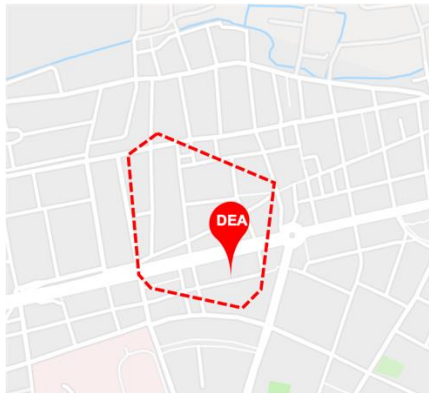


Figura 12. Àrea de cobertura d'un DEA

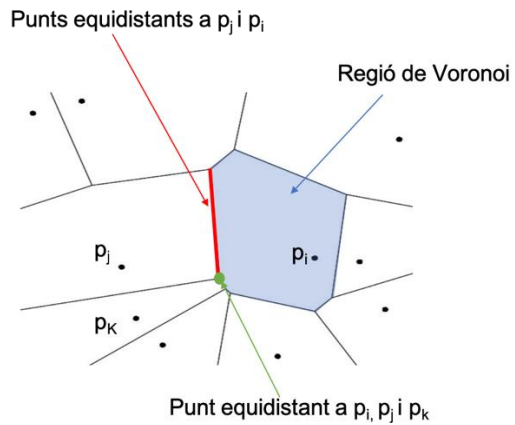


Figura 13. Regió de Voronoi

3.2.2.1 Diagrama de Voronoi

Un diagrama de Voronoi codifica la informació de proximitat que hi ha entre elements.

Donat un conjunt de punts, anomenats seus, $\{p_1, \dots, p_n\}$ definits en el pla o en qualsevol altre espai, anomenarem diagrama de Voronoi a la subdivisió del pla en subregions tals que la regió i conté el conjunt de punts que són més propers a p_i que a qualsevol altra seu. És a dir, la regió de Voronoi p_i es defineix com

$$V(p_i) = \{q \mid \|p_i q\| < \|p_j q\|, \forall j \neq i\} \quad (1)$$

on $\|p_i q\|$ denota la distància euclidiana entre els punts p_i i q .

Tot i que el diagrama de Voronoi es pot definir sobre qualsevol espai i qualsevol mètrica, nosaltres ens centrarem en el pla i en la distància euclidiana.

Donat un diagrama de Voronoi es compleixen les següents propietats:

- El conjunt de punts equidistants de dues seus és una línia recta
- El conjunt de punts equidistants de tres o més seus és un punt
- Les components connexes del complementari del conjunt de punts que equidisten de dos o més p_i són les regions buscades.

Fixat un punt p_i , considerem per a cada p_j , amb $j \neq i$ la recta r_j formada pels punts que equidisten de p_i i p_j . La recta r_j divideix el pla en dos semiplans, en un dels quals està p_i . A aquest semiplà l'anomenarem π_j .

La regió de Voronoi $V(p_i)$ és la regió del diagrama de Voronoi que conté a p_i que s'obté a partir de la intersecció de tots els semiplans π_j . És a dir:

$$V(p_i) = \cap \pi_j \quad (2)$$

Donat que tots els semiplans són convexos (és a dir si prenem dos punts del semiplà el segment que els uneix també pertany la semiplà) i la intersecció de convexos és convexa, podem assegurar que cada regió del diagrama de Voronoi és convexa.

3.2.2.2 Estratègia per calcular l'àrea de cobertura dels DEA d'un territori

Vistes les propietats dels diagrames de Voronoi, per calcular el mapa de cobertura dels DEA d'una ciutat o de qualsevol territori cal aplicar els passos següents:

1. Obtenció de les coordenades GPS dels DEA
2. Representació gràfica de les coordenades sobre el mapa de la ciutat o territori seleccionat
 - a. Definició de les coordenades GPS
 - b. Càrrega del mapa del territori aplicant el mateix sistema de referència que en (a)
 - c. Construcció del diagrama de Voronoi prenent com a seus les coordenades definides en (a)
3. Visualització del mapa amb el diagrama sobreposat

Per poder aplicar aquests passos de forma automàtica he estudiat diferents entorns de treball i s'ha vist que dos d'ells ens poden donar suport. El primer és el Matlab i el segon el QGIS. El Matlab (**M**atrix **l**aboratory) és un entorn de càlcul numèric i un llenguatge de programació creat per la companyia MathWorks (Matlab, 2019). El QGIS és un Sistema d'Informació Geogràfica (SIG) de codi obert llicenciat sota GNU – General Public License. Consisteix en un projecte oficial d'Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) que permet visualitzar, gestionar, editar i analitzar dades, i dissenyar mapes imprimibles (QGIS, 2019).

He implementat les estratègies per obtenir els mapes de Voronoi que representen les àrees de cobertura dels DEA en els dos entorns per poder aprofitar les funcionalitats de l'un i de l'altre en funció del que es vulgui analitzar.

En l'Annex A es presenta el codi de Matlab implementat.

3.2.3 Càlcul de l'àrea real de cobertura d'un DEA

Si bé l'àrea de cobertura d'un DEA la podem calcular de forma exacta, el càlcul de l'àrea real de cobertura s'ha de fer de forma aproximada ja que dependrà del temps, de la velocitat a la que pot córrer el rescatador i de la forma en la que es calculi la distància entre les posicions del mapa.

Per aproximar l'àrea real de cobertura definirem una circumferència centrada en el DEA i fixarem diferents valors de radi per representar les diferents velocitats a les que pot córrer el rescatador. En particular hem agafat com a valors de radi 200, 250 i 300 metres.

Per fixar aquests valors hem tingut en compte que:

- El temps ideal per aplicar la desfibril·lació hauria de ser com a màxim de 3 minuts (180 segons), 90 segons per anar a buscar el DEA i 90 per tornar.
- En una emergència real el rescatador perdrà uns segons examinant la víctima, uns altres treien el DEA de la columna i uns altres descobrint el tòrax i col·locant els elèctrodes. Tenint en compte tots aquests instants li quedaran realment entre 80 i 120 segons per fer el recorregut.
- La velocitat mitjana a la que corre una persona és de 10km/h, corrent en esprint pot arribar fins els 25-35km/h i per sobre dels 150-200 metres la velocitat mitjana és menor, tot i que la velocitat màxima a la que s'arriba durant el recorregut és similar a la que pot esprintar. Podem considerar com a velocitats representatives 10km/h, 20km/h i 25km/h. Si tenim en compte les restriccions de temps anteriors en la Taula 1 podem veure els metres que es poden recórrer en cada cas.

		Temps (segons)	
		40	60
Velocitat (km/h)	10	125	167
	20	250	333
	25	313	417

Taula 1. Distàncies amb metres que es recorren en funció del temps i velocitat

Prenem com a valors de referència 250 i 333 metres. Aquests valors no es poden assignar directament als radis de les circumferències que representen les àrees reals de cobertura ja que per calcular la distància entre una posició i el DEA hem de tenir en compte que:

- El rescatador ha d'accedir al DEA seguint els diferents carrers de la ciutat (vegeu Figura 15 (a)). Per determinar la distància recorreguda es podria considerar la distància de Manhattan. La distància de Manhattan entre dos punts es calcula com la longitud de qualsevol camí que els uneixi mitjançant segments verticals i horitzontals que tots mesuren el mateix. Quan es tracta de dissenyar rutes de recorregut mínim en ciutats, té més sentit usar aquesta distància que l'Euclidiana que simplifica considerant una línia recta entre els dos punts fet que implica que estem travessant edificis. Per poder aplicar la distància de Manhattan cal que el mapa de la ciutat segueixi una distribució totalment regular i en forma de quadrícula, com és el cas del barri de Manhattan (vegeu Figura 14(a)).
- La ciutat de Girona no segueix la distribució de Manhattan (vegeu Figura 14(b)) i simplifiquem utilitzant la distància Euclidiana (vegeu Figura 15 (b)).

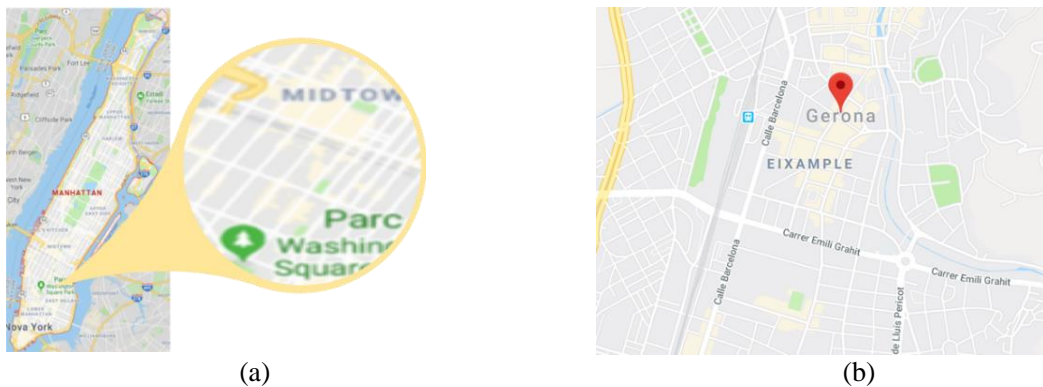


Figura 14 Configuració de carrers de Manhattan (a) i de Girona (b)

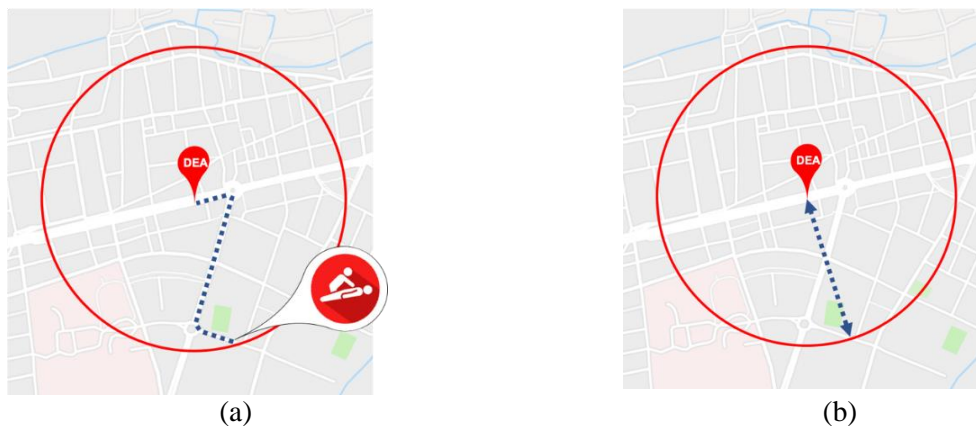


Figura 15. (a) Distància real a recórrer per accedir a DEA i (b) simplificació de la distància a partir del radi

Per tant, els radis que hem de considerar han de ser inferiors als 250 i 333 metres. Per facilitar els càlculs hem transformat els 250 i 333 metres en tres radis, el de 200, 250 i 300 metres.

3.2.3.1 Estratègia per calcular l'àrea real de cobertura dels DEA d'un territori

Per calcular el mapa de cobertura real dels DEA d'una ciutat o de qualsevol territori cal aplicar els passos següents:

1. Obtenció de les coordenades GPS dels DEA
2. Representació gràfica de les coordenades sobre el mapa o territori seleccionat
 - a. Definició de les coordenades GPS
 - b. Càrrega del mapa del territori aplicant el mateix sistema de referència que en (a)
3. Per cada una de les coordenades GPS dels DEA
 - a. Definir una circumferència de radi r on r representa la distància que es pot recórrer a una velocitat v .
 - b. Visualitzar la circumferència

Per poder aplicar aquests passos de forma automàtica es treballarà amb el Matlab. En l'Annex A es presenta el codi implementat.

3.2.4 Nivell de cobertura d'un DEA

Idealment el nivell de cobertura d'un DEA s'hauria de calcular a partir de l'equació

$$\frac{|Cobertura\ DEA - Cobertura\ real\ DEA|}{Cobertura\ DEA} \quad (3)$$

Aquest càlcul seria vàlid si l'àrea de cobertura real del DEA estigués inclosa 100% en una única regió de Voronoi (vegeu Figura 16). Aquest cas ideal no té perquè donar-se i ens podem trobar que hi hagi interseccions entre diferents àrees reals de cobertura. Aquest fet dificulta el càlcul exacte i per aquesta raó he decidit simplificar-lo a una classificació en 4 nivells tal i com es mostra en la Taula 2.

Classificació	Nivell cobertura	Nivell de cardioprotecció
A	[75%,100%]	Alt
B	[50%,75%)	Millorable
C	[25%,50%)	Baix
D	[0%,25%)	Pèssim

Taula 2. Classificació de les regions en funció del nivell de cobertura



Figura 16. Possibles patrons de relació àrea de cobertura i àrea real de cobertura del DEA i classificació segons nivells

3.3 Resultats ESTUDI 1

En aquest apartat presentem els resultats d'aplicar els mètodes descrits en els apartats anteriors sobre la ciutat de Girona. En primer lloc, presentarem l'estudi de les àrees de cobertura considerant tota la ciutat i també la ciutat per barris. En segon lloc, presentarem l'estudi de les àrees reals de cobertura considerant circumferències de radis de 200, 250 i 300 metres. En tercer lloc, analitzarem el nivell de cobertura dels DEA .

3.3.1 Àrees de cobertura a nivell global

La Figura 17 mostra els diagrames de Voronoi, que representen les àrees de cobertura, construïts considerant els DEA exteriors, els que estan sempre accessibles, i tots els DEA. En el primer cas, Figura 17 (a) i (b), tenim 36 regions de Voronoi i a la Figura 17 (c) i (d) tenim 51 regions.

Per poder veure millor l'impacte de considerar tots els DEA i no només els accessibles 24 hores, en la Figura 17 (b) i (d) de la imatge hem ressaltat les regions que es veuen afectades. Podem veure que queden afectades 13 regions. Essent la zona del centre de Girona la que passa a tenir una millor cobertura. Aquest fenomen el podem veure amb més detall en el següent apartat en el que es consideren els diagrames a nivell de barris de Girona.

D'aquestes primeres imatges el que podem veure és que ni la forma ni la mida de les regions és uniforme (vegeu Annex B). No es segueix cap distribució regular, fet que ja ens permet veure que les característiques de cada zona seran diferents ja que no tenen una mateixa àrea de cobertura. Aquesta informació però, no és massa rellevant ja que si analitzem en detall les diferents zones veiem que la superfície neta, és a dir, la superfície que està construïda, també varia en funció de les regions. Per tant, podem dir que només serien comparables regions que la superfície neta construïda sigui del 100% o que tingui un mateix valor respecte l'àrea total. En la Figura 18 s'ha remarcat les que tenen una àrea neta del 100%. Podem observar que no hi ha cap relació entre elles. Els mateixos resultats s'obtenen quan considerem tots els DEA i només els que estan accessibles 24 hores.

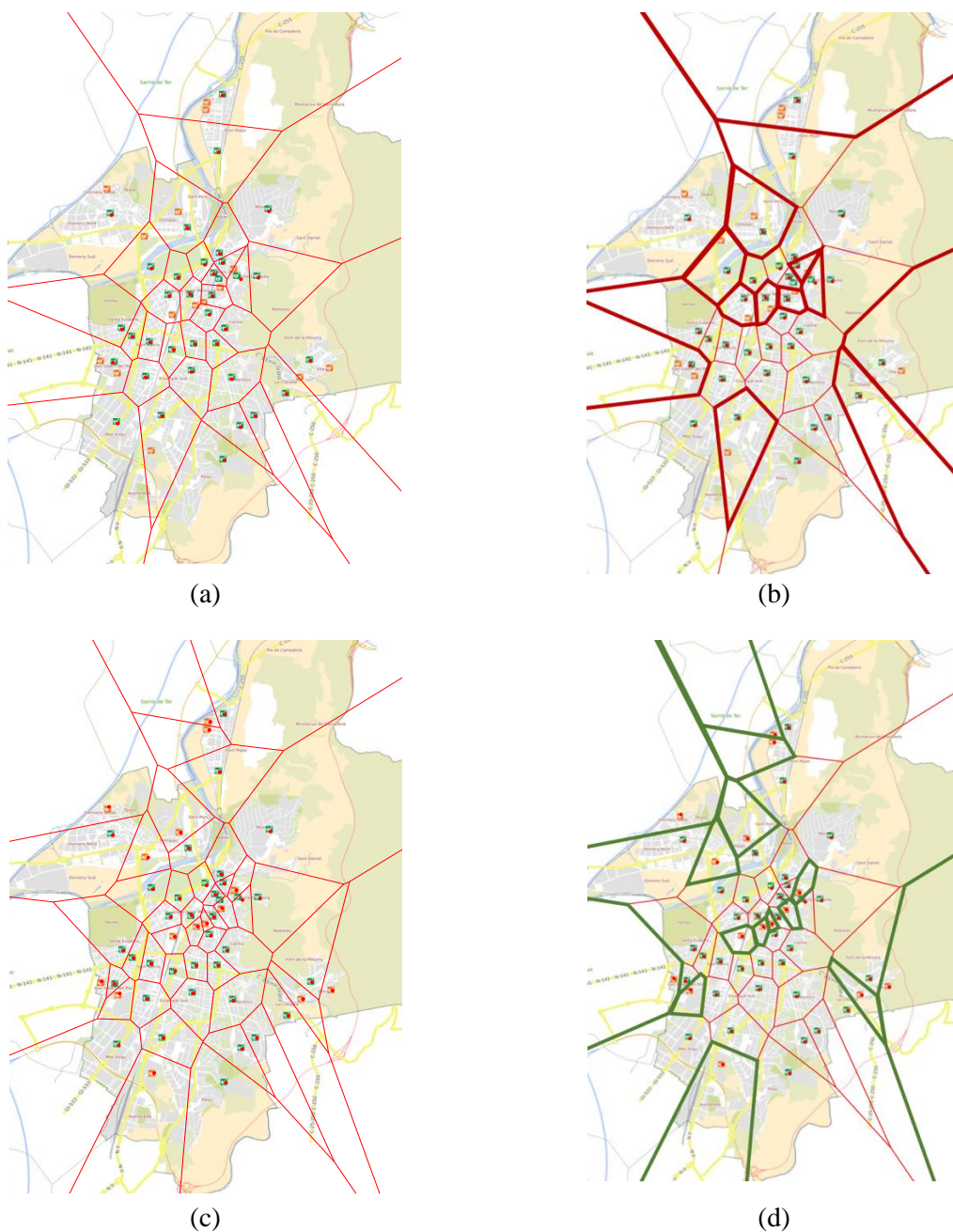


Figura 17. Diagrames de Voronoi considerant: DEA exteriors (a) i (b) i tots els DEA (c) i (d). En els mapes (b) i (d) s'han remarcat les zones que es veuen afectades pel fet de considerar un tipus de DEA o els dos.

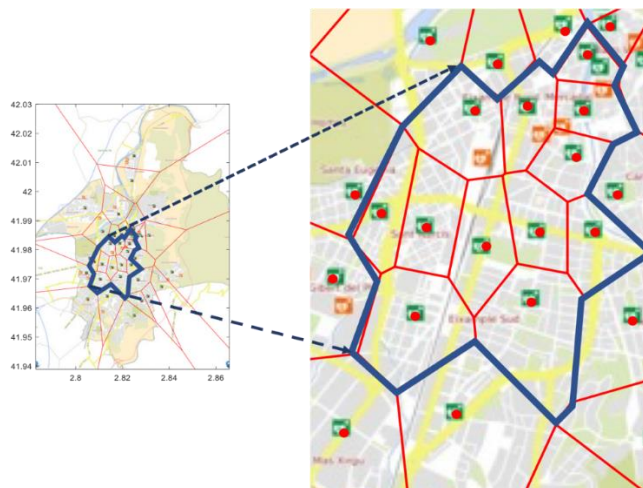


Figura 18. Ampliació de les àrees de cobertura en les que la superfície neta és del 100%

3.3.2 Àrees de cobertura per barris

En la Figura 19 es mostren els nou barris de Girona on es realitzarà l'estudi anterior per cada zona. Per tant, s'han adaptat les dades per cada barri, tenint en compte els DEA que estan sempre accessibles i tots els DEA. Els resultats es mostren en les Figura 20 i Figura 21. En aquestes imatges podem observar que no hi ha una distribució uniforme en els barris. Si ens fixem en les regions amb àrea neta del 100% podem veure que tampoc hi ha cap relació en la distribució dels DEA.

Per tant, igual que en l'apartat anterior no podrem treure conclusions d'aquesta part de l'estudi ja que no tenim prou informació. Es considera que cal tenir en compte altres paràmetres per poder valorar-ho.

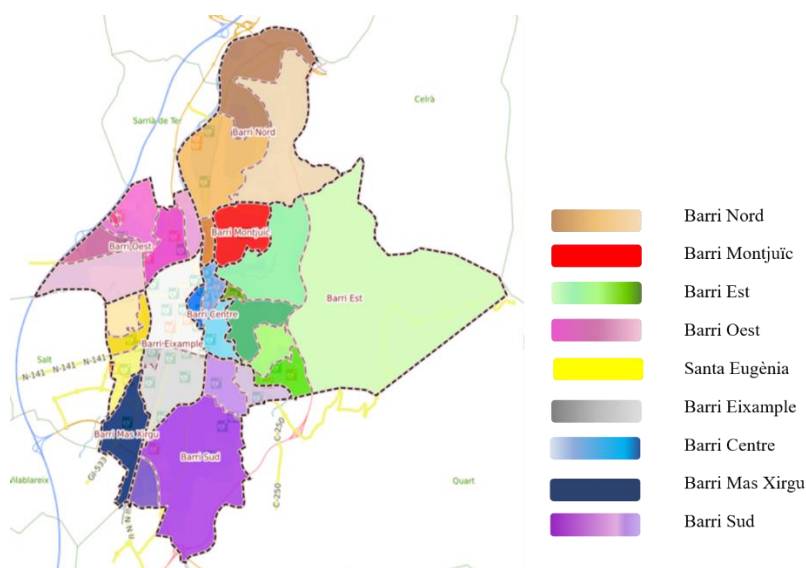


Figura 19. Barris de la ciutat de Girona

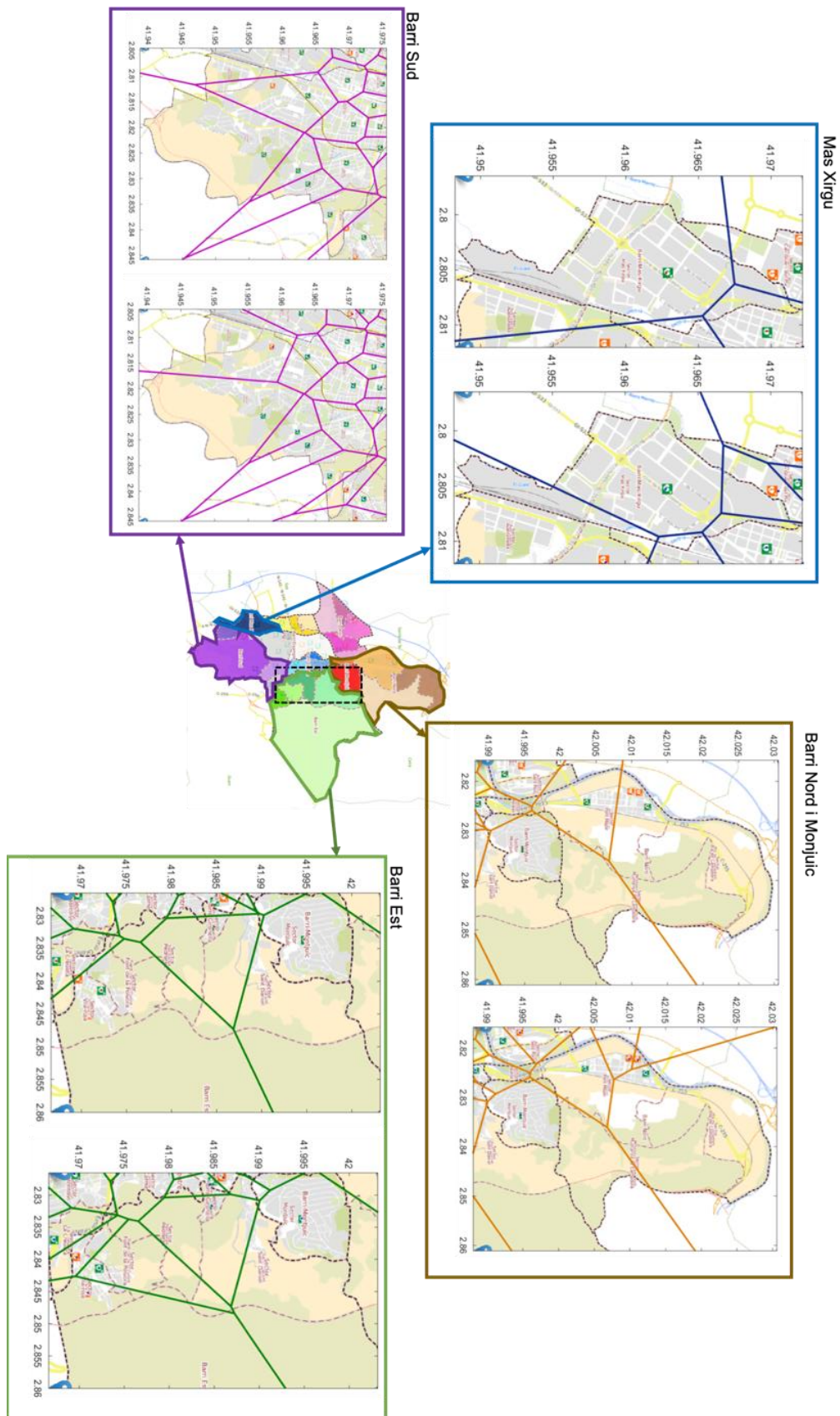


Figura 20. Regions de Voronoi segons la distribució de DEA exteriors i tots els DEA pels barris Mas Xirgu, Nord i Montjuïc, Sud i Est de Girona

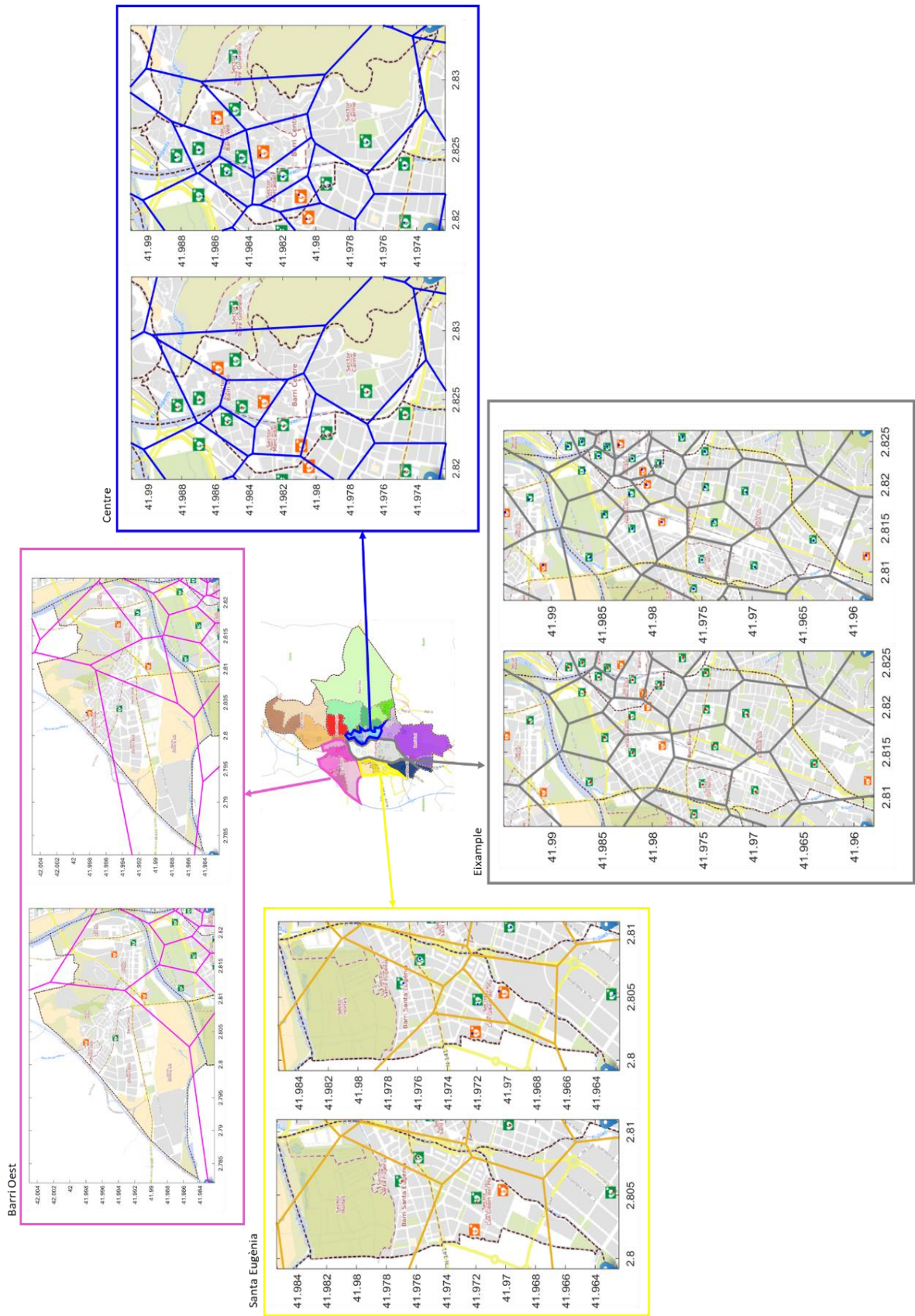


Figura 21.Regions de Voronoi dels barris Oest, Santa Eugènia, Eixample i Centre

3.3.3 Àrees de cobertura reals dels DEA

A les Figura 22, Figura 23 i Figura 24 es mostren l'àrea real que queda coberta per cada DEA, amb un radi de 200, 250 i 300 metres, respectivament. Per cada figura, podem trobar una primera imatge on només es tenen en compte els desfibril·ladors exteriors i en la segona imatge on es tenen tots en compte.

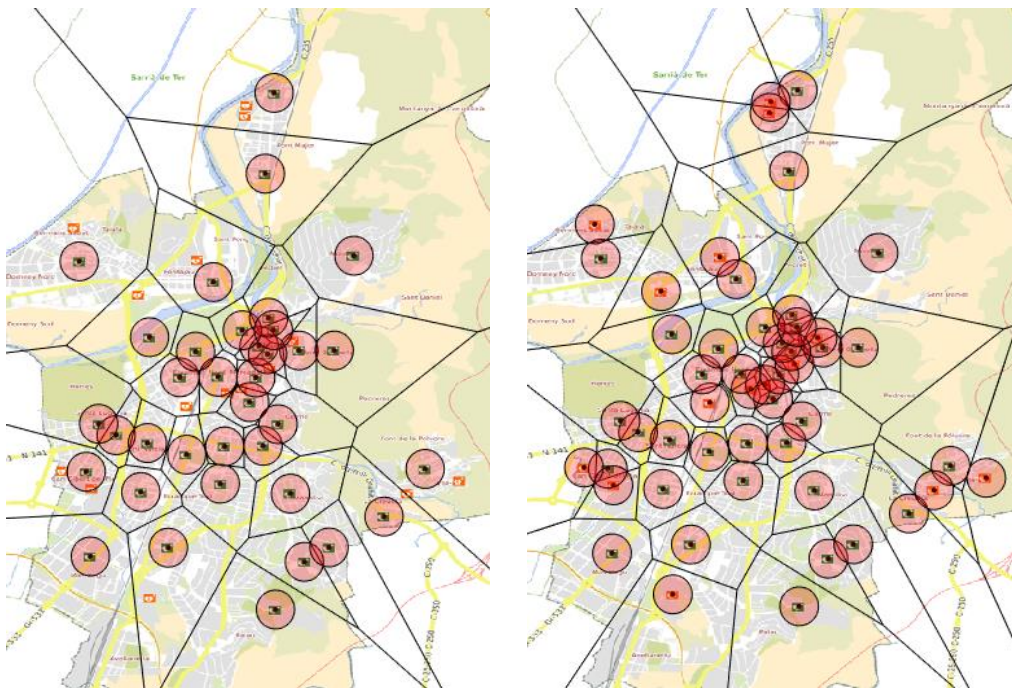


Figura 22. Àrea real de cobertura considerant circumferències de radi 200 metres

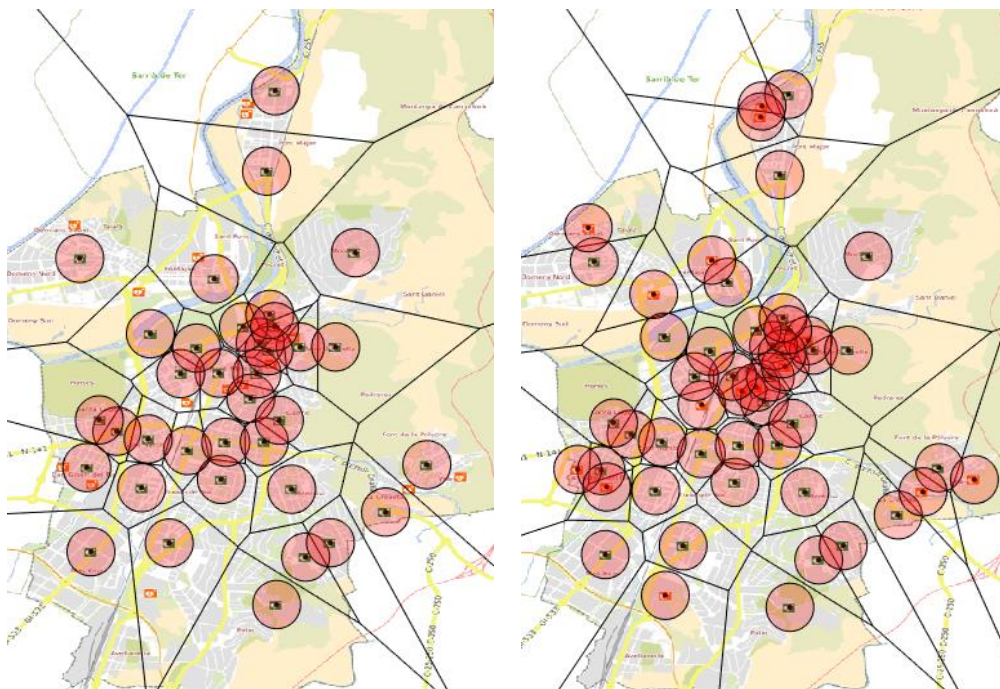


Figura 23. Àrea real de cobertura considerant circumferències de radi 250 metres

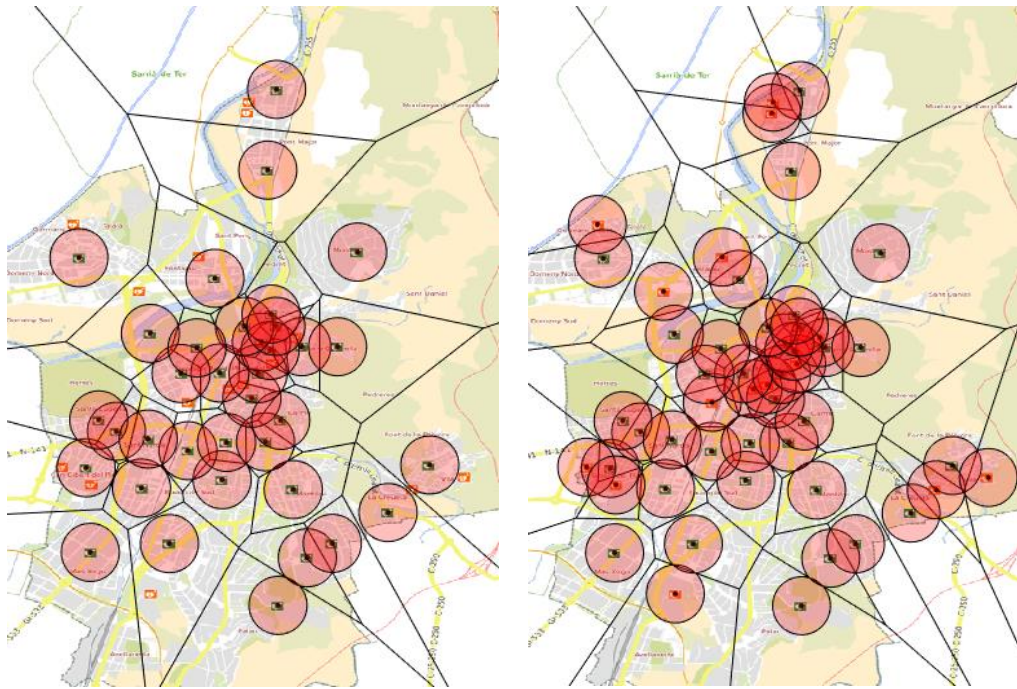


Figura 24. Àrea real de cobertura considerant circumferències de radi 300 metres

Amb els resultats obtinguts de les àrees de cobertura ja s'intuïa que algunes de les regions no quedarien totalment cobertes ja que veiem que les formes i les mides eren molt irregulars. En aquesta part de l'estudi ho podem confirmar. Independentment del radi de cobertura considerat podem veure que hi ha tres patrons diferents de comportament.

Com es mostra en la Figura 25, en la que s'ha considerat el radi de cobertura de 200 metres, hi ha una zona central de la ciutat en la que les àrees de cobertura entre dos o més DEA es sobreposen, és a dir són zones que quedem més que cobertes. Hi ha una segona zona en la part inferior del centre en la que l'àrea real de cobertura cobreix més de la meitat de l'àrea de cobertura del DEA, podem dir que són zones parcialment cobertes. Finalment hi ha la zona que queda fora de les dues anteriors en les que la diferència entre àrea de cobertura i àrea real de cobertura és molt gran. Podem considerar zones en el que el nivell de cardioprotecció és molt baix.

Si augmentem el radi de cobertura els resultats que s'obtenen són millors ja que la zona de cobertura va augmentant. A més a més, si tenim en compte tots els DEA veurem que aquesta zona es redueix encara més. Tot i això, les zones que estan molt desprotegides hi segueixen estant. Per tant, considerar tots els DEA només ens millora zones que a priori no són les pitjors de la ciutat.

Si tinguéssim en compte la situació per barris podem veure que la zona del Centre i de l'Eixample són les que queden millor cobertes. D'altra banda, la zona del barri Sud és la que té pitjor cobertura.

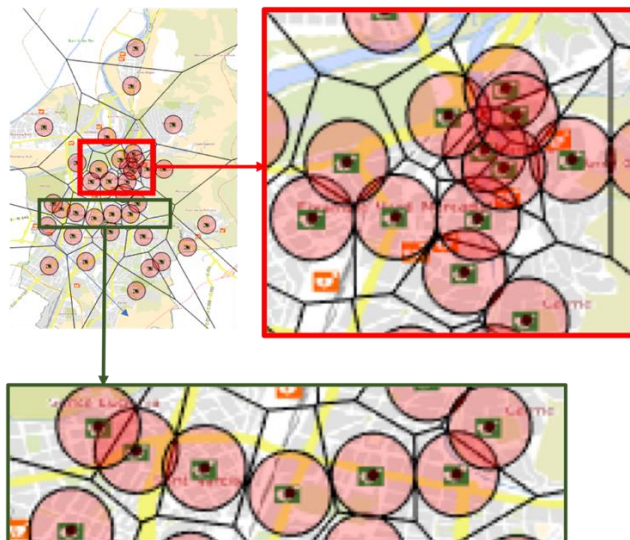


Figura 25. Patrons de cobertura en funció de les interseccions entre àrea de cobertura i àrea real de cobertura

3.3.4 Nivell de cobertura dels DEA

A la Taula 3 es mostra un resum dels nivells de cobertura associats per cada DEA exterior tenint en compte els radis de 200, 250 i 300 metres. L'assignació del nivell a una zona l'hem fet analitzant el mapa de la ciutat (vegeu Figura 22, Figura 23 i Figura 24) i considerant només les zones edificades de cada àrea.

Id	Ubicació	200 m	250 m	300 m
2	Escola Bressol Garbí	D	D	C
3	Camp Futbol Torres de Palau	D	D	D
4	UdG Facultat de Ciències	C	B	B
5	Parc Científic i Tecnològic UdG	B	A	A
6	UdG Escola Politècnica Superior P2	B	A	A
7	Mossos d'Esquadra Trànsit	D	D	C
8	Pl. Empúries. Costat MIFAS	B	A	A
9	Carrer Migdia, front c. Saragossa	C	B	B
10	Escola Bressol l'Olivera	C	B	B
11	Piscina Municipal Can Gibert	B	A	A
14	Pavelló Vilaroja	B	A	A
17	Entrada oest Parc del Migdia	B	A	A
18	Biblioteca i centre d'art	B	A	A
19	UdG Facultat de Medicina i Infermeria	A	A	A
20	Pavelló municipal Santa Eugènia	A	A	A
21	C. Sta. Eugènia - C Guillerries	B	A	A

22	C.C. St Narcís - Punt de lectura	B	A	A
24	Mercat Municipal	A	A	A
25	Parc Vista Alegre	B	A	A
28	Plaça Catalunya	A	A	A
30	Plaça Marquès de Camps	A	A	A
31	Plaça Miquel de Palol	B	A	A
32	UdG Facultat de Lletres	B	A	A
34	Local social Torre Gironella	B	A	A
35	Plaça Independència	A	A	A
36	Rambla de la Llibertat	A	A	A
37	Rotonda del rellotge	A	A	A
38	Oficina Municipal Habitatge	B	B	B
39	Museu d'Història	A	A	A
40	Parc de la Devesa	B	B	B
41	C. Joaquim Vayreda - C. Güell	A	A	A
42	Davant Cinemes OCINE	D	C	C
45	Escola Taialà	D	D	D
46	Local Social Montjuïc	D	C	B
47	Davant Institut Narcís Xifra	C	B	A
49	Biblioteca JM Casero	C	B	A

Taula 3. Relació dels DEA exteriors amb l'àrea de cobertura associada i la seva classificació en A, B, C i D segons nivell cardioprotecció.

En la Figura 26 es mostra la distribució dels nivells de cardioprotecció en funció dels radis de cobertura considerant només els DEA exteriors. Podem veure que en la cas de radi de 200 metres només un 28% de les zones són de nivell A, en el cas de 250 metres un 64% i en el cas de les de 300 metres un 69%. Evidentment ens interessaria que les zones de nivell A fossin el 100%.

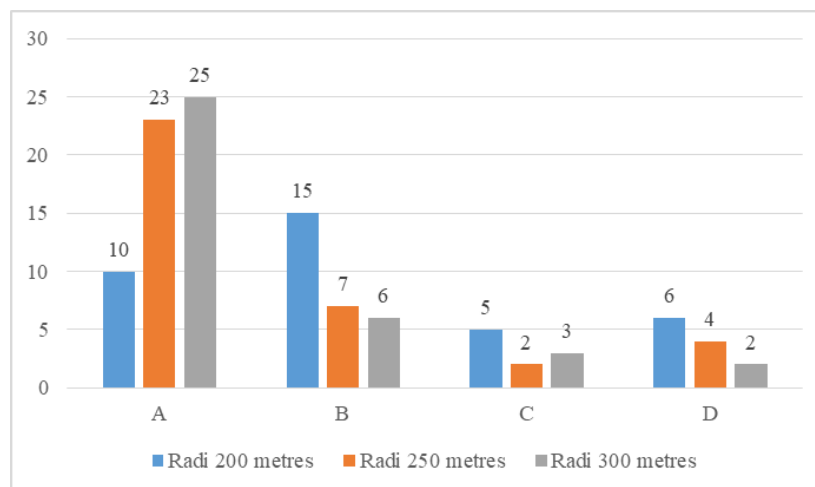


Figura 26. Nombre de zones de cada nivell de cardioprotecció en funció dels diferents radis de cobertura considerant només els DEA exteriors

3.4 Conclusions ESTUDI 1

Com a part final d'aquest primer estudi podem concloure que:

- a) No hi ha cap relació entre les àrees de cobertura dels DEA
- b) No hi ha relació entre les àrees de cobertura si comparem regions de Voronoi amb una mateixa àrea neta
- c) Els comportaments detectats en (a) i (b) no varien pel fet de considerar DEA exteriors i tots els DEA (exteriors i interiors)
- d) No hi ha cap relació entre distribució de DEA i organització per barris
- e) Quan considerem l'àrea real de cobertura del DEA podem distingir tres patrons de comportament: zones sobrecobertes en la part central de la ciutat; zones de nivell mig en la part inferior de la zona central i zones de baix nivell en tota la perifèria de la ciutat
- f) Pel que fa als nivells de cobertura hem vist que en el millor dels casos, que correspon al radi de 300 metres, un 20% de les zones no tenen una bona cobertura.

3.5 ESTUDI 2. Distribució dels DEA en funció del nombre de persones

Un altre dels aspectes a tenir en compte en el moment de col·locar un DEA és el nombre de persones que hi ha en una zona. Per avaluar la distribució en funció del nombre de persones podem tenir en compte com es distribueix la població en la ciutat. En aquest cas considerem que el lloc on la població està empadronada és el lloc on fa més vida, per tant el nombre de persones empadronades ens pot servir per determinar aquesta relació.

Hem de tenir en compte però que en una zona de la ciutat no només hi ha les persones que hi viuen sinó que també hi ha les persones que hi treballen o turistes, entre d'altres.

3.5.1 Relació entre el nombre d'habitants per DEA al barri

S'han recollit dades del Padró Municipal d'Habitants de l'Ajuntament de Girona de l'1 de gener del 2018. Aquestes es presenten de forma resumida en la Taula 4 on per columnes veiem el sector de la ciutat, el nombre i percentatge d'habitants de cada sector, el nombre de desfibril·ladors i la relació d'habitants per cada desfibril·lador. En la tercera i quarta columna es tenen en compte només els desfibril·ladors exteriors, i en les dues últimes columnes es tenen en compte tots els DEA , tant interiors

com exteriors. D'altra banda, podem veure que les dades del barri són les que estan ressaltades a les files grises i que aquestes dades es descomponen pels sectors de cada barri.

	Nombre habitants	% hab. sobre la població	Nombre DEA ext	Hab. per DEA ext	Nombre DEA	Hab. per DEA
Barri Nord	3862	3,85	2	1931	4	966
Pla de Campdorà	158	0,16	0	-	0	-
Muntanya de Campdorà	69	0,07	0	-	0	-
Pont Major	2810	2,80	2	1405	4	703
Pedret	825	0,82	0	-	0	-
Barri Oest	9379	9,32	2	4690	5	1876
Taialà	3933	3,91	0	-	1	3933
Germans Sàbat	600	0,60	0	-	0	-
Sant Ponç	747	0,74	0	-	0	-
Fontajau	2405	2,39	1	2405	3	802
Domeny Nord	1.301	1,29	1	1301	1	1301
Domeny Sud	393	0,39	0	-	0	-
Barri Montjuïc	2822	2,81	1	2822	1	2822
Montjuïc	2822	2,81	1	2822	1	2822
Barri Est	4487	4,48	2	2244	4	1122
Sant Daniel	649	0,65	0	-	0	-
Torre Gironella	378	0,38	1	378	1	378
Pedrerres	209	0,21	0	-	0	-
Font de la Pólvora	1705	1,70	0	-	0	-
Vila-roja	1533	1,53	1	1533	3	511
Gavarres	13	0,01	0	-	0	-
Barri Santa Eugènia	16808	16,72	3	5603	5	3362
Hortes	7	0,01	0	-	0	-
Santa Eugènia	9221	9,17	1	9221	1	9221
Can Gibert del Pla	7580	7,54	2	3790	4	1895
Eixample	43969	43,74	12	3664	14	3141
Eixample Nord	21331	21,22	6	3555	8	2666
Eixample Sud	21649	21,54	5	4330	5	4330
Sant Narcís	989	0,98	1	989	1	989
Barri Centre	9101	9,06	8	1138	11	827
Barri Vell	3242	3,23	4	810	6	540
Mercadal	2535	2,52	3	845	4	634
Carne	3324	3,31	1	3324	1	3324

Barri Mas Xirgu	17	0,02	1	17	1	17
Mas Xirgu	17	0,02	1	17	1	17
Barri Sud	10.075	10,02	5	2015	6	1679
Montilivi	5260	5,23	1	5260	1	5260
La Creueta	92	0,09	1	92	1	92
Palau	4512	4,49	3	1504	4	1128
Avellaneda	211	0,21	0	-	0	-
TOTAL	100520	100	36	2792	51	1971

Taula 4. Relació entre el nombre d'habitants per barris i el nombre de DEA

A partir d'aquestes dades i centrant-nos només en el nombre de DEA exteriors, a la Figura 27 es mostra de forma gràfica els habitants per DEA segons el barri. Veiem que la pitjor cobertura, nombre màxim d'habitants per DEA, és Santa Eugènia i el barri Oest. Per altra banda, la millor cobertura la trobem en el barri Centre i el barri Nord. El primer amb millor cobertura correspon a una zona molt turística i per tant és aconsellable tenir més DEA ja que està previst que hi hagi més gent. En el segon cas hi ha un nombre molt baix d'habitants i això fa que la cobertura sigui millor. El barri Mas Xirgu és un cas especial ja que tot i que el nombre d'habitants segons els padró 2018 és de 17 és una zona amb moltes empreses i el fet de només tenir un DEA no li dona màxima cobertura.

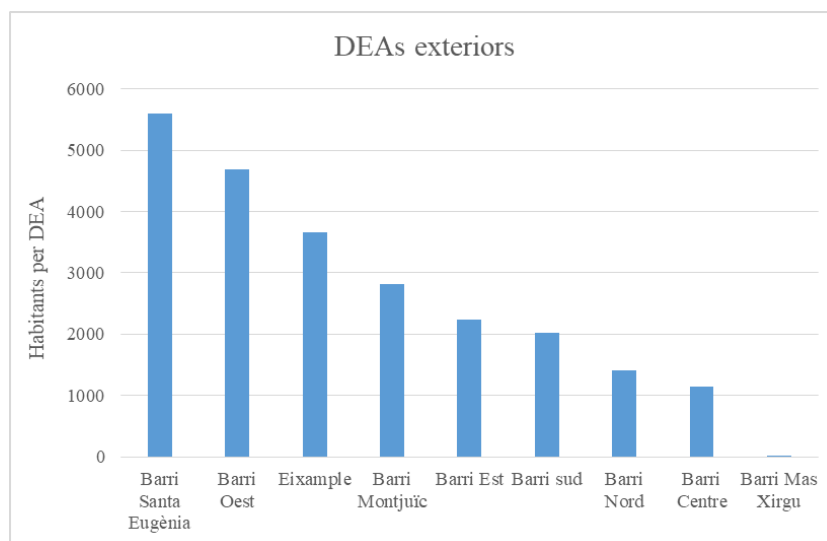


Figura 27. Habitants per DEA exterior segons barris

A la Figura 28 s'analitzen els habitants per DEA, en cas de tenir-los tots en compte. En aquest cas, es detecta que la pitjor cobertura està al barri de Santa Eugènia i l'Eixample. S'observa que el barri Oest ja no està entre els pitjors coberts, això es deu a que aquesta zona disposa de 3 desfibрил·ladors interiors. La millor cobertura es manté a barri Nord i Centre però en ordre invers.

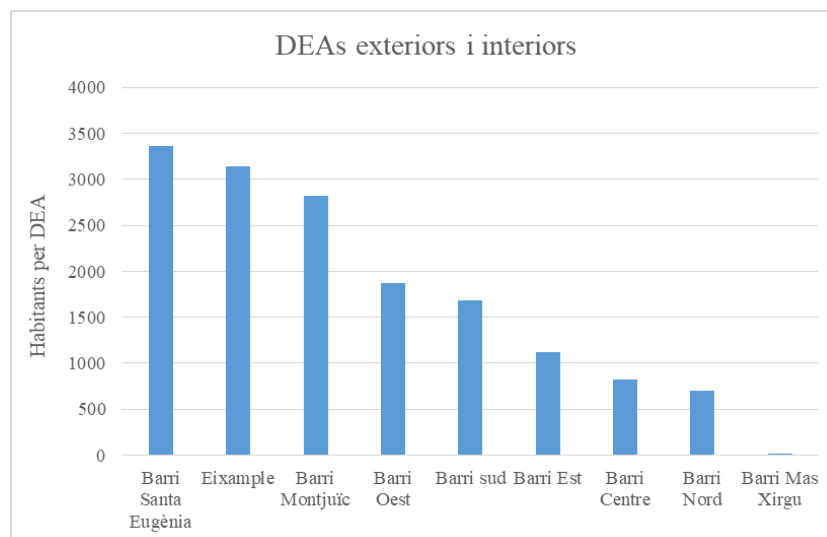


Figura 28. Habitants per DEA segons barris

Per veure la relació entre el nombre de DEA i els habitants hem fet una tercera gràfica en la que hem sobreposat les dades de la població que hi ha en cada barri amb el nombre de habitants per DEA. Com es pot veure en la Figura 29, el barri de l'Eixample és el que està pitjor cobert.

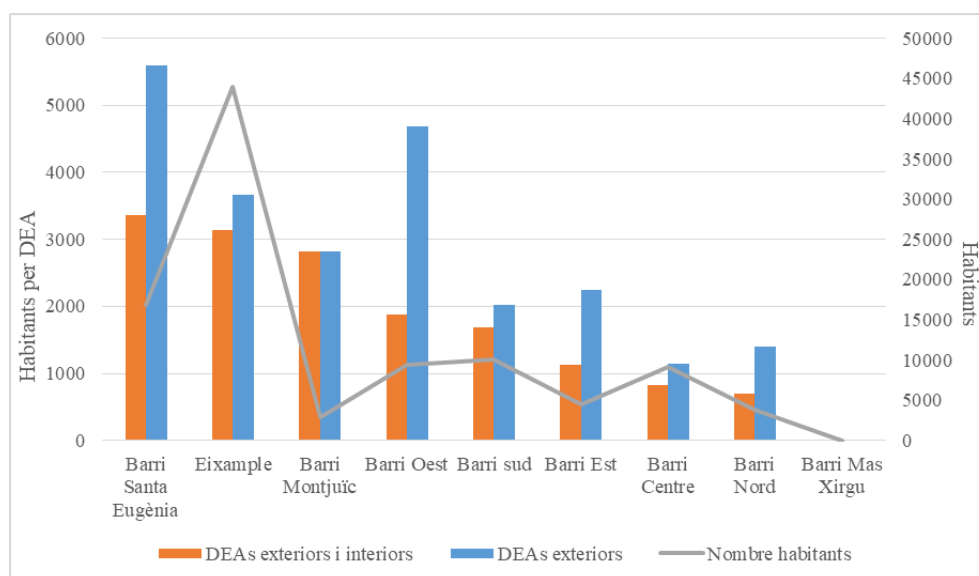


Figura 29. Habitants per DEA i nombre d'habitants segons barris.

3.5.2 Anàlisi de resultats

Analitzant sobre tota la població de Girona veiem que la relació és d'un DEA exterior per cada 2792 habitants i en el cas de considerar-los tots és d'un DEA cada 1971 habitants.

Si comparem amb Barcelona, Tarragona i Lleida veiem la relació nombre d'habitants per DEA és de 3812, 3897 i 2580, respectivament. Veiem que Girona és la que té millor cobertura. Lleida va després de Girona però cal tenir en compte que té menys habitants, a continuació venen Barcelona i Tarragona.

Si comparem aquestes dades amb la resta d'Espanya veiem que el 2018, el País Basc lidera la cardioprotecció amb un desfibril·lador per cada 1365 habitants. Mentre que Andalusia, en té un per cada 4430 persones, Astúries, un per cada 7940 ciutadans i Canàries, amb un desfibril·lador per cada 16150 habitants. Les dades de Catalunya i la Comunitat de Madrid encara no estan disponibles en el registre general de desfibril·ladors. Veiem que Girona està pitjor que el País Basc i millor que Andalusia.

A nivell mundial el país amb millor cardioprotecció és Japó amb 1 desfibril·lador per cada 900 habitants, és a dir 400 habitants per DEA. A Espanya la proporció es de 3846 habitants per DEA mentre que a Regne Unit i França és de 540 habitants per DEA.

3.5.3 Relació entre nombre de DEA, nombre d'habitants i superfície dels barris

Després d'analitzar la relació entre DEA i habitants, en aquest apartat avaluarem la relació entre el nombre de DEA, la població i la superfície.

En la Taula 5 mostrem per cada barri el nombre d'habitants, la superfície bruta (km²), la densitat de població bruta (habitants/km²), la superfície neta (ha² sòl residencial), la densitat neta (hab./ha² de sol construït), el nombre de DEA exteriors i el nombre de DEA totals.

	Població	Sup. bruta	Densitat bruta	Sup. neta	Densitat neta	DEA exteriors	Total DEA
Barri	Habitants	km ²	habitants/km ²	ha ² sòl residencial	hab./ha ² de sol construït	Unitats	Unitats
Centre	9101	1,03	8835,9	35,1	259,29	8	11
Eixample	43969	3,07	14322,1	99,96	439,87	12	14
Est	4487	14,22	315,5	20,07	223,57	2	4
Mas Xirgu	17	1,2	14,2	0,96	17,66	1	1
Montjuïc	2822	1,12	2519,6	50,62	55,75	1	1
Nord	3862	7,12	542,4	20,22	191	2	4
Oest	9379	3,97	2362,5	46,25	202,79	2	5
Santa Eugènia	16808	1,32	12733,3	25,59	656,82	3	5
Sud	10075	5,8	1737,1	122,17	82,47	5	6
TOTAL	100520	38,85	2587,4	420,94	238,8	36	51

Taula 5. Nombre d'habitants, superfície, densitat de població i nombre de DEA per barris

Per veure la relació entre el nombre de DEA amb població, superfície i densitat de població utilitzarem el coeficient de correlació. Aquest coeficient és un índex que mesura la relació lineal entre dues variables quantitatives i el seu valor varia entre -1 i 1. Si el coeficient de correlació és 1, parlarem d'una correlació positiva perfecta, en què les dues variables són totalment dependents l'una de l'altra i directament proporcionals, és a dir, que una variable augmenta o disminueix en la mateixa mesura que l'altra. Si el coeficient de correlació és de -1, tindrem una correlació negativa perfecta en què les dues variables són totalment dependents entre elles però en aquest cas la proporcionalitat serà inversa, és a dir, que una variable augmenta tant com l'altra disminueix o viceversa. Si el coeficient de correlació és de 0, les dues variables són totalment independents.

3.5.3.1 Avaluació dels resultats

A les Figura 30 i Figura 31 es mostren les gràfiques que relacionen el nombre d'habitants amb els DEA exteriors i amb tots els DEA , respectivament.

En el nostre cas el coeficient de correlació és de 0,82 quan considerem només els DEA exteriors i 0,85 quan es consideren tots. Per tant, podem dir que les variables nombre de DEA i nombre d'habitants tenen certa dependència.

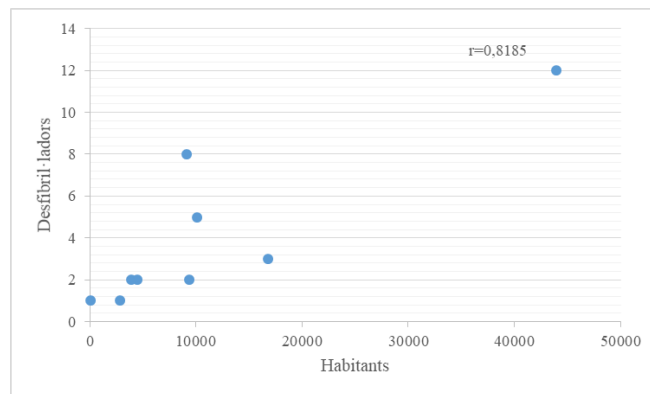


Figura 30. Relació nombre de desfibril·ladors exteriors i nombre d'habitants

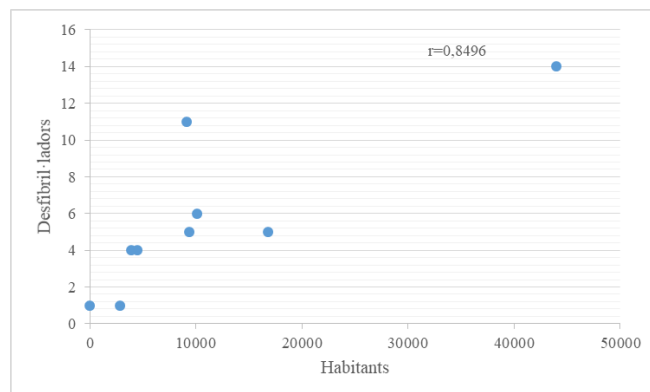


Figura 31. Relació nombre de desfibril·ladors totals i nombre d'habitants

En les Figura 32 i Figura 33 es mostren les gràfiques al considerar el nombre de desfibril·ladors i la superfície neta de cada barri. Els coeficients de correlació obtinguts són de 0,60 quan només es tenen en compte els desfibril·ladors exteriors i 0,52 quan es tenen tots els desfibril·ladors en compte. Es detecta que pels dos casos hi ha una dependència molt dèbil entre les dues variables.

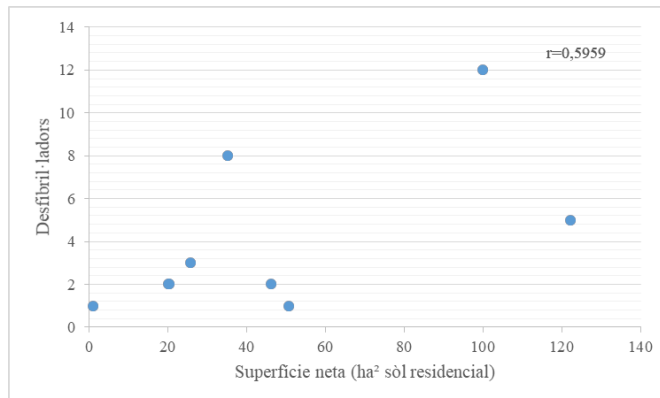


Figura 32. Relació nombre de desfibril·ladors exteriors i superfície neta

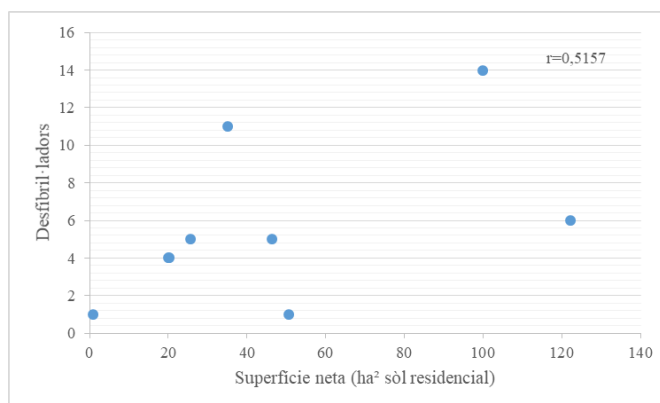


Figura 33. Relació nombre de desfibril·ladors totals i superfície neta

3.6 Conclusions ESTUDI 2

Com a part final d'aquest segon estudi i pels resultats que s'han obtingut podem concloure que hi ha una relació de certa dependència entre el nombre d'habitants i la distribució de DEA. Pel que fa la relació la superfície habitable i el nombre de DEA, la dependència és més dèbil.

3.7 ESTUDI 3. Zones de risc

Finalment, tindrem en compte les zones que es consideren de risc. Per aplicació del decret 151/2012, de 20 de novembre cal instal·lar DEA en les grans superfícies amb establiments de venda al públic superior als 2500 m², aeroports, ports comercials, estacions d'autobusos i ferrocarrils de

poblacions de 50000 habitants, estacions de metro amb trànsit diari igual o superior a 5000 persones, instal·lacions, centres o complexes esportius amb un nombre d'usuaris diaris igual o superior a 500 persones i establiments amb un aforament igual o superior a 5000 persones.

En aquesta apartat comprovarem si s'ha aplicat correctament el decret. En la primera columna de la Taula 6 es mostra, la llista d'ubicacions en les que cal tenir un DEA i, en la segona columna, les coordenades del DEA si es que n'hi ha. Per fer-ho només ens cal comprovar que hi ha DEA en els següents punts:

Ubicació	Longitud	Latitud
Estació autobusos i ferrocarrils	2,815808767	41,979039669
Mercat Municipal	2,822576690	41,979400493
Parc de la Devesa	2,811754869	41,986307276
Teatre Municipal	2,824855098	41,983144142
Pavelló Municipal d'Esports de Pont Major	2,822192758	42,009899776
Pavelló Municipal d'Esports Santa Eugènia	2,811852850	41,958593127
Pavelló Municipal de Vila-Roja	2,845364199	41,971012405
Pavelló Municipal de Girona- Fontajau	2,810594600	41,990884520
Pavelló Municipal de Palau		

Taula 6. Coordenades dels llocs on calen DEA

S'observa que en el Pavelló Municipal de Palau no hi ha registre de cap desfibril·lador, tot i que el més segur és que n'hi hagi un.

També hem considerat de risc les zones més turístiques de la ciutat ja que el nombre de persones que les visitaran serà superior a 5000 i per tant ho hem tractat com el cas d'instal·lacions amb trànsit igual o superior a 5000 persones. Segons l'estudi Estratègia turística de Girona i el seu territori realitzat el març de 2018 pel Servei d'Ocupació de Catalunya, les zones més visitades de Girona són la Catedral, el Call Jueu, les Cases de l'Onyar, Sant Feliu, Banys Àrabs i Muralla, per aquest ordre. Altres espais molt concorreguts pels visitants són la Rambla i la Plaça Independència. En la Figura 34 es mostra un mapa amb aquestes zones i els punts on hi ha DEA (UTE Estratègia Turística de Girona, 2019).

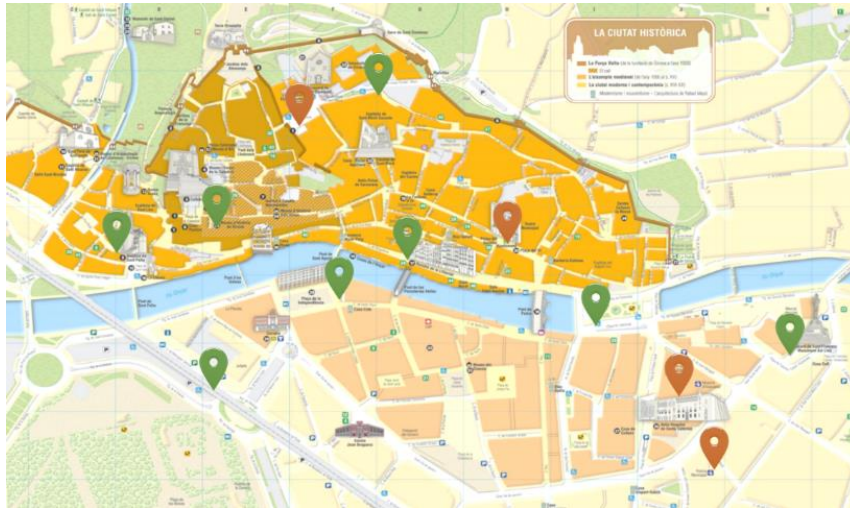


Figura 34. Mapa turístic de Girona i localitzacions dels DEA interiors i exteriors

3.8 Conclusions ESTUDI 3

Com hem vist en aquest estudi totes les zones que per decret han de tenir DEA el tenen i les zones turístiques que podríem considerar zones de risc pel seu trànsit de persones també estan protegides per DEA.

3.9 Valoració final

Pels resultats que he obtingut en els diferents estudis considero que en el moment de fer la distribució de DEA a Girona es va optar per posar-los en llocs de màxima visibilitat, és a dir llocs centrals i turístics. Aquesta estratègia té sentit perquè dona gran visibilitat a un problema que resultava desconegut per molta gent. El problema però és que un cop s'ha conscienciat del problema cal anar un pas més enllà i intentar optimitzar l'accés als DEA des de qualsevol punt de la ciutat. Dels diferents resultats hem vist que hi ha barris com el barri Sud que el seu nivell de cobertura és molt baix mentre que d'altres com el Centre tenen un alt nivell de cardioprotecció.

4 Propostes per millorar la cardioprotecció a Girona

Després d'analitzar la situació actual de la ciutat de Girona en aquest apartat es presenten tres propostes de millora. Per cada una es presenta l'actuació que caldria realitzar i es fa un estudi de la seva viabilitat des d'un punt de vista econòmic.

4.1 PROPOSTA 1. Millora de la cobertura passant tots els DEA interiors a l'exterior

Òbviament la forma d'augmentar el nivell de cobertura dels DEA d'una ciutat és augmentar el nombre de DEA de la ciutat. Donada la distribució actual dels DEA que els diferencia entre interiors i exteriors la meua primera proposta és transformar tots els DEA en exteriors. L'acció que proposo és reubicar tots els DEA que estan en l'interior d'edificis i col·locar-los en l'exterior de totes les instal·lacions. Aquest canvi d'ubicació ens permetrà que tots els DEA de tota la ciutat estiguin disponibles les 24 hores. Podem dir que tots es convertiran en DEA exteriors.

A continuació fem una avaluació dels canvis que implicaria aquesta modificació pel que fa les àrees de cobertura, les àrees reals de cobertura i els nivells de cardioprotecció de la ciutat.

4.1.1 Avaluació àrees de cobertura

En la Figura 35 mostrem la modificació de les àrees de cobertura abans i després de fer aquesta modificació. Podem observar que les modificacions afecten a la zona centre de la ciutat. Fet que tot i ser beneficiós no ens millora la situació a nivell global.

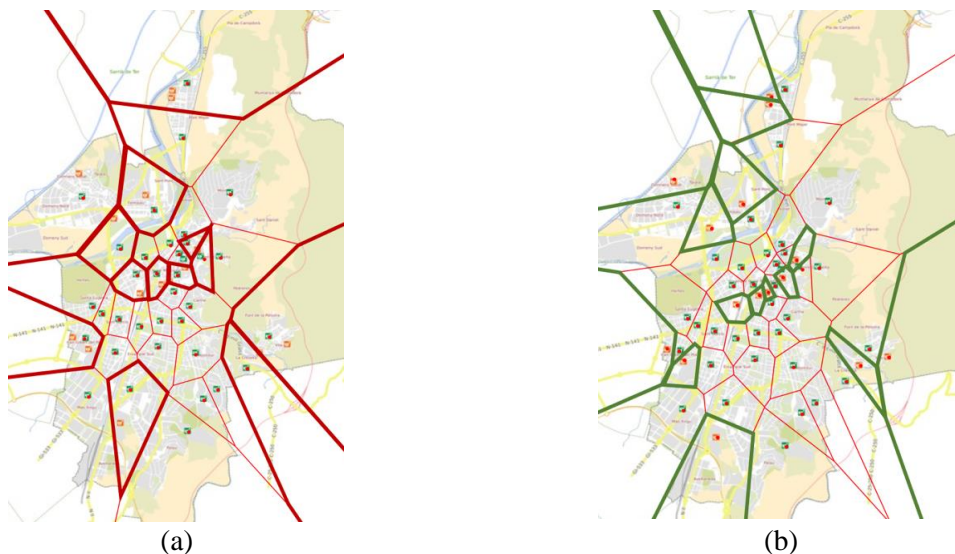


Figura 35. Àrees de cobertura considerant només DEA exteriors (a) i considerant tots els DEA (b)

4.1.2 Avaluació àrees reals de cobertura

En la Figura 36 es mostra l'àrea real de cobertura de la nova situació que proposem. Fixeu-vos que estem sobreprotegint la zona del centre de la ciutat i ens queden algunes regions no cobertes. La sobreprotecció la trobem en les zones en les que hi ha interseccions entre les diferents àrees reals de cobertura.

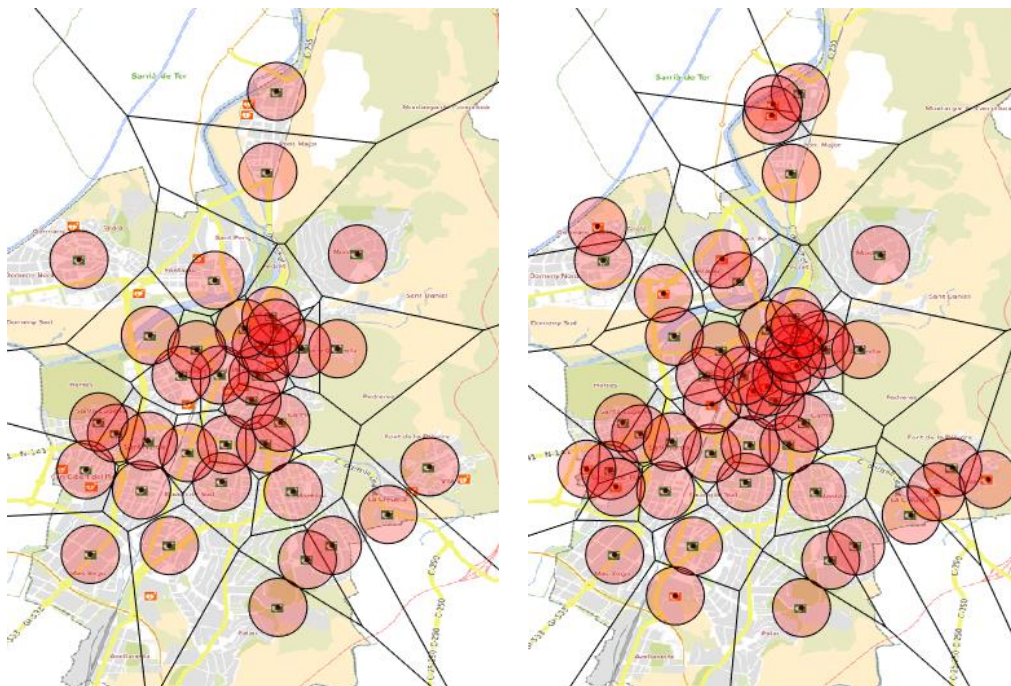


Figura 36. Àrea real de cobertura considerant radi de 300 metres

4.1.3 Avaluació nivells de cardioprotecció

Si analitzem els nivells de cardioprotecció veiem que considerant tots els DEA com exteriors la distribució que ens queda és: en la cas de radi de 200 metres un 41% de les zones són de nivell A, en el cas de 250 un 72% i en el cas de les de 300 un 77%. Si comparem aquests resultats amb els de la Figura 26 que presentàvem en el capítol anterior veiem que hem millorat la proporció de zones de nivell A. Aquesta millora es mostra en la Figura 37 i Figura 38 on es pot veure que hem passat de 28% a 41% en el cas de radis de 200 metres, de 64% a 71% en el cas de 250 metres i de 69% a 80% en el cas de 300 metres. Tot i això, encara no aconseguim arribar al 100% que seria el desitjable.

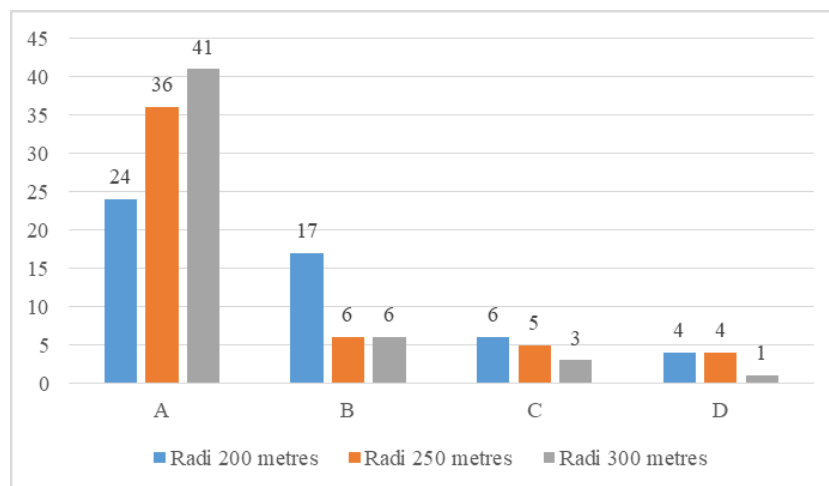


Figura 37. Nombre de zones de cada nivell de cardioprotecció en funció dels diferents radis de cobertura considerant els DEA exteriors

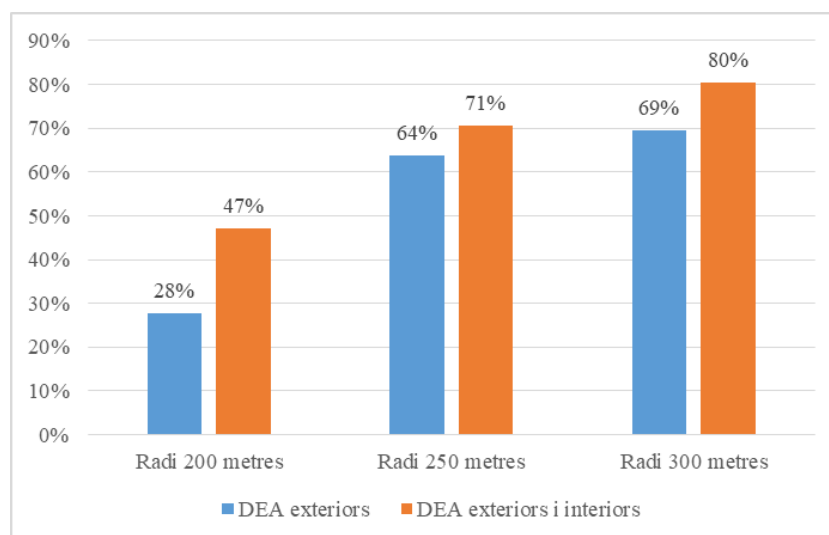


Figura 38. Zones de nivell A de la ciutat de Girona considerant DEA exteriors o tots els DEA exteriors i interiors

4.1.4 Relació habitants per DEA

Finalment hem calculat la relació nombre de persones per DEA si tots els DEA fossin exteriors. En la Figura 39 es presenta la distribució d'habitants considerant la situació actual i la proposada. Com podem veure excepte els barris de Montjuïc i Mas Xirgu, en tots els altres casos la situació millora. Tot i això segueix quedant lluny dels 540 habitants per DEA de Regne Unit i França, però millora la situació d'Espanya de 3846 habitants per DEA.

Nom	Nombre habitants	% habitants sobre la població	Nombre DEA	Habitants per DEA
Barri Santa Eugènia	16808	16,72	5	3362
Eixample	43969	43,74	14	3141
Barri Montjuic	2822	2,81	1	2822
Barri Oest	9379	9,32	5	1876
Barri sud	10075	10,02	6	1679
Barri Est	4487	4,48	4	1122
Barri Centre	9101	9,06	11	827
Barri Nord	3862	3,85	4	966
Barri Mas Xirgu	17	0,02	1	17

Taula 7. Habitants per desfibril·lador en funció dels barris segons proposta 1

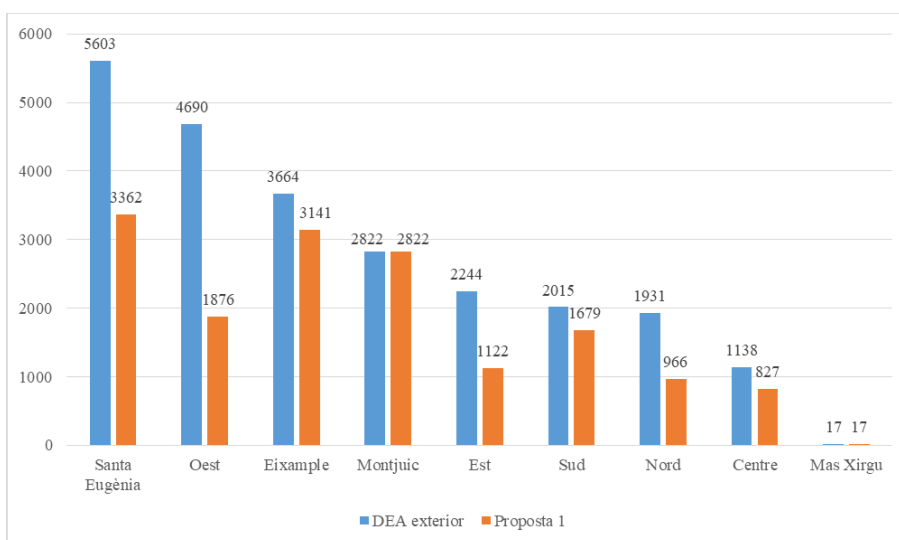


Figura 39. Nombre d'habitants per DEA segons barris

4.1.5 Conclusions

Com hem vist en els diferents apartats, considerar tots els DEA com exteriors és una proposta que ens millora la situació a nivell de cardioprotecció de forma global. El problema és que no estem optimitzant els recursos perquè ens queden zones sobreprotegides mentre d'altres queden descobertes. Considero que es podria fer una distribució més eficient per intentar tenir un mateix nivell de cardioprotecció a tota la ciutat.

4.2 PROPOSTA 2. Millora de la cobertura reubicant DEA interiors i reduint zones sobreprotegides

La segona proposta es una ampliació de la primera en la que a més de col·locar tots els DEA interiors a l'exterior dels edificis proposo identificar totes les zones sobreprotegides i passar el DEA exterior a una zona de baixa protecció. Per identificar les zones sobreprotegides s'ha analitzat la Figura 24 i s'han marcat les zones que queden cobertes per més d'un DEA. En particular els DEA que s'haurien de reubicar són els que es presenten en la Taula 8.

Ubicació	Longitud	Latitud
UdG Facultat de Lletres	2,827897273	41,984893644
Museu d'Història	2,825138979	41,987060107
Generalitat de Catalunya	2,821712088	41,980922277
Plaça Marquès de Camps	2,819168034	41,982088472
Parc científic	2,837096117	41,967217585
Rambla de la Llibertat	2,824518021	41,984496394

Taula 8. DEA exteriors que estan en una zona cardioprottegida.

Una vegada identificats els DEA a reubicar s'ha estudiat de nou el mapa per detectar les zones que estan descobertes. Aquestes zones s'han seleccionat analitzant les zones de nivell de cardioprotecció C i D i identificant un punt sobre la superfície neta que no quedés coberta per l'àrea real de cobertura del DEA. Per obtenir les coordenades del punt s'ha utilitzat la comanda *ginput* del Matlab, la qual ens permet marcar punts al mapa i ens retorna les seves coordenades. Aquestes coordenades s'han introduït al Google Maps per identificar la localització exacta (vegeu Taula 9). Amb aquesta informació s'ha fet un nou estudi d'àrees de cobertura, àrees reals de cobertura i nivells de cobertura.

Adreça	Ubicació	Longitud	Latitud
Carrer Camí Vell Fornells	Montessori Palau Girona	2,816401	41,950854
La Creu de Palau	Davant Les Alzines	2,819840	41,957325
Pujada de la Barrufa, 29-21	Parada d'autobús	2,829058	41,992199
Ctra. Antiga d'Amer, 30-44	Darrera benzineria	2,794097	41,989053
Pujada Creu de Palau, 42Acc	Parada d'autobús	2,820422	41,963586
Carrer 8 de Març de 1908	PerfectFit Girona	2,808651	41,954057

Taula 9. Noves ubicacions dels DEA externs que s'han reubicat

4.2.1 Avaluació àrees de cobertura i àrees reals de cobertura

En la Figura 40 es mostren les àrees amb les noves ubicacions de DEA. Com es pot veure l'àrea real de cobertura millora tot i que encara queden algunes àrees sobreprotegides i no totes passen a nivell A. Hem de tenir en compte que només podíem reubicar sis DEA.

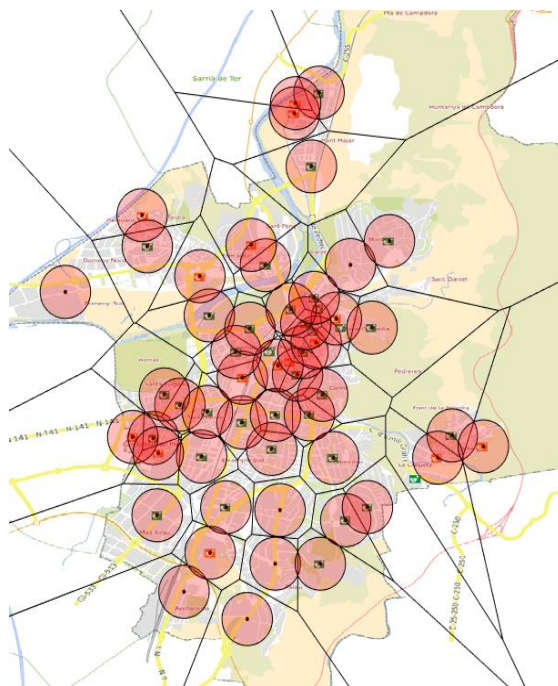


Figura 40. Àrees de cobertura i àrees reals de cobertura amb les noves ubicacions

4.2.2 Relació habitants per DEA

Hem calculat la relació nombre de persones per DEA si tots els DEA fossin exteriors i es reubiquessin els 6 exteriors que estan en zones sobreprotegides. La nova relació habitants per DEA es mostra en la Taula 10.

Nom	Nombre habitants	% habitants sobre la població	Nombre desfibril·ladors	Habitants per DEA
Barri Santa Eugènia	16808	16,72	5	3362
Eixample	43969	43,74	13	3382
Barri Montjuïc	2822	2,81	2	1411
Barri Oest	9379	9,32	6	1563
Barri Sud	10075	10,02	9	1119
Barri Est	4487	4,48	4	1122
Barri Centre	9101	9,06	7	1300
Barri Nord	3862	3,85	4	966
Barri Mas Xirgu	17	0,02	1	17

Taula 10. Habitants per desfibril·lador en funció dels barris segons proposta 2

En la Figura 41 es compara la situació actual, la proposta 1, i la proposta 2. Es pot veure que respecte la distribució actual millorem en tots els casos excepte Mas Xirgu i el Centre. Si comparem la millora 1 i la 2 veiem que millora la relació als barris Sud, Oest i Montjuïc i que empitjoren els barris

del Centre i l'Eixample. Igual que en el cas anterior seguim quedant lluny dels 540 habitants per DEA de Regne Unit i França, però millorem la situació d'Espanya de 3846 habitants per DEA.

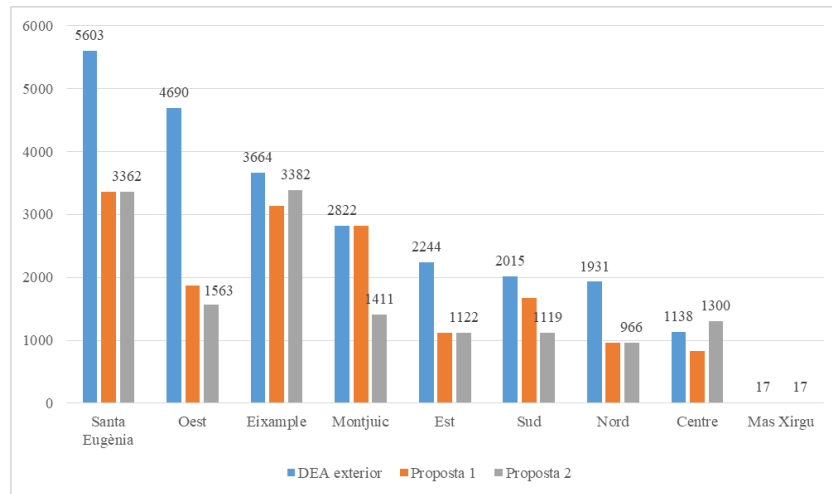


Figura 41. Habitants per DEA, segons situació actual, proposta 1 i proposta 2.

4.2.3 Conclusions

Com hem vist en els diferents apartats, considerar tots els DEA com exteriors i reubicar els de les zones sobreprotegides és una proposta que ens millora la situació a nivell de cardioprotecció de forma global. Tot i això, encara ens queda alguna zona sense protecció total.

4.3 PROPOSTA 3. Millora del nivell de cobertura afegint DEA

La tercera proposta no modificaria la distribució actual dels DEA sinó que afegiria nous DEA exteriors en les zones considerades de baixa cobertura. Per determinar les zones on cal un nou DEA hem reproduït el procediment de la proposta 2. Hem localitzat les zones de baixa protecció i hem determinat la posició que dona màxima cobertura. Els resultats obtinguts són els que es mostren en la Taula 11.

Adreça	Ubicació	Longitud	Latitud
Carrer Camí Vell Fornells	Montessori Palau Girona	2,816401	41,950854
La Creu de Palau	Davant Les Alzines	2,819840	41,957325
Pujada de la Barrufa, 29-21, 17007 Girona	Parada d'autobús	2,829058	41,992199
Carrer de Sant Gregori	Davant parròquia de Sant Domeny	2,797284	41,99086
Ctra. Antiga d'Amer, 30-44	Al costat de la Nestlé	2,790549	41,988222
Pujada Creu de Palau, 42Acc	Parada d'autobús	2,820422	41,963586
Carrer 8 de Març de 1908	PerfectFit Girona	2,808651	41,954057

Taula 11. Noves ubicacions de DEA segons proposta 3

4.3.1 Avaluació àrees de cobertura i àrees reals de cobertura

En la Figura 42 es mostren les noves àrees de cobertura dels DEA considerant en (a) només els DEA exteriors (els actuals i els nous) i en (b) DEA exteriors (els actuals i els nous) i també els interiors. Com es pot veure totes les zones passen a ser de nivell A.

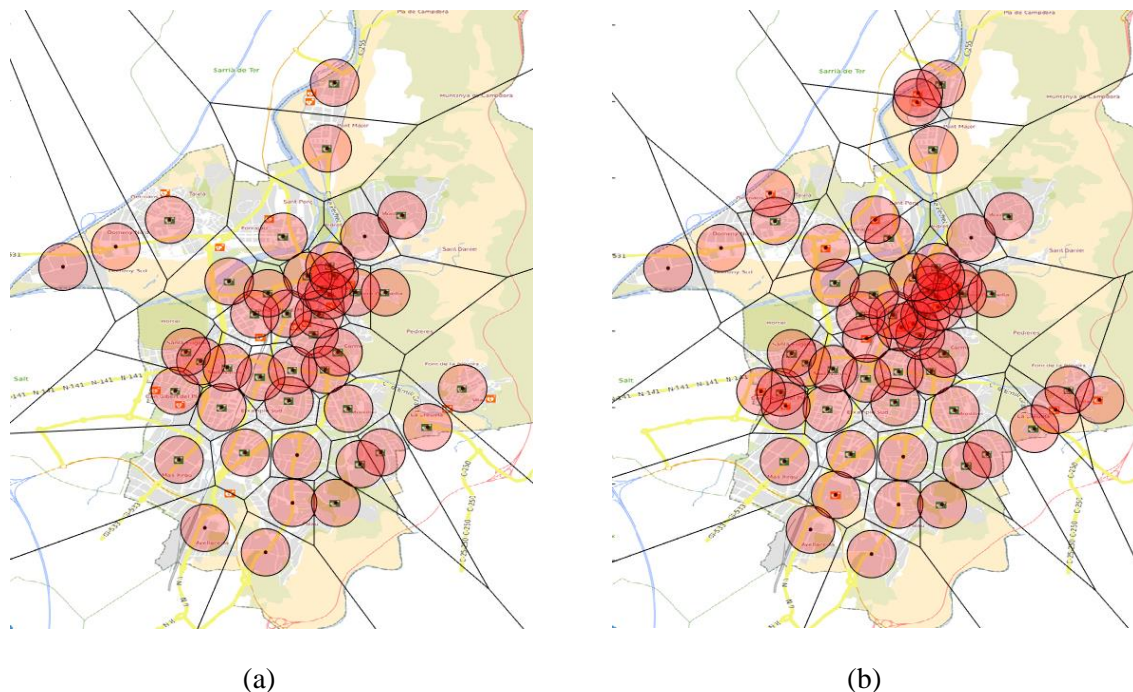


Figura 42. Àrees de cobertura amb les noves ubicacions de DEA considerant els DEA exteriors actuals i nous (a) i els DEA exteriors i interiors actuals i nous (b)

4.3.2 Relació habitants per DEA

La nova relació habitants per DEA es mostra en la Taula 12 on es consideren les dues opcions, només els DEA exteriors (els nous i els actuals) i el cas dels DEA exteriors (els nous i els actuals) i també els interiors.

En la Figura 43 es compara la situació actual i totes les propostes. En el cas de només tenir en compte els DEA exteriors només hi ha millores al barri Sud, al Oest i a Montjuïc. D'altra banda, si tenim en compte tots els DEA veiem que millora en tots els barris, excepte Mas Xirgu. Podem veure que el millor dels casos és 827 habitants per DEA al Centre i el pitjor 3362 al barri de Santa Eugènia.

Nom	Nombre habitants	% habitants sobre la població	DEA exteriors	Habitants per DEA exterior	Total DEA	Habitants per DEA
Barri Santa Eugènia	16808	16,72	3	5603	5	3362
Eixample	43969	43,74	12	3664	14	3141
Barri Montjuïc	2822	2,81	2	1411	2	1411
Barri Oest	9379	9,32	4	2345	7	1340
Barri Sud	10075	10,02	9	1119	10	1008
Barri Est	4487	4,48	2	2244	4	1122
Barri Centre	9101	9,06	8	1138	11	827
Barri Nord	3862	3,85	2	1931	4	966
Barri Mas Xirgu	17	0,02	1	17	1	17

Taula 12. Habitants per DEA exterior i per habitants per DEA exteriors i interiors segons proposta 3

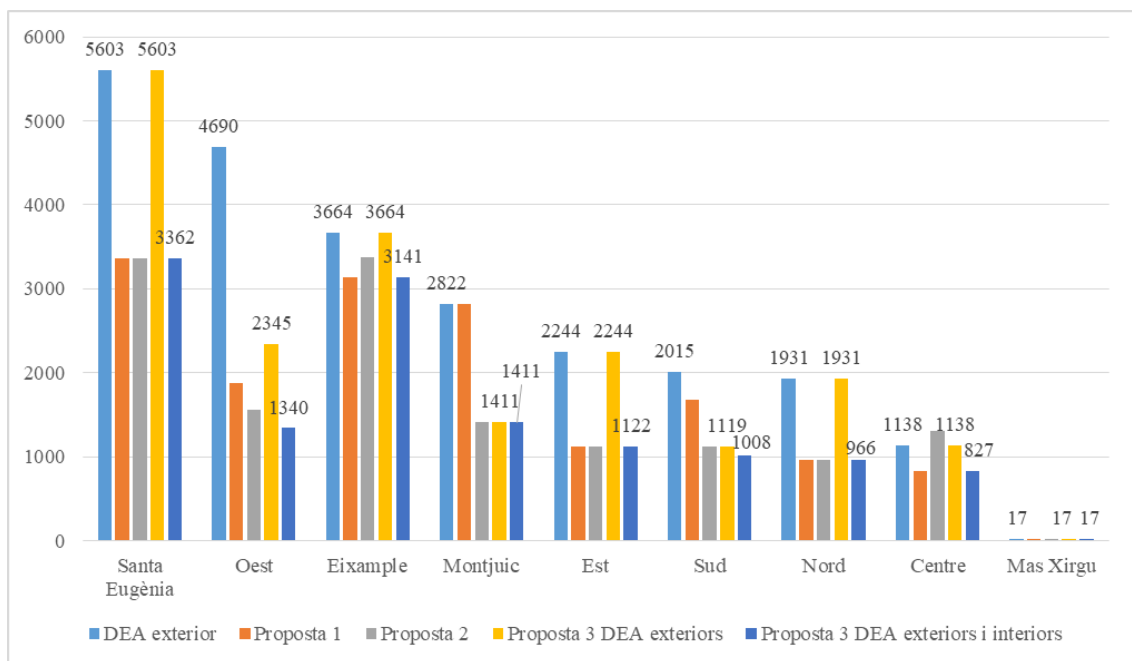


Figura 43. Habitants per DEA, segons situació actual, proposta 1, proposta 2 i proposta 3

4.3.3 Conclusions

Com ja era d'esperar aquesta proposta és la que millora el nivell de cardioprotecció. Tot i això la millora la tenim quan considerem tots els DEA tant interiors com exteriors. Si només en tenen en compte els exteriors la relació habitants per DEA segueix quedant molt lluny dels 540 habitants per DEA de Regne Unit i França. El cost d'aquesta proposta es podria reduir integrant DEA privats a xarxa pública, ja que hi ha centres públics (per exemple la UdG) i privats (per exemple Montessori-Palau) que tenen DEA interiors.

5 Optimització de la gestió de manteniment

En aquest apartat proposarem una estratègia per optimitzar la ruta per dur a terme el manteniment dels DEA. En primer lloc estudiarem els tipus de manteniment que cal realitzar. A continuació, presentarem l'estratègia proposada per tractar el problema i l'eina de treball utilitzada. Finalment presentarem els resultats obtinguts.

5.1 Manteniment dels DEA

Al parlar del manteniment dels DEA hem de tenir en compte dos tipus de manteniment, el planificat i el correctiu.

El **manteniment planificat** d'un DEA és el treball realitzat sobre l'equip segons una planificació. Aquest treball pot ser una barreja d'una o més accions com poden ser: proves de seguretat, verificació i calibratge i manteniment preventiu. Aquest tipus de manteniment és obligatori pel fet de tenir un dispositiu amb marcatge CE. En el cas de ciutats cardioprotegides un dels requisits que han de complir és que tots els DEA han de tenir el certificat CE, per tant aquest manteniment serà obligatori en el cas de la ciutat de Girona.

El **manteniment correctiu** d'un DEA és el manteniment realitzat sobre l'equip o una de les seves parts per restaurar el seu estat operacional. Aquestes activitats no estan planificades, es realitzen per incidències que fa l'usuari, l'operador de l'equip o personal que realitza el manteniment programat. Quan un DEA és utilitzat per una emergència cal posteriorment fer un manteniment correctiu per tornar a deixar el DEA en funcionament. Aquest manteniment es realitza en un màxim de 24 hores després d'haver utilitzat el DEA.

Com que no es pot saber quan passaran les emergències no es pot fer cap mena de planificació sobre el manteniment correctiu. Per aquesta raó, en aquest projecte ens centrarem en la gestió del manteniment planificat que té per objectiu supervisar el bon funcionament dels DEA.

El manteniment planificat inclou la revisió anual, neteja interior i exterior de la cabina, la resolució immediata de les incidències, la substitució d'aquells desfibril·ladors que tinguin algun problema i el canvi de les bateries i els elèctrodes un mes abans de la seva data de caducitat. Donat que no sabem les dates de caducitat dels DEA en aquest apartat suposarem que totes són del mateix mes. També considerarem que es tarden 45 minuts en fer el manteniment de cada DEA.

5.2 Plantejament del problema

La planificació del manteniment dels DEA es pot veure com un problema de disseny d'itineraris en el que cal trobar el camí tancat i de cost mínim d'entre els possibles circuits que recorren tots els DEA, sabent que només s'han de visitar una vegada. Aquest plantejament correspon al problema del viatjant de comerç asimètric (*Asymmetric Traveling Salesman Problem - ATSP*), en el que cal trobar el camí tancat i de cost mínim d'entre els possibles circuits que recorren un conjunt de clients donats, i els quals només s'han de visitar una sola vegada. Aquest problema és un clàssic de programació matemàtica.

5.2.1 El problema del viatjant de comerç asimètric

A continuació, descrivim el problema que té el viatjant a l'hora de decidir quin itinerari seguirà per a visitar el seus clients. Concretament sabem que:

- Vol visitar un nombre determinat de clients sense repetir-ne cap
- Ha de sortir d'un punt inicial i una vegada visitats tots els clients hi ha de retornar
- Cada desplaçament entre clients té associat un cost, que representa el que li costa al viatjant anar des de el client A al client B . Aquests costos poden expressar temps, distància, despesa o combinacions d'aquests valors
- El cost de visitar un client no és, necessàriament, el mateix fer-lo en un sentit o en un altre, és dir, no és el mateix el cost d'anar del client A al client B que del B al A . Una situació en que no costa el mateix fer un trajecte en un sentit o en l'altre és el cas de considerar carrers de sentit únic, ja que tant la distància com el temps variarà.

L'objectiu del viatjant és trobar el recorregut que ha de fer, de tal manera que el cost total sigui el mínim possible. Aquest problema té infinitat d'aplicacions en diversos entorns, com ara la logística, missatgeria, fluxos de dades, etc.

5.2.2 Representació matemàtica del nostre problema

El problema del viatjant de comerç es pot representar matemàticament com una xarxa de vèrtexs connectats per un conjunt d'arcs, on els vèrtexs representen els clients que ha de visitar el viatjant i els arcs són els camins que connecten els clients. Aquesta xarxa de vèrtexs amb les seves connexions és el que anomenem graf.

Fent l'equivalència al nostre problema de manteniment ens caldrà definir un graf on els vèrtexs representaran els DEA i els arcs les connexions entre els DEA, on el cost serà el temps que es tarda d'anar d'un DEA a un altre. Com en el cas del viatjant de comerç el temps d'anar del DEA A al DEA B pot ser diferent del temps d'anar del DEA B al DEA A. Ens trobem, per tant, amb un problema del viatjant de comerç asimètric. En la Figura 44 mostrem un exemple del temps que tardem d'anar del DEA A al DEA B i el d'anar del DEA B al DEA A. El temps s'ha calculat amb el Google Maps i anant en cotxe.

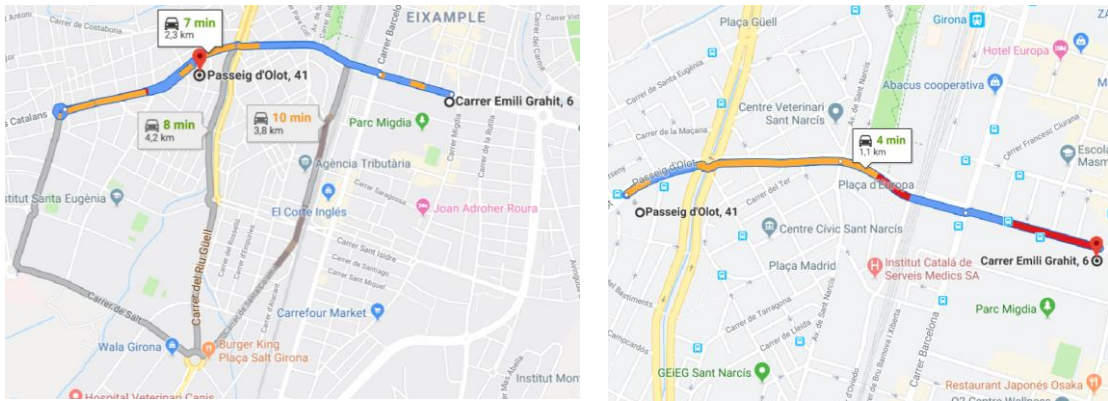


Figura 44. Temps de DEA A a DEA B (7 minuts) i de DEA B a DEA A (4 minuts)

5.3 L'entorn de treball: Grafos

Grafos és un software dissenyat per construir, editar i analitzar grafos (Rodríguez, 2019). El seu desenvolupador és el Prof. Dr. Alejandro Rodríguez Villalobos de la Universitat Politècnica de València (<https://arodrigu.webs.upv.es/grafos/doku.php>). En la Figura 45 es mostra la llista d'algorismes que proporciona el Grafos. Com es pot veure entre ells hi ha el problema del viatjant de comerç.

- algoritmo de Dijkstra (camino mínimo)
- algoritmo de Bellman-Ford (camino mínimo)
- algoritmo de Floyd-Warshall (todos los caminos mínimos)
- algoritmo de Kruskal (árbol de coste total mínimo)
- algoritmo de Prim (árbol de coste total mínimo)
- algoritmo de Ford-Fulkerson (flujo máximo)
- problema de transbordo/transporte (a coste mínimo)
- problema de asignación (a coste mínimo)
- problema de localización (a coste mínimo)
- circuito euleriano - algoritmo de Hierholzer (próximamente)
- problema del viajante de comercio TSP (distancia total mínima)
- problema de los m-viajantes de comercio m-TSP (distancia total mínima)
- problema de rutas (paso por nodos seleccionados a coste mínimo)
- problema de rutas con vehículos capacitados - CVRP (distancia total mínima)

Figura 45. Algorismes que proporciona el programa Grafos

5.4 Creació del graf

Una vegada definit el problema i seleccionat l'entorn de treball el primer que hem de fer es crear el graf. Per crear el graf ens cal:

- Definir els vèrtexs del graf, és a dir les posicions dels DEA
- Definir els arcs, és a dir les connexions entre un DEA i tots els altres
- Definir el cost associat a cada arc, és a dir, el temps que tardem d'anar d'un vèrtex a un altre.

Aquesta informació es pot representar en forma de matriu en que les files faran referència als vèrtexs d'origen i les columnes als vèrtexs destí. En cada cel·la de la matriu hi associarem el cost de l'arc.

5.4.1 Definició de vèrtexs i arcs

Els vèrtexs del graf representen els diferents DEA exteriors que hi ha a la ciutat de Girona. Només hem tingut en compte els DEA exteriors perquè són els que estan registrats al DipSalut. Hem assignat per cada DEA un identificador, en la Taula 3 es mostra la llista de tots els DEA amb el seu identificador.

Per representar els arcs s'ha fet creant una matriu quadrada d'ordre 36x36, on totes les cel·les excepte les de la diagonal s'hauran d'omplir amb el valor del temps que es tarda d'anar d'un DEA a un altre. La matriu obtinguda se l'anomena matriu de costos. En el següent apartat s'indiquen com s'ha calculat aquesta matriu.

5.4.2 Càlcul de la matriu de costos

Per assignar el cost a cada cel·la de la matriu s'ha utilitzat el servei de cartografia de Google Maps. Mitjançant l'opció "indicacions" del menú de l'esquerra del Google Maps s'introdueixen les coordenades dels dos DEA que volem avaluar i a continuació busquem la ruta òptima entre les dos ubicacions. Automàticament ens apareixerà el temps i podrem omplir el valor de la cel·la.

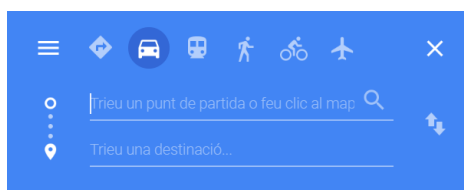


Figura 46. Menú del Google Maps per fixar posicions origen i destí

Com es pot veure el procés és molt simple però com que cal entrar moltes dades pot resultar molt costós en temps. Per aquesta raó hem decidit fer-ho de forma automàtica tal i com s'indica a continuació.

Per automatitzar el procés de càlcul del temps entre dos DEA cal crear un fitxer executable que obri successivament cada parella de DEA i així poder obtenir el temps.

Per crear aquest fitxer hem analitzat què feia el Google Maps cada vegada que calculava el temps d'anar d'una posició a una altra. Després d'entrar les coordenades de dos DEA hem vist que ens apareixia

<https://www.google.com/maps/dir/41.96944,2.82666/41.97222,2.84138>

on una primera part és sempre fixa

<https://www.google.com/maps/dir/>

i una segona part sempre variable

[41.96944,2.82666/41.97222,2.84138](https://www.google.com/maps/dir/41.96944,2.82666/41.97222,2.84138)

Aquesta segona part representa les coordenades dels DEA. L'objectiu és automatitzar el procés de creació d'aquestes *url* modificant els valors de les coordenades en funció de les parelles que volem analitzar.

Per tal d'iniciar l'obertura de cada enllaç de forma automàtica cal:

- Afegir la paraula *start* al davant de cada línia.
- Introduir la *url* creada anteriorment
- Aplicar l'ordre *echo* per escriure el missatge *Id1-Id2* que ens indicarà la ruta del vèrtex amb *Id1* al vèrtex amb *Id2*, donat que cada DEA té identificat un Id. Per enllaçar amb l'ordre anterior s'utilitza *&&*
- Aplicar al final de cada línia *&& pause* per tal que el programa no obri una altra ruta fins que nosaltres li ordenem.

Un exemple d'aplicació d'aquests passos quan *Id1=0* i *Id2=1* es veu a continuació:

start https://www.google.com/maps/dir/41.96944,2.82666/41.97222,2.84138 && echo 0-1 && pause;

Seguint aquest procés s'ha creat un fitxer .txt amb 1260 comandes que representen totes les rutes entre tots els DEA. Aquest fitxer s'ha guardat amb l'extensió .bat essent autoexecutable.

Tot seguit es mostra una captura de pantalla per exemplificar el funcionament del fitxer autoexecutable. A la Figura 47 veiem un exemple en el que es mostra la parella de vèrtexs avaluada, la ruta al Google Maps i els temps associats. D'aquests temps s'haurà d'escollir el millor, en aquest cas agafarem 7 minuts.

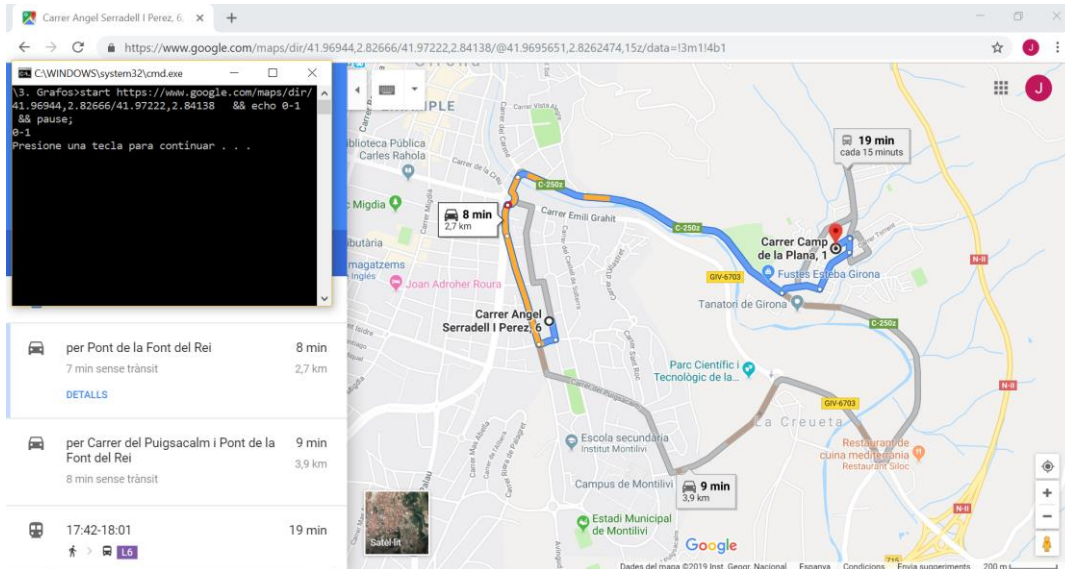


Figura 47. Exemple d'aplicació del fitxer autoexecutable

La informació que s'ha recollit s'ha guardat en un Excel que ens servirà de base per entrar la informació al Grafos i poder realitzar els càlculs posteriors.

5.4.3 Entrada del graf al programa Grafos

Grafos proporciona dos modes de creació de grafos. El mode d'edició gràfic permet dibuixar manualment els vèrtexs i els diferents arcs. Aquest mode és molt visual i entenedor per grafos petits. Tot i això, quan el graf té un elevat nombre de vèrtexs i arcs es fa difícil treballar-hi, ja que el dibuix es fa molt dens i el programa processa molt lentament.

El mode d'edició tabular permet entrar els vèrtexs i la informació dels grafos en forma de taules. En el cas de grafos grans aquest mode és més aconsellable i serà el que utilitzarem. La informació del graf s'entra en forma de taules. En la primera taula s'entra la informació dels vèrtexs indicant el nom de cada vèrtex i el seu valor numèric, aquesta pestanya no es farà servir ja que en el nostre cas els vèrtexs no tindran cap valor. En les altres tres taules s'entra la informació dels arcs, les dues primeres són els valors mínims i màxims de capacitat que pot suportar l'arc i la tercera correspon a la funció cost. Pel nostre estudi només farem servir aquesta darrera taula, on hi carregarem la informació de la nostra matriu de costos, és a dir el temps mínim entre DEA (vegeu Figura 48).

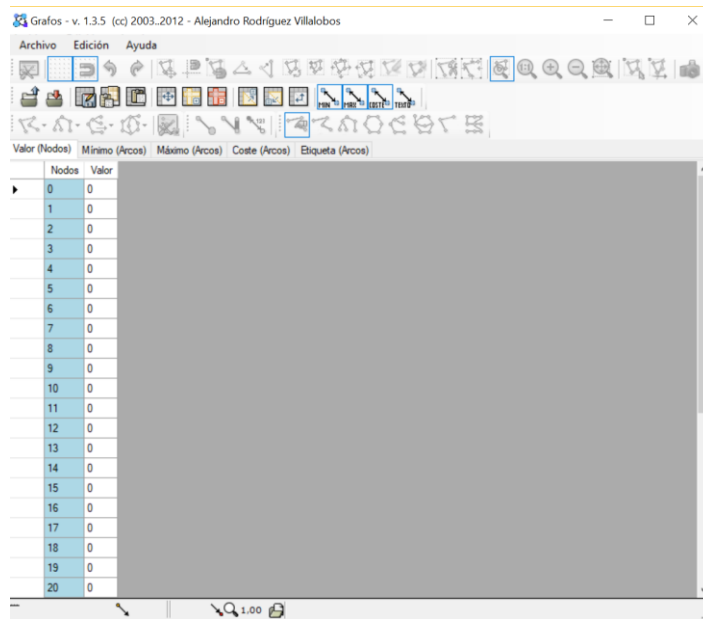


Figura 48. Interfície d'usuari en mode taula

Aquestes taules es poden omplir de manera manual des del mateix programa. Però en el cas de grafs grans el més habitual és disposar de la informació en un fitxer d'Excel i llavors bolcar-la al programa. Per fer-ho, les dades de l'Excel es guardaran en un fitxer tipus text i s'importen amb l'opció de menú *Importar dades* (vegeu Figura 49).

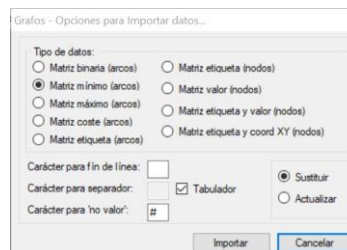


Figura 49. Opcions per importar dades

Una vegada creat el graf podem aplicar els diferents algorismes que proporciona el Grafos (vegeu Figura 45) i analitzar els resultats que s'obtenen en funció dels nostres interessos.

5.4.4 Subdivisió del graf

El graf amb el que hem de fer les simulacions és un graf de 36 vèrtexs amb 1260 arcs. En el nostre cas no té sentit treballar amb tot el graf de forma simultània ja que és impossible que la persona que hagi de fer el manteniment pugui fer el manteniment de tots els DEA en un sol dia, ja que estímem uns 45 minuts de manteniment. Tenint en compte aquest fet i que si reduïm la mida del graf reduïrem els temps de càlcul, ens interessa descompondre el graf en grafs que representin el total de DEA que un treballador pot processar en un dia.

Per fer aquesta descomposició hem considerat que un treballador tarda 45 minuts a fer el manteniment d'un DEA i que en un dia pot visitar un màxim de 8 DEA. Amb aquesta suposició hem dividit la matriu original d'ordre 36x36 en les 5 submatrius que es mostren en la Taula 13 i que es representen a la Figura 50. En aquesta figura s'han assignat colors diferents per cada zona. En les submatrius es pot observar que en totes elles apareix el DEA amb identificador 5, que correspon al DEA que es troba el Parc Científic i Tecnològic (seu del DipSalut), ja que s'ha agafat com a punt de partida per totes les rutes.

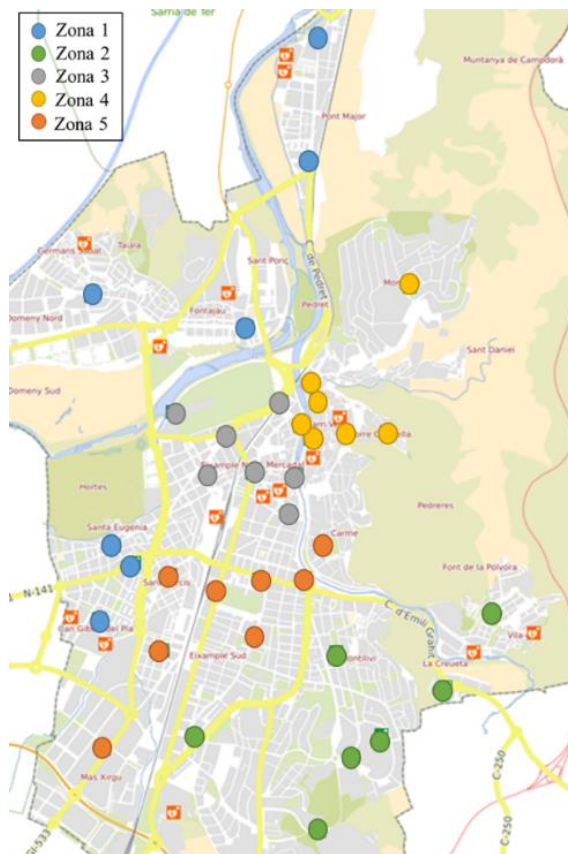


Figura 50. DEA de les diferents zones

	11	20	49	21	42	45	47	5	
11	■	3	14	5	10	11	12	11	
20	4	■	11	4	7	7	9	8	
49	16	16	■	14	7	10	5	16	
31	3	2	11	■	8	7	9	10	
42	10	11	6	10	■	4	5	13	
45	10	11	8	10	5	■	7	15	
47	12	13	3	12	4	7	■	15	
5	13	14	14	12	15	15	17	■	

(a) Zona 1. Barri Nord, barri Santa Eugènia i barri Oest

	10	14	2	3	6	4	5	
10	■	8	6	4	4	3	4	
14	8	■	9	9	7	8	5	
2	7	11	■	3	6	4	7	
3	4	9	5	■	4	2	5	
6	4	7	11	4	■	3	3	
4	5	8	9	6	2	■	3	
5	5	6	8	6	3	4	■	

(b) Zona 2. Barri Sud, un DEA del barri Est i un DEA de l'Eixample sud

	28	31	30	37	24	40	41	5	
28	■	8	5	5	2	9	7	7	
31	8	■	3	3	8	3	1	13	
30	8	5	■	2	5	3	2	12	
37	6	5	2	■	5	4	2	12	
24	4	6	2	4	■	6	5	6	
40	10	6	3	4	9	■	3	12	
41	7	4	1	2	7	3	■	13	
5	8	13	11	13	7	12	11	■	

(c) Zona 3. Eixample Nord

	38	36	35	46	39	34	32	5	
38	■	9	5	6	12	13	12	15	
36	3	■	6	8	4	8	6	9	
35	7	9	■	10	10	11	9	12	
46	6	13	8	■	15	16	14	17	
39	9	8	11	14	■	5	4	14	
34	13	8	10	15	9	■	2	13	
32	12	6	8	14	7	2	■	11	
5	15	10	12	17	12	12	10	■	

(d) Zona 4. Sis DEA del Centre, barri Montjuïc i un DEA del Barri Est

	9	17	7	22	18	25	8	19	5
9	■	2	7	8	3	6	6	4	7
17	4	■	5	6	1	5	4	4	6
7	9	7	■	6	7	10	4	11	9
22	6	3	6	■	3	7	5	6	8
18	3	4	5	5	■	4	6	2	5
25	8	7	10	10	4	■	11	2	6
8	7	5	3	4	5	9	■	8	10
19	5	7	9	8	3	3	9	■	4
5	9	11	13	12	7	7	12	5	■

(e) Zona 5. Barri Mas Xirgu, sis DEA de l'Eixample sud i un DEA del Centre

Taula 13. Submatrius de cada zona

Una vegada creades les matrius que representen els grafes de cada zona ja podem accedir als algorismes que ens interessin. En el nostre cas *Viajante de comercio (TSP) a coste mínimo –MILP* (vegeu Figura 51).

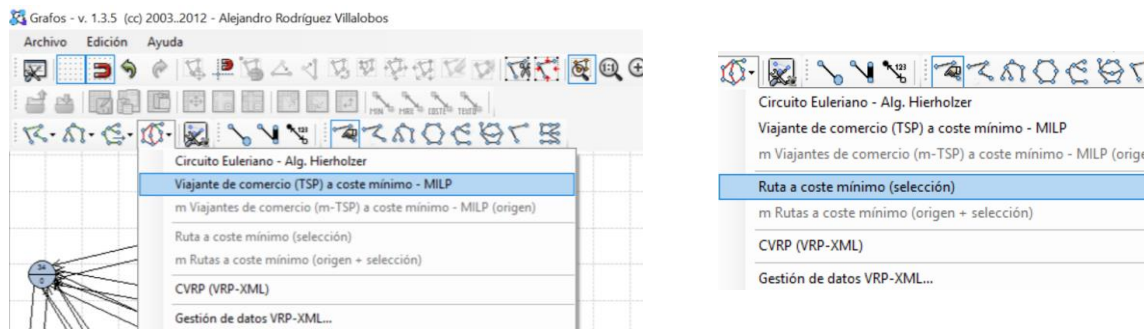


Figura 51. Selecció algorisme de processament del graf

5.5 Resultats

En aquest apartat es mostren els resultats que s’han obtingut per cada una de les zones. Per cada zona es mostra en forma de taula quin és el recorregut que s’hauria de fer per tal d’optimitzar el temps. En Figura 52 es mostra l’ordre del recorregut en què s’han de visitar els DEA de cada zona sobre el mapa.

5.5.1 Zona 1. Barri Nord, barri Santa Eugènia i barri Oest

	Adreça	Descripció
1	5 C/ Pic de Peguera, 15	Parc Científic i Tecnològic UdG
2	49 Pl. de l’Om, 1	Biblioteca JM Casero
3	42 C/ Joan Josep Tharrats, 2	Davant Cinemes OCINE
4	45 Ctra. Taialà, 75	Escola Taialà
5	21 C/ Santa Eugènia amb C/ Guillerries, 125	C. Sta. Eugènia - C Guillerries
6	11 C/ Taga, 9	Piscina Municipal Can Gibert
7	20 Pg. D’Olot, 41	Pavelló municipal Santa Eugènia
8	47 C/Pedret, 111	Davant Institut Narcís Xifra
9	5 C/ Pic de Peguera, 15	Parc Científic i Tecnològic UdG

5.5.2 Zona 2. Barri Sud, un DEA del barri Est i un DEA de l’Eixample Sud

	Adreça	Descripció
1	5 C/ Pic de Peguera, 15	Parc Científic i Tecnològic UdG
2	14 C/ Germans Lumiere, s/n	Pavelló Vilaroja
3	10 C/ Àngel Serradell, 8	Escola Bressol l’Olivera
4	2 C/ Joaquim Riera, 20	Escola Bressol Garbí
5	3 C/ Església de Sant Miquel, 16	Camp Futbol Torres de Palau
6	4 C/ M ^a . Aurèlia Capmany, 69	UdG Facultat de Ciències
7	6 C/Universitat de Girona, 4, acc	UdG Escola Politècnica Superior P2
8	5 C/ Pic de Peguera, 15	Parc Científic i Tecnològic UdG

5.5.3 Zona 3. Eixample Nord

		Adreça	Descripció
1	5	C/ Pic de Peguera, 15	Parc Científic i Tecnològic UdG
2	24	Pl. Calvet i Rubalcaba, 15	Mercat Municipal
3	30	Pl. Marquès de Camps	Plaça Marquès de Camps
4	40	Pg. Devesa (davant auditori), 35	Parc de la Devesa
5	31	Pl. Miquel de Palol, 3	Plaça Miquel de Palol
6	41	c/ Joaquim Vayreda amb c/ Güell, s/n	C. Joaquim Vayreda - C. Güell
7	37	c/ Berenguer Carnicer, 1	Rotonda del rellotge
8	28	Plaça Catalunya	Pl. Catalunya, costat Girocleta
9	5	C/ Pic de Peguera, 15	Parc Científic i Tecnològic UdG

5.5.4 Zona 4. Set DEA del Centre i un DEA del barri Est

		Adreça	Descripció
1	5	C/ Pic de Peguera, 15	Parc Científic i Tecnològic UdG
2	39	Placeta de l'Institut Vell	Museu d'Història
3	34	Grup Torre Gironella, 102	Local social Torre Gironella
4	32	Pl. Ferrater Mora, 1	UdG Facultat de Lletres
5	36	Rambla de la Llibertat, 50	Rambla de la Llibertat
6	38	c/ Pou Rodó, 4	Oficina Municipal Habitatge
7	46	Rda. Fort Roig, 19-b	Local Social Montjuïc
8	35	Pl. Independència amb c/ Sta. Clara, 18	Plaça Independència
9	5	C/ Pic de Peguera, 15	Parc Científic i Tecnològic UdG

5.5.5 Zona 5. Barri Mas Xirgu, sis DEA de l'Eixample sud i un DEA del Centre

		Adreça	Descripció
1	5	C/ Pic de Peguera, 15	Parc Científic i Tecnològic UdG
2	9	c/ Migdia (davant escola Migdia), 113	Carrer Migdia, front c. Saragossa
3	17	c/ Barcelona, davant del carrer Cassià Costal, 96 acc	Entrada oest Parc del Migdia
4	8	Plaça Empúries (sota porxos), 3	Pl. Empúries. Costat MIFAS
5	7	Ctra Santa Coloma, 72	Mossos d'Escuadra Trànsit
6	22	Pl. Assumpció, 26	C.C. St Narcís - Punt de lectura
7	18	Carrer Emili Grahit, 6	Biblioteca i centre d'art
8	25	c/Morató i Grau, 8 acc	Parc Vista Alegre
9	19	Carrer Creu, 1	UdG Facultat de Medicina i Infermeria
10	5	C/ Pic de Peguera, 15	Parc Científic i Tecnològic UdG

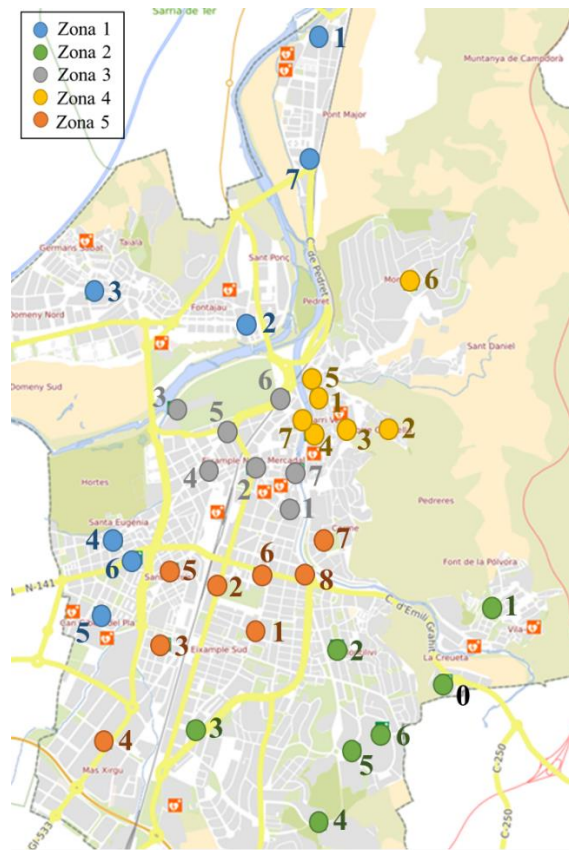


Figura 52. Ordre que cal seguir en les rutes de cada zona

6 Aplicació web de suport a la cardioprotecció

En aquest darrer apartat presentaré una aplicació web que ens permetrà reproduir l'estudi que s'ha realitzat a la ciutat de Girona. L'aplicació que presento es podrà utilitzar per avaluar qualsevol altre territori del que en coneixem la distribució dels DEA.

Per descriure com he desenvolupat l'aplicació en primer lloc presentaré el QGIS i a continuació explicaré els diferents passos que he seguit.

6.1 Entorn de desenvolupament

Un Sistema d'Informació Geogràfica o GIS és un sistema format per tres components principals:

- Un conjunt de dades digitals que representen la informació geogràfica que es podrà visualitzar i analitzar utilitzant un determinat maquinari i programari.
- El maquinari usat per guardar la informació, visualitzar-la i processar-la
- El programari que corre sobre el maquinari permeten gestionar les dades digitals. Aquest programari és el que es coneix com Aplicació GIS. Aquesta aplicació permet obrir mapes i afegir nova informació sobre ells, realitzar càlculs o fer qualsevol tipus d'operació en funció de les necessitats de l'usuari.

Per fer el desenvolupament de l'aplicació web he utilitzat el QGIS, el mateix entorn que vaig aplicar a un dels estudis presentats en el capítol 3. QGIS és un Sistema d'Informació Geogràfica de Codi Obert llicenciat sota la llicència GNU - GPL. És un projecte oficial d'Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) que pot executar-se en Linux, Unix, Mac OSX, Windows i Android.

En el meu cas he treballat amb la versió 3.6 per Windows, tot i que el desenvolupament realitzat es podria executar sota els altres entorns. He escollit aquest entorn pel fet de ser de codi lliure i per tenir una gran comunitat al darrera fent desenvolupament per ampliar les funcionalitats que ofereix. A més a més, després de fer un primer anàlisi de l'entorn he vist que oferia totes les funcionalitats que necessitava per poder reproduir el meu estudi. Per més detalls de l'entorn es pot consultar <https://www.qgis.org/ca/site/> (vegeu Figura 57).



Figura 53. QGIS és un Sistema d'Informació de Codi Obert llicenciat sota la llicència GNU-GPL

6.2 Objectiu de l'aplicació

L'objectiu de l'aplicació que es proposa és doble. En primer lloc interessa poder analitzar tota la informació estudiada en els capítols anteriors i, en segon lloc, en cas d'urgència que ens permeti saber quin és el DEA més pròxim.

6.3 El procés de creació

El QGIS treballa per projectes i cada projecte està format per un conjunt de capes. L'usuari ha de determinar quina és la informació que vol visualitzar o sobre la que vol treballar en cada una de les capes i també ha de determinar com vol mostrar aquestes capes per poder veure en cada moment el que li interessa.

6.3.1 Preparació de les dades

Com a informació bàsica per desenvolupar l'aplicació tenim el fitxer .gpx amb les coordenades de tots els desfibril·ladors de la ciutat de Girona. Aquesta informació, com ja s'ha comentat anteriorment, s'ha obtingut de <http://terra.girona.cat/vu/desfibriladors/#>

El fitxer .gpx descarregat mostra les coordenades GPS del desfibril·lador i el tipus de desfibril·lador. Per poder oferir una aplicació web més completa hem editat el fitxer afegint tres columnes amb informació de nom de la ubicació, adreça i un enllaç directe del Google Maps d'on està el desfibril·lador. En la Figura 54 s'observa com ha quedat la taula després de la modificacions.

Polígonos Voronoi exteriors :: Objetos totales: 36, Filtrados: 36, Seleccionados: 0

fid	name	cmt	desc	src	type	area
1	2 D-15 (exterior)	C/ Joaquim Rier...	Escola Bressol G...	https://www.go...	exterior	860093,166821...
2	3 D-22 (exterior)	Carrer Església ...	Camp Futbol To...	https://www.go...	exterior	374734,289708...
3	4 P-2 (exterior)	C/ M ^a . Aurèlia C...	UdG Facultat de...	https://www.go...	exterior	438205,450679...
4	5 P-1 (exterior)	C/ Pic de Peguer...	Parc Científic i Te...	https://www.go...	exterior	860597,797335...

Figura 54. Columnes del QGIS després de l'edició

6.3.2 Pantalla d'inici

En la Figura 55 es mostra la primera pantalla del QGIS. Com es pot veure en la part superior d'aquesta interfície web hi ha la barra de menús, en la part central hi ha la zona de treball en la que es visualitza la informació i en els laterals hi ha els menús de suport. En la part de l'esquerra hi ha el submenú de navegació i el de capes.

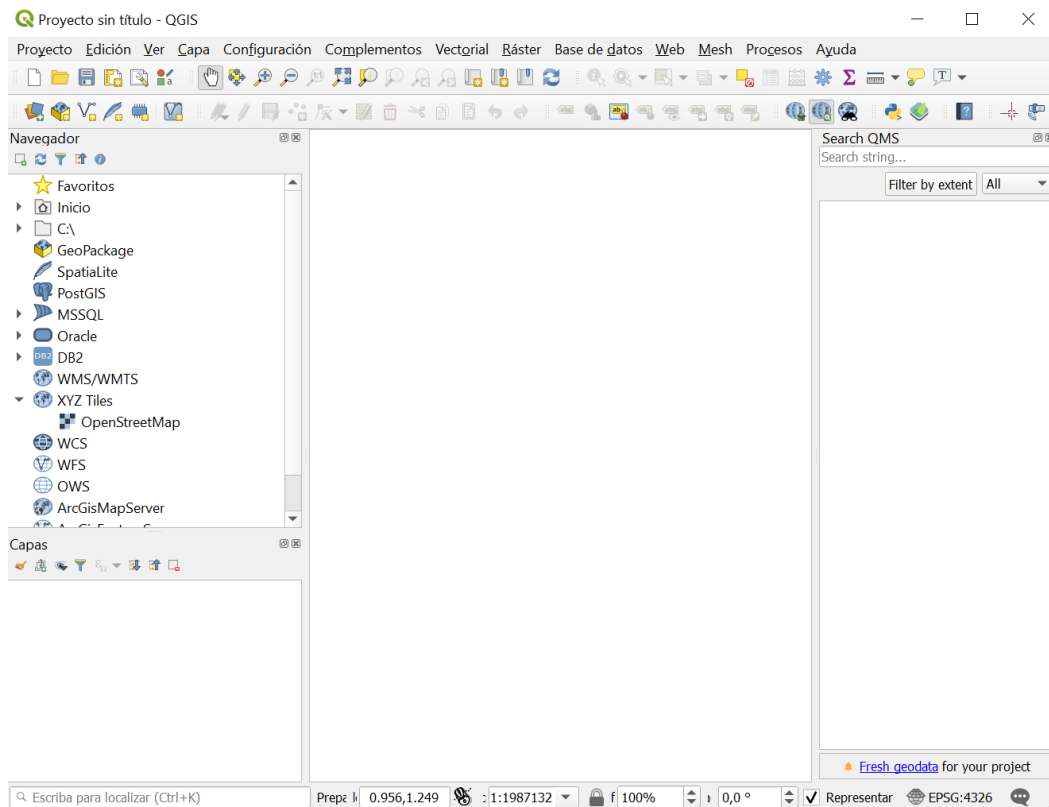


Figura 55. Interfície inicial del QGIS.

6.3.3 Creació capa de DEA

Començarem creant la capa de DEA. Per fer-ho caldrà importar les dades de l'arxiu .gpx que prèviament ens hem descarregat i guardat. Com es mostra en la Figura 56, aquesta importació es realitzarà *seleccionant del menú principal l'opció capa i del seu submenú l'opció Afegir Capa*. De les diferents opcions que es mostren escollim *l'opció capa vectorial*. A continuació, ens apareix la interfície de la Figura 57 a partir de la qual carregarem el fitxer en el que tenim guardades les coordenades dels 51 DEA .

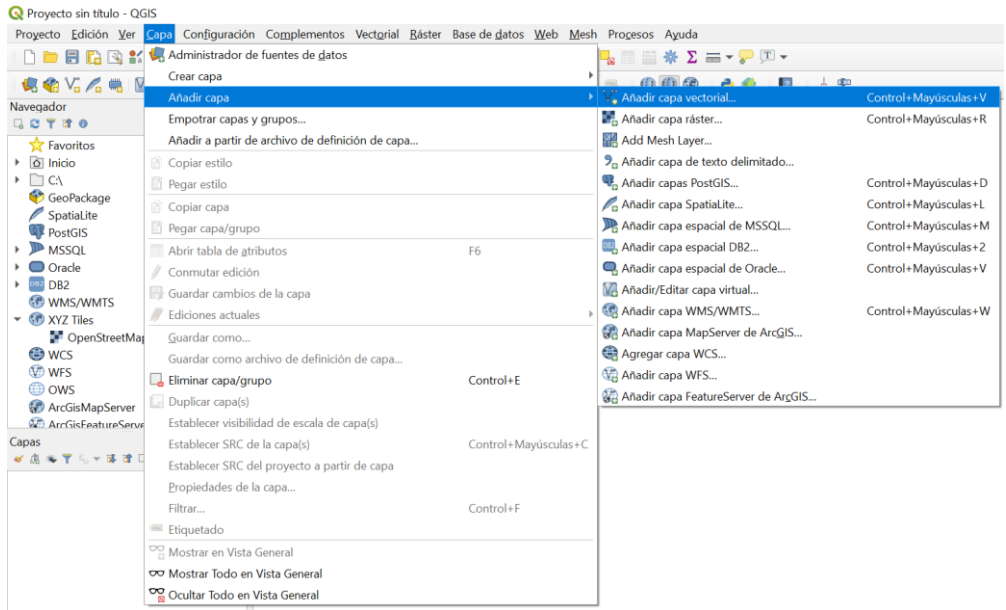


Figura 56. Menús de creació de capa vectorial

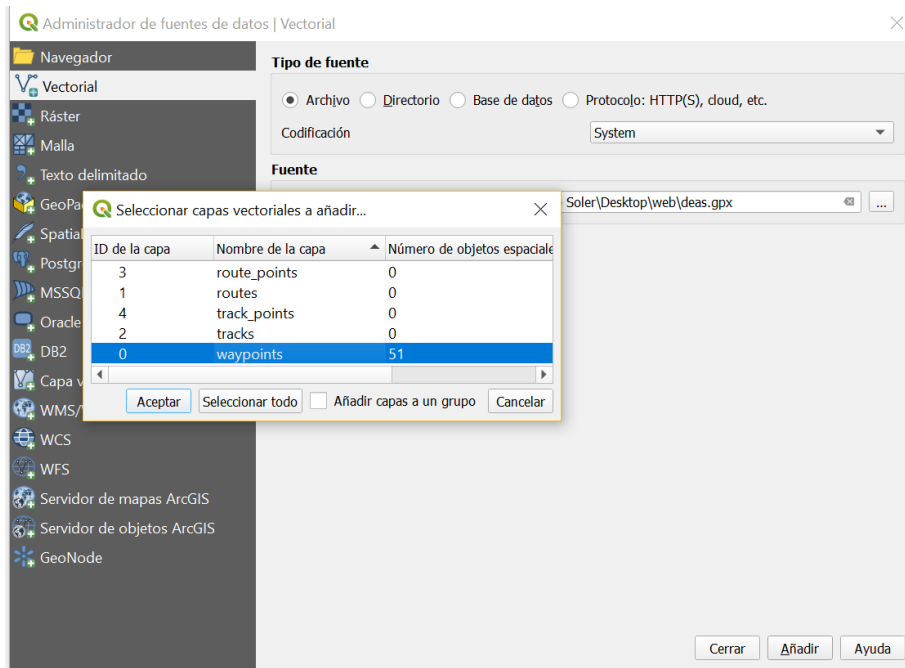


Figura 57. Menú de càrrega del fitxer amb les coordenades de DEA per crear la capa

Un cop carregat el fitxer ja tenim la capa amb la informació dels DEA creada. Com es pot veure en la Figura 58, en el menú lateral de l'esquerra en la part inferior ens apareix una finestra amb el nom *CAPEs* i podem veure que apareix *dea waypoints*. Es pot observar que al costat del nom hi ha un símbol que representa un cercle de color vermell. En la part central ens apareixen els 51 DEA cada un d'ells representant amb un cercle vermell com el que ens apareix al costat del nom de la capa.

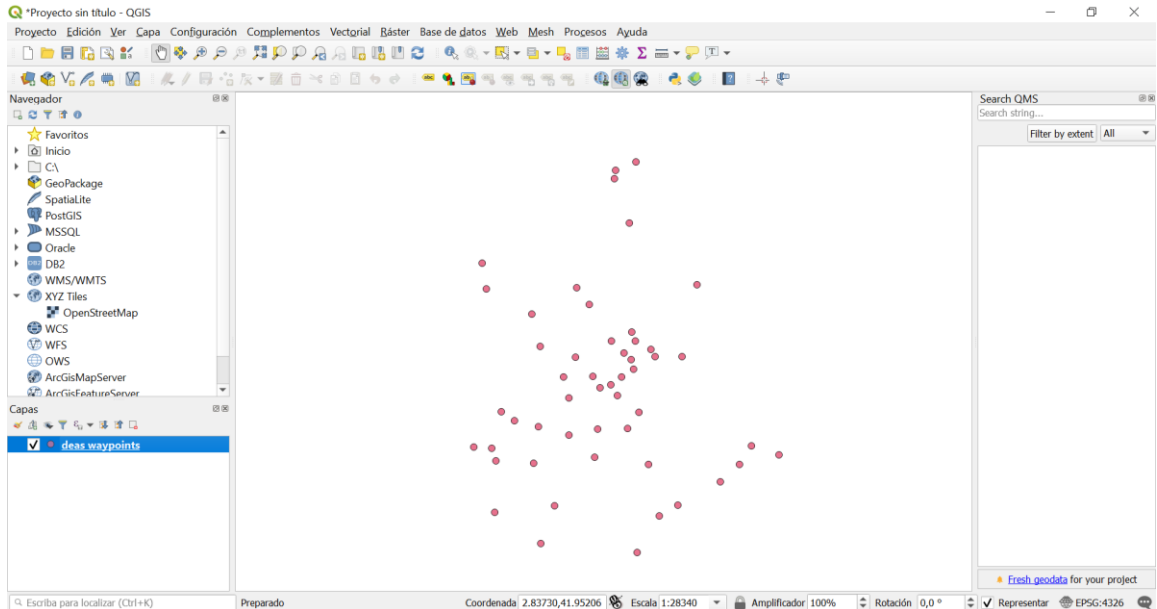


Figura 58. Capa amb la informació dels 51 DEA

6.3.4 Creació capa àrees de cobertura dels DEA

Una vegada representades les localitzacions dels diferents DEA ens interessa saber quines són les seves àrees de cobertura. El QGIS té una funcionalitat que permet crear diagrames de Voronoi a partir d'un conjunt de seus. Per tant, el següent pas consisteix en fer la capa de Voronoi a partir de la capa amb les localitzacions dels desfibril·ladors.

En la Figura 59 es mostren els passos a seguir per construir el diagrama de Voronoi. Escollim del menú principal l'opció *Vectorial*, del submenú les *Eines de Geometria* i del seu submenú el *polígon de Voronoi*. El resultat que s'obté és el que es mostra en la Figura 60.

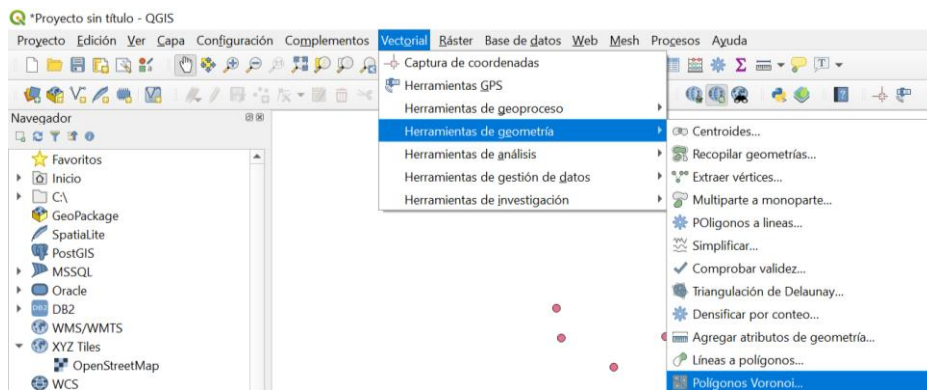


Figura 59. Creació del mapa de Voronoi prenen com a seus els DEA

Tal i com es pot observar en la Figura 60, la capa de Voronoi ja s’ha creat i ja ens apareix al menú Capes. Tot i això, es crea per defecte amb opacitat al 100%, la qual cosa no ens permet veure la capa de punts. Per visualitzar la capa de Voronoi i la del DEA simultàniament ens caldrà modificar l’opacitat del diagrama de Voronoi a partir del menú d’edició de capes.

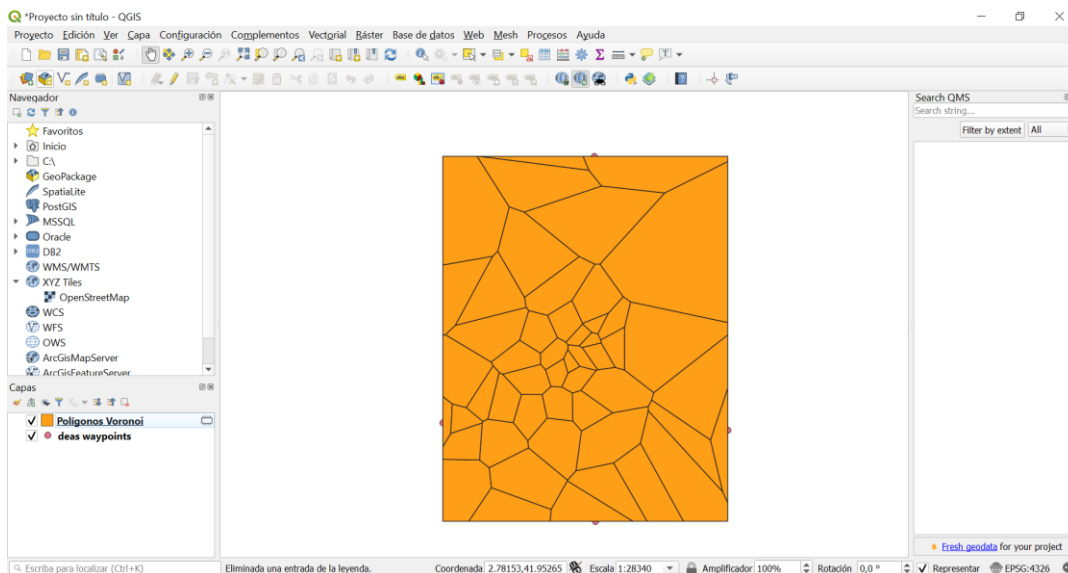


Figura 60. Àrees de cobertura dels DEA a partir del diagrama de Voronoi

Per tal d’editar les capes només cal anar al menú Capes i fer clic amb el botó dret sobre la capa que es vol editar. Les opcions que apareixen són les que es mostren en la Figura 61, en aquest cas només caldria canviar-ne l’estil.

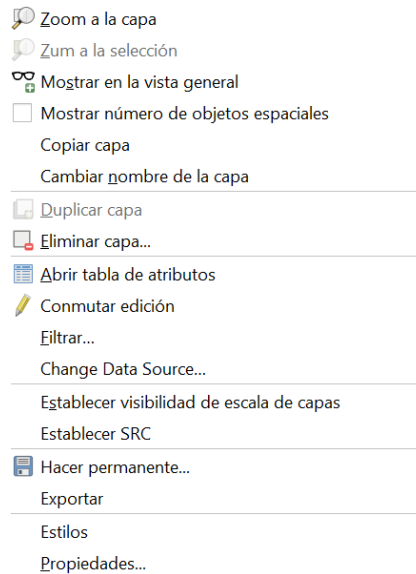


Figura 61. Menú edició de capes

D'altra banda, com que també ens interessa tenir una capa amb el diagrama de Voronoi però només amb els desfibril·ladors externs, el que es farà serà duplicar la capa de punts i llavors eliminar-ne els que no ens interessa. Per fer-ho primer cal activar l'opció de *commutar edició*. Un cop fet, es repetirà el procés explicat anteriorment per fer una nova capa amb el diagrama de Voronoi dels DEA seleccionats. Al repetir el procés en el menú de capes ens apareixeran totes les capes creades (vegeu Figura 62).

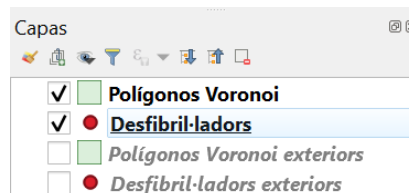


Figura 62. Capes dels diagrames de Voronoi dels DEA exteriors i de tots els DEA

6.3.5 Visualització dels DEA i àrees de cobertura sobre el mapa de Girona

Per poder interpretar millor el resultats obtinguts posarem una capa perquè les capes que s'han creat es vegin sobre el mapa. Per defecte, el QGIS té els mapes de l'OpenStreetMap però també hi ha l'opció d'exportar el mapa que més t'interessi. En aquest cas, s'ha seguit el procediment de la Figura 63 per carregar el mapa del QGIS .

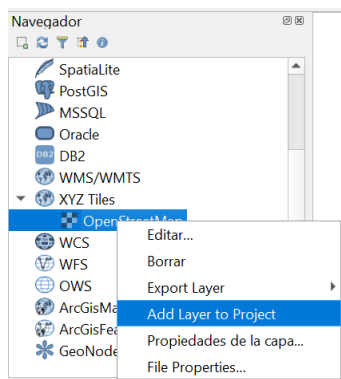


Figura 63. Menú de selecció de mapes

En la Figura 64 es mostra el resultat final.

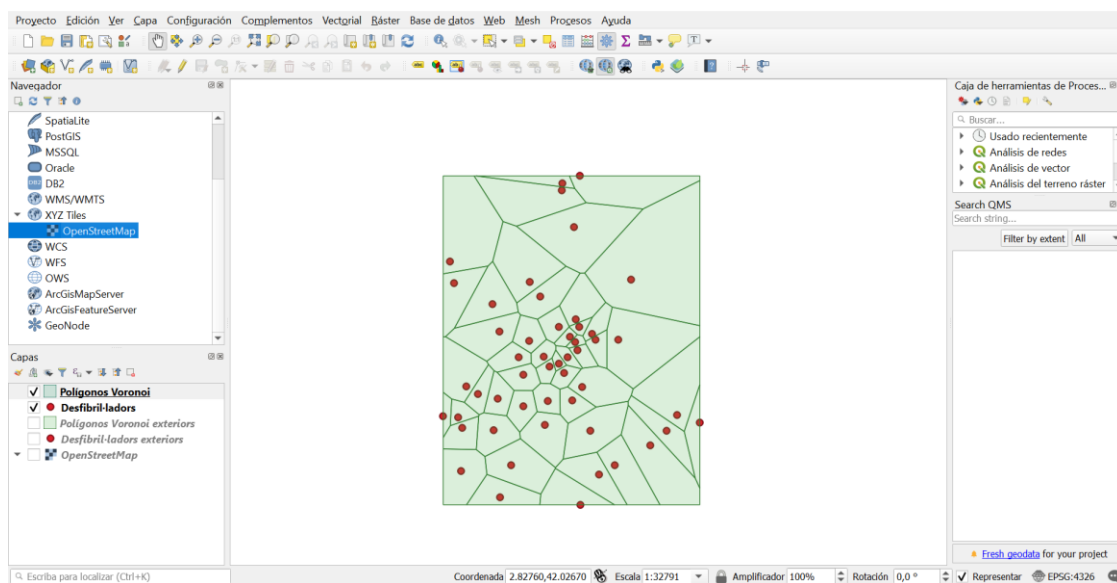


Figura 64. Visualització conjunta dels DEA i les seves àrees de cobertura

6.4 Creació de la web

Per crear la web amb tota la informació generada en els apartats anteriors hem d'anar a l'opció *Web* del menú principal (vegeu Figura 65). Del submenú que apareix escollim l'opció *qgis2web*.

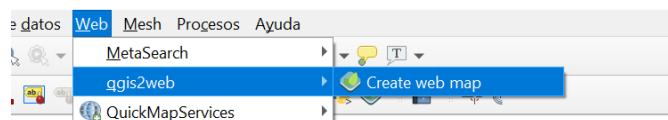


Figura 65. Menú per crear la web

La transformació de qgis2web requereix la definició d'una sèrie de paràmetres que cal definir prèviament. Aquests paràmetres estan agrupats en les quatre pestanyes que es mostren a la Figura 66. En el nostre cas només ens interessa treballar amb la primera i la segona pestanya anomenades *Layers and Groups* i *Appearance*, respectivament.

6.4.1 Selecció de capes de la web

A la primera pestanya (vegeu Figura 66) s'escull quines capes vols que surtin per defecte a l'entrar a la web. En el nostre cas, s'han escollit per defecte, la capa del mapa, la dels punts on hi ha tots els desfibril·ladors (tant exteriors com interiors) i les àrees de cobertura, és a dir la capa del diagrama de Voronoi corresponent. També s'escull l'opció de que l'usuari pugui activar i desactivar les capes que vulgui. És a dir, pot canviar les capes que s'han triat per defecte, per les capes que fan referència als desfibril·ladors exteriors. D'aquesta manera es pot veure tota la informació que s'ha calculat.

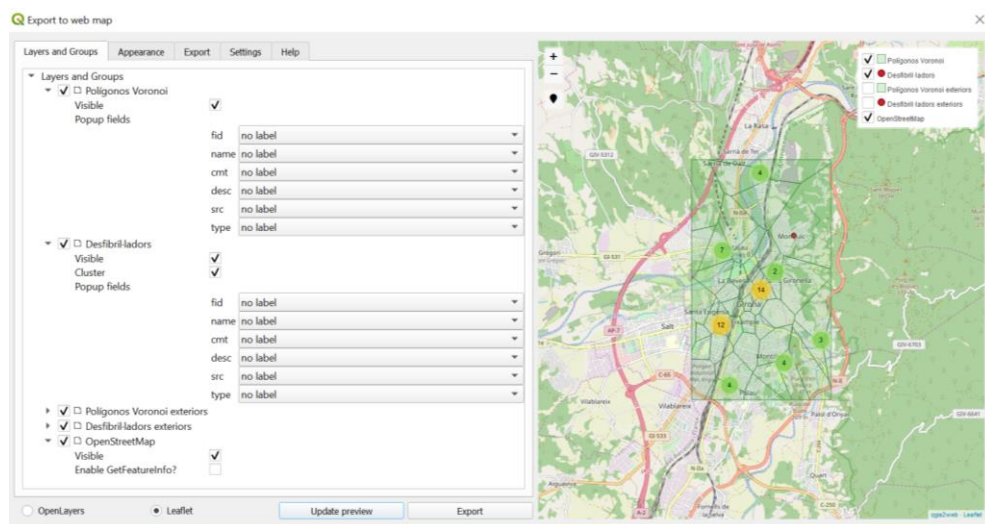


Figura 66. Pestanya de selecció de capes que apareixeran en la web

6.4.2 Geolocalització usuari

A la segona pestanya (vegeu Figura 67), s'escull l'opció de que demani la geolocalització de l'usuari per poder-lo situar en el mapa i posteriorment faci zoom en aquella zona.

Aquesta geolocalització et permet saber a quina àrea de cobertura del mapa estàs i per tant saber quin és el desfibril·lador que tens més proper.

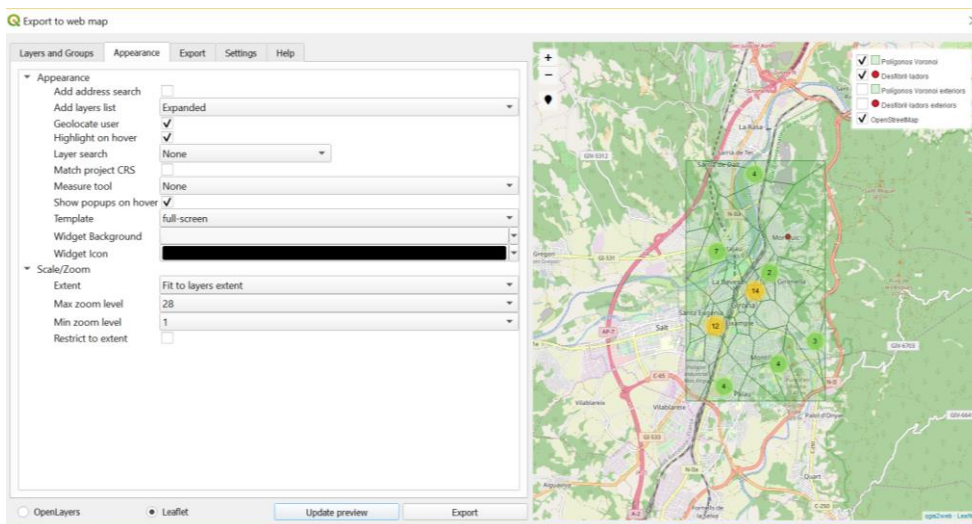


Figura 67. Pestanya per activar la geolocalització a la web

6.4.3 Ajustaments finals

Una vegada realitzats els passos anteriors podem exportar tot el codi associat prement l’opció *Export* del botó inferior de la Figura 67. Per mostrar a l’usuari el màxim d’informació he modificat el fitxer *index* (vegeu Figura 68) amb un editor de text aprofitant la informació que havia introduït en el fitxer *.gpx* (vegeu apartat 6.3.1). Aquesta modificació ens permet veure directament sobre el mapa tota la informació del DEA més proper. Tots els detalls es troben a l’Annex D.

6.5 Instal·lació

El QGIS manté tota la informació en un sistema de carpetes. Aquestes carpetes són les que s’han d’instal·lar en el dispositiu en el què es vulgui fer córrer l’aplicació. En la Figura 68 es mostren les carpetes de la nostra aplicació.

Nombre	Fecha de modificación	Tipo
css	01/06/2019 23:07	Carpeta de archivos
data	01/06/2019 23:07	Carpeta de archivos
js	01/06/2019 23:08	Carpeta de archivos
legend	01/06/2019 23:08	Carpeta de archivos
webfonts	01/06/2019 23:07	Carpeta de archivos
index	01/06/2019 23:07	Chrome HTML Docu...

Figura 68. Contingut de la carpeta creada al fer l’exportació

A continuació s'explica que hi ha a l'interior de cada carpeta:

- *css*: s'hi troben els fulls d'estil
- *data*: conté la informació de les quatre capes (capa de punts dels DEA exteriors i capa de l'àrea de cobertura d'aquests punts, capa de punts de tots els DEA i capa de l'àrea de cobertura)
- *js*: conté els scripts de Javascript
- *legend*: hi ha la informació que es mostrarà a la llegenda
- *webfonts*: es defineix el format de les fonts

Finalment hi ha l'index, el fitxer html que dona accés a la web. Quan es selecciona aquest fitxer s'accedeix a la web que es mostra a la Figura 69. La pantalla que ens apareix mostra un mapa amb les localitzacions de tots els DEA i la seva àrea de cobertura. A la part dreta ens apareix un menú de control per determinar què volem que estigui activat. A la part esquerra trobem els controls per fer el zoom, i sota aquests, l'opció de geolocalització.

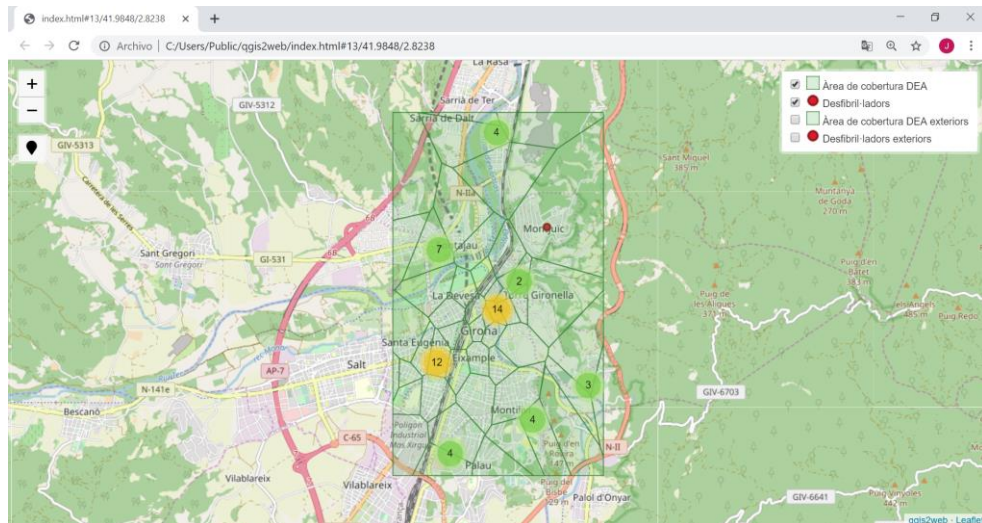


Figura 69. Interfície de la web

Si escollim l'opció de geolocalització, automàticament es fa zoom en la zona a on estem (vegeu Figura 70).

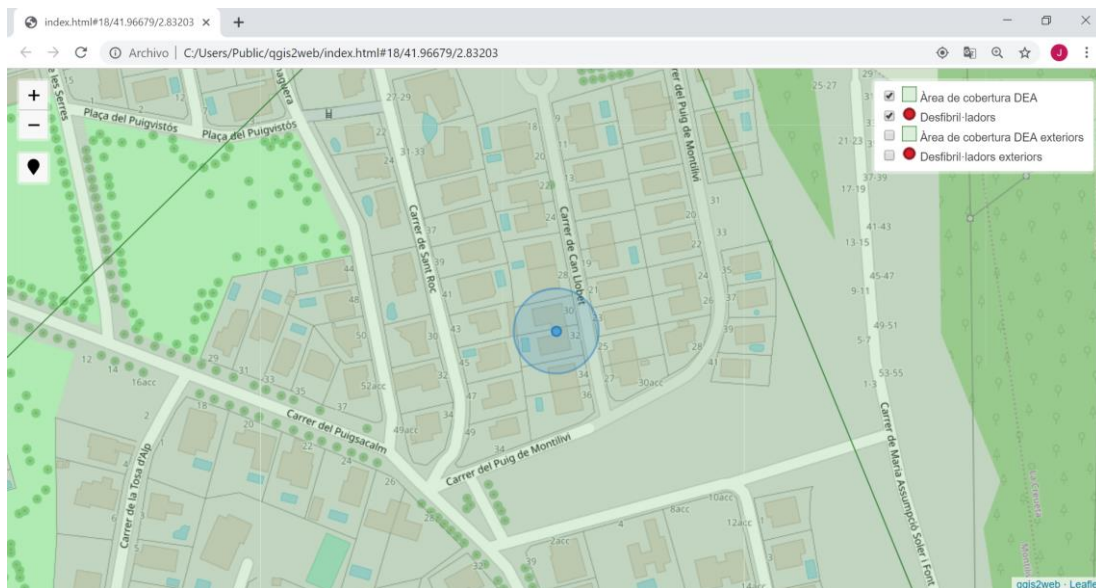


Figura 70. Zoom de la zona geolocalitzada

Un cop sabem quina es la nostra localització si premem en qualsevol punt de l'àrea de cobertura a on estem geolocalitzats ens apareix quin és el DEA més proper (vegeu Figura 71).

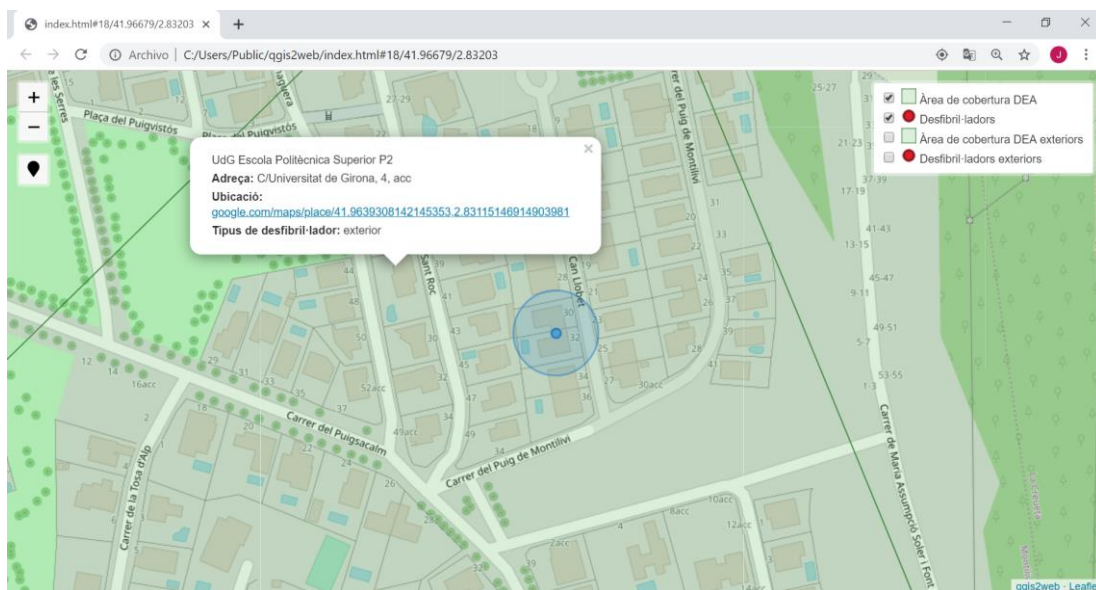


Figura 71. Informació del DEA més proper a la zona geolocalitzada

En la Figura 72 es mostra un exemple de la web només tenint en compte els DEA exteriors i mostrant-ne informació d'un d'ells. Per accedir a aquesta opció ho hem fet a través del menú de control de la part superior dreta.

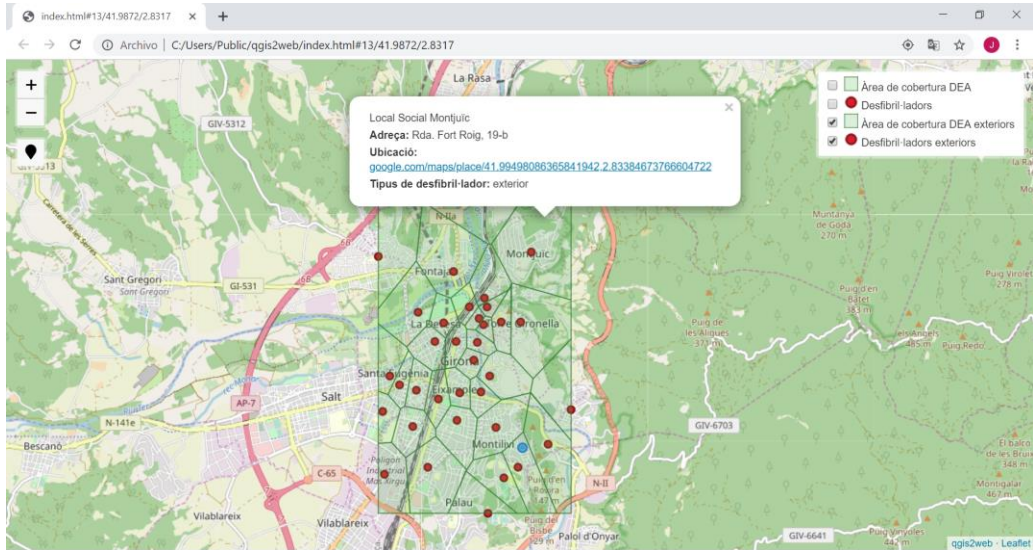


Figura 72. Visualització dels DEA exteriors

6.6 Generalització de l'aplicació

Tot i que l'aplicació s'ha creat considerant només la nostra àrea d'estudi tot el procés es podria aplicar sobre qualsevol altre territori del que coneixem les ubicacions dels seus DEA a partir del corresponent fitxer .gpx. Només cal seguir els passos següents:

1. Descàrrega del fitxer .gpx amb les coordenades del DEA
2. Modificació del fitxer per introduir la informació que volem que surti associada a cada DEA
3. Creació de capa de DEA
4. Creació de Capa amb àrees de cobertura a partir de la funció diagrama de Voronoi del QGIS
Edició de paràmetres per treballar amb transparències
5. Selecció del mapa de QGIS
6. Exportació web

7 Resum del pressupost

El pressupost per la millora de cobertura del nivell de cardioprotecció de la:

- proposta 1 és de 28.294,04€ (vint-i-vuit mil dos-cent noranta-quatre euros amb quatre cèntims)
- proposta 2 és de 28.294,04€ (vint-i-vuit mil dos-cent noranta-quatre euros amb quatre cèntims)
- proposta 3 és de 29.994,97€. (vint-i-nou mil nou-cents noranta-quatre euros amb noranta-set cèntims)

8 Conclusions

Els desfibril·ladors externs automàtics (DEA) s'han convertit en dispositius d'instal·lació obligatòria en determinats punts de les ciutats ja que el seu ús pot ajudar a salvar vides en el cas d'aturades cardiorespiratòries. Moltes ciutats, a més de les ubicacions fixades per llei, han instal·lat DEA en altres punts per oferir un millor nivell de cardioprotecció als seus habitants. Determinar el nombre i les ubicacions dels DEA no és un problema fàcil de tractar i en moltes ocasions la distribució seguida pot no ser la més òptima.

Girona va ser una de les primeres ciutats en instal·lar DEA convertint-se en un referent en temes de cardioprotecció. L'objectiu d'aquest treball ha estat analitzar la distribució de DEA de la ciutat de Girona per identificar les seves mancances i poder proposar millores. Per assolir aquest objectiu s'ha realitzat un treball dividit en cinc fases.

Fase 1. En una primera fase, s'ha realitzat un estudi teòric del DEA veient com a partir d'una descàrrega elèctrica es pot aturar un procés de fibril·lació cardíaca. A més a més, s'han presentat els criteris proposats per organitzacions que treballen a nivell mundial com són *l'American Heart Association* o *l'European Resuscitation Council* per fomentar l'ús dels DEA i definir el criteris que determinen la seva millor ubicació. En aquest sentit hem vist que les dues organitzacions consideren com a paràmetres principals: el temps de resposta (cal aplicar la desfibril·lació abans de 3 minuts per evitar que els danys de la víctima incrementin), la quantitat de gent (quan més gent més risc d'aturada) i les zones on es fan activitats de risc (quan més risc més probabilitat de patir una aturada cardiorespiratoria).

Fase 2. Prenent de referència els paràmetres proposats per col·locar els DEA, en una segona fase del projecte, s'han dissenyat tres estudis per avaluar la distribució actual de DEA de la ciutat. S'han introduït els conceptes: àrea de cobertura d'un DEA (àrea que conté tots els punts que tenen aquell DEA com a més proper), àrea real de cobertura d'un DEA (tots els punts als que es pot anar i tornar des del DEA amb menys de 3 minuts) i nivell de cardioprotecció (classificació en funció de la relació entre l'àrea de cobertura i l'àrea real de cobertura). S'han proposat i implementant mètodes per poder calcular els seus valors de forma automàtica utilitzant com a eines de treball el Matlab i el QGIS. Prenent com a base aquests conceptes i la distribució actual dels DEA s'han realitzat tres estudis.

- En un primer estudi, s'ha analitzat la distribució de DEA de Girona considerant les àrees de cobertura, les àrees reals de cobertura, considerant circumferències centrades en el DEA i radis de 200, 250 i 300 metres, i els nivells de cobertura. S'ha vist que no hi ha cap relació entre les àrees de cobertura dels DEA i tampoc hi ha cap relació entre distribució de DEA i organització per barris. Quan considerem l'àrea real de cobertura del DEA podem distingir tres patrons de comportament: zones sobrecobertes en la part

central de la ciutat; zones de nivell mig en la part inferior de la zona central i zones de baix nivell en tota la perifèria de la ciutat. Pel que fa als nivells de cobertura hem vist que en el millor dels casos, que correspon al radi de 300 metres, un 20% de les zones no tenen una bona cobertura

- En un segon estudi s'ha estudiat si en la distribució de DEA de Girona s'ha considerat la distribució de la població. Analitzant sobre tota la població de Girona hem vist que la relació és d'un DEA exterior per cada 2792 habitants i en el cas de considerar-los tots és d'un DEA cada 1971 habitants. Respecte Barcelona, Tarragona i Lleida hem vist que Girona és la que té millor cobertura. També hem vist que hi ha certa dependència entre el nombre d'habitants i la distribució de DEA. Pel que fa la relació superfície habitable i nombre de DEA, la dependència és més dèbil.
- En un tercer estudi s'ha estudiat si la distribució de DEA de Girona ha tingut en compte les situacions o activitats de risc. Hem pogut observar que les zones més turístiques de la ciutat queden protegides i que pràcticament totes les zones que per decret han de tenir DEA, el tenen.

Pels resultats dels diferents estudis es pot pensar que la distribució de DEA a Girona es va prioritzant els llocs de màxima visibilitat, és a dir llocs cèntrics i turístics. Aquesta estratègia va fer que els nivells de cardioprotecció entre barris fossin molt diferents, el barri Sud té un nivell molt baix mentre el Centre el té molt alt.

Fase 3. Per equilibrar i millorar els nivells de cardioprotecció a nivell global, en la tercera fase del projecte s'han fet tres propostes de millora.

- Proposta 1. Millora de la cobertura reubicant tots els DEA interiors i passant-los a exteriors. Amb aquesta proposta es millora la situació a nivell de cardioprotecció de forma global. El problema és que continuen quedant zones sobreprotegides mentre d'altres queden descobertes. Per tant, es podria fer una distribució més eficient per intentar tenir un mateix nivell de cardioprotecció a tota la ciutat.
- Proposta 2. Millora de la cobertura reubicant tots els DEA interiors i passant-los a exteriors i reubicant DEA de zones sobreprotegides. Considerant aquesta opció la situació a nivell de cardioprotecció millora de forma considerable. Tot i quedar alguna zona sense protecció total, aquesta proposta és la més econòmica i amb la que s'obté una millor cobertura.

- Proposta 3. Millora del nivell de cobertura afegint DEA a la xarxa actual. Aquesta opció manté les zones sobreprotegides, no optimitza l'ús dels DEA interiors i a més a més és la més costosa des del punt de vista econòmic.

Fase 4. En una quarta fase ens hem centrat en el manteniment del DEA i com podíem optimitzar la seva gestió. Ens hem centrat en el manteniment planificat que cal realitzar anualment. Hem plantejat el problema del manteniment com el problema del viatjant de comerç. S'ha recollit la informació necessària per poder codificar el problema i s'ha treballat usant el programa Grafos. Amb aquest entorn hem pogut simular diferents situacions i hem acabat fent una proposta de planificació del manteniment per zones. En particular s'ha dividit la ciutat en cinc zones i s'ha fet una ruta de manteniment del DEA per 5 dies considerant un sol treballador o per 5 treballadors en un mateix dia.

Fase 5. En la darrera fase de l'estudi, la número cinc s'ha dissenyat i implementat una aplicació web que ens permet reproduir tot l'estudi realitzat. L'entorn de treball ha estat el QGIS que ens permet a partir d'un sistema de capes treballar amb mapes i sobreposar informació. D'aquesta manera hem pogut sobreposar al mapa de la ciutat de Girona representacions de les àrees de cobertura, àrees reals de cobertura i nivells de cardioprotecció. Hem desenvolupat un funció que una vegada geolocalitzat en el mapa t'indica quin és el DEA que tens més proper en cas d'emergència. El desenvolupament s'ha realitzat de manera que l'estudi es podria reproduir sobre qualsevol altre territori, només caldria tenir la informació de les ubicacions dels DEA i seguir els passos presentats.

S'han assolit els objectius fixats a l'inici del projecte. Tot i això, al llarg del projecte hem vist diferents aspectes que es podrien millorar i que es poden plantejar com a treball futur.

9 Treball futur

Com a propostes de millora dels treball realitzat es proposa:

- Millorar el càlcul de l'àrea real de cobertura. El càlcul de l'àrea de cobertura s'ha obtingut a partir de diagrames de Voronoi fet que ens ha permès tenir resultats exactes. Pel contrari, l'àrea real de cobertura l'hem aproximat per circumferències centrades en el DEA i considerant diferent radi. La distància Euclidiana ha estat la base dels nostres càlculs. Considerem que es podria millorar aquesta aproximació prenent altres mesures de distància.
- Automatitzar el càlcul del nivell de cardioprotecció. En el projecte hem fixat el nivell de cardioprotecció a partir d'una inspecció visual del mapa. Caldria definir un mètode per poder-lo calcular de forma exacta. Es podria realitzar per fases i considerant les interseccions entre les diferents àrees implicades.

Finalment, remarcar que considerem que caldria obligar a totes les empreses/institucions que tenen DEA a tenir-los registrats al DipSalut i obligatòriament posar-los a l'exterior dels edificis. D'aquesta manera augmentaria considerablement el nivell de cardioprotecció de la ciutat i tots els habitants se'n podrien beneficiar.

Girona, 10 de juny de 2019

Júlia Soler Boada

10 Relació de documents

El present projecte es compon dels següents documents:

- Document 1. Memòria i annexos
- Document 2. Pressupost

11 Bibliografia

- AHA. (març / 2019). Recollit de American Heart Association: <https://www.heart.org/>
- Ahmadi-Javid, S. S. (2017). Outpatient appointment systems in healthcare: A review of optimization studies. *European Journal of Operational Research*, Volume 258, Issue 1, 3-34.
- Akahane M, T. S. (2013). Characteristics and outcomes of pediatric out-of-hospital cardiac arrest by scholastic age category. *Pediatric Critical Care Medicine* 14(2), 130–136.
- de Berg. (2008). A. O. C. Mark de Berg, *Computational Geometry: Algorithms and Applications*.
- Decret 151/2000. (abril / 2019). Recollit de <https://portaldogc.gencat.cat/utillsEADOP/PDF/6259/1271330.pdf>
- Decret 25/10/2000. (abril / 2019). Recollit de Decret Xunta: https://www.xunta.gal/dog/Publicados/2000/20001025/Anuncio14756_es.html
- Decret 30/2015. (abril / 2019). Recollit de https://portaljuridic.gencat.cat/ca/pjur_ocults/pjur_resultats_fitxa/?action=fitxa&mode=single&documentId=686710&language=ca_ES
- ERC. (març / 2019). Recollit de European Resuscitation Council: <https://www.erc.edu/>
- GCP. (abril / 2019). Recollit de Girona territori cardioprotegit: <http://www.gironaterritoricardioprotegit.cat/xarxa-dea-fixos/girones/girona/>
- GCP. (abril / 2019). Recollit de Girona territori cardioprotegit: <http://www.gironaterritoricardioprotegit.cat/?lang=es>
- GV. (abril / 2019). Recollit de Girona Vital: https://www.imim.es/media/upload/pdf/loma-osorio_190120108_editora_109_69_1.pdf
- Kitamura, T. I. (2010). Nationwide Public-Access Defibrillation in Japan. *New England Journal of Medicine*, 362(11), 994–1004.
- Matlab. (abril / 2019). Recollit de <https://es.mathworks.com/products/matlab.html>
- QGIS. (maig / 2019). Recollit de <https://www.qgis.org/es/site/>
- Rodriguez, A. (maig / 2019). *Grafos*. Recollit de arodrigu.webs.upv.es/grafos/doku.php?id=inicio
- Samantha J. McDonnell, S. G. (2017). Utstein recommendations for reporting out of hospital cardiac arrest (OHCA) registry studies. *Resuscitation*, Volume 118, Supplement 1, e103.

SEC. (abril / 2019). Recollit de Societat Europea de Cardiologia: <https://www.escardio.org/>

SEM. (abril / 2019). Recollit de Servei d'Emergències Mèdiques: <http://sem.gencat.cat/ca/inici>

UMAT. (abril / 2019). Recollit de Unitat Municipal d'Anàlisi Territorial: <https://www.girona.cat/umat/>

UTE Estratègia Turística de Girona. (maig / 2019). Recollit de <https://seu.girona.cat/portal/dades/transparencia/docs/Pla-Estrategic-Turisme-Analisi-i-Diagnosi.pdf>

Yeung J, O. D. (2011). AED training and its impact on skill acquisition, retention and performance – a systematic review of alternative training methods. *Resuscitation* 82, 657–664.

Annex A Codi Matlab

A continuació, es mostra el codi Matlab per visualitzar les àrees de cobertura i les àrees reals de cobertura de la xarxa de DEA de la ciutat de Girona.

```

1      % Crear gràfica
2      figure()
3
4      % Llista de les coordenades desfibрил·ladors exteriors (A) i de tots els desfibрил·ladors (B)
5      A=[2.8137858000338718 41.96390406784331617;2.82536477473787295 41.95732025274498511;2.82848855694733592
6      B=[2.81185285052273581 41.95859312729172075;2.8137858000338718 41.96390406784331617;2.82536477473787295
7
8
9      % Coordenades x i y per la llista de coordenades A i B
10     x=A(:,1);
11     y=A(:,2);
12     x1=B(:,1);
13     y1=B(:,2);
14
15     % Posar imatge del mapa de fons amb els eixos previamente establerts
16     I = imread('mapa.png');
17     I = flipdim(I,1);
18     image(I,'XData',[2.783 2.898 ],'YData',[41.939 42.03]);
19     hold on
20     axis xy
21
22     % Aplicar algoritme de Voronoi
23     %voronoi(x,y,'k') % Voronoi de la llista de punts A
24     voronoi(x1,y1,'k') % Voronoi de la llista de punts B
25     [V, C]=voronoin(B);
26
27     % Definició del cercles
28     N = length (B) ; % nombre de cercles
29     r = 0.003094766; % radi del cercle
30     th = linspace(0,2*pi) ;
31     x = r*cos(th);
32     y = r*sin(th);
33
34     for i=1:N
35         xc = B(i,1)+x ;
36         yc = B(i,2)+y ;
37         hold on
38         plot(xc,yc,'k','LineWidth',0.5) ;
39         fill(xc,yc,'r','facealpha',0.25)
40     end

```

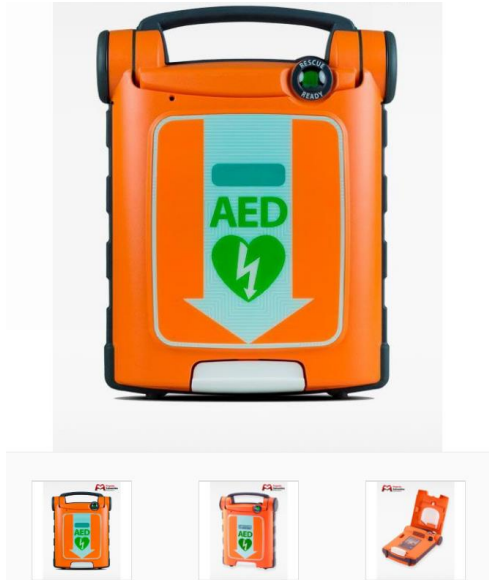

Annex B Àrea de cobertura per DEA exteriors

A continuació es mostra per cada DEA exterior, la seva ubicació i la seva àrea de cobertura calculada amb el QGIS.

Id	Ubicació	Àrea de cobertura (km²)
2	Escola Bressol Garbí	0,86
3	Camp Futbol Torres de Palau	0,37
4	UdG Facultat de Ciències	0,44
5	Parc Científic i Tecnològic UdG	0,86
6	UdG Escola Politècnica Superior P2	0,53
7	Mossos d'Escuadra Trànsit	0,50
8	Pl. Empúries. Costat MIFAS	0,38
9	Carrer Migdia, front c. Saragossa	0,45
10	Escola Bressol l'Olivera	0,60
11	Piscina Municipal Can Gibert	0,21
14	Pavelló Vilaroja	0,58
17	Entrada oest Parc del Migdia	0,26
18	Biblioteca i centre d'art	0,21
19	UdG Facultat de Medicina i Infermeria	0,20
20	Pavelló municipal Santa Eugènia	0,18
21	C. Sta. Eugènia - C Guillerries	0,33
22	C.C. St Narcís - Punt de lectura	0,24
24	Mercat Municipal	0,15
25	Parc Vista Alegre	0,45
28	Plaça Catalunya	0,13
30	Plaça Marquès de Camps	0,19
31	Plaça Miquel de Palol	0,31
32	UdG Facultat de Lletres	0,23
34	Local social Torre Gironella	1,10
35	Plaça Independència	0,06
36	Rambla de la Llibertat	0,07
37	Rotonda del rellotge	0,17
38	Oficina Municipal Habitatge	0,38
39	Museu d'Història	0,08
40	Parc de la Devesa	0,74
41	C. Joaquim Vayreda - C. Güell	0,21
42	Davant Cinemes OCINE	1,05
45	Escola Taialà	1,43
46	Local Social Montjuïc	1,94
47	Davant Institut Narcís Xifra	1,83
49	Biblioteca JM Casero	1,24

Annex C Fitxes tècniques

a. Desfibril·lador



Desfibrilador Powerheart® G5 Cardiac Science

1.680,90€ sin IVA

Características del desfibrilador Cardiac Science G5

- La tecnología Rescue Ready que incorpora este modelo de desfibriladores externos realiza chequeos automáticos a diario del DEA, hace cargas parciales del sistema electrónico de alta tensión semanalmente y una carga completa mensual.
- Permite evaluar hasta 88 componentes del dispositivo durante las auto comprobaciones.
- Realiza una auto comprobación automatizada diaria para confirmar la disponibilidad y el funcionamiento de los parches de desfibrilación, y para probar la batería, los circuitos eléctricos y el software.
- Auto comprobación automatizada semanal para confirmar la disponibilidad y el funcionamiento de los parches de desfibrilación y para probar la batería, los circuitos eléctricos y el software.
- Además, realiza una carga parcial del módulo de alta tensión.
- Automatizada mensual para confirmar la disponibilidad y el funcionamiento de los parches de desfibrilación, y para probar la batería, los circuitos eléctricos y el software.
- Una carga de energía completa y una prueba de descarga para confirmar si el dispositivo está listo para un procedimiento de reanimación completo.
- Advierte al usuario mediante un indicador visual electromecánico una serie de alertas sonoras (70 dBA como mínimo) si el sistema supera alguna de las auto comprobaciones y no está listo para su uso.
- Las alertas sonoras se repiten cada 30 segundos hasta que se abra la tapa o la batería se descargue.
- El indicador visual mecánico de estado del DEA es visible aunque la batería se haya descargado por completo.

b. Columna



Columna/Totem Colavie AIVIA Para Desfibrilador < >

1.250,00€ Sin IVA

a columna Colavie está fabricada en aluminio AG3 5754H111 20/10, estructura de tubos de aluminio con 50/10 y 30/10.

Su peso es de 46 kg sin bloque eléctrico ni vitrina AIVIA y sus dimensiones son 2495 cm de altura, 820 cm de amplitud y 260 cm de profundidad.

La columna se entrega con acabado en pintura epoxy verde RAL 6024 (color estándar de la señalización de emergencias basada en la norma ISO3864) y por defecto se incluyen los pictogramas estándares que rigen las normas ERC y ILCOR así como las letras AED y DAE.

Annex D Codi qgis2web

A continuació es mostra el codi QGIS de l'aplicació desenvolupada per analitzar àrees de cobertura i mostrar la ubicació del DEA més proper a partir d'una geolocalització.

```

1 <!doctype html>
2 <html lang="en">
3 <head>
4 <meta charset="utf-8">
5 <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
6 <meta name="viewport" content="initial-scale=1,user-scalable=no,maximum-scale=1,width=device-width">
7 <meta name="mobile-web-app-capable" content="yes">
8 <meta name="apple-mobile-web-app-capable" content="yes">
9 <link rel="stylesheet" href="css/leaflet.css"><link rel="stylesheet" href="css/L.Control.Locate.min.css">
10 <link rel="stylesheet" href="css/qgis2web.css"><link rel="stylesheet" href="css/fontawesome-all.min.css">
11 <link rel="stylesheet" href="css/MarkerCluster.css">
12 <link rel="stylesheet" href="css/MarkerCluster.Default.css">
13 <style>
14 html, body, #map {
15     width: 100%;
16     height: 100%;
17     padding: 0;
18     margin: 0;
19 }
20 </style>
21 <title></title>
22 </head>
23 <body>
24 <div id="map">
25 </div>
26 <script src="js/qgis2web_expressions.js"></script>
27 <script src="js/leaflet.js"></script><script src="js/L.Control.Locate.min.js"></script>
28 <script src="js/leaflet.rotatedMarker.js"></script>
29 <script src="js/leaflet.pattern.js"></script>
30 <script src="js/leaflet-hash.js"></script>
31 <script src="js/Autolinker.min.js"></script>
32 <script src="js/xbush.min.js"></script>
33 <script src="js/labelgun.min.js"></script>
34 <script src="js/labels.js"></script>
35 <script src="js/leaflet.markercluster.js"></script>
36 <script src="data/Desfibrilladorsextérieurs_1.js"></script>
37 <script src="data/PolgonosVoronoi_2.js"></script>
38 <script src="data/Desfibrilladors_3.js"></script>
39 <script src="data/PolgonosVoronoi_4.js"></script>
40 <script>
41 var highlightLayer;
42 function highlightFeature(e) {
43     highlightLayer = e.target;
44
45     if (e.target.feature.geometry.type === 'LineString') {
46         highlightLayer.setStyle({
47             color: '#ffff00',
48         });
49     } else {
50         highlightLayer.setStyle({
51             fillColor: '#ffff00',
52             fillOpacity: 1
53         });
54     }
55     highlightLayer.openPopup();
56 }
57 var map = L.map('map', {
58     zoomControl: true, maxZoom: 28, minZoom: 1
59 })
60 var hash = new L.Hash(map);
61 map.attributionControl.setPrefix('<a href="https://github.com/tomchadwin/qgis2web"
62 target="_blank">qgis2web</a> &smidot; <a href="http://leafletjs.com" title="A JS library for interactive
63 maps">Leaflet</a>');
64 L.control.locate({locateOptions: {maxZoom: 19}}).addTo(map);
65 var bounds_group = new L.featureGroup([]);
66 function setBounds() {
67     if (bounds_group.getLayers().length) {
68         map.fitBounds(bounds_group.getBounds());
69     }
70 }
71 var layer_OpenStreetMap_0 = L.tileLayer('http://a.tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png', {
72     opacity: 1.0,
73     attribution: '',
74 });
75 layer_OpenStreetMap_0;
76 map.addLayer(layer_OpenStreetMap_0);
77 function pop_Desfibrilladorsextérieurs_1(feature, layer) {

```

```

76     layer.on({
77         mouseout: function(e) {
78             for (i in e.target._eventParents) {
79                 e.target._eventParents[i].resetStyle(e.target);
80             }
81             if (typeof layer.closePopup == 'function') {
82                 feature.closePopup();
83             } else {
84                 layer.eachLayer(function(feature){
85                     layer.bindPopup(popupContent, {maxHeight: 400})
86                 });
87             }
88         }
89     });
90     var popupContent = '<table>\
91         <tr>\
92             <td colspan="2">' + (feature.properties['desc'] !== null ? Autolinker.link(String(
93                 feature.properties['desc'])) : '') + '</td>\
94         </tr>\
95         <tr>\
96             <td colspan="2"><strong>Adreça: </strong>' + (feature.properties['cmt'] !== null ?
97                 Autolinker.link(String(feature.properties['cmt'])) : '') + '</td>\
98         </tr>\
99         <tr>\
100            <td colspan="2"><strong>Ubicació: </strong>' + (feature.properties['src'] !== null ?
101                Autolinker.link(String(feature.properties['src'])) : '') + '</td>\
102        </tr>\
103        <tr>\
104            <td colspan="2"><strong>Tipus de desfibril·lador: </strong>' + (feature.properties['type']
105                !== null ? Autolinker.link(String(feature.properties['type'])) : '') + '</td>\
106        </tr>\
107        </table>';
108        layer.bindPopup(popupContent, {maxHeight: 400});
109    }
110
111    function style_Desfibrilladorsextérieurs_1_0() {
112        return {
113            pane: 'pane_Desfibrilladorsextérieurs_1',
114            radius: 4.0,
115            opacity: 1,
116            color: 'rgba(128,17,25,1.0)',
117            dashArray: '',
118            lineCap: 'butt',
119            lineJoin: 'miter',
120            weight: 2.0,
121            fill: true,
122            fillOpacity: 1,
123            fillColor: 'rgba(219,30,42,1.0)',
124        }
125    }
126
127    map.createPane('pane_Desfibrilladorsextérieurs_1');
128    map.getPane('pane_Desfibrilladorsextérieurs_1').style.zIndex = 401;
129    map.getPane('pane_Desfibrilladorsextérieurs_1').style['mix-blend-mode'] = 'normal';
130    var layer_Desfibrilladorsextérieurs_1 = new L.geoJson(json_Desfibrilladorsextérieurs_1, {
131        attribution: '',
132        pane: 'pane_Desfibrilladorsextérieurs_1',
133        onEachFeature: pop_Desfibrilladorsextérieurs_1,
134        pointToLayer: function (feature, latlng) {
135            var context = {
136                feature: feature,
137                variables: {}
138            };
139            return L.circleMarker(latlng, style_Desfibrilladorsextérieurs_1_0(feature));
140        },
141    });
142    bounds_group.addLayer(layer_Desfibrilladorsextérieurs_1);
143    function pop_PolgonosVoronoi_2(feature, layer) {
144        layer.on({
145            mouseout: function(e) {
146                for (i in e.target._eventParents) {
147                    e.target._eventParents[i].resetStyle(e.target);
148                }
149            }
150        });

```

```

144         if (typeof layer.closePopup == 'function') {
145             feature.closePopup();
146         } else {
147             layer.eachLayer(function(feature) {
148                 layer.bindPopup(popupContent, {maxHeight: 400});
149             });
150         }
151     });
152     });
153     var popupContent = '<table>\
154         <tr>\
155             <td colspan="2">' + (feature.properties['desc'] !== null ? Autolinker.link(String(
156                 feature.properties['desc'])) : '') + '</td>\
157         </tr>\
158         <tr>\
159             <td colspan="2"><strong>Adreça: </strong>' + (feature.properties['cmt'] !== null ?
160                 Autolinker.link(String(feature.properties['cmt'])) : '') + '</td>\
161         </tr>\
162         <tr>\
163             <td colspan="2"><strong>Ubicació: </strong>' + (feature.properties['src'] !== null ?
164                 Autolinker.link(String(feature.properties['src'])) : '') + '</td>\
165         </tr>\
166         <tr>\
167             <td colspan="2"><strong>Tipus de desfibril·lador: </strong>' + (feature.properties['type']
168                 !== null ? Autolinker.link(String(feature.properties['type'])) : '') + '</td>\
169         </tr>\
170     </table>';
171     layer.bindPopup(popupContent, {maxHeight: 400});
172     }
173
174     function style_PolgonosVoronoi_2_0() {
175         return {
176             pane: 'pane_PolgonosVoronoi_2',
177             opacity: 1,
178             color: 'rgba(56,128,54,1.0)',
179             dashArray: '',
180             lineCap: 'butt',
181             lineJoin: 'miter',
182             weight: 1.0,
183             fill: true,
184             fillOpacity: 1,
185             fillColor: 'rgba(77,175,74,0.2)',
186         }
187     }
188     map.createPane('pane_PolgonosVoronoi_2');
189     map.getPane('pane_PolgonosVoronoi_2').style.zIndex = 402;
190     map.getPane('pane_PolgonosVoronoi_2').style['mix-blend-mode'] = 'normal';
191     var layer_PolgonosVoronoi_2 = new L.geoJson(json_PolgonosVoronoi_2, {
192         attribution: '',
193         pane: 'pane_PolgonosVoronoi_2',
194         onEachFeature: pop_PolgonosVoronoi_2,
195         style: style_PolgonosVoronoi_2_0,
196     });
197     bounds_group.addLayer(layer_PolgonosVoronoi_2);
198     //map.addLayer(layer_PolgonosVoronoi_2);
199     function pop_Desfibrilladors_3(feature, layer) {
200         layer.on({
201             mouseout: function(e) {
202                 for (i in e.target._eventParents) {
203                     e.target._eventParents[i].resetStyle(e.target);
204                 }
205                 if (typeof layer.closePopup == 'function') {
206                     feature.closePopup();
207                 } else {
208                     layer.eachLayer(function(feature) {
209                         layer.bindPopup(popupContent, {maxHeight: 400});
210                     });
211                 }
212             }
213         });
214     }
215     var popupContent = '<table>\
216         <tr>\
217             <td colspan="2">' + (feature.properties['desc'] !== null ? Autolinker.link(String(
218                 feature.properties['desc'])) : '') + '</td>\

```

```

213     </tr>\
214     <tr>\
215     <td colspan="2"><strong>Adreça: </strong>' + (feature.properties['cmt'] !== null ?
Autolinker.link(String(feature.properties['cmt'])) : '') + '</td>\
216     </tr>\
217     <tr>\
218     <td colspan="2"><strong>Ubicació: </strong>' + (feature.properties['src'] !== null ?
Autolinker.link(String(feature.properties['src'])) : '') + '</td>\
219     </tr>\
220     <tr>\
221     <td colspan="2"><strong>Tipus de desfibril·lador: </strong>' + (feature.properties['type']
!== null ? Autolinker.link(String(feature.properties['type'])) : '') + '</td>\
222     </tr>\
223 </table>';
224     layer.bindPopup(popupContent, {maxHeight: 400});
225 }
226
227 function style_Desfibrilladors_3_0() {
228     return {
229         pane: 'pane_Desfibrilladors_3',
230         radius: 4.0,
231         opacity: 1,
232         color: 'rgba(128,17,25,1.0)',
233         dashArray: '',
234         lineCap: 'butt',
235         lineJoin: 'miter',
236         weight: 2.0,
237         fill: true,
238         fillOpacity: 1,
239         fillColor: 'rgba(219,30,42,1.0)',
240     }
241 }
242 map.createPane('pane_Desfibrilladors_3');
243 map.getPane('pane_Desfibrilladors_3').style.zIndex = 403;
244 map.getPane('pane_Desfibrilladors_3').style['mix-blend-mode'] = 'normal';
245 var layer_Desfibrilladors_3 = new L.geoJson(json_Desfibrilladors_3, {
246     attribution: '',
247     pane: 'pane_Desfibrilladors_3',
248     onEachFeature: pop_Desfibrilladors_3,
249     pointToLayer: function (feature, latlng) {
250         var context = {
251             feature: feature,
252             variables: {}
253         };
254         return L.circleMarker(latlng, style_Desfibrilladors_3_0(feature));
255     },
256 });
257 var cluster_Desfibrilladors_3 = new L.MarkerClusterGroup({showCoverageOnHover: false,
258     spiderfyDistanceMultiplier: 2});
259 cluster_Desfibrilladors_3.addLayer(layer_Desfibrilladors_3);
260
261 bounds_group.addLayer(layer_Desfibrilladors_3);
262 cluster_Desfibrilladors_3.addTo(map);
263 function pop_PolgonosVoronoi_4(feature, layer) {
264     layer.on({
265         mouseout: function(e) {
266             for (i in e.target._eventParents) {
267                 e.target._eventParents[i].resetStyle(e.target);
268             }
269             if (typeof layer.closePopup == 'function') {
270                 feature.closePopup();
271             } else {
272                 layer.eachLayer(function(feature){
273                     layer.bindPopup(popupContent, {maxHeight: 400})
274                 });
275             }
276         }
277     });

```

```

276     });
277     });
278     var popupContent = '<table>\
279         <tr>\
280             <td colspan="2">' + (feature.properties['desc'] !== null ? Autolinker.link(String(
281                 feature.properties['desc'])) : '') + '</td>\
282         </tr>\
283         <tr>\
284             <td colspan="2"><strong>Adreça: </strong>' + (feature.properties['cmt'] !== null ?
285                 Autolinker.link(String(feature.properties['cmt'])) : '') + '</td>\
286         </tr>\
287         <tr>\
288             <td colspan="2"><strong>Ubicació: </strong>' + (feature.properties['src'] !== null ?
289                 Autolinker.link(String(feature.properties['src'])) : '') + '</td>\
290         </tr>\
291         <tr>\
292             <td colspan="2"><strong>Tipus de desfibril·lador: </strong>' + (feature.properties['type']
293                 !== null ? Autolinker.link(String(feature.properties['type'])) : '') + '</td>\
294         </tr>\
295     </table>';
296     layer.bindPopup(popupContent, {maxHeight: 400});
297 }
298
299 function style_PolgonosVoronoi_4_0() {
300     return {
301         pane: 'pane_PolgonosVoronoi_4',
302         opacity: 1,
303         color: 'rgba(56,128,54,1.0)',
304         dashArray: '',
305         lineCap: 'butt',
306         lineJoin: 'miter',
307         weight: 1.0,
308         fill: true,
309         fillOpacity: 1,
310         fillColor: 'rgba(77,175,74,0.2)',
311     }
312 }
313
314 map.createPane('pane_PolgonosVoronoi_4');
315 map.getPane('pane_PolgonosVoronoi_4').style.zIndex = 404;
316 map.getPane('pane_PolgonosVoronoi_4').style['mix-blend-mode'] = 'normal';
317 var layer_PolgonosVoronoi_4 = new L.geoJson(json_PolgonosVoronoi_4, {
318     attribution: '',
319     pane: 'pane_PolgonosVoronoi_4',
320     onEachFeature: pop_PolgonosVoronoi_4,
321     style: style_PolgonosVoronoi_4_0,
322 });
323 bounds_group.addLayer(layer_PolgonosVoronoi_4);
324 map.addLayer(layer_PolgonosVoronoi_4);
325 var baseMaps = {};
326 L.control.layers(baseMaps, {' Àrea de cobertura DEA':
327     layer_PolgonosVoronoi_4, ' Desfibril·ladors':
328     cluster_Desfibrilladors_3, ' Àrea de cobertura DEA exteriors':
329     layer_PolgonosVoronoi_2, ' Desfibril·ladors exteriors':
330     layer_Desfibrilladorsexteriors_1}, {collapsed: false}).addTo(map);
331 // "OpenStreetMap": layer_OpenStreetMap_0
332 setBounds();
333 </script>
334 </body>
335 </html>
336

```

Girona, 10 de juny de 2019

Júlia Soler Boada