

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA (UPC)
– BARCELONATECH

FACULTAT D'INFORMÀTICA DE BARCELONA (FIB)
TREBALL DE FI DE GAU: MEMÒRIA

Sistema d'Informació i Alerta de risc potencial d'incendis forestals

Autor:

Cristhian Rivera Gamboa

Data de defensa:

Octubre, 2018

Director:

Rafael Sánchez-Diezma

Guijarro (HYDS)

Co-Director:

Xavier Llord Pavon

(HYDS)

Ponent:

René Serral Gracià

(Arquitectura de
Computadors)



*Grau d'Enginyeria Informàtica
Tecnologies de la Informació*

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA (UPC) –
BARCELONATECH

Resum

Grau d'Enginyeria Informàtica

Sistema d'Informació i Alerta de risc potencial d'incendis forestals

per Cristhian Rivera Gamboa

Aquest projecte està enfocat en adaptar a l'entorn de Catalunya, i proporcionar funcionalitats addicionals, a una eina de gran utilitat a les institucions catalanes que treballen directament amb els efectes dels incendis forestals. Proporcionant informació valuosa sobre la propagació d'un incendi al llarg del temps, i també generant alertes de tots aquells elements vulnerables (centres educatius, urbanitzacions, hospitals, etc.) que puguin resultar afectats per la seva propagació.

I d'aquesta forma, ajudar a reduir el gran impacte dels incendis forestals al medi ambient i la societat.

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA (UPC) –
BARCELONATECH

Resumen

Grau d'Enginyeria Informàtica

Sistema d'Informació i Alerta de risc potencial d'incendis forestals

por Cristhian Rivera Gamboa

Este proyecto esta enfocado en adaptar al entorno de Cataluña, y proporcionar funcionalidades adicionales, a una herramienta de gran utilidad para las instituciones catalanas que trabajan directamente con los efectos de los incendios forestales. Proporcionando información valiosa sobre la propagación de un incendio a lo largo del tiempo, y también generando alertas de todos aquellos elementos vulnerables (centros educativos, urbanizaciones, hospitales, etc.) que puedan resultar afectados por su propagación.

Y de esta forma, ayudar a reducir el gran impacto que tienen los incendios forestales en el medio ambiente y la sociedad.

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA (UPC) –
BARCELONATECH

Abstract

Grau d'Enginyeria Informàtica

Sistema d'Informació i Alerta de risc potencial d'incendis forestals

by Cristhian Rivera Gamboa

This project focuses on adapting to the environment of Catalonia, and providing additional functionalities, to a tool of great use for the Catalan institutions that work directly with the effects of the forest fires. Providing valuable information about the spread of a fire over time and also generating alerts for all those vulnerable elements (schools, urbanizations, hospitals, etc.) that may be affected by its spread.

And thus, help reducing the great impact that forest fires have on the environment and society.

Agraïments

M'agradaria donar les gràcies en primer lloc a tots els integrants de HYDS per tot el seu suport al llarg del desenvolupament del projecte. En particular en Xavier Llord, per la seva paciència i disponibilitat a tots els dubtes que tenia, però també en Rafael Sánchez-Diezma, per donar-me l'oportunitat de formar part d'aquest equip i de poder realitzar un projecte amb el qual he gaudit i après moltíssim.

De la mateixa forma, agrair en René, ponent del projecte, i als professors de GEP, per totes les seves aportacions i consells, que han sigut de gran utilitat per corregir diversos aspectes i millorar en molts altres.

També a tots els familiars i amics, que d'una forma o l'altre sempre m'han donat el seu suport i ànims. A tots, moltes gràcies...

Índex

Resum	i
Resumen	ii
Abstract	iii
Agraïments	iv
1 Contextualització	1
1.1 Anàlisi del problema	1
1.2 Objectius	3
1.3 Abast	3
1.4 Marc del projecte: ANYWHERE	4
1.5 Marc del projecte: A4CAT	6
1.6 Actors implicats	7
1.7 Motivació	8
1.8 Metodologia i rigor	9
1.9 Eines de seguiment	9
1.10 Mètode de validació	10
1.11 Relació amb la especialitat	10
1.12 Estructura de la memòria	11
2 Estat de l'art	13
2.1 Components	13
2.2 Factors a cobrir	15
3 Planificació temporal	16
3.1 Tasques i recursos associats	16

3.2	Descripció de les tasques	19
3.3	Canvis respecte la fita inicial	20
3.4	Diagrama de Gantt	21
4	Arquitectura i tecnologies	22
4.1	Anàlisi de les tecnologies emprades	22
4.2	Arquitectura	25
4.3	Descripció general del funcionament	26
5	Adaptació de PROPAGATOR a Catalunya	28
5.1	Elements específics	28
5.2	Punts crítics	30
6	Desenvolupament	32
6.1	Obtenció de la informació de perill	33
6.2	Gestió de les dades	36
6.3	Pont entre el back-end i front-end	39
6.4	Visualització i mapes	41
7	Informe de sostenibilitat	45
7.1	Pressupost	45
7.2	Matriu de sostenibilitat	49
8	Conclusions	51
8.1	Assoliment d'objectius	51
8.2	Ampliacions i propers passos	52
	Bibliografia	53

Índex de figures

1.1	Relació entre el perill, la vulnerabilitat i el risc.	4
1.2	Logo del projecte ANYWHERE.	5
1.3	Visor de la plataforma A4CAT mostrant avisos d'intensitat de pluja de l'SMC a Catalunya.	6
3.1	Diagrama de Gantt de les diferents tasques del projecte.	21
4.1	Diagrama de l'arquitectura del projecte amb la interacció dels diferents components.	25
4.2	Diagrama d'activitat de la inicialització d'una simulació.	26
4.3	Exemple del visor A4CAT visualitzant els resultats d'una simulació de PROPAGATOR.	27
5.1	Representació del model d'Elevacions del Terreny a Catalunya, ICGC.	29
5.2	Cobertura del sòl a Catalunya, present al visor A4CAT.	29
6.1	Diagrama de classes UML del projecte	32
6.2	Diagrama de seqüència UML del procés d'obtenció de la informació del vent del MH-EWS.	36
6.3	Representació d'una simulació de 48h amb les isolínies dels percentils 50, 75 i 90, al software QGis.	37
6.4	Capa de GeoServer: Isolínies	42
6.5	Representació d'un punt crític en situació de normalitat i en situació de perill a la plataforma A4CAT.	43
6.6	Representació d'un instant concret del fitxer KML generat a Google Earth.	44

Índex de taules

3.1	Descripció dels recursos humans.	17
3.2	Descripció dels recursos hardware.	17
3.3	Duració de les tasques del projecte i els recursos associats. . .	18
7.1	Salari dels recursos humans i abreviacions.	45
7.2	Costos directes dels recursos humans.	46
7.3	Costos directes dels recursos hardware.	47
7.4	Pressupost del projecte	48
7.5	Matriu de sostenibilitat.	49

Capítol 1

Contextualització

1.1 Anàlisi del problema

Segons l'Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, alguns fenòmens meteorològics i climàtics extrems com són les sequeres, onades de calor i els incendis forestals, han vist un increment en la seva freqüència o magnitud en els darrers anys (Seneviratne et al., 2012). I de la mateixa manera, les poblacions i els elements vulnerables en el territori també s'han incrementat. Això ha comportat un major risc de situacions d'emergència sobre aquests elements vulnerables.

A més, aquesta tendència ve accentuada per l'increment de les temperatures que s'ha experimentat en les darreres dècades, on només a Europa s'han trencat diversos rècords, alguns dels quals de fa més de 500 anys. (Barriopedro et al., 2011)

Tots aquests factors han comportat que, a Europa, durant el període de 1998-2009 gairebé unes 80 000 persones van morir a causa de les onades de calor i els incendis forestals. Amb unes pèrdues econòmiques associades que es van estimar sobre els 4 940 milions d'euros. (European Environment Agency, 2010)

Amb dades més recents a nivell europeu podem destacar en primer lloc l'incendi de la regió de Leiria, Portugal, on al Juny de 2017 es van perdre més de 65 vides humanes en un incendi que ja està considerat com el més mortífer de la història del país (Ara, 2017). La majoria de les morts van tenir lloc a Pedrógão Grande, quan el foc va arrasar una carretera plena de vehicles amb gent que intentava escapar.

Per altra part, al Juliol de 2018 es va declarar l'estat d'emergència a la regió de l'Àtica, Grècia, pels efectes de diversos incendis que van deixar almenys 74 morts i més de 180 ferits. Totes les víctimes, han estat trobades a l'àrea compresa entre el port de Rafina i Nea Makri, amb la zona zero localitzada a Mati, una típica localitat balneària molt freqüentada per la població local. (Sánchez-Vallejo, 2018)

Com veiem, aquests esdeveniments extrems tenen un gran impacte socioeconòmic i mediambiental que, tot i els esforços de les diferents institucions que treballen per combatre i reduir els seus efectes, no sempre són suficients. Per això, una peça clau per poder minimitzar aquests efectes passa per la prevenció.

1.1.1 Situació de Catalunya

Catalunya presenta unes condicions geogràfiques molt particulars amb un gran contrast entre serralades i depressions. On podem trobar una superfície forestal de quasi 2 milions d'hectàrees (un 61% del total) que comprenen essencialment boscos, matollars, prats i rocams. (Terradas et al., 2004)

A més, si tenim en compte que en general, a Catalunya, es gaudeix d'un clima mediterrani que es caracteritza per un dèficit hídric durant la part càlida de l'any, amb unes temperatures mitjanes entre els 20 i 26 graus Celsius. Trobem alguns dels elements que contribueixen a un major risc d'incendis forestals.

I com podem apreciar a les notícies cada estiu, es produeixen un gran nombre d'incendis al territori, concretament el 2017 se'n van produir uns 629 incendis amb una superfície afectada d'unes 1 294 hectàrees. Però, que afortunadament disten molt de les dades enregistrades l'any 1994, amb uns 1.217 incendis i unes 76 625 hectàrees cremades. (Idescat. Institut d'Estadística de Catalunya, 2018)

Per fer-nos una idea més visual l'abast i l'impacte sobre el territori dels incendis forestals, podem fer ús de l'aplicació Foc al Bosc (ICGC, 2018) de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.

Amb aquestes dades ens podem fer una idea dels avanços que s'han fet als darrers anys per combatre i evitar aquests incendis, però també del gran impacte que en poden tenir.

1.2 Objectius

L'objectiu d'aquest projecte és, per una part, desenvolupar una eina que pugui ser de gran utilitat a diferents institucions que tracten amb els efectes dels fenòmens meteorològics, particularment els incendis forestals, a donar una resposta més efectiva davant aquests fenòmens i a reduir els seus efectes. Proporcionant tota la informació disponible sobre la propagació d'aquests incendis i la possible afectació. Permetent a aquestes institucions optimitzar l'ús dels diferents recursos dels quals disposen, tant materials com humans. Concentrant-los a les zones amb més risc, i poder actuar en conseqüència de forma eficient i controlada en cas que es produeixi l'incendi.

I per altra part, integrar aquesta eina a una plataforma web especialitzada en els diferents fenòmens meteorològic i climàtics més presents a Catalunya, l'A4CAT. De forma que tota la informació necessària per a la gestió de les crisis derivades dels incendis forestals estigui disponible de forma centralitzada.

Finalment, poder reduir en tot el possible l'impacte que tenen aquests incidents sobre les persones i el medi ambient.

1.3 Abast

Per tal d'assolir aquests objectius, s'ha desenvolupat una eina que és capaç de, en primer lloc, adquirir en temps real diferents productes de previsió relacionats amb els incendis forestals, dels quals es parlarà a l'apartat de l'estat de l'art.

En segon lloc, processar aquesta informació i també creuar-la amb informació local de vulnerabilitat. És a dir, aquells punts crítics que poden resultar afectats per la propagació dels incendis, com poden ser centres educatius, hospitals, urbanitzacions, indústries contaminants, etc.

Per tant, disposarem per una part la informació relacionada als diferents perills, en aquest cas la propagació de l'incendi, i per l'altra part totes aquestes zones vulnerables. En la intersecció d'aquests dos conjunts es troben aquells elements vulnerables en situació de risc.

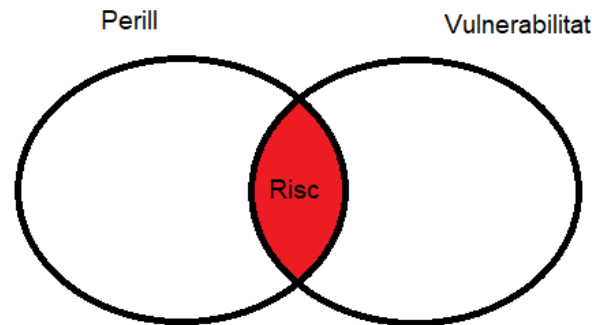


FIGURA 1.1: Relació entre el perill, la vulnerabilitat i el risc.

Aquesta informació de vulnerabilitats està proporcionada per Protecció Civil Catalana, donat que en la durada d'aquest treball ens centrarem a oferir aquestes funcionalitats a Catalunya.

En tercer lloc, realitzar el càlcul i generació d'alertes, segons diferents parametritzacions, de la situació de risc en la que es trobarien els diferents punts crítics afectats per la propagació de l'incendi. D'aquesta manera, es podrà posar en marxa diferents plans d'emergència i organitzar, si s'escau, els plans d'evacuació de les zones afectades.

I finalment, la difusió d'aquesta informació a través d'un visor web interactiu que permetrà als usuaris tenir més control i informació sobre els resultats de la simulació.

1.4 Marc del projecte: ANYWHERE

Per entendre millor el context d'aquest projecte, primer cal parlar d'ANYWHERE, que és el projecte que dona marc als diferents components. Les sigles provenen d'EnhANCing emergencY management and response to extrem WeatHER and climate Events. És un projecte finançat per la Comissió Europea dintre del programa Horizon 2020.¹

¹Web d'ANYWHERE: <http://anywhere-h2020.eu>



FIGURA 1.2: Logo del projecte ANYWHERE.

L'objectiu del qual és permetre que la societat en tot el seu conjunt i les principals agències de protecció civil, puguin respondre de manera més ràpida i eficaç als fenòmens meteorològics i climàtics extrems a través de l'ús de tecnologies innovadores d'avantguarda, com la millor manera de millorar la protecció dels ciutadans. I per tant, fer front als grans impactes socials, ambientals i econòmics que aquests comporten. (Universitat Politècnica de Catalunya et al., 2015)

Per assolir aquest objectiu, el projecte ANYWHERE ha desenvolupat una plataforma pan-europea que integra múltiples productes i serveis capaços de millorar la gestió d'emergències i les capacitats de resposta de les autoritats regionals i locals a Europa en cas d'emergències induïdes per fenòmens meteorològics i climàtics extrems, així com també a operadors públics i privats d'infraestructures i xarxes crítiques. Aquesta millora permet una anàlisi més ràpida dels riscos, l'anticipació a l'esdeveniment i una coordinació millorada de les reaccions d'emergència en el camp, basades en una millor identificació dels impactes esperats i la seva ubicació en el temps i l'espai abans que es produeixin.

Per tal de comprovar el funcionament real del projecte es van seleccionar quatre llocs pilot que representen regions climàtiques diferents a Europa: Catalunya, Ligúria (Itàlia), els Alps suïssos i Fennoscandia (Finlàndia / Escandinàvia).

1.5 Marc del projecte: A4CAT

A4CAT és la plataforma web de l'adaptació del projecte ANYWHERE a Catalunya.

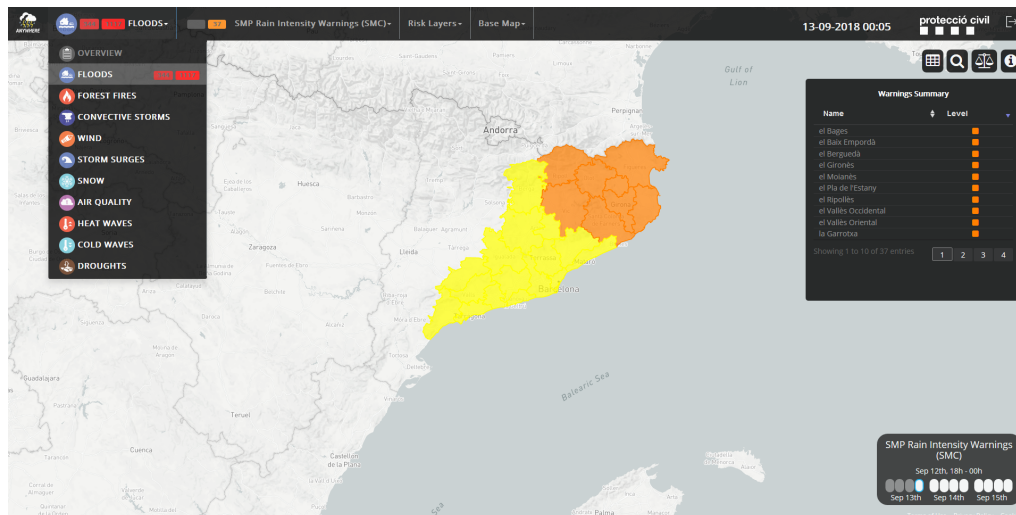


FIGURA 1.3: Visor de la plataforma A4CAT mostrant avisos d'intensitat de pluja de l'SMC a Catalunya.

Integra diferents productes de perills relacionats amb els fenòmens meteorològics extrems amb major presència a Catalunya. L'A4CAT recopila en una mateixa plataforma tota la informació de previsions, dades en temps real, avisos i alertes generades, de forma que es simplifica i agilitza la gestió dels tècnics de Protecció Civil Catalana.

Amb aquest objectiu s'integren diferents productes del Multi-Hazard Early Warning System d'ANYWHERE, però també dades en temps real de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) sobre les diferents estacions d'aforament i embassaments de Catalunya i diversos productes de previsió del Servei Meteorològic de Catalunya (SMC).

L'eina desenvolupada en aquest projecte s'integrarà a l'A4CAT per oferir un servei més complet i dinàmic.

1.6 Actors implicats

Durant el desenvolupament del treball i el seu ús futur, hi ha diferents parts interessades en la correcta finalització del mateix. Les quals es passaran a descriure a continuació:

1.6.1 HYDS

Hydrometeorological Innovative Solutions². Empresa dedicada a oferir solucions innovadores dintre del marc de la hidrometeorologia.

És sòcia del projecte europeu ANYWHERE esmentat anteriorment, i entre les tasques a realitzar destaquen el disseny de l'arquitectura del framework avantguardista Multi-Hazard Early Warning System, del qual es parlarà a l'estat de l'art, i el desenvolupament de la plataforma A4CAT.

D'aquesta forma, intenta millorar el seu posicionament en l'àrea dels Early Warning Systems i contribuir al desenvolupament de noves solucions tecnològiques que permetin millorar les capacitats i serveis per sobre de l'actual estat de l'art.

1.6.2 CECAT

Centre de Coordinació Operativa de Catalunya³. És el centre superior de coordinació i informació de l'estructura de Protecció Civil de Catalunya i pertany al departament d'Interior de la Generalitat de Catalunya. Vetlla per la bona gestió de les emergències a través de la coordinació dels diferents cossos operatius, organismes i institucions involucrades en la resolució de situacions en què calgui l'activació d'un pla d'emergències.

També és soci d'ANYWHERE i serà el principal usuari d'aquest projecte, donat que s'ha desenvolupat en estreta col·laboració amb ells per assegurar el correcte assoliment dels objectius plantejats inicialment.

²Web de HYDS: <http://hyds.es>

³Web del CECAT: http://interior.gencat.cat/ca/arees_dactuacio/proteccio_civil/cecat

1.6.3 CIMA

És una fundació italiana especialitzada en la recerca, dedicada a promoure l'estudi, la investigació científica i el desenvolupament tecnològic en les àrees de protecció civil, salut pública i la conservació dels ecosistemes terrestres.⁴

Són els desenvolupadors de PROPAGATOR, del qual es parlarà en més detall en els propers capítols, juntament amb altres algorismes que tracten els efectes dels diferents esdeveniments extrems de temps atmosfèric i de clima. Tenen anys d'experiència en algorismes operacionals en l'àmbit de Protecció Civil.

Forma part del grup de socis d'ANYWHERE, i al llarg d'aquest projecte també s'ha treballat en estreta col·laboració per realitzar totes aquelles tasques necessàries per a la correcta adaptació de PROPAGATOR a l'àmbit de Catalunya.

1.6.4 Desenvolupador

Ha estat l'encarregat del disseny, implementació i documentació del projecte. Responsable de realitzar aquelles tasques que es descriuran al Capítol 3 corresponent a la planificació del projecte.

Amb les indicacions i guia del director i co-director del projecte, Rafael Sánchez-Diezma i Xavier Llorc.

1.7 Motivació

Aquest projecte ha estat proposat per HYDS i en col·laboració amb el CECAT per millorar la resposta dels serveis catalans davant els incendis forestals.

Per tant, el desenvolupament d'aquesta eina està motivat per la importància de tenir en temps real, més informació sobre la propagació dels incendis i poder reduir d'aquesta forma, el gran impacte econòmic, mediambiental i social que en tenen. I potencialment, ajudar a salvar vides.

⁴Web de CIMA: <http://www.cimafoundation.org>

Pel que fa a la motivació personal, en primer lloc està el gran interès a desenvolupar aplicacions que puguin tenir un impacte positiu sobre la societat, i a la vegada adquirir molts coneixements per millorar i desenvolupar aplicacions cada vegada més eficients i sostenibles.

En segon lloc, aprendre més sobre els sistemes GIS (Geographic Information Systems), dels quals a l'inici del projecte tenia uns coneixements limitats però que a partir del desenvolupament d'aquest, he anat adquirint més coneixements i interès.

1.8 Metodologia i rigor

Per desenvolupar aquest projecte s'ha seguit una metodologia iterativa i incremental. Aquesta metodologia consisteix en dividir el projecte en diverses tasques més simples d'una estructura similar, a les que anomenarem iteracions. I que aniran incorporant de forma incremental aquests petits canvis fins a obtenir el resultat esperat.

A cada una d'aquestes iteracions hi ha una etapa d'anàlisi i disseny, desenvolupament i validació. Que es realitzaran en estreta col·laboració amb el client.

Així, aquest model ens permet desenvolupar inicialment versions simples del projecte però que continguin tot el necessari per poder tenir un producte funcional a les diferents fases del desenvolupament.

1.9 Eines de seguiment

Tenint en compte la metodologia a seguir, les següents eines han sigut de gran utilitat per aconseguir els objectius establerts.

- **Jira.** Eina software dissenyada per la gestió de projectes. Molt útil per treballar amb una metodologia iterativa, ja que ens dóna la capacitat d'especificar bé les diferents tasques a realitzar i assignar-hi dates límits per portar al dia tota la feina.

- **Confluence.** Eina molt útil per oferir als clients una documentació del projecte i també una guia d'usuari on consultar les diferents funcionalitats d'aquest.
- **Git.** Sistema de control de versions dissenyat per optimitzar el flux de treball. De gran utilitat per gestionar les diferents iteracions i millores del projecte.
- **Overleaf.** Eina col·laborativa per crear i publicar documents en L^AT_EX. Aquest document s'ha creat a través d'aquesta eina, que ens ajuda entre moltes altres funcionalitats, a portar una revisió dels canvis realitzats i poder accedir als mateixos des de qualsevol lloc.
- **Google Drive.** Servei d'emmagatzematge al núvol. Ens permet emmagatzemar còpies de seguretat encriptades de la documentació del projecte.

1.10 Mètode de validació

Per validar l'estat del projecte, es van plantejar una sèrie de reunions amb els clients, on es va poder obtenir feedback, incloure noves funcionalitats i comprovar que el desenvolupament corresponia a les seves necessitats.

Però també han sigut molt importants les diferents reunions amb el director, co-director i ponent del projecte per analitzar l'estat d'aquest, incorporar millores i assegurar-se d'obtenir un producte robust i funcional.

1.11 Relació amb la especialitat

Al llarg de la carrera es van adquirint una sèrie de coneixements que d'una o altra forma han influït en el desenvolupament d'aquest projecte. Coneixents que es van aprofundir a l'especialitat de Tecnologies de la informació.

D'aquesta manera es va dissenyar una eina que integra diverses tecnologies, per aconseguir un producte robust, sostenible i de qualitat.

1.11.1 Competències tècniques

Aquestes competències són una combinació de coneixements, habilitats, actituds i valors que capaciten una persona per afrontar amb garanties la resolució de problemes o la intervenció en un context acadèmic, professional o social determinat.

Concretament, aquestes competències es centren en la aplicació de tots aquests coneixements tècnics que s'han adquirit al llarg de la especialitat i són els següents:

- CTI3.1: Concebre sistemes, aplicacions i serveis basats en tecnologies de xarxa, tenint en compte Internet, web, comerç electrònic, multimèdia, serveis interactius i computació ubiqua. [En profunditat]

Durant el projecte s'ha treballat en adaptar i integrar PROPAGATOR a la plataforma web A4CAT per poder realitzar simulacions sobre la propagació dels incendis forestals. En aquesta integració s'han treballat en profunditat aquest tipus de sistemes i totes les diferents fases de desenvolupament com són la planificació, el disseny, la implementació, el testing i les diferents millores per assegurar-nos que la eina que oferim sigui molt eficient i de qualitat.

- CTI4: Emprar metodologies centrades en l'usuari i l'organització per al desenvolupament, l'avaluació i la gestió d'aplicacions i sistemes basats en tecnologies de la informació que assegurin l'accessibilitat, l'ergonomia i la usabilitat dels sistemes. [Una mica]

Durant la fase de disseny i implementació es va tenir en compte la necessitat d'oferir a l'usuari una experiència fluida i intuïtiva. De manera que al fer servir aquesta eina pugui sentir que segueix a la plataforma A4CAT i no a una aplicació externa. En definitiva, es va voler oferir un sistema molt usable i accessible.

1.12 Estructura de la memòria

Aquesta memòria està dividida en diferents capítols on s'intenta cobrir tota la informació relativa al projecte.

- **Capítol 1. Contextualització.** S'aporta tota la informació de context, amb els objectius, l'abast, els actors implicats, entre d'altres.
- **Capítol 2. Estat de l'art.** Es parla de l'estat de l'art dels components principals del projecte i els factors a cobrir en aquest treball.
- **Capítol 3. Planificació temporal.** Es descriuen les diferents tasques realitzades i els recursos associats.
- **Capítol 4. Arquitectura i tecnologies.** Es realitza una anàlisi de les tecnologies aplicades i com encaixen al projecte. I també una descripció general de l'arquitectura aplicada.
- **Capítol 5. Adaptació de PROPAGATOR a Catalunya.** Es parla de les necessitats particulars de l'algorisme per funcionar a Catalunya i els diferents punts crítics que hi trobarem.
- **Capítol 6. Desenvolupament** Es dóna una visió general de tot el procés de desenvolupament.
- **Capítol 7. Informe de sostenibilitat.** S'analitza que tan sostenible és la nostra eina amb diferents reflexions.
- **Capítol 8. Conclusions.** La part final de la memòria on s'aporta una retrospectiva de l'assoliment dels objectius i possibles ampliacions de l'eina.

Capítol 2

Estat de l'art

2.1 Components

En aquest capítol s'exposarà l'estat de l'art de diferents components que conformen aquest projecte i el seu encaix.

2.1.1 PROPAGATOR

PROPAGATOR és un model estocàstic, desenvolupat per CIMA, que proporciona prediccions probabilístiques de la distribució espacio-temporal de la propagació del foc després de la ignició, donat diferents paràmetres definits per l'usuari. El model ha estat implementat i operatiu a tot el territori italià, on proporciona al Departament de Protecció Civil Italià una ràpida avaluació del perill dels incendis forestals. (Biondi et al., 2010)

Aquest model divideix el territori en malles de 20 metres, que proporcionen una resolució adequada per reconèixer i representar la discontinuïtat del territori, tant pel que fa a la vegetació com la topografia (en termes de la xarxa viària, rius o altres barreres que puguin aturar o reduir la propagació del foc).

PROPAGATOR usa automates cel·lulars, és a dir, segueix un procés iteratiu per proporcionar a cada cel·la una probabilitat de ser cremada pel foc. Aquesta probabilitat s'aconsegueix avaluant la freqüència del foc per cada cel·la, sobre la base d'un nombre significatiu de simulacions estocàstiques. Totes aquestes simulacions comencen des del mateix punt d'ignició i acaben amb l'extinció del mateix.

Per tant, aquest model requereix d'un o més punts d'ignició, però també la velocitat i direcció del vent. A més, cada cel·la està caracteritzada per la seva pendent i la cobertura del sòl d'aquella àrea, assignant diferents probabilitats de la propagació de l'incendi en base als diferents tipus de vegetació.

El model de propagació s'ha provat en diversos estudis on, en la majoria de casos, el perímetre de l'àrea cremada simulada amb la major probabilitat coincidia amb el perímetre de la zona real cremada. Per aquest motiu, el model proporciona de manera ràpida i senzilla escenaris realistes útils per a la gestió activa dels incendis.

2.1.2 MH-EWS

El Multi-Hazard Early Warning System és un framework flexible i escalable, basat en el nuvol com a Software as a Service (SaaS). Ha estat desenvolupat dintre del projecte ANYWHERE per millorar la capacitat de preparació i resposta davant els perills induïts pels diferents fenòmens meteorològics i climàtics extrems. Aquests són:

- Inundacions.
- Maror ciclònica.
- Onades de calor, fred i qualitat de l'aire.
- Incendis induïts per les situacions meteorològiques.
- Sequeres.
- Tempestes convectives, vents forts i nevades de gran intensitat.

Amb aquesta finalitat, combina els millors models, algorismes i eines de pronòstic meteorològic a nivell europeu. Depenent de la seva naturalesa, aquests algorismes/eines es connecten o s'encapsulen dintre del MH-EWS. Proporcionant d'aquesta forma més de 200 productes de pronòstic del perill associat als fenòmens meteorològics i climàtics extrems abans llistats. (Centro Internazionale in Monitoraggio Ambientale et al., 2015)

Donat l'estat de l'art d'aquests productes, el MH-EWS proveeix les dades relatives al vent a la nostra aplicació.

2.2 Factors a cobrir

Aquests elements descrits proporcionen uns algorismes de gran utilitat en la previsió dels incendis forestals, amb informació molt valuosa sobre els riscos d'incendi i la seva propagació. Això si, en el cas de PROPAGATOR, abans de la realització d'aquest projecte, només estava actiu a Itàlia. Per tant, part de l'objectiu del treball és incorporar les seves funcionalitats a Catalunya.

A més, hi ha marge de millora per tal d'oferir una solució més completa i funcional, com per exemple poder creuar de forma dinàmica, totes aquestes dades obtingudes dels algorismes amb informació de les zones vulnerables. Que és una idea que no estava aplicada actualment de forma operacional, i que és on intenta donar més èmfasi aquest treball.

Capítol 3

Planificació temporal

Un dels elements més importants d'un projecte és la seva planificació, que pot arribar a ser un factor determinant en la correcta realització del mateix.

Per tant, aquest apartat vol oferir una descripció clara de les diferents tasques que conformen el projecte amb la planificació temporal corresponent a la seva realització.

3.1 Tasques i recursos associats

Per poder dur a terme el projecte van fer falta un seguit de recursos, que han sigut indispensables per la correcta realització d'aquest. Aquests recursos els podem dividir en recursos humans i materials.

A continuació, es presenta una descripció dels recursos humans, amb tots els diferents rols implicats, una breu descripció de les seves responsabilitats i també les abreviacions que es faran servir posteriorment per referir-nos a cada un d'aquests rols:

Recurs	Descripció
Cap de projecte (CP)	Encarregat de tota la gestió del projecte, de comprovar la correcta realització i de realitzar tota la documentació necessària
Dissenyador de software (DS)	Encarregat del disseny i estructura del projecte
Enginyer de software (ES)	Encarregat de la implementació de les diferents tasques
Tester (T)	Encarregat de comprovar que l'eina desenvolupada funciona correctament i de la forma esperada

TAULA 3.1: Descripció dels recursos humans.

Cal remarcar que els diferents rols implicats en el projecte es realitzaran tots pel desenvolupador.

Per altra part, trobem els diferents recursos materials, concretament els recursos hardware, amb les seves descripcions i abreviacions.

Recurs		
Ordinador personal (OP)	Descripció	On es realitzarà gran part de la feina de documentació
	Característiques	PC, Intel i7 4770 @ 3.9GHz, 4 cores
Ordinador d'empresa (OE)	Descripció	On es realitzarà el desenvolupament del projecte
	Característiques	iMac 7.1, Intel Core 2 Duo @ 2.4GHz
Servidor (S)	Descripció	On s'executarà l'eina durant el procés de desenvolupament
	Característiques	Servidor, Intel Xeon E5-2670 v3 @ 2.30GHz, 48 cores

TAULA 3.2: Descripció dels recursos hardware.

A la següent taula tenim un resum de totes les tasques, amb una durada aproximada i tots els recursos associats.

Tasques	Hores	Rec. humans	Rec. HW
1. Disseny i planificació			
1.1. Encaix del projecte a A4CAT	10	CP	OE
1.2. Definició de les tasques	20	CP	OE
1.3. Anàlisi dels requeriments	20	DS	OP
1.4. Proposta d'arquitectura	30	DS	OP
2. Connexió APIs externes			
2.1. Funcionament i requeriments	20	DS	OE
2.2. Creació dels wrappers	30	ES	OE, S
2.3. Unit Testing	20	T	OE, S
3. Gestió de les dades			
3.1. Coneixements dels sistemes GIS	30	ES	OP
3.2. Gestió dades de vent (IDL)	40	ES	OE, S
3.3. Processament a la base de dades	40	ES	OE, S
3.4. Creació de mapes	30	ES	OE, S
3.5. Refactor i optimitzacions	20	ES	OE, S
4. Pont entre el back-end i front-end			
4.1. Creació d'API i endpoints necessaris	20	ES	OE, S
5. Visualització de les dades			
5.1. Disseny dels elements web	20	DS	OE, S
5.2. Obtenció resultats de la simulació	20	ES	OE, S
5.3. Visualització dels mapes	30	ES	OE, S
6. Fase final			
6.1. Tests intensius	40	T	OE, S
6.2. Esborrany de la documentació final	80	CP	OP
6.3. Memòria final	30	CP	OP
TOTAL	550		

TAULA 3.3: Duració de les tasques del projecte i els recursos associats.

3.2 Descripció de les tasques

3.2.1 Disseny i especificació

Durant aquest període es va donar una visió global del projecte, tenint en compte el temps disponible, els recursos i els objectius que es volien assolir. Es van plantejar tots els requeriments i es van definir totes les tasques necessàries.

A més, es va donar la primera proposta de l'estructura del projecte i les diferents parts que interaccionarien per poder començar la implementació.

3.2.2 Connexió APIs externes

Aquesta tasca estava centrada en comprendre el funcionament i analitzar els requeriments de les diferents APIs externes que es fan servir, PROPAGATOR i MH-EWS. A més, desenvolupar els wrappers que ens ajudarien a simplificar la interacció entre la nostra aplicació i aquestes APIs, però també per simplificar l'enviament dels paràmetres necessaris a les diferents crides.

I finalment, realitzar l'Unit Testing d'aquests wrappers per assegurar-nos del correcte funcionament, documentar i agilitzar la resolució dels problemes.

3.2.3 Tractament de les dades

L'objectiu d'aquesta tasca va ser poder adaptar les dades obtingudes a la simulació per tal de tenir més control i poder realitzar diverses operacions espacials sobre elles, per exemple, creuar-les amb la informació de les vulnerabilitats. És a dir, realitzar tot el càlcul i processament necessari per obtenir aquells punts crítics (Centres educatius, carreteres, hospitals, etc.) que es veurien afectats per la propagació del foc.

Però també realitzar tota la gestió de les alertes, basades en diferents parametritzacions, per informar de tots aquells punts crítics que es trobarien en una situació de risc davant la propagació de l'incendi.

Per últim, en aquesta tasca també s'inclouen totes aquelles optimitzacions i millores per tal d'assegurar-se de tenir una eina robusta i sostenible.

3.2.4 Pont entre el back-end i front-end

Centrada principalment en desenvolupar el pont entre la interacció de l'usuari a la plataforma web i la nostra eina. Aquest pont es materialitza en forma d'una API (Application Programming Interface) que permet una gran flexibilitat separant la interfície de l'usuari del servidor i l'emmagatzemament de les dades.

3.2.5 Visualització de les dades

Tasca centrada en visualitzar les dades processades per presentar-les a través del visor web. En aquest cas, la presentació dels diferents mapes generats i les diferents opcions de visualització per assegurar-se que l'experiència de l'usuari sigui fluida i intuïtiva.

3.2.6 Fase final

Aquesta tasca compren el període posterior al desenvolupament de la nostra eina. Centrada en realitzar totes aquelles proves necessàries per assegurar-nos que funciona de la forma esperada. Però també compren la redacció de l'esborrany i la memòria del projecte.

3.3 Canvis respecte la fita inicial

Respecte a la fita inicial es va canviar principalment la descripció de les tasques per reflectir de forma més acurada l'estat final del projecte, però també per donar una millor descripció a les diferents tasques i subtasques. També es van ampliar les hores destinades a la realització de la memòria.

3.4 Diagrama de Gantt

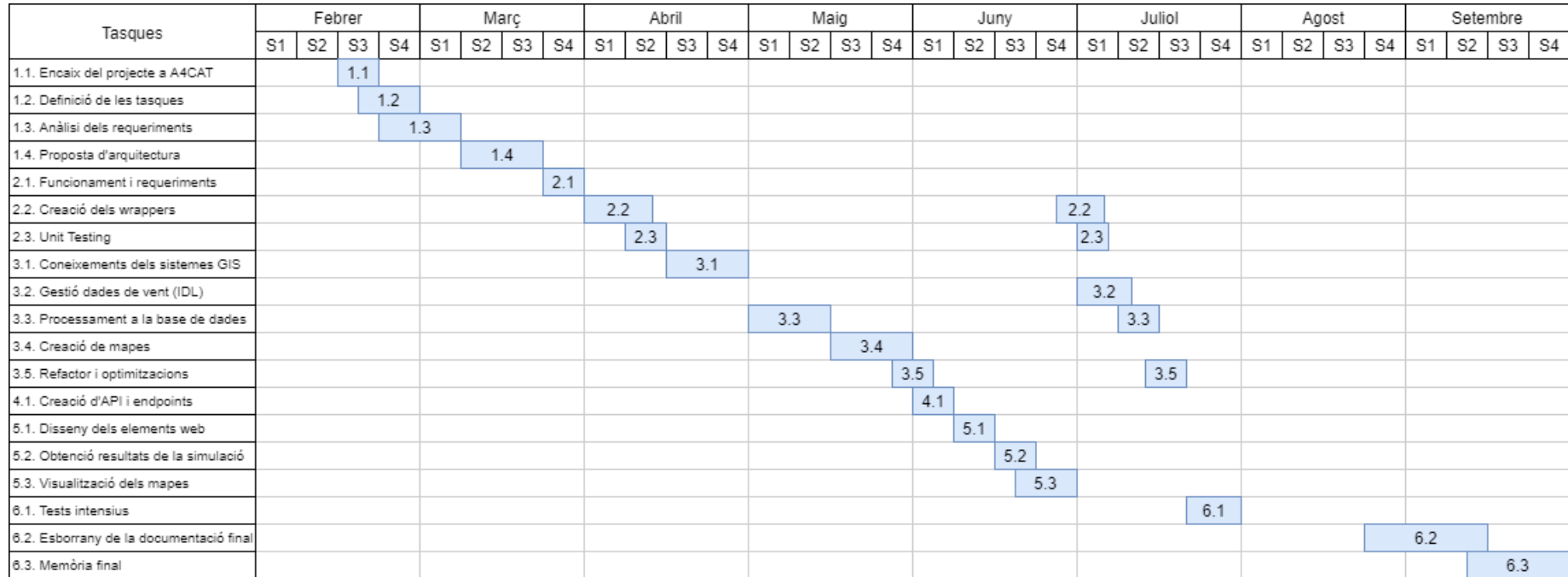


FIGURA 3.1: Diagrama de Gantt de les diferents tasques del projecte.

Capítol 4

Arquitectura i tecnologies

4.1 Anàlisi de les tecnologies emprades

En aquesta secció es farà una anàlisi de les diferents tecnologies que s'han fet servir durant el desenvolupament del projecte. El seu propòsit, el perquè de la seva elecció i si es van estudiar altres possibilitats.

4.1.1 PostGis

Un dels pilars fonamentals d'aquest projecte. PostGis és una extensió de la coneguda base de dades relacional orientada a objectes PostgreSQL.

Aquesta extensió afegeix suport per objectes geogràfics i poder executar consultes sobre aquests objectes en SQL¹. El que ens permet una gran flexibilitat i ens proporciona les eines necessàries per poder emmagatzemar geometries com punts, línies i polígons, que representaran punts crítics i les isolínies de propagació d'un incendi.

Però també ens dóna la possibilitat de realitzar operacions sobre aquestes geometries com per exemple creuar la informació de vulnerabilitats i perills. A més, en realitzar totes aquestes operacions sobre la base de dades guanyem en rendiment i sostenibilitat.

Es va triar PostGis per ser precisament una extensió de la base de dades PostgreSQL, utilitzada en altres projectes de l'empresa i també per la seva integració amb GDAL i GeoServer. Però també per ser de codi lliure i a la vegada

¹Structured Query Language. Llenguatge dissenyat per gestionar la informació emmagatzemada a una Base de Dades Relacional.

una de les millors solucions del mercat. On diversos estudis han mostrat fins i tot una millora del 450% en l'execució de diverses consultes amb objectes geogràfics, contra altres solucions comercials com Oracle Spatial (Shukla, Shivnani i Shah, 2016).

4.1.2 GDAL

GDAL (Geospatial Data Abstraction Library) és una biblioteca de traducció de formats de dades geoespacionals ràster i vectorials. Inclou una gran varietat d'utilitats per ordre de comandes que proporcionen aquesta traducció de formats, però també diferents eines pel processament de dades.

A més, hi ha un gran nombre de software GIS molt conegut que utilitza GDAL internament, entre els que trobem ArcGIS, PostGis, GDAL o fins i tot Google Earth.

Entre el gran nombre d'algorismes i utilitats pel processament de les dades geoespacionals que ens ofereix aquesta llibreria fem servir principalment **ogr2ogr**. Aquest programa ens ajuda a transformar les dades obtingudes de PROPAGATOR a una taula a la nostra base de dades PostgreSQL. Amb l'avantatge de poder aplicar directament sobre aquesta transformació una consulta, que ens permet reduir el conjunt de dades inicials a un subconjunt que conté únicament les dades necessàries per les nostres operacions geoespacionals, millorant d'aquesta forma el rendiment de la nostra aplicació.

4.1.3 Geoserver

GeoServer és un servidor de codi obert basat en mapes que ens permet visualitzar i editar dades geoespacionals. A més, implementa l'standard Web Map Service (WMS) el que permet una gran flexibilitat alhora de crear mapes en un gran varietat de formats de sortida.

A la nostra aplicació GeoServer juga un paper molt important, donat que és a través d'aquest software que podem representar la propagació dels incendis simulats o els diversos punts crítics a Catalunya, i poder exportar aquestes dades en el conegut format KML (Keyhole Markup Language). Però sobretot, per la flexibilitat que ens proporciona per poder connectar-se directament

amb la base de dades PostGis, on tenim emmagatzemades les nostres dades geoespaciales.

És principalment per aquest motiu que es va triar GeoServer sobre altres alternatives com poden ser Mapnik, MapBox o MapServer. I també per ser de codi lliure i tenir un gran suport de la comunitat al darrere.

4.1.4 OpenLayers

OpenLayers és una llibreria de codi obert de JavaScript per visualitzar mapes i les seves dades al navegador. És precisament aquesta funcionalitat que fem servir a la nostra aplicació per poder carregar els diversos mapes generats a GeoServer a la plataforma A4CAT.

Existeixen diverses alternatives com Leaflet però que no ens ofereixen tota la flexibilitat d'OpenLayers ni rendiment quan treballem amb un nombre de dades prou elevat, com és el cas dels punts crítics.

4.1.5 IDL

IDL (Interactive Data Language) és un llenguatge de programació utilitzat per l'anàlisi de dades. És popular en àrees particulars de la ciència, com l'astronomia, la física atmosfèrica i la imatge mèdica. Utilitzat principalment pel processament interactiu de grans quantitats de dades.

Al nostre projecte l'utilitzem per poder llegir i interpolar la informació del vent que s'obté en format NetCDF (Network Common Data Form) del MH-EWS. Així aconseguim la direcció i velocitat del vent per poder utilitzar-la en la simulació dels incendis.

4.2 Arquitectura

L'arquitectura que segueix el projecte és la següent:

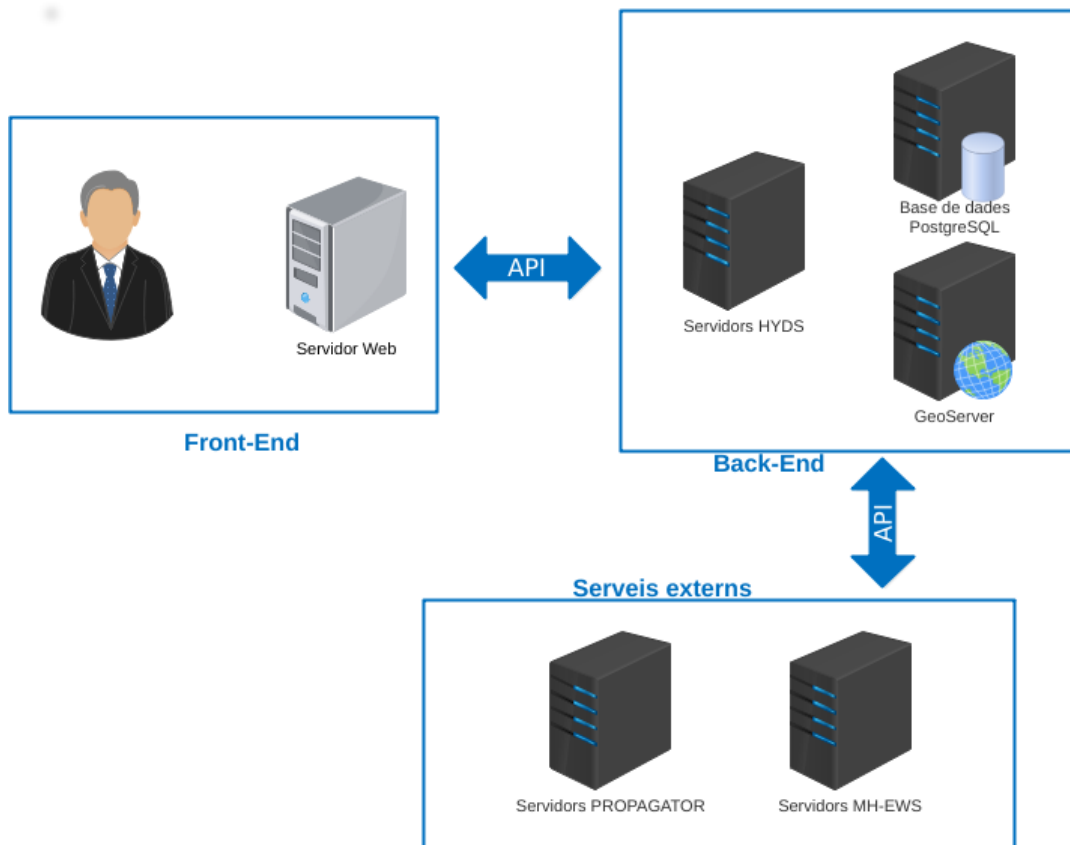


FIGURA 4.1: Diagrama de l'arquitectura del projecte amb la interacció dels diferents components.

On podem diferenciar principalment tres parts, el front-end, back-end i els serveis externs que fa servir la nostra aplicació.

El front-end és la part d'una pàgina web que l'usuari veu i interacciona directament. Engloba engloba diverses tecnologies i llenguatges de programació entre els quals destaquen HTML, CSS i JavaScript.

El back-end per altra part, engloba tots aquells procediments i operacions que tenen lloc "darrere les càmeres". Hi podem trobar un gran nombre de llenguatges de programació com PHP, Python, Ruby, entre d'altres. Pel desenvolupament d'aquest projecte es va triar PHP principalment per la seva gran flexibilitat, estabilitat i velocitat per processar les dades, però també per ser el llenguatge més utilitzat a la empresa per realitzar les diferents tasques de back-end.

Finalment, les diferents APIs (Application Programming Interface) que interactuen al projecte, funcionen com ponts entre diferents serveis per poder transportar les dades de forma eficaç i segura.

4.3 Descripció general del funcionament

Per tenir una idea general de com funciona la nostra eina internament, disposem del diagrama d'activitat. En aquest diagrama es representen les diferents accions que hi ha implicades quan des del front-end l'usuari decideix llançar una simulació.

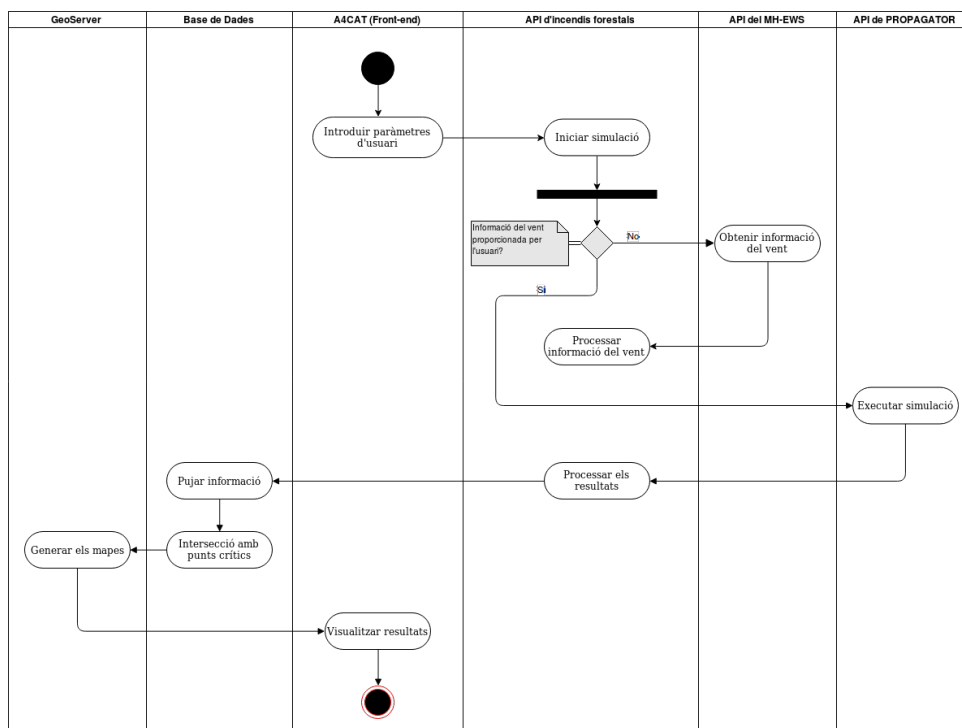


FIGURA 4.2: Diagrama d'activitat de la inicialització d'una simulació.

En primer lloc, l'usuari es connecta a la plataforma web de l'A4CAT, on pot trobar informació de diferents esdeveniments extrems, entre ells els incendis forestals. A través d'aquesta plataforma, i proporcionant totes les dades necessàries, l'usuari podrà llançar simulacions per calcular la propagació dels incendis. És en aquest punt on es realitza una connexió amb els servidors de processament de HYDS a través d'una API desenvolupada al projecte.

En aquests servidors s'analitzen les dades proporcionades per l'usuari, i depenent de si es volia o no obtenir les dades relacionades amb el vent de forma automàtica, es realitza la primera connexió amb serveis externs, als servidors del Multi-Hazard Early Warning System (MH-EWS), a través d'una API externa. Amb la informació del vent que ens retorna aquesta API, s'executa el programa en IDL i s'aconsegueixen els valors de velocitat i direcció del vent.

Un cop es disposen de totes les dades necessàries, es pot començar la connexió amb PROPAGATOR, també a través d'una API externa, a través de la qual enviem tots aquests paràmetres i obtenim els resultats de la simulació.

Finalment, als servidors de HYDS es realitza tot el processament d'aquests resultats i s'emmagatzemen a una base de dades PostGis, on posteriorment estaran disponibles al GeoServer i d'aquesta forma crear els mapes necessaris per a la nostra aplicació.

Finalment, un cop la plataforma web rep la resposta dels servidors de HYDS amb la confirmació que ha sigut una simulació correcta, es presenten a l'usuari aquests mapes a través d'OpenLayers.

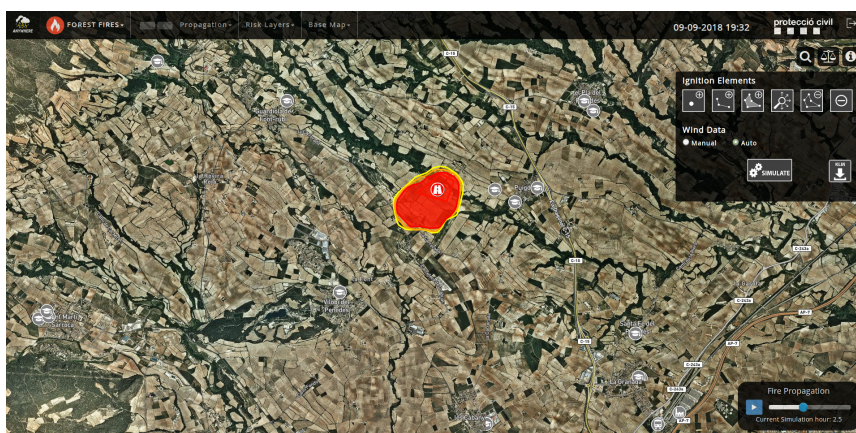


FIGURA 4.3: Exemple del visor A4CAT visualitzant els resultats d'una simulació de PROPAGATOR.

Capítol 5

Adaptació de PROPAGATOR a Catalunya

5.1 Elements específics

Per tal de poder realitzar simulacions a través de PROPAGATOR es necessita per una part informació dinàmica relativa a la simulació com és la velocitat i direcció del vent, però per altra part, es necessita una informació sobre l'entorn on es realitzarà. En aquest cas, sobre l'entorn de Catalunya.

Aquests elements específics van ser proporcionats per HYDS i rebuts per CIMA, que van ser els encarregats d'incorporar aquesta informació al seu model.

5.1.1 Model d'Elevacions del Terreny

Estructura numèrica de dades espacialment referenciada que representa la distribució d'una variable quantitativa i contínua en una zona geogràfica. En el nostre cas, l'elevació del terreny de Catalunya.

Aquesta informació està disponible per l'ICGC (Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya) amb una resolució de 2m x 2m. Però, a petició de CIMA es va adaptar a una resolució de 20m x 20m.

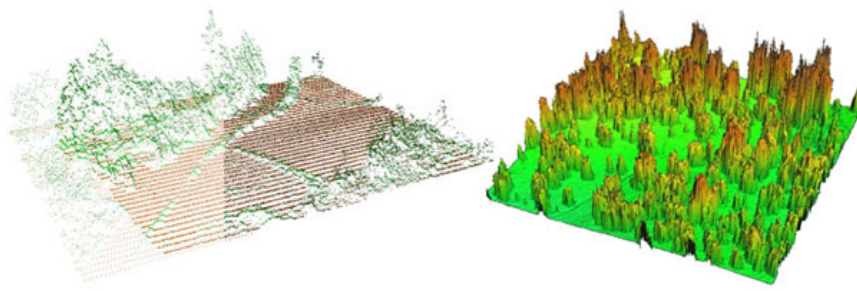


FIGURA 5.1: Representació del model d'Elevacions del Terreny a Catalunya, ICGC.

5.1.2 Cobertura del sòl

Mapa que ens indica els diferents materials que hi ha a la superfície terrestre, com poden ser arbres, matolls, rius, etc. Particularment, ens proporciona una informació molt valuosa sobre la vegetació de Catalunya, donat que cada espècie tindrà una reacció diferent en incendiar-se i per aquest motiu és una de les peces clau per calcular la propagació dels incendis i que fa servir PROPAGATOR.

Aquesta informació prové del Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF) amb una resolució de 10 m x 10m, però de forma semblant al Model d'Elevacions del Terreny es va adaptar a una resolució de 20m x 20m.

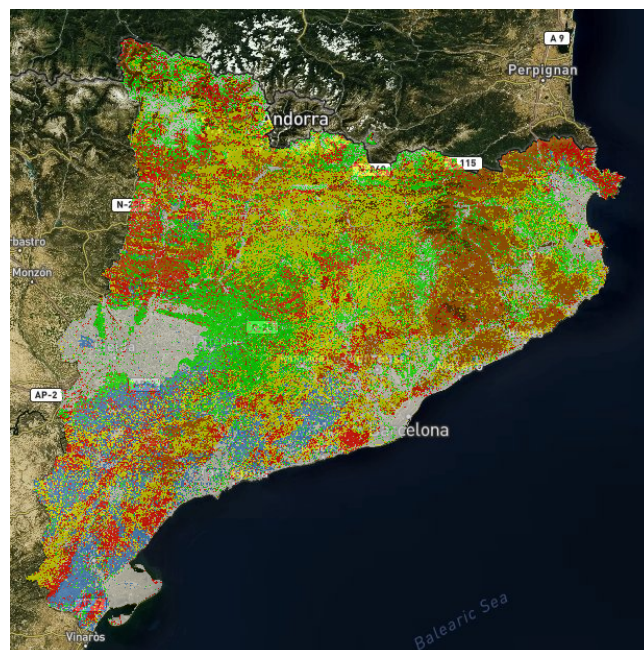


FIGURA 5.2: Cobertura del sòl a Catalunya, present al visor A4CAT.

5.2 Punts crítics

Un altre punt a destacar de l'adaptació a Catalunya, són els punts crítics que es van seleccionar per aquesta adaptació, en aquest cas no per petició de CI-MA sinó per incorporar-los a la nostra aplicació. Però primer, cal definir que s'entén per punt crític.

Un punt crític, dintre del marc del projecte, és un element particularment vulnerable a un perill concret, en aquest cas la propagació d'un incendi forestal. Que en donar-se aquestes condicions i trobar-se en situació de risc, pot tenir un efecte negatiu de gran magnitud, sigui social, econòmic o mediambiental.

Cal remarcar que aquests punts crítics no formen part de l'algorisme de PROPAGATOR, sinó que es fan servir al projecte com a informació de vulnerabilitats per oferir part de les nostres funcionalitats.

5.2.1 Categories actuals

Els punts crítics que es fan servir a la nostra eina estan dividits en una sèrie de categories que agrupen punts crítics de característiques similars. Aquestes categories i els punts crítics associats han estat definits i proveïts pel CECAT atenent a les necessitats particulars de Catalunya.

- Centres educatius.
- Zones industrials, i en particular, les indústries químiques SEVESO¹.
- Urbanitzacions.
- Hospitals.
- Infraestructures elèctriques.
- Carreteres.
- Estacions de tren.
- Càmpings.

¹Un establiment SEVESO és aquell que té alguna activitat relacionada amb el maneig, la fabricació, l'ús o l'emmagatzematge de substàncies perilloses

- Ponts.

A la base de dades emmagatzemem el nom de cada un dels punts crítics, la seva categoria, un codi únic per identificar-lo i la seva geometria associada. Aquesta geometria dependrà del tipus de punt crític, per exemple en el cas d'un centre educatiu ens interessa la seva ubicació, per tant s'emmagatzemarà un punt amb les seves coordenades. Però en el cas d'una indústria contaminant, que ocuparà una àrea més extensa, ens interessa tota l'extensió de l'àrea, per tant, s'emmagatzemarà un polígon o un conjunt de polígons.

5.2.2 Llindars d'activació

Per tal de poder calcular aquells punts crítics en situació de risc i poder generar les alertes corresponents, primer cal conèixer quins seran els llindars d'activació.

Per l'abast del projecte aquests llindars vindran definits pel CECAT que serà el client del producte. Però la plataforma està pensada per poder suportar nous usuaris amb uns llindars d'activació diferents.

Per tant, inicialment considerarem que un punt crític només entra en situació de perill si cau dintre de les isolínies de la propagació de l'incendi dels percentils 75 i 90.

A més, depenent del moment en què es produeixi la intersecció entre la ubicació del punt crític i la geometria de la isolínia, s'assolirà un nivell d'alerta o un altre. És a dir, durant les 3 primeres hores de la simulació es considerarà que el risc és molt elevat, i a les següents 3 hores que el risc és elevat. Aquests llindars s'emmagatzemen a la base de dades.

Capítol 6

Desenvolupament

Durant els darrers mesos, s'ha anat desenvolupant aquest projecte, partint primer de tot de la planificació, els objectius que es volien aconseguir i els requeriments que s'havia de complir.

Per aquest motiu, dividirem aquest capítol en subseccions similars a les tasques descrites a la planificació temporal, donant més detalls sobre la implementació i els diferents obstacles que van sorgir al llarg d'aquest període.

Però abans, es presenta el diagrama de classes UML¹, on s'intenta mostrar gràficament les diferents classes del back-end que interactuen al projecte i les seves relacions. Que ens servirà de base per descriure el funcionament del projecte.

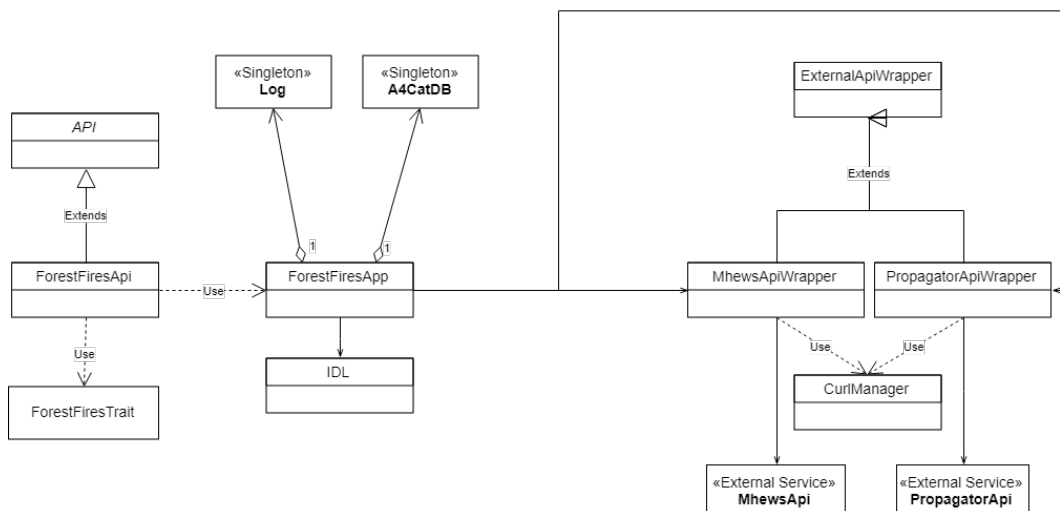


FIGURA 6.1: Diagrama de classes UML del projecte

¹Unified Modeling Language. És el llenguatge de modelat de sistemes software més conegut i utilitzat a l'actualitat.

6.1 Obtenció de la informació de perill

La primera peça clau pel desenvolupament era l'obtenció de la informació de perills, en aquest cas sobre perills relacionats als incendis forestals. Aquesta ve proporcionada principalment per dues fonts PROPAGATOR i el MHEWS.

Per tal d'obtenir aquestes dades ens havíem de connectar a les APIs proporcionades per cada un d'aquests serveis. Per fer-ho, es va decidir de fer servir unes classes wrapper. Aquestes s'encarreguen principalment de simplificar i abstraure la interacció que hi ha entre les APIs externes i la nostra aplicació.

6.1.1 Connexió amb PROPAGATOR

Per tal de poder realitzar simulacions amb PROPAGATOR i obtenir els resultats, primer ens calia entendre els diferents recursos que ens oferia l'API de PROPAGATOR.

Concretament, el primer pas a realitzar és preparar tots els paràmetres necessaris i enviar-los a través d'una petició POST al recurs `/algorithm/init` enviant al cos de la petició una estructura en format JSON amb la següent informació:

```
{
  "name": "test",
  "init_date": "201801111510",
  "n_threads": 100,
  "grid_dim_km": 20,
  "ignitions": ["POINT:42.80566574046595;10.41757106781006"],
  "boundary_conditions": [
    {
      "time": 0,
      "w_speed": 0,
      "w_dir": 0
    },
    {
      "time": 300,
      "w_speed": 20,
      "w_dir": 90
    }
  ]
}
```

```
    }  
  ]  
}
```

Aquesta estructura conté el nom que vulguem associar a la simulació, la data en la qual es vol realitzar, el nombre de simulacions concurrents i sobretot els diferents elements d'ignició i les condicions del vent.

Els elements d'ignició poden ser de 3 tipus diferents, punts (focus d'ignició), línies (fronts), o polígons (àrees cremades). En cada simulació es poden representar un o més d'aquests elements, combinant entre els diferents tipus. Aquesta és informació que inserta l'usuari al mapa a través de la llibreria OpenLayers i que després es reprojecta al sistema de coordenades esperat per PROPAGATOR, el WGS84.²

Aquesta crida, si retorna de forma correcta, ens proporciona un UUID, o identificador únic, l'identificador d'una cua de missatges on es comuniquen els diferents canvis d'estat. Finalment, s'executa la simulació realitzant una petició GET al recurs `/algorithm/run/$UUID` proporcionant aquest identificador únic de la simulació. Amb la cua de missatges podem conèixer si ha finalitzat correctament o hi ha hagut algun error.

Hi ha altres recursos proporcionats per l'API de PROPAGATOR que ens permeten aturar simulacions en execució, obtenir més detalls, visualitzar l'històric entre d'altres. Però per realitzar qualsevol petició hem de proporcionar una *ApiKey*, que serveix per identificar que totes aquestes peticions es realitzen per la nostra aplicació i no externament.

Finalment, el wrapper desenvolupat ens ofereix entre altres avantatges agrupar les dues peticions explicades anteriorment per executar una simulació, gestionar la realització de les peticions HTTP a través de la classe *CurlManager* i afegir noves funcionalitats.

Al diagrama de classes representat a la figura 6.1 podem distingir el wrapper utilitzat que extén les funcionalitats d'una altra classe *ExternalApiWrapper* per adaptar-la a les necessitats específiques de l'API de PROPAGATOR.

²El WGS84 (World Geodetic System 84) és un sistema de coordenades cartogràfiques mundial que permet localitzar qualsevol punt de la Terra, sense necessitar cap altre punt de referència.

6.1.2 Obtenció de la informació de vent

Com es comentava, per inicialitzar una simulació de PROPAGATOR ens cal una sèrie de paràmetres, entre ells la direcció i velocitat del vent durant la simulació. Però, com aquesta informació no és constant al llarg del temps, es poden especificar diferents vectors, indicant la diferència temporal en minuts, per reflectir aquest canvi.

Inicialment, aquesta informació era proporcionada per l'usuari a través de la plataforma web, però a partir de l'intercanvi de feedback per part del CE-CAT, es va proposar donar l'opció de poder obtenir aquestes dades de forma automàtica.

Per fer-ho llavors, calia obtenir una font que ens proporcionés aquestes dades, però donat que el Multi-Hazard Early Warning System del projecte ANYW-HERE ja ofería diferents productes relacionats amb el vent, es va triar com la font d'aquesta informació.

Concretament, els dos productes triats són "10 meters U wind speed" i "10 meters V wind speed" que proporcionen en format raster les dues components del vector de velocitat del vent, en m/s, amb una resolució de 10m en un interval de 3 hores. I com les nostres simulacions comprenen un interval de 6 hores, hem d'obtenir les dades d'aquest producte dos cops.

El MH-EWS té disponible una API amb un gran nombre de recursos que proporcionen les dades dels diferents productes, informació associada, etc. Per tant, en realitzar les peticions ens retorna un fitxer NetCDF (Network Common Data Form) amb les dades raster demanades. Un format molt popular en l'àmbit científic per crear i compartir dades raster.

Aquests fitxers contenen els valors de cada component del vector de vent al llarg del territori, i donat que PROPAGATOR només accepta un vector per zona simulada, es va decidir utilitzar el baricentre del conjunt d'elements d'ignició proporcionats per l'usuari. Aquest càlcul es realitza a la base de dades a través de la llibreria PostGIS.

A continuació, per poder analitzar aquests fitxers i extreure les dades que ens interessin es va desenvolupar un programa escrit en IDL (Interactive Data Language) que a partir de la interpolació de les coordenades del baricentre

dels elements d'ignició obté els diferents valors de la direcció (en graus) i velocitat del vent (en km/h) per tot l'interval de la simulació.

El següent diagrama de classes ens resumeix aquesta interacció.

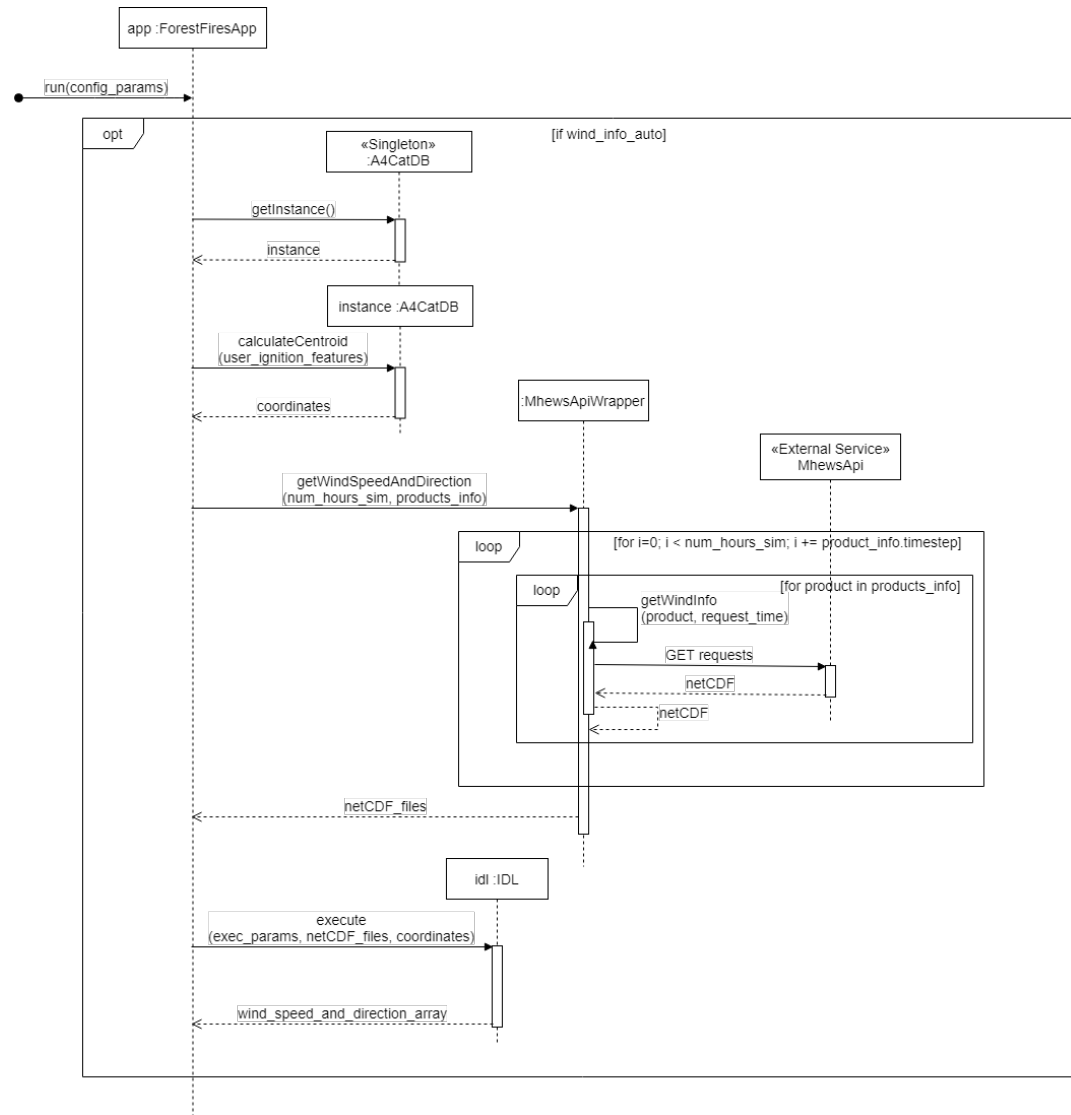


FIGURA 6.2: Diagrama de seqüència UML del procés d'obtenció de la informació del vent del MH-EWS.

6.2 Gestió de les dades

Un cop hem executat correctament una simulació a través de l'API de PROPAGATOR, i quan la cua de missatges ens avisa que ja ha finalitzat, podem demanar els resultats de la simulació. Aquests resultats són de dos tipus, raster i vectorials.

On els resultats raster, en format GeoTiff, representen mapes de la probabilitat de cada píxel de resultar cremat per la propagació de l'incendi al llarg del temps. Cada un d'aquests mapes representa un moment concret de la simulació, per defecte de cada hora dintre d'un interval d'unes 48h del total de la simulació. Però, després d'un intercanvi de feedback amb CIMA de les necessitats particulars del CECAT, es va aconseguir introduir nous paràmetres per controlar aquestes variables de la simulació. D'aquesta forma, les simulacions que realitzem des de la nostra aplicació compten amb una resolució temporal de 30 minuts amb un total de 6 hores de simulació.

Pel que fa als resultats vectorials, representen aquesta probabilitat d'ignició però per llindars concrets. És a dir, ens mostren amb un 50, 75 i 90% les diferents isolínies que representen quin seria el perímetre cremat de la zona afectada per cada probabilitat, amb la mateixa resolució temporal que les dades raster. Però en aquest cas, les dades vectorials es representen en un sol fitxer en format GeoJson.³

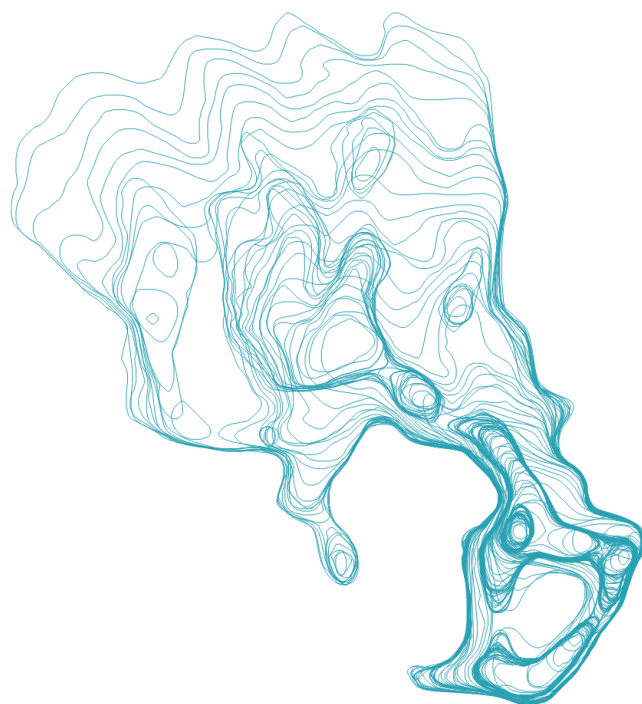


FIGURA 6.3: Representació d'una simulació de 48h amb les isolínies dels percentils 50, 75 i 90, al software QGis.

Per la nostra aplicació es va decidir de fer servir únicament les dades vectorials, donat que ens proporcionen la flexibilitat necessària per poder creuar-les

³GeoJSON és un format per a la codificació d'una varietat d'estructures de dades geogràfiques. Està basat en el conegut format de transmissió de dades Json.

amb informació de vulnerabilitats.

6.2.1 Càrrega a la base de dades

Un cop disposem del fitxer GeoJson amb les diferents isolínies, per poder realitzar operacions espacials, les carreguem a la nostra base de dades. I per fer-ho, disposem de la llibreria espacial GDAL, concretament amb el programa ogr2ogr. D'aquesta forma, proporcionant els paràmetres de connexió amb la base de dades PostgreSQL podem carregar les isolínies del fitxer GeoJson a la taula *propagator_isochrones*.

Inicialment, en el procés de càrrega aplicàvem també un filtre per carregar únicament les isolínies de les primeres 6h de la simulació, però després del canvi en l'API per part de CIMA no ens és necessari aplicar-lo i podem carregar les dades directament.

A la base de dades disposem d'un trigger, o disparador, que s'executa quan s'insereixen dades a la taula *propagator_isochrones*. Aquest s'encarrega de generar un polígon a partir de cada isolínia, aquesta acció és necessària per crear les geometries amb la informació de vulnerabilitats. Però també pel rendiment, donat que si realitzéssim la generació del polígon al moment de cada consulta, obtindríem una pèrdua de rendiment molt considerable.

6.2.2 Creuament amb la informació de vulnerabilitat

Un cop totes les dades necessàries es troben a la BD⁴, es pot començar a fer el creuament de la informació de perill, és a dir les diferents isolínies de la propagació de l'incendi, amb la informació de vulnerabilitats que es troba emmagatzemada també a la BD.

Com es va comentar prèviament, la informació de vulnerabilitats comprèn totes aquelles categories diferents de punts crítics i la seva informació associada.

Per trobar llavors quins són els punts crítics afectats per la propagació de l'incendi, realitzarem una intersecció entre les seves geometries. Aquells punts

⁴Base de dades.

crítics que es trobin dintre o tallin amb les diferents isolínies seran considerats punts crítics en situació de risc.

Aquesta intersecció es realitza a través la funció `ST_Intersects` de PostGIS, on a partir de dues geometries retorna un booleà a `TRUE` si aquestes tallen en 2D, és a dir, si comparteixen alguna part de l'espai. I `FALSE` si no ho fan.

A la base de dades disposem de la taula *records*, on a partir dels resultats de la funció anterior, inserim únicament la informació d'aquelles isolínies que han donat positiu en la intersecció amb els punts crítics.

Cal mencionar que totes aquestes operacions que es realitzen a la base de dades tenen en compte l'usuari qui les realitza, donat que a la plataforma web A4CAT podem tenir diferents usuaris i les dades relacionades amb les seves simulacions han de mantenir-se separades.

6.2.3 Generació d'alertes

A la taula *records* es fa un seguiment de totes aquelles geometries que han donat positiu a la intersecció. Però, per poder generar alertes a partir d'aquestes entrades de la taula *records* cal que primer superin uns llindars. Aquests llindars es van explicar al Capítol anterior i estan definits en funció de l'usuari.

Per tant, un cop disposem de les entrades d'aquesta taula, si n'hi ha, que han superat aquests llindars, podem generar noves entrades però a la taula *alerts*, on es recolliran per cada usuari quines han sigut les geometries dels punts crítics implicats, la data i sobretot el nivell d'activació de l'alerta.

A partir d'aquest punt, ja s'han generat les alertes per tots aquells punts crítics que es trobaran en situació de risc per la propagació de l'incendi. I sobretot, els diferents nivells d'activació que correspondran a aquestes alertes.

6.3 Pont entre el back-end i front-end

Fins ara hem parlat de les diferents tasques que es realitzen al back-end però queda connectar totes aquestes funcionalitats amb el que veurà i podrà interactuar l'usuari, és a dir, el front-end. Aquesta connexió es realitza a través

d'una API, que ens permet principalment desacoblar les tasques relacionades amb la interfície de la plataforma A4CAT i les tasques més pròpies del back-end com és el tractament i gestió de les dades.

Pel que fa a l'abast d'aquest projecte es van proposar dos endpoints. El primer, */forest_fires/init* ens permet a través d'una petició POST, enviar al cos de la petició totes les dades ingressades per l'usuari, com són els diferents elements d'ignició (dibuixats al mapa per l'usuari a través d'OpenLayers), la informació manual de la direcció i velocitat del vent per la simulació, o en tot cas, la preferència d'obtenir aquestes dades del vent de forma automàtica. I un cop rebuda aquesta informació al servidor enviar-la a la classe *ForestFire-App* com es pot apreciar al diagrama 6.1 i iniciar les tasques necessàries per executar una simulació amb PROPAGATOR.

Cal mencionar que aquest endpoint durant les primeres fases del desenvolupament trigava aproximadament uns 4 minuts en retornar una resposta al front-end. En gran part pel temps que trigava PROPAGATOR en completar tota la simulació, donat que inicialment aquestes podien ser d'entre unes 48 i 72 hores. El que ens proporcionava una gran quantitat d'informació, però pel CECAT una informació a tan llarg termini no era tan útil. A més, de cara a l'usuari, no podíem proporcionar una experiència fluida i interactiva amb uns temps d'espera tan grans.

Per aquest motiu, durant aquest període es va plantejar realitzar peticions asíncrones, és a dir, eliminar aquest temps d'espera i retornar a l'usuari directament amb un estat i un identificador de la simulació. I a través dels websockets oferir una comunicació directa amb el front-end per comunicar quan la simulació hagi finalitzat i poder visualitzar els resultats.

Però, després de diverses optimitzacions de la gestió que fèiem de les dades per creuar els punts crítics i sobretot pel feedback proporcionat a CIMA per afegir nous paràmetres a la seva API i tenir més control sobre les simulacions (ajustant-les a 6 hores com especificat pel CECAT), es va poder reduir el temps de resposta a uns 20-30 segons. Així i tot, se seguirà treballant per reduir en tot el possible aquest temps i oferir una solució més eficient.

Per altra part, el segon endpoint proporcionat, */forest_fires/files*, ens permet generar i descarregar els resultats de la simulació en format KML, tal com s'explicarà al següent apartat. Per fer-ho cal una petició GET per tal que el

servidor sàpiga quin usuari vol descarregar els resultats i realitzi les tasques necessàries per oferir aquesta informació.

Addicionalment, gràcies a la flexibilitat que ens proporcionen les APIs, vam poder ampliar, fora de l'abast del projecte, aquesta API dissenyada inicialment per un producte, per incorporar noves funcionalitats i millores a altres productes de la plataforma A4CAT.

6.4 Visualització i mapes

Finalment, quan es disposen de totes les alertes per la simulació actual, és moment de presentar a l'usuari els resultats d'aquesta simulació i també de tots aquells punts crítics que es puguin veure afectats. Tota aquesta informació es presenta a l'usuari d'una forma intuïtiva i visual.

Per fer-ho són necessàries diferents capes de Geoserver que es visualitzaran a través d'OpenLayers.

6.4.1 Capes de GeoServer

En GeoServer es fa servir el terme capa per fer referència a un conjunt de dades raster o vectorials que representen una col·lecció d'objectes geogràfics. Per tant, aquestes col·leccions contindran els diferents tipus d'informació que volem mostrar a l'usuari.

Les capes poden ser creades de formes diferents segons les diferents necessitats i l'origen de les dades, però per aquest projecte, en treballar directament amb informació emmagatzemada a la base de dades, aquestes capes seran de tipus SQL views.

Aquestes ens permet executar una consulta personalitzada en cada petició a aquesta capa, evitant així la creació de vistes per consultes complexes a la nostra base de dades. A més, aquestes SQL views poden ser parametritzades el que ens permet una major flexibilitat i seguretat.

Isolinies

Aquesta capa contindrà els resultats de la propagació de l'incendi que ens proporciona PROPAGATOR. Com es va explicar anteriorment, aquestes dades corresponent a les diferents isolínies i passen a estar emmagatzemades a la base de dades des d'on estaran disponibles per Geoserver.

Per tal de mostrar aquesta informació a l'usuari amb diferents colors, opacitats, etc. es va definir un estil de GeoServer. Aquest estil està representat amb un fitxer SLD (Styled Layer Descriptor), que és un format XML per especificar la simbolització d'una capa.

Amb aquest estil definim una sèrie de regles a aplicar sobre la capa. Per exemple, depenent de l'atribut que conté el valor del percentil que representa cada una d'aquestes isolínies (50, 75 i 90) es mostraran de forma diferent. És a dir, en el cas del percentil 50 només es mostra en color groc la vora del polígon que genera aquesta isolínia. En canvi, pels percentils 75 i 90 es pinta la vora i també l'interior del polígon amb color taronja i vermell respectivament, amb uns valors d'opacitat diferents per millorar la visualització.

A la imatge 6.4 es poden visualitzar les isolínies corresponents a una hora concreta de la simulació. Al visor web es poden visualitzar a través d'una animació per poder apreciar l'evolució de la simulació al llarg del temps.



FIGURA 6.4: Representació de la capa d'isolínies a OpenLayers.

Punts crítics

Aquesta capa s'encarrega de mostrar tots els punts crítics que tenim emmagatzemats a la base de dades, relacionats amb els incendis forestals, donat que altres productes de l'empresa faran servir diferents punts crítics.

Per visualitzar-los, també apliquem un estil sobre la capa, però en aquest cas en comptes de representar directament la geometria del punt crític sobre el mapa seleccionem una icona. Aquesta icona variarà en funció de la categoria del punt crític.

Punts crítics en situació d'alerta

De forma semblant a la capa anterior, aquesta capa ens proporciona informació sobre punts crítics però en aquest cas d'aquells en situació d'alerta.

Així, aquesta capa executa una consulta sobre la taula d'alertes de la base de dades, buscant únicament aquelles alertes corresponents a l'usuari que ha realitzat la simulació.

Un cop disposem d'aquesta informació, per visualitzar-la utilitzem el mateix estil que la capa de Punts crítics, però en aquest cas, les icones no només varien en funció de la categoria del punt crític, sinó també pel nivell d'alerta.

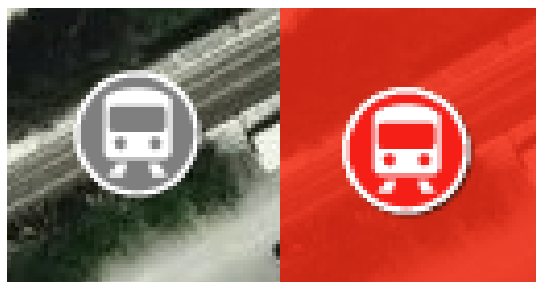


FIGURA 6.5: Representació d'un punt crític en situació de normalitat i en situació de perill a la plataforma A4CAT.

6.4.2 Descàrrega de resultats en KLM

Finalment, l'usuari un cop ha realitzat una simulació des de la plataforma web i està visualitzant els resultats a la pantalla, té la opció de descarregar-los en format KML.

Keyhole Markup Language o KML, és un format basat en la notació XML, que permet representar dades geogràfiques en dos i tres dimensions. El que ens permet representar diferents característiques com punts d'interès al mapa, imatges, polígons, models 3D, etc.

En el nostre cas, l'utilitzem per representar, de forma persistent, la informació de les diferents capes de GeoServer, incloent els punts crítics afectats i les isolínies de la propagació de l'incendi. Donat que a la nostra eina, per un requisit, només emmagatzemem les dades de la darrera simulació de cada usuari.

Aquesta transformació de les diferents capes que tenim disponibles a GeoServer al format KML es fa a través d'una funcionalitat del propi GeoServer. Però ens proporciona unes funcionalitats limitades, per tant, a la nostra eina modifiquem aquest fitxer KML per afegir una animació de les diferents isolínies al llarg del temps (tal com es presenta a la plataforma web) i personalitzar la informació que es mostra al realitzar un click sobre qualsevol isolínia o punt crític.

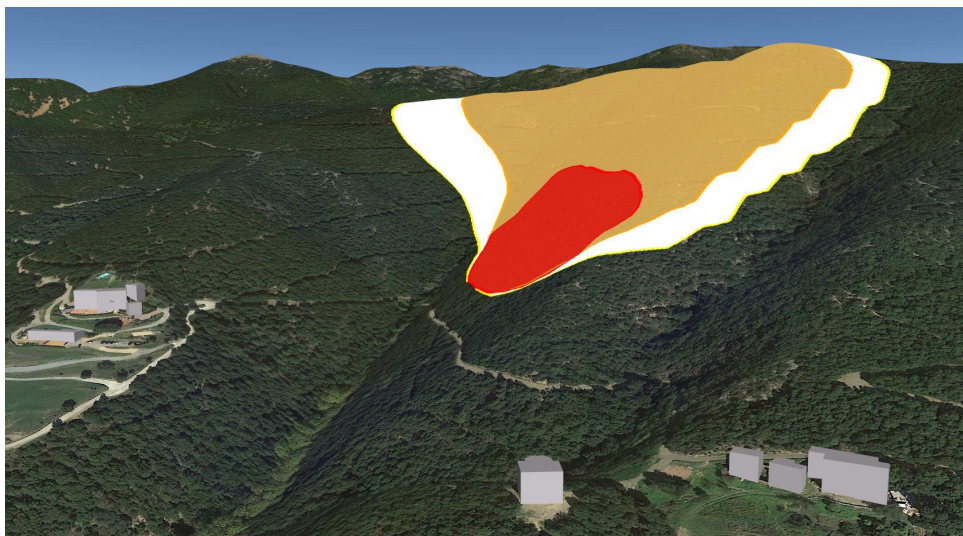


FIGURA 6.6: Representació d'un instant concret del fitxer KML generat a Google Earth.

Capítol 7

Informe de sostenibilitat

En aquest apartat es farà una anàlisi de la sostenibilitat del projecte, partint del pressupost per continuar amb la matriu de sostenibilitat i tractant la dimensió econòmica, mediambiental i social.

7.1 Pressupost

7.1.1 Recursos humans

Per tal d'estimar els costos relacionats als recursos humans, hem de tenir present el cost associat a cada un dels rols implicats al projecte.

Aquests valors s'han calculat a partir de la informació proporcionada per Glassdoor (Glassdoor, 2018), tenint en compte que aproximadament un any té unes 1 760 hores laborables, amb jornades de 8 hores diàries. Però també sobre aquests valors del sou net se li ha afegit un 30% per reflectir les retencions de la seguretat social.

Rol	Salari €/h
Cap de projecte (CP)	55
Dissenyador de software (DS)	40
Enginyer de software (ES)	30
Tester (T)	20

TAULA 7.1: Salari dels recursos humans i abreviacions.

En aquesta taula tenim les diferents abreviacions que es faran servir a continuació per representar l'encarregat de cada una de les tasques descrites al Capítol 3, i quin seria el cost associat a cada tasca.

Tasques	Hores	Rec. humans	Cost
1. Disseny i planificació			
1.1. Encaix del projecte a A4CAT	10	CP	550
1.2. Definició de les tasques	20	CP	1 100
1.3. Anàlisi dels requeriments	20	DS	800
1.4. Proposta d'arquitectura	30	DS	1 200
2. Connexió APIs externes			
2.1. Funcionament i requeriments	20	DS	800
2.2. Creació dels wrappers	30	ES	900
2.3. Unit Testing	20	T	400
3. Gestió de les dades			
3.1. Coneixements dels sistemes GIS	30	ES	900
3.2. Gestió dades de vent (IDL)	40	ES	1 200
3.3. Processament a la base de dades	40	ES	1 200
3.4. Creació de mapes	30	ES	900
3.5. Refactor i optimitzacions	20	ES	600
4. API REST			
4.1. Creació d'API i endpoints necessaris	20	ES	600
5. Visualització de les dades			
5.1. Disseny dels elements web	20	DS	800
5.2. Obtenció resultats de la simulació	20	ES	600
5.3. Visualització dels mapes	30	ES	900
6. Fase final			
6.1. Tests intensius	40	T	800
6.2. Esborrany de la documentació final	80	CP	4 400
6.3. Memòria final	30	CP	1 650
TOTAL	550h		20 300€

TAULA 7.2: Costos directes dels recursos humans.

7.1.2 Recursos hardware

Dintre d'aquests recursos trobem els dos ordinadors, d'empresa i personal, i el servidor on s'executa l'eina. La següent taula resumeix el cost d'aquests recursos, la seva vida útil i la amortització.

Producte	Unitats	Preu unitari	Vida útil	Amort./h	Hores	Amort.
Ordinador d'empresa (OE)	1	1 200	4	0.17	360	61.2
Ordinador personal (OP)	1	1 300	4	0.185	190	35.15
Servidor (S)	1	8 000	3	0.304	310	94.24
TOTAL						190.59

TAULA 7.3: Costos directes dels recursos hardware.

A l'amortització del hardware dels dos ordinadors, s'ha tingut en compte en els càlculs que un any té aproximadament uns 220 dies laborables, amb jornades de 8 hores diàries. En el cas del servidor, s'ha suposat que estarà encès les 24 hores del dia, els 365 dies de l'any.

Recursos software

En aquesta categoria només hem de tenir en compte la llicència d'IDL d'aproximadament uns 800 euros, però donat que aquesta llicència no s'utilitza exclusivament per aquest projecte, sinó també per molts altres de l'empresa el cost real seria molt menor. La resta de tecnologies software que s'ha fet servir són Open Source i per tant no tenen un cost associat de la seva utilització.

7.1.3 Contingència

Els costos de contingència es van fixar en un 10% del total dels costos per cobrir qualsevol desviació del pressupost durant el desenvolupament. Això ens suposaria uns costos de:

$$(20300 + 190.59 + 800) * 0.1 = 2129.06 \approx 2129 \text{ euros}$$

7.1.4 Imprevistos

Pel pressupost del projecte es van considerar inicialment dues situacions. En primer lloc, complicacions a l'hora de realitzar el tractament de dades i sobretot la seva optimització, que es podrien solucionar amb l'encarregat en qüestió (Enginyer de Software) realitzant més hores de feina per resoldre aquests problemes. Es va assignar una possibilitat d'un 15% amb un valor estimat de 600€.

En segon lloc, manca de temps a la realització de la memòria, que es podria aplicar un pla de contingència similar, amb el Cap de Projecte dedicant més hores per la seva realització. Assignant-li una possibilitat del 10% amb uns 1 650€.

És a dir, l'estimació dels costos imprevistos es va fixar en uns 2 250€.

7.1.5 Pressupost final

S'inclou un resum final dels diferents costos, que conformen el pressupost del projecte.

Concepte	Cost
Recursos humans	20 300
Recursos hardware	190
Recursos software	800
Contingència	2 129
Imprevistos	2 250
TOTAL	25 669

TAULA 7.4: Pressupost del projecte

Variacions respecte la fita final

El canvi principal és la actualització dels diferents costos lligats a les diferents tasques del projecte i dels rols associats. Donat que inicialment no s'havia tingut en compte les retencions de la seguretat sobre el cost dels recursos humans. I també la inclusió del cost de llicència d'IDL que inicialment no s'havia tingut en compte.

7.2 Matriu de sostenibilitat

Per analitzar la sostenibilitat del projecte es proposa fer ús de la matriu de sostenibilitat, que analitza les dimensions econòmica, social i mediambiental per donar una valoració de la sostenibilitat. Només es mostren les columnes corresponents al PPP (Projecte posat en producció) i la vida útil.

	PPP	Vida útil
Econòmica	Factura	Pla de viabilitat
	7/10	14/20
Social	Impacte personal	Impacte social
	9/10	18/20
Mediambiental	Consum del disseny	Petjada ecològica
	7/10	15/20
Rang de sostenibilitat	23/30	47/60
	70/90	

TAULA 7.5: Matriu de sostenibilitat.

7.2.1 Dimensió econòmica

A l'apartat del pressupost es va presentar un informe amb els costos estimats per la realització del projecte i dels possibles imprevistos que puguin sorgir.

Les solucions que hi ha actualment, tal com es va exposar a l'anàlisi del problema, no són de gran ajuda als serveis de Protecció Civil i d'emergències i en la majoria de casos es veuen forçats a actuar quan l'incendi ja ha començat, sense tenir informació de la seva possible propagació. Que és una part del que intenta resoldre aquest projecte.

Per tant, l'eina desenvolupada durant aquest projecte podrà ajudar a aquestes institucions a concentrar els seus recursos als llocs on hi ha un perill per la població o l'entorn. Això comportarà un estalvi econòmic molt important al reduir l'impacte que tenen els incendis forestals.

7.2.2 Dimensió social

Quant a la dimensió social del projecte, podem dir que va en relació amb els apartats anteriors. Ja que, en poder oferir una eina capaç d'ajudar en la gestió de la propagació dels incendis forestals, es podrà evitar que puguin arribar a zones properes a la població, i en cas que ho facin, donar l'avantatge de poder preparar a les institucions corresponents per evacuar les zones afectades i també per informar a la població.

Aquest és un factor molt important, donat que una bona part de la població no està molt informada de l'actuació necessària per fer front a aquests esdeveniments, una correcta actuació per part d'aquestes autoritats podrà ajudar a un gran nombre de persones a sentir-se més segures i protegides.

I finalment, a mode personal, considero que poder treballar en una eina que pot tenir un impacte tan important en la societat, em proporcionarà una sèrie de coneixents, no només informàtics que seran de gran utilitat al futur.

7.2.3 Dimensió mediambiental

Com hem vist, aquesta eina tindrà també un efecte ambiental molt positiu. En primer lloc, en permetre a aquestes institucions optimitzar els seus recursos, es reduiria la despesa energètica i contaminant per exemple dels cotxes, helicòpters i altres elements a la seva disposició, reduint per tant, l'impacte que tenen sobre el medi ambient.

I per altra part, que en poder tenir molta més informació del comportament dels incendis i la seva propagació es podran extingir més ràpidament, evitant així que més zones boscoses en puguin resultar afectades. Però també evitant que diversos punts crítics com poden ser indústries contaminants, puguin resultar afectats amb les conseqüències mediambientals nefastes que puguin provocar.

Però, no només ens hem plantejat els afectes que pugui tenir l'ús d'aquesta eina, sinó també del seu desenvolupament i posada en marxa. Per això, s'intentarà en tot el possible oferir una eina molt optimitzada que permeti reduir els recursos energètics (Temps de processament principalment). Per tant, la mateixa eina intentarà ser el més sostenible possible.

Capítol 8

Conclusions

8.1 Assoliment d'objectius

Al llarg de les darreres dècades s'ha aconseguit reduir de forma considerable els efectes negatius que els incendis forestals provoquen a l'entorn, amb la incorporació de noves tecnologies i protocols d'actuació.

Entre aquestes tecnologies trobem PROPAGATOR, un algorisme desenvolupat per l'equip de recerca italià CIMA, que s'ha provat com una eina efectiva per lluitar contra la propagació dels incendis forestals a Itàlia. Per aquest motiu, aquest projecte es va enfocar en integrar aquest algorisme a Catalunya, a través de la plataforma web A4CAT.

I podem considerar que en aquest sentit, s'han assolit correctament els objectius plantejats a l'inici del projecte. Donat que actualment la nostra implementació de PROPAGATOR a Catalunya funciona de forma correcta i a més, és capaç de creuar aquesta informació de perill proporcionada per PROPAGATOR, amb informació de vulnerabilitats. D'aquesta forma podem obtenir la relació dels diferents elements vulnerables a Catalunya que es veurien afectats per l'incendi, i el nivell de risc que presentarien.

Així, tot i que la nostra aplicació encara té un bon marge de millora, es presenta com una eina de gran utilitat pel CECAT i actualment s'usa de forma operacional.

8.2 Ampliacions i propers passos

Al llarg del desenvolupament del projecte es van identificar diferents aspectes a millorar, i també funcionalitats noves que ens ajudarien a donar un servei més complet i beneficiós.

Entre aquestes millores s'inclouria ampliar la base de dades d'elements vulnerables, és a dir, els punts crítics que integrem a la nostra aplicació. I en aquest cas, incloure no només informació estàtica com són hospitals, centres educatius, etc. sinó també punts crítics dinàmics.

Actualment ens trobem en contacte amb el CECAT per tal de poder incorporar la ubicació de diferents activitats de joventut, que al tenir una durada concreta, cada dia s'actualitzaria incorporant noves activitats i eliminant d'altres. El que ens permetria donar l'afectació dels incendis amb dades de vulnerabilitat actualitzades.

Un altre punt molt interessant que està en discussió és la incorporació de mapes de calor amb la localització proporcionada per les trucades al 112 que estiguin relacionades amb els incendis forestals. D'aquesta forma, a la plataforma A4CAT podríem observar en temps real les zones on la gent comença a alertar als serveis d'emergència de possibles nous incendis.

Bibliografia

- Ara (2017). *Un incendi descontrolat causa almenys 62 morts a Portugal*. URL: https://www.ara.cat/internacional/Almenys-incendi-forestal-centre-Portugal%7B%5C_%7D0%7B%5C_%7D1816618472.html (cons. 20-9-2018).
- Barriopedro, David et al. (2011). "The hot summer of 2010: redrawing the temperature record map of Europe." A: *Science (New York, N.Y.)* 332.6026, pàg. 220-4. ISSN: 1095-9203. DOI: [10.1126/science.1201224](https://doi.org/10.1126/science.1201224). URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21415316>.
- Biondi, G et al. (2010). "PROPAGATOR: a rapid and effective tool for active fire risk assessment". A: *EGU General Assembly Conference Abstracts*. Vol. 12. EGU General Assembly Conference Abstracts.
- Centro Internazionale in Monitoraggio Ambientale et al. (2015). *ANYWHE-RE: EnhANCing emergency management and response to extreme WeatHER and climate Events. Description of the acion (DOA)*. Inf. tèc., pàg. 97.
- European Environment Agency (2010). *Mapping the impacts of recent natural disasters and technological accidents in Europe - An overview of the last decade*. No. 13/2010. Copenhagen, pàg. 146. ISBN: 978-92-9213-168-5. DOI: [10.2800/62638](https://doi.org/10.2800/62638). URL: http://reports.eea.eu.int/environmental%7B%5C_%7Dissue%7B%5C_%7Dreport%7B%5C_%7D2004%7B%5C_%7D35/en/accidents%7B%5C_%7D032004.pdf.
- Glassdoor (2018). *Company Salaries | Glassdoor*. URL: <https://www.glassdoor.com/Salaries/index.htm> (cons. 11-9-2018).
- ICGC (2018). *Nova aplicació que visualitza l'abast dels incendis sobre el territori*. Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. URL: <http://www.icgc.cat/L-ICGC/Actualitat2/Noticia-275-Nova-aplicacio-que-visualitza-l-abast-dels-incendis-sobre-el-territori> (cons. 2-8-2018).
- Idescat. Institut d'Estadística de Catalunya (2018). *Indicadors anuals - Incendis forestals*. URL: <https://www.idescat.cat/indicadors/?id=anuals%7B%5C%7Dn=10545%7B%5C%7Dcol=1> (cons. 2-8-2018).
- Sánchez-Vallejo, María Antonia (2018). *Almenys 74 morts i 187 ferits per diversos incendis a Grècia | Internacional | EL PAÍS Catalunya*. URL: <https://www.elpais.com>

[//cat.elpais.com/cat/2018/07/23/internacional/1532377879%7B%5C_%7D672021.html](http://cat.elpais.com/cat/2018/07/23/internacional/1532377879%7B%5C_%7D672021.html) (cons. 20-9-2018).

- Seneviratne, Sonia et al. (2012). "Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment". A: *A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge University Press. Cap. 3, pàg. 109 - 230. URL: https://www.researchgate.net/profile/Jose%7B%5C_%7DMarengo/publication/244062136%7B%5C_%7DChanges%7B%5C_%7Din%7B%5C_%7Dclimate%7B%5C_%7Dextremes%7B%5C_%7Dand%7B%5C_%7Dtheir%7B%5C_%7Dimpacts%7B%5C_%7Don%7B%5C_%7Dthe%7B%5C_%7Dnatural%7B%5C_%7Dphysical%7B%5C_%7Denvironment/links/58fa16f7aca2723d79d5f653/Changes-in-climate-extremes-and-their-impacts-on-the-natural-physical-.
- Shukla, Deepika, Chirag Shivnani i Darshit Shah (2016). "Comparing Oracle Spatial and Postgres PostGIS". A: *International Journal of Computer Science & Communication* 7. DOI: 10.090592/IJCSC.2016.116. URL: <http://csjournals.com/IJCSC/PDF7-2/16.%20Deepika.pdf>.
- Terradas, Jaume et al. (2004). *Els boscos de Catalunya Estructura, dinàmica i funcionament*. Inf. tèc. Departament de Medi Ambient i Habitatge, pàg. 183. URL: https://www.gencat.cat/mediamb/publicacions/monografies/DQMA11%7B%5C_%7Dboscos%7B%5C_%7Dcatalunya.pdf.
- Universitat Politècnica de Catalunya et al. (2015). *ANYWHERE: EnhANCing emergencY management and response to extreme WeatHER and climate Events. Description of the acion (DOA)*. Inf. tèc., pàg. 97.