

# UNIVERSITAT OBERTA DE CATALUNYA

## Enginyeria informàtica

MeteoCAT – Visor web SIG de dades meteorològiques

Alumne/a: Miguel Canteras i Cañizares

Dirigit per: Anna Muñoz i Bolas

CURS 2013-14, 2º semestre

A la meua família, pel suport que sempre m'han donat.

A totes les persones que, utilitzant la ciència,  
aconsegueixen fer un món millor.



**Reconeixement – No Comercial (by-nc):** Es permet la generació d'obres derivades sempre que no se'n faci un ús comercial. Tampoc es pot utilitzar l'obra original amb finalitats comercials.  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.ca>

## **Resum**

El present document detalla el desenvolupament del Projecte Final de Carrera per a la finalització dels estudis d'Enginyeria Informàtica per part de l'alumne.

El projecte s'engloba dintre de l'especialitat de Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG). Inicialment s'explicarà breument en què consisteix un SIG. A continuació s'analitzarà el desenvolupament d'un visor SIG de dades meteorològiques per a , finalment, realitzar-lo. El visor permetrà veure diferents mapes del món amb capes de dades meteorològiques superposades.

# Índex

1. Introducció i pla de projecte.....	8
1.1 Descripció del projecte.....	8
1.1.1 Descripció.....	8
1.1.2 Objectius.....	8
1.1.2.1 Objectius generals.....	8
1.1.2.2 Objectius específics.....	9
1.1.3 Abast.....	9
1.2. Organització.....	9
1.2.1 Relació d'activitats.....	9
1.2.1.1 PAC1.....	10
1.2.1.2 PAC2.....	10
1.2.1.3 PAC3.....	12
1.2.1.4 PAC4.....	12
1.2.1.5 Debat.....	13
1.2.2 Calendari.....	13
1.2.3 Fites principals.....	15
1.3. Avaluació de material.....	15
1.3.1 Requeriments de maquinari.....	15
1.3.2 Requeriments de programari.....	15
1.4. Anàlisi de riscos.....	16
2. Breu introducció als Sistemes d'Informació Geogràfica.....	17
2.1 Dades SIG.....	17
2.1.1 Dades vectorials.....	18
2.1.1.1 Problemes de les dades vectorials.....	19
2.1.2 Dades ràster.....	20
2.1.2.1 Problemes de les dades ràster.....	21
2.2 Projeccions cartogràfiques.....	21
2.3 Sistemes de coordenades.....	24
3. Anàlisi i selecció de tecnologia.....	26
3.1 Recerca de solucions tecnològiques.....	26
3.2 Comparativa de servidors de dades geoespaciales.....	29
3.3 Comparativa de biblioteques JavaScript.....	32
3.4 Recerca de dades cartogràfiques.....	35
3.5 Descripció de dades meteorològiques.....	38
3.6 Selecció de la solució tecnològica.....	42
3.7 Anàlisi d'integració de les dades i la tecnologia.....	44
4. Implementació del servidor de mapes.....	46
5. Funcionalitats i disseny del portal web.....	49
5.1 Funcionalitats del portal web.....	49
5.1.1 Casos d'ús.....	50
5.1.2 Diagrama d'activitats.....	51
5.1.3 Diagrames de seqüència.....	52
5.1.4 Diagrama de desplegament.....	55
5.2 Disseny del portal web.....	56
6. Implementació del visor web.....	60
6.1 index.html.....	60

6.2 CSS.....	60
6.3 JavaScript.....	61
6.3.1 map.js.....	61
6.3.2 player.js.....	64
6.4 Libs.....	65
6.5 Mapfiles.....	65
Conclusions.....	69
Apèndix 1. Exemple de MAPFILE.....	70
Bibliografia.....	72
Enllaços.....	72

## Índex d'il·lustracions

Il·lustració 1. Diagrama de Gantt del projecte.....	14
Il·lustració 2. Representació de la realitat.....	18
Il·lustració 3. Tipus de dades vectorials.....	19
Il·lustració 4. Dades ràster de temperatura.....	20
Il·lustració 5. Famílies de projeccions.....	22
Il·lustració 6. Projeccions.....	23
Il·lustració 7. Sistema de coordenades geogràfiques.....	24
Il·lustració 8. Zones UT d'Europa.....	25
Il·lustració 9. Arquitectura d'un visor web SIG.....	27
Il·lustració 10. Principal programari lliure per a aplicacions web SIG.....	28
Il·lustració 11. FOSS4G. Vector Results – OSM/PostGIS.....	30
Il·lustració 12. FOSS4G. Vector Seeding Results – OSM/PostGIS.....	31
Il·lustració 13. FOSS4G. Vector+Raster Results – DEM+OSM.....	31
Il·lustració 14. FOSS4G. Vector+Raster Seeding Results -DEM+OSM.....	31
Il·lustració 15. Relació entre clients web de mapes lliures i gratuïts.....	32
Il·lustració 16. OpenStreetMap.....	35
Il·lustració 17. ICGC.....	36
Il·lustració 18. IGN.....	36
Il·lustració 19. Google Maps.....	37
Il·lustració 20. Dades Open Weather Map amb cartografia OpenStreetMap.....	38
Il·lustració 21. Dades WXTiles amb cartografia Google Maps.....	40
Il·lustració 22. Sistema sense servidor de memòria cau.....	45
Il·lustració 23. Sistema amb servidor de memòria cau.....	45
Il·lustració 24. Selecció de port d'Apache a MS4W.....	46
Il·lustració 25. Mapa amb rius d'Espanya i dades de precipitació.....	48
Il·lustració 26. Diagrama de casos d'ús.....	50
Il·lustració 27. Diagrama d'activitats.....	51
Il·lustració 28. Diagrama de seqüència. Dades locals.....	52
Il·lustració 29. Diagrama de seqüència. Dades remotes amb connexió directa.....	53
Il·lustració 30. Diagrama de seqüència. Dades remotes a través de servidor WMS local.....	53
Il·lustració 31. Diagrama de seqüència. Selecció de capa, canvi de data i zoom.....	54
Il·lustració 32. Diagrama de desplegament.....	55
Il·lustració 33. Pantalla inicial.....	56
Il·lustració 34. Mapa OpenLayers amb capes.....	57
Il·lustració 35. Menú «Fons».....	58
Il·lustració 36. Menú Clima.....	58
Il·lustració 37. Selecció de data per mes.....	59
Il·lustració 38. Selecció de data per dia.....	59

# 1. Introducció i pla de projecte

## 1.1 Descripció del projecte

### 1.1.1 Descripció

Des de fa anys es ve realitzant una tasca de recollida de dades climàtiques per diferents institucions, normalment governamentals. Estes dades venen georeferenciades, indicant per a cada variable mesurada la posició geogràfica a la Terra on es va fer la mida.

Amb estes dades, els meteoròlegs poden fer diferents estimacions. Es pot calcular un pronòstic del temps, crear un model climàtic, etc.

Per a poder utilitzar les dades s'han creat una sèrie d'eines que es poden fer servir a diferents processos. Des d'analitzar les dades automàticament a visualitzar-les en un format comprensible per als humans, entre altres. Estes eines s'anomenen “Sistemes d'informació geogràfica” (SIG o GIS en anglès).

El projecte que es presenta a continuació consisteix en la creació d'un visor web SIG de dades meteorològiques. Esta eina permetrà als usuaris accedir a una web on podran consultar i visualitzar diferents dades. A més a més, podran superposar en un mapa diferents conjunts de dades a analitzar, facilitant per tant la feina dels meteoròlegs. Es podrà també accedir a dades de diferents dates i visualitzar un històric de la situació del clima, facilitant la tasca de crear models històrics i permetent veure com ha evolucionat el clima al llarg del temps. Estos models podrien ser útils tant per a avaluar quins condicionants han modificat el clima, com per a preveure futures condicions climàtiques i tractar de corregir les situacions no desitjades.

### 1.1.2 Objectius

L'objectiu del present projecte és crear un visor web de dades meteorològiques. Amb la consecució d'este visor s'assoliran els següents objectius.

#### 1.1.2.1 Objectius generals

- Dissenyar i implementar un servidor de mapes.
- Dissenyar i implementar un visor web GIS.
- Integrar dades ràster i vectorials, ja siguin cartogràfiques o meteorològiques, provinents de diverses fonts.



### 1.1.2.2 Objectius específics

- Conèixer a fons MapServer i/o GeoServer.
- Analitzar i comparar les diferents llibreries JavaScript que permeten desenvolupar un visor web amb component geogràfica.
- Visualitzar de manera dinàmica sèries temporals de dades.
- Seleccionar de manera interactiva les diferents capes de dades meteorològiques que es voldran visualitzar.

### 1.1.3 Abast

Es considera dintre de l'abast d'este projecte:

- Estudi de la tecnologia GIS.
- Estudi, cerca i utilització de dades meteorològiques.
- Estudi, cerca i utilització de dades cartogràfiques.
- Estudi de servidors de mapes.
- Estudi de llibreries javascript de visualització de dades geogràfiques.
- Memòria del treball.
- Codi font del visor GIS.
- Presentació virtual.
- Participació al debat virtual.

## 1.2. Organització

### 1.2.1 Relació d'activitats

Les activitats del projecte s'han agrupat en les següents entregues:

PAC1	Pla de treball
PAC2	Anàlisi i selecció de tecnologia, cerca de dades i implementació del servidor de mapes
PAC3	Implementació del visor web
PAC4	Memòria del projecte i presentació virtual
Debat	Debat

**1.2.1.1 PAC1**

Recerca preliminar		<b>Hores 10</b>
<b>Inici</b> 2/03/14	<b>Final</b> 4/03/14	<b>Planes 0</b>
Llegir la informació donada pels tutors, fonamentalment l'enunciat del projecte. Fer una cerca d'informació general per a entendre el conjunt del projecte.		

Elaboració del pla de treball		<b>Hores 20</b>
<b>Inici</b> 4/03/14	<b>Final</b> 9/03/14	<b>Planes 2</b>
Planificació del projecte i elaboració del document "pla de treball".		

Lliurament esborrany del pla de treball		<b>Hores 0</b>
<b>Inici</b> 9/03/14	<b>Final</b> 9/03/14	<b>Planes 0</b>
Lliurament de l'esborrany del document "pla de treball".		
Revisió del pla de treball		<b>Hores 5</b>
<b>Inici</b> 10/3/14	<b>Final</b> 11/3/14	<b>Planes 0</b>
Revisió del document "pla de treball", afegint les modificacions apropiades.		

Lliurament PAC1		<b>Hores 0</b>
<b>Inici</b> 11/03/14	<b>Final</b> 11/03/14	<b>Planes 0</b>
Lliurament de la PAC1.		

**1.2.1.2 PAC2**

Recerca solucions tecnològiques		<b>Hores 15</b>
<b>Inici</b> 12/03/14	<b>Final</b> 15/03/14	<b>Planes 3</b>
Recerca de les diferents solucions tecnològiques adequades per a implementar el visor web.		

Comparativa servidors de mapes		<b>Hores 10</b>
<b>Inici</b> 15/03/14	<b>Final</b> 18/03/14	<b>Planes 3</b>
Anàlisi del diferents servidors de mapes adequats per al projecte.		

Comparativa biblioteques JavaScript		<b>Hores 10</b>
<b>Inici</b> 18/03/14	<b>Final</b> 20/03/14	<b>Planes 3</b>
Anàlisi de les diferents biblioteques JavaScript adequades per al projecte.		

<b>Descripció dades meteorològiques</b>		<b>Hores 15</b>
<b>Inici</b> 20/03/14	<b>Final</b> 24/03/14	<b>Planes 3</b>
Cerca i descripció de les diferents fonts meteorològiques disponibles. S'haurà de seleccionar les dades meteorològiques a utilitzar.		

<b>Recerca dades cartogràfiques</b>		<b>Hores 15</b>
<b>Inici</b> 24/03/14	<b>Final</b> 28/03/14	<b>Planes 3</b>
Descripció de les diferents fonts cartogràfiques disponibles. S'haurà de seleccionar les dades cartogràfiques a utilitzar.		

<b>Selecció solució tecnològica</b>		<b>Hores 5</b>
<b>Inici</b> 28/03/14	<b>Final</b> 29/03/14	<b>Planes 2</b>
Selecció justificada de la tecnologia a utilitzar i descripció detallada de les etapes de la seva implementació. S'haurà de seleccionar el servidor de mapes a utilitzar i la llibreria JavaScript adequada.		

<b>Anàlisi integració dades i tecnologia</b>		<b>Hores 15</b>
<b>Inici</b> 29/03/14	<b>Final</b> 2/04/14	<b>Planes 3</b>
Anàlisi de la integració de les diferents fonts de dades en la tecnologia seleccionada per a la resolució del PFC.		

<b>Implementació servidor de mapes</b>		<b>Hores 20</b>
<b>Inici</b> 2/04/14	<b>Final</b> 7/04/14	<b>Planes 2</b>
Implementació del servidor de mapes amb la tecnologia seleccionada. S'haurà d'instal·lar el servidor, configurar-lo i crear la base de dades adequada.		

<b>Lliurament esborrany PAC2</b>		<b>Hores 0</b>
<b>Inici</b> 7/04/14	<b>Final</b> 7/04/14	<b>Planes 0</b>
Lliurament de l'esborrany del document de la PAC2.		

<b>Revisió PAC2</b>		<b>Hores 10</b>
<b>Inici</b> 7/04/14	<b>Final</b> 9/04/14	<b>Planes 0</b>
Revisió del document de la PAC2, afegint les modificacions apropiades.		

<b>Lliurament PAC2</b>		<b>Hores 0</b>
<b>Inici</b> 9/04/14	<b>Final</b> 9/04/14	<b>Planes 22</b>
Lliurament de la PAC2.		

**1.2.1.3 PAC3**

Descripció funcionalitat portal web		<b>Hores 25</b>
<b>Inici</b> 9/04/14	<b>Final</b> 15/04/14	<b>Planes 5</b>
Descripció detallada de les funcionalitats que cal implementar al portal web.		

Disseny portal web		<b>Hores 35</b>
<b>Inici</b> 16/04/14	<b>Final</b> 24/04/14	<b>Planes 5</b>
Disseny del portal web. S'estudiarà la tecnologia web a utilitzar, la usabilitat i el disseny gràfic del portal.		

Implementació visor web		<b>Hores 60</b>
<b>Inici</b> 25/04/14	<b>Final</b> 9/05/14	<b>Planes 10</b>
Desenvolupament del portal web utilitzant la llibreria SIG JavaScript seleccionada a la PAC2. Esta tasca generarà el codi font que s'entregarà amb el projecte i que s'havia indicat a l'abast.		

Lliurament esborrany PAC3		<b>Hores 0</b>
<b>Inici</b> 9/05/14	<b>Final</b> 9/05/14	<b>Planes 0</b>
Lliurament de l'esborrany del document de la PAC3.		

Revisió PAC3		<b>Hores 15</b>
<b>Inici</b> 10/05/14	<b>Final</b> 13/05/14	<b>Planes 0</b>
Revisió del document de la PAC3, afegint les modificacions apropiades.		

Lliurament PAC3		<b>Hores 0</b>
<b>Inici</b> 13/05/14	<b>Final</b> 13/05/14	<b>Planes 20</b>
Lliurament de la PAC3.		

**1.2.1.4 PAC4**

Memòria del projecte		<b>Hores 45</b>
<b>Inici</b> 13/05/14	<b>Final</b> 24/05/14	<b>Planes 20</b>
Finalització de la memòria del projecte que s'ha anat escrivint durant tot el projecte.		

<b>Presentació virtual</b>		<b>Hores 40</b>
<b>Inici 25/05/14</b>	<b>Final 3/06/14</b>	<b>Planes 20</b>
Creació de la presentació virtual que es presentarà al tribunal d'avaluació per a valorar el projecte realitzat.		

<b>Lliurament esborrany PAC4</b>		<b>Hores 0</b>
<b>Inici 3/06/14</b>	<b>Final 3/06/14</b>	<b>Planes 0</b>
Lliurament de l'esborrany del document de la PAC4.		

<b>Revisió PAC4</b>		<b>Hores 22</b>
<b>Inici 4/06/14</b>	<b>Final 9/06/14</b>	<b>Planes 0</b>
Revisió del document de la PAC4, afegint les modificacions apropiades.		

<b>Lliurament PAC4</b>		<b>Hores 0</b>
<b>Inici 9/06/14</b>	<b>Final 9/06/14</b>	<b>Planes 0</b>
Lliurament de la PAC4.		

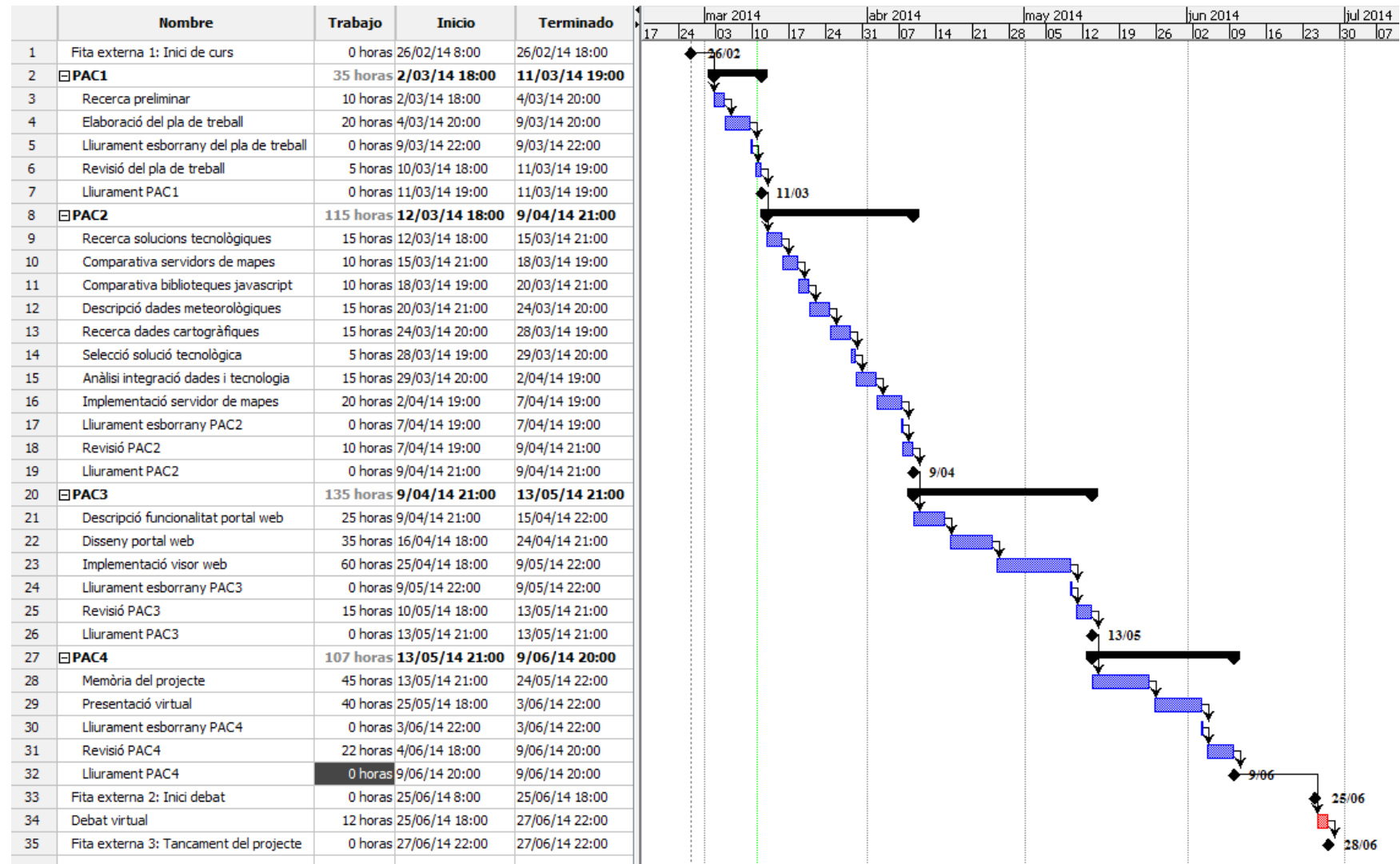
### 1.2.1.5 Debat

<b>Debat virtual</b>		<b>Hores 12</b>
<b>Inici 25/06/14</b>	<b>Final 27/06/14</b>	<b>Planes 0</b>
Durant tres dies, el Tribunal d'avaluació podrà formular preguntes sobre el projecte que caldrà respondre en un termini de 24 hores.		

### 1.2.2 Calendari

A la il·lustració 1 es mostra el diagrama de Gantt corresponent al projecte. Es pot veure la planificació temporal del projecte, especificada per a cada tasca a realitzar.

Per a calcular les dates d'inici i final de cada tasca s'ha acordat dedicar 4 hores diàries, treballant els 7 dies de la setmana.



Il·lustració 1. Diagrama de Gantt del projecte.

### 1.2.3 Fites principals

Les fites principals del projecte són:

Data	Descripció
26 de febrer de 2014	Fita externa 1: Inici de curs
9 de març de 2014	Lliurament esborrany del pla de treball
11 de març de 2014	Lliurament PAC1
7 d'abril de 2014	Lliurament esborrany PAC2
9 d'abril de 2014	Lliurament PAC2
9 de maig de 2014	Lliurament esborrany PAC3
13 de maig de 2014	Lliurament PAC3
3 de juny de 2014	Lliurament esborrany PAC4
9 de juny de 2014	Lliurament PAC4
25 de juny de 2014	Fita externa 2: Inici debat
27 de juny de 2014	Fita externa 3: Tancament del projecte

## 1.3. Avaluació de material

### 1.3.1 Requeriments de maquinari

Tot i que els requeriments de maquinari es corresponen amb els del punt de treball estàndard de la UOC, es farà servir un portàtil Toshiba Satellite L755, amb les següents especificacions:

- CPU Intel® Core® i5-2410M 2.30 GHz
- 4 GB de memòria RAM
- Disc dur Hitachi HTS545050B9A300, ATA, 500 GB
- Targeta gràfica NVIDIA® GeForce GT® 525M, 1GB DDR3
- Connexió a Internet amb ADSL 10 Mbps

### 1.3.2 Requeriments de programari

A continuació s'enumera el programari que es farà servir en el desenvolupament del projecte, la confecció de la memòria i el disseny de la presentació virtual:

- Microsoft Windows 7 SP1, 64 bits
- Microsoft Windows XP SP3 per a màquina virtual
- VirtualBox (Màquina virtual)
- LibreOffice Writer 4.2 (Redacció de documentació)
- LibreOffice Impress 4.2 (Presentació)

- ProjectLibre (Diagrama de Gantt i seguiment del projecte)
- DIA (Diagrama UML)
- GIMP (Edició d'imatges)
- Servidor de mapes seleccionat durant el projecte (MapServer / GeoServer)
- Framework JavaScript seleccionat durant el projecte (Openlayers / LeafLet / ...)

## 1.4. Anàlisi de riscos

Els possibles riscos que poden aparèixer durant el projecte són:

Risc	Problemes de disponibilitat
Descripció	Problemes per a tindre suficient temps que dedicar al projecte per malalties, viatges de treball, etc.
Impacte	Durada de les tasques.
Probabilitat	Alta
Acció	Dedicar més hores el cap de setmana.

Risc	Desconeixement de tecnologia SIG
Descripció	Manca d'experiència amb entorns SIG que pot fer necessitar més temps per a tasques SIG.
Impacte	Durada de les tasques
Probabilitat	Mitja
Acció	Dedicar més temps a les tasques

Risc	Avaria del maquinari
Descripció	Avaria del maquinari utilitzat per al desenvolupament
Impacte	Durada del projecte
Probabilitat	Baixa
Acció	Substituir el maquinari i reinstal·lar el programari necessari.



## 2. Breu introducció als Sistemes d'Informació Geogràfica

Un «Sistema d'Informació Geogràfica» (SIG) és un sistema informàtic que permet tractar dades espacials, es a dir geogràficament referenciades. Normalment, el sistema també tracta dades no espacials, que estan relacionades amb les espacials. Permet per tant crear i capturar dades, editar-les i visualitzar-les, generalment en forma de mapa amb dades superposades. També permet fer diferents anàlisis de les dades per a prendre decisions a problemes afectats per diferències geogràfiques.

Un exemple de dades contingudes a un SIG podria ser:

Latitud	Longitud	Nom	Habitants
39° 28' 30" N	0° 22' 36" O	València	792.303
41° 22' 57" N	2° 10' 37" E	Barcelona	1.611.822

On dades no espacials, com un nom o un nombre d'habitants, es relacionen amb una posició al globus terraquí, mitjançant la latitud i la longitud. D'esta manera es crea un objecte geoespacial, amb la informació i localització d'una població. Moltes vegades, estos objectes també contenen una variable temporal, de forma que la localització espacial passa a ser una localització espaciotemporal. En el cas de les poblacions, tindria sentit indicar que el nombre d'habitants és a una data concreta, ja que va variant al llarg del temps. Per tant s'afegiria una quinta columna amb, per exemple, l'any.

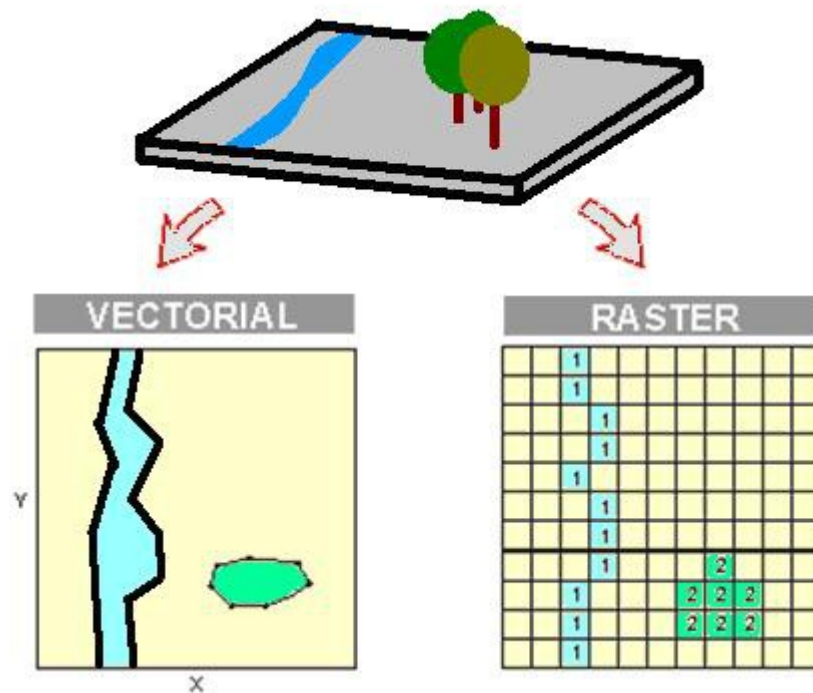
En el dia dia, una immensa quantitat de les dades que utilitzem estan localitzades. Des d'algunes tan òbvies com carrers, rius o benzineres que trobem a qualsevol mapa, fins a altres que no ens parem a pensar-hi com la televisió, que es troba a un moble del menjador del nostre pis al barri de la nostra ciutat, país, continent, etc i que per tant està perfectament geolocalitzat.

### 2.1 Dades SIG

Un SIG pot emmagatzemar les dades a diferents tipus de fonts de dades, normalment fitxers en disc o a bases de dades. Per a fer-lo, les dades es poden tipificar de diferents formes, sent les comunament acceptades:

- Dades vectorials.
  - Punts.
  - Línies.
  - Àrees.
- Dades ràster.

Una mateixa dada es pot representar amb diferents tipus, depenent del grau de detall necessitat. Una carretera es podria definir com un conjunt de línies o un àrea definida amb un polígon. També podríem guardar simplement una capa ràster amb la carretera dibuixada en ella.



Il·lustració 2. Representació de la realitat.

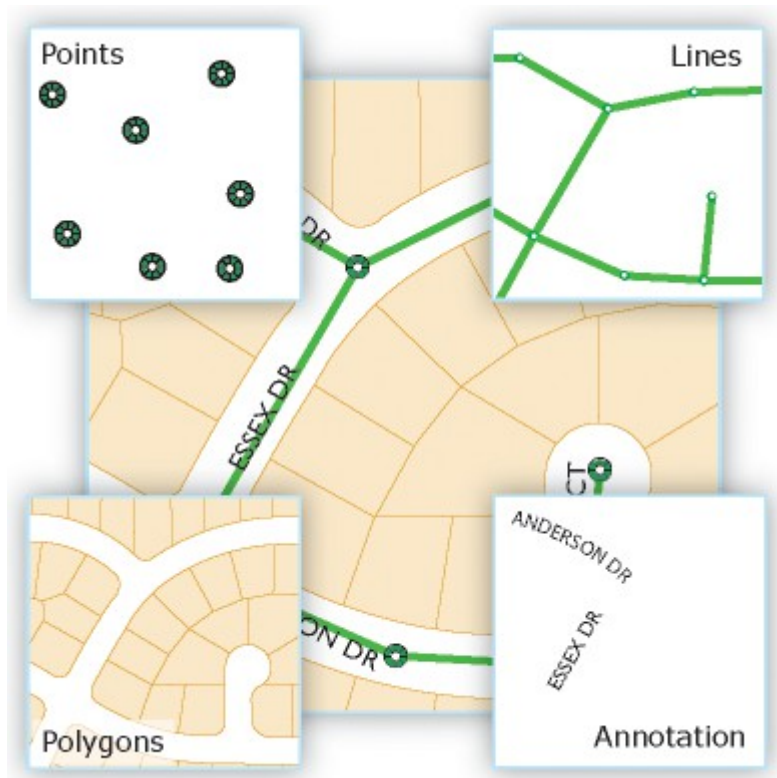
Font: Pau Fonseca i Casas (Universitat Politècnica de Catalunya)  
 [article en línia] [Data de consulta: 20 de maig de 2014]  
 <<http://www-eio.upc.edu/~pau/?q=book/export/html/16>>

### 2.1.1 Dades vectorials

Les dades vectorials es defineixen amb un o més vèrtexs interconnectats. Un vèrtex es defineix amb unes coordenades X i Y, i opcionalment Z (per a treballar amb tres dimensions). La interpretació d'estes coordenades depèn del Sistema de Referència de Coordenades (CRS en anglès) utilitzat.

Les dades vectorials poden ser de tipus:

- **Punt**, si està definida per un únic vèrtex.
- **Línia** o **polilínia**, si està definida per un conjunt de vèrtexs (al menys dos) seqüencials i el primer i últim vèrtex no són iguals. Per tant el camí marcat pels vèrtexs està obert.
- **Polígon** o **àrea**, si es defineix per un conjunt de vèrtexs (al menys 3) seqüencials i el primer i últim són iguals. Per tant el camí marcat pels vèrtexs està tancat.



Il·lustració 3. Tipus de dades vectorials.

Font: ESRI [article en línia] [Data de consulta: 20 de maig de 2014]  
<[http://webhelp.esri.com/arcgisserver/9.3/java/index.htm#geodatabases/feature\\_class\\_basics.htm](http://webhelp.esri.com/arcgisserver/9.3/java/index.htm#geodatabases/feature_class_basics.htm)>

Com hem dit, una mateixa dada pot estar representada amb diferents tipus. Una ciutat que es veu com un punt a un mapa d'Europa, passarà a mostrar-se amb una polilínia amb el contorn de la mateixa a un major zoom del mapa.

### 2.1.1.1 Problemes de les dades vectorials

Capturar i treballar amb dades vectorials pot crear una sèrie d'inconvenients. Alguns són:

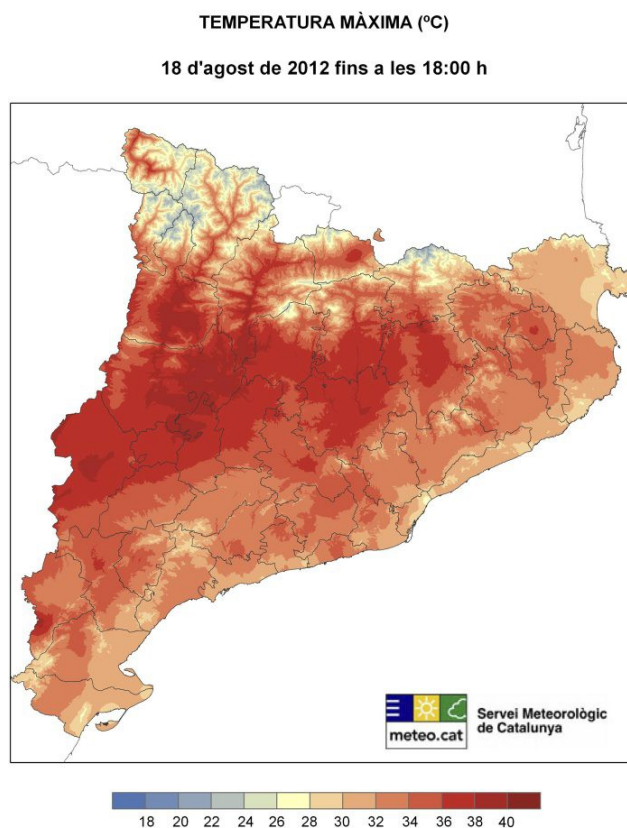
- Una mala captura de dades pot fer que línies que haurien d'estar connectades, no arriben a tocar-se o es creuen una per damunt de l'altra.
- Línies corbes discretitzades amb pocs punts poden aparèixer anguloses, formades per segments.
- Dades capturades des de fotografies o mapes a xicoteta escala, al ampliar la escala poden no coincidir correctament amb els objectes visibles.
- Polígons que haurien d'estar en contacte poden estar lleugerament separats, deixant un espai en blanc entre ells o muntar-se un damunt de l'altre.

És important per tant a l'hora de digitalitzar les dades, fer-lo de forma acurada per a l'ús que es donarà. No ens podem quedar curts a l'hora de marcar vèrtexs, però tampoc dedicar uns recursos innecessaris (i potser costosos) per massa precisos.

## 2.1.2 Dades ràster

Les dades ràster es componen d'una matriu de píxels (o cel·les). El valor de cada píxel equival a la mida de la variable estudiada a l'àrea geogràfica representada pel píxel. Es fan servir per a mostrar informació contínua i no homogènia al llarg de l'espai, i que difícilment es pot representar amb dades vectorials. Un exemple podria ser la representació de les temperatures a la superfície d'un país.

Les dades ràster es poden obtindre amb diversos mètodes, com fotografia aèria o per satèl·lit. També interpolant dades puntuals, com les dades climàtiques a diferents estacions meteorològiques.



Il·lustració 4. Dades ràster de temperatura.

Font: meteo.cat [article en línia] [Data de consulta: 23 de maig de 2014]  
<[http://premsa.gencat.cat/pres\\_fsvp/AppJava/notaprensavw/detall.do?id=159213&idioma=0&departament=101&canal=>](http://premsa.gencat.cat/pres_fsvp/AppJava/notaprensavw/detall.do?id=159213&idioma=0&departament=101&canal=>)>

### 2.1.2.1 Problemes de les dades ràster

Capturar i treballar amb dades ràster pot crear una sèrie d'inconvenients. Alguns són:

- La resolució en que es capturen les dades definirà la capacitat de veure els detalls a diferents zooms. Una baixa resolució pixelarà molt la imatge al fer un zoom gran.
- Poden consumir una gran quantitat d'espai en disc.

S'ha d'arribar, per tant, a un compromís entre resolució i espai d'emmagatzematge.

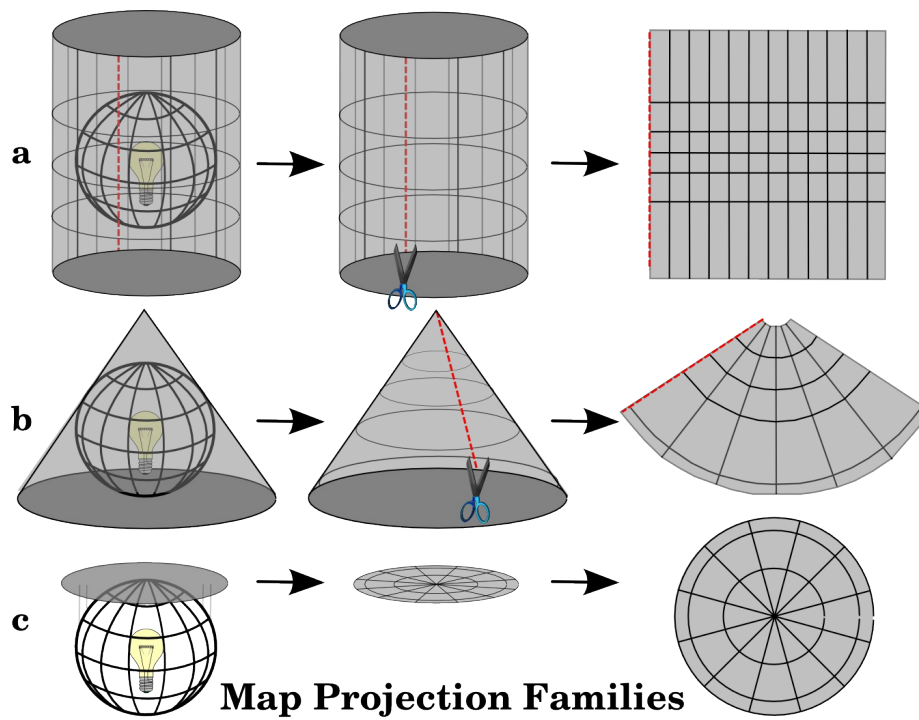
## 2.2 Projeccions cartogràfiques

El planeta Terra és quasi esfèric i per tant un objecte en tres dimensions. Però quan el representem a un mapa, només es poden mostrar 2 dimensions. Per a aproximar una esfera a un pla s'utilitzen les projeccions.

Una projecció d'una esfera a un pla no pot ser totalment exacta i sempre introduirà una sèrie de deformacions i distorsions. Poden variar les proporcions de determinades àrees, les distàncies, les formes, etc. S'han inventat diferents projeccions per a minimitzar una o varies d'estes aberracions. Però minimitzar una normalment implica augmentar una altra. Per això, depenent de la funcionalitat que es donarà al mapa, s'ha de decidir quina projecció servirà millor a un projecte.

Hi han tres tipus de projeccions bàsiques:

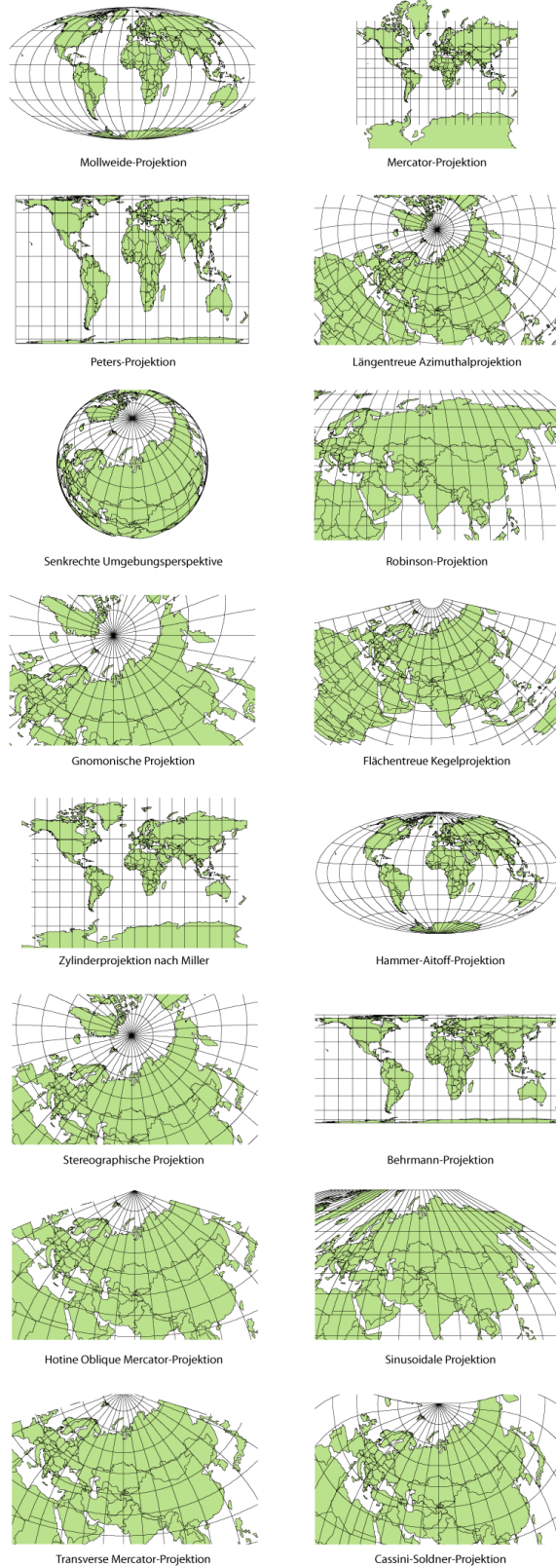
- **Cilíndrica**, on es projecta la superfície terrestre sobre un cilindre.
- **Cònica**, on es projecta la superfície terrestre sobre un superfície cònica.
- **Azimutal o zenital**, on es projecta la superfície terrestre sobre un pla tangent al globus.



Il·lustració 5. Famílies de projeccions.

Font: QGIS [imatge en línia] [Data de consulta: 30 de maig de 2014]  
<[http://docs.qgis.org/2.2/en/\\_images/projection\\_families.png](http://docs.qgis.org/2.2/en/_images/projection_families.png)>

Al llarg del temps s'han creat moltes i diverses projeccions. Algunes de les més representatives són:



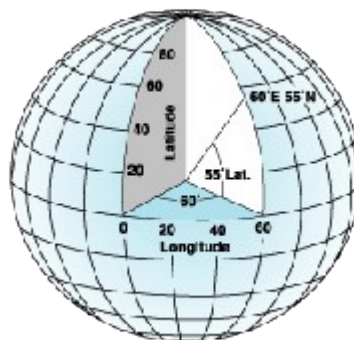
Il·lustració 6. Projeccions.

Font: Wikipedia [imatge en línia] [Data de consulta: 30 de maig de 2014]  
<<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f8/Netzentwuerfe.png>>

## 2.3 Sistemes de coordenades

Per a poder geolocalitzar un punt a la superfície de la Terra, s'ha de definir un sistema que l'identifique de manera inequívoca. Estos sistemes són els sistemes de referència de coordenades (CRS en anglès). Igual que a les projeccions, existeixen diferents sistemes de coordenades amb característiques pròpies.

Els **sistemes de coordenades geogràfics** utilitzen superfícies esfèriques tridimensionals per a definir la situació d'un punt mitjançant la latitud i la longitud. La latitud i la longitud es mesura en graus des d'el centre de la Terra. Mitjançant unes línies de referència (l'Equador i el meridià de Greenwich), es pot donar la posició d'un punt. Per a tindre més precisió, els graus es divideixen en minuts i segons.



Il·lustració 7. Sistema de coordenades geogràfiques.

Font: ESRI [article en línia] [Data de consulta: 30 de maig de 2014]

<<http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//003r00000006000000>>

Els **sistemes de coordenades projectats** defineixen la situació d'un punt a partir d'una superfície plana bidimensional. Un punt està definit per unes coordenades X i Y mesurades en unitats mètriques (habitualment metres). El pla de referència s'aconsegueix a partir d'una projecció cartogràfica. El més conegut és la projecció Universal Transversa de Mercator (o UTM en anglès).





Il·lustració 8. Zones UT d'Europa.

Font: Wikipedia [article en línia] [Data de consulta: 30 de maig de 2014]  
<[http://ca.wikipedia.org/wiki/Projecci%C3%B3\\_Universal\\_Transversa\\_de\\_Mercator#mediaviewer/Fitxer:LA2-Europe-UTM-zones.png](http://ca.wikipedia.org/wiki/Projecci%C3%B3_Universal_Transversa_de_Mercator#mediaviewer/Fitxer:LA2-Europe-UTM-zones.png)>

## 3. Anàlisi i selecció de tecnologia

### 3.1 Recerca de solucions tecnològiques

Un visor web de dades meteorològiques, com qualsevol altra aplicació web, s'implementa sobre una arquitectura client-servidor. En estes arquitectures el sistema es pot dividir en dos capes que, com el seu nom indica, són la capa client i la capa servidor.

La capa servidor s'encarrega de servir dades que un o més clients poden utilitzar per a diverses funcionalitats. Estes dades poden provindre de diverses fonts. Des de fitxers en disc a bases de dades relacionals, o inclús altres servidors de dades. En aquests últims casos, el servidor passa a ser alhora client d'altres servidors.

Per la seua banda, la capa client s'encarrega de consumir les dades que arriben de la capa servidor i utilitzar-les per a realitzar alguna funció. En el cas dels visors, normalment esta funció és la visualització de les dades a un usuari.

En el cas concret d'un visor de dades meteorològiques, el servidor enviarà dades d'àmbit cartogràfic i/o meteorològic i el client les mostrarà, habitualment amb un mapa amb dades superposades.

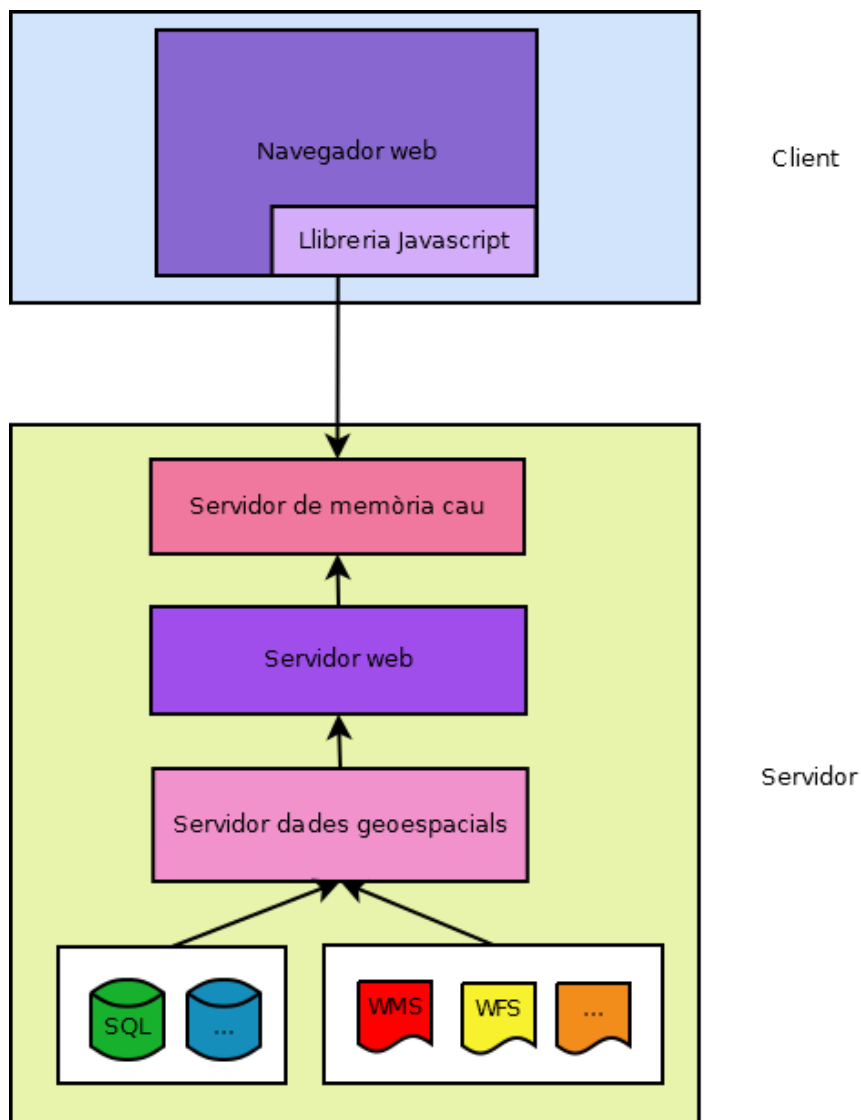
Veurem a continuació quins tipus de programari es poden fer servir per a implementar estes capes. Per les característiques del present PFC ens centrarem únicament en programari lliure i gratuït, però existeixen solucions comercials, de diferents companyies, perfectament vàlides i aptes per a substituir el programari mencionat.

Un servidor de dades meteorològiques es compon de diferents subcapes o mòduls, que poden estar implementats amb programari independent. Depenent dels diferents sistemes les subcapes existents poden variar, sent les principals:

- Un **proveïdor de dades**. S'encarrega d'emmagatzemar les dades. Pot utilitzar-se una base de dades genèrica o, encara millor, alguna de les bases de dades específiques per a SIG. En el segon cas tenim bases de dades con *PostGIS* o *Spatialite*. També es pot guardar les dades directament en fitxers, normalment d'algun format especialitzat per a entorns SIG, com els fitxers *Shape* de *ESRI* (*shp*). No sempre és necessari emmagatzemar dades i, de vegades, es pot obviar esta subcapa. Per exemple si les dades les adquirim d'un servidor extern, normalment amb protocols estàndards com WMS, WFS, etc.
- Un **servidor de dades geoespaciales**. S'encarrega, entre altres coses, de compartir les dades del proveïdor de dades i permet editar-les. Crea una abstracció sobre les diferents fonts de dades i les comparteix amb un o més protocols, normalment estàndards. Genera mapes i implementa també funcionalitats específiques de sistemes SIG, com projeccions i reprojectacions de les dades cartogràfiques. Alguns exemples són *MapServer* i *GeoServer*.
- Un **servidor web**. S'encarrega de generar la pàgina web que s'enviarà al client, habitualment utilitzant protocol HTTP. La pàgina es pot generar amb informació estàtica o creant-la dinàmicament amb llenguatges com PHP, ASP, Java, etc. Servidors web coneguts són *Apache*, *Nginx*, *lighttpd*, etc.

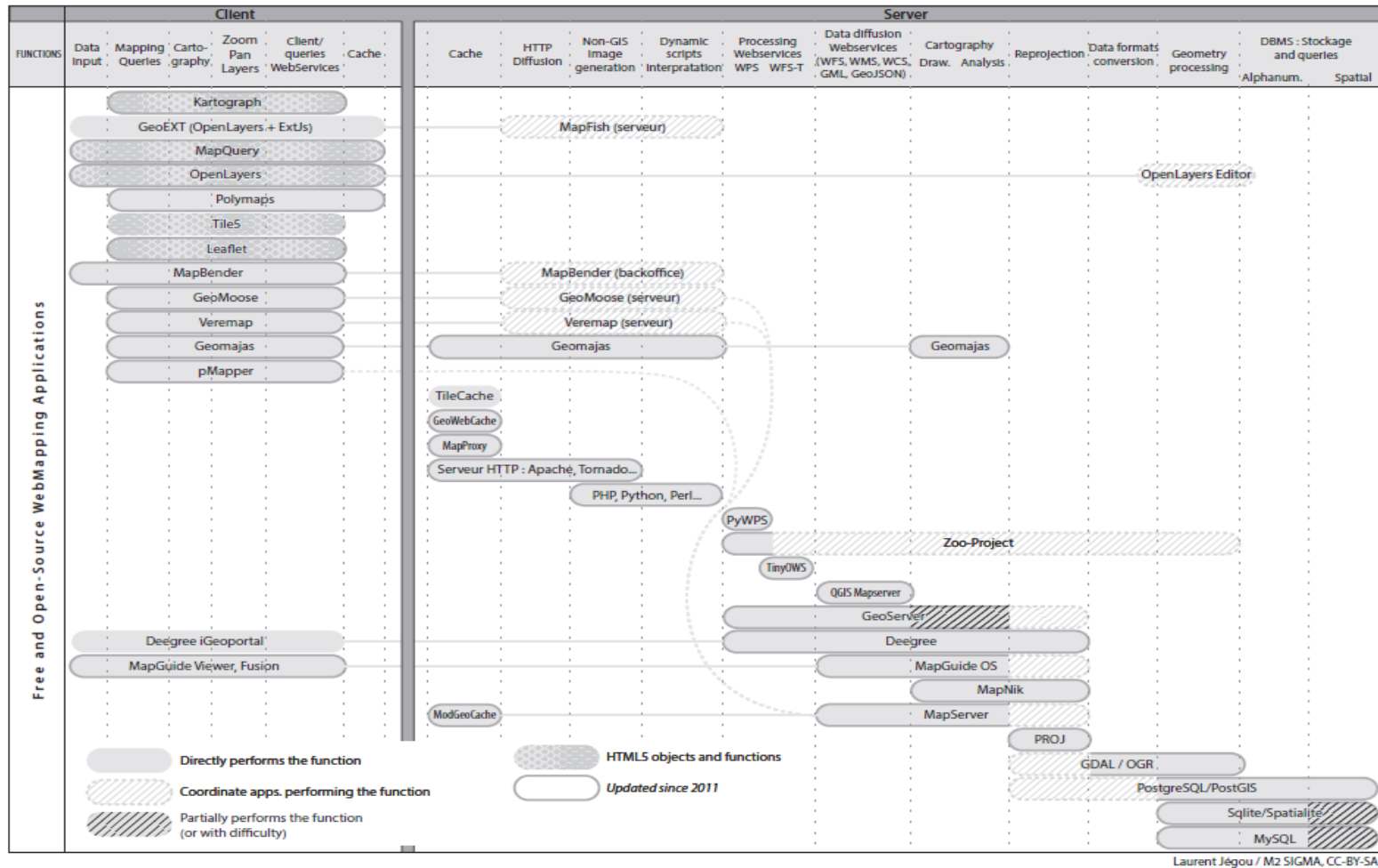
- Un **servidor de memòria cau**. Tant un servidor web com de dades geoespacionals pot generar dades pesants i costoses computacionalment. Per evitar recalculer les mateixes dades contínuament, es poden emmagatzemar temporalment a un servidor de memòria cau. Per a dades geoespacionals, com trossos de mapes (o «tiles» en anglès), existeixen alguns com *TileCache*, *MapProxy* o *GeoWebCache*. Per a dades web tenim *Squid*, *Apache*, etc.

El client consistirà en un programari que consumeix les dades que ofereix el servidor, normalment un navegador web estàndard. Este client executarà pàgines web amb dades geoespacionals (com mapes) i meteorològiques. Per a mostrar estes dades, es sol utilitzar llibreries JavaScript que mostren mapes d'una manera adequada. Alguns exemples de llibreries són *OpenLayers* i *Leaflet*.



Il·lustració 9. Arquitectura d'un visor web SIG.

A continuació es mostra un esquema amb el principal programari lliure disponible per a crear aplicacions web SIG, tant per a la capa client com la servidor.



Il·lustració 10. Principal programari lliure per a aplicacions web SIG

Font: **Jégou, L.** [article en línia] [Data de consulta: 15 de març de 2014]  
 <[http://www.geotests.net/cours/sigma/webmapping/2013/tableau6\\_webmapping2013.pdf](http://www.geotests.net/cours/sigma/webmapping/2013/tableau6_webmapping2013.pdf)>

## 3.2 Comparativa de servidors de dades geoespaciales

Dintre del programari lliure, els dos principals servidors de dades geoespaciales són *MapServer* i *GeoServer*. La seua funció principal és generar mapes que comparteixen amb aplicacions clients mitjançant protocols estàndards.

Originalment, **MapServer** va ser desenvolupat per la Universitat de Minnesota a l'any 1994 i suportat per la NASA. És per tant un projecte molt madur. Està desenvolupat amb C / C++ i és multiplataforma (Windows, Linux, OS X). Normalment s'executa com a CGI en l'entorn d'un servidor web, generalment Apache. Suporta molts llenguatges com PHP, Python, Perl, Ruby, Java i .Net. Admet molts formats diferents, tant d'entrada com d'eixida.

**GeoServer** va ser iniciat a l'any 2003. Per tant es més modern que MapServer, però és un projecte igualment madur. Està desenvolupant en Java sent per esta raó multiplataforma. Requereix un contenidor de servlets com, per exemple, Tomcat. Admet molts formats diferents, tant d'entrada com d'eixida.

Ambdós servidors formen part de “The Open Source Geospatial Foundation”. Són molt complets i difícilment un projecte que es pot implementar amb un no es podrà amb l'altre. Les principals diferències entre els dos i que poden decantar l'elecció són:

- MapServer està implementat en C i GeoServer en Java.
- MapServer s'executa com a CGI i GeoServer com a servlet.
- MapServer no suporta WFS Transaccional (WFS-T). GeoServer sí.
- MapServer és més ràpid segons les proves de FOSS4G.
- MapServer necessita menys recursos (CPU i RAM).
- GeoServer és més fàcil de configurar, ja que es fa amb un entorn web. MapServer es configura amb fitxers de text (mapfiles).
- MapServer és millor per a desenvolupadors PHP, incloent-hi PHP MapScript. GeoServer per a desenvolupadors Java.

Es mostra a continuació una comparació visual de les característiques dels dos servidors:

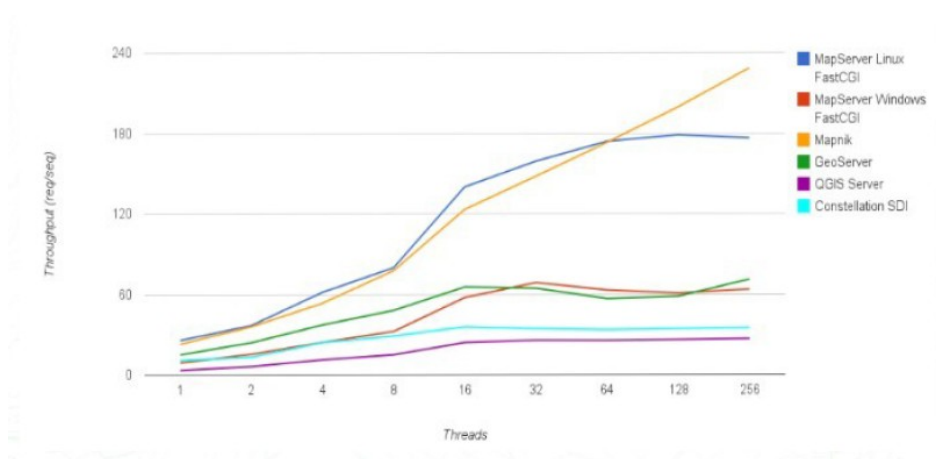
	MapServer	GeoServer
Tecnologia	C	Java
Any	1994	2003
Entorn d'execució	CGI	J2EE / servlets
Multiplataforma	Si	Si
Configuració	Fitxers mapfile	Panell d'administració web
Extensible amb	PHP, Python, Perl, Ruby, Java i .Net	Java
WMS	Si	Si
WFS	Si	Si

WFS-T	No	Si
WCS	Si	Si
Ràster	Si	Si
Vector	Si	Si
Projecció de mapes	Si	Si
Bases de dades	ESRI shapefiles, PostGIS, ESRI ArcSDE, Oracle Spatial, MySQL i altres via OGR	PostGIS, Shapefile, ArcSDE, DB2 i Oracle

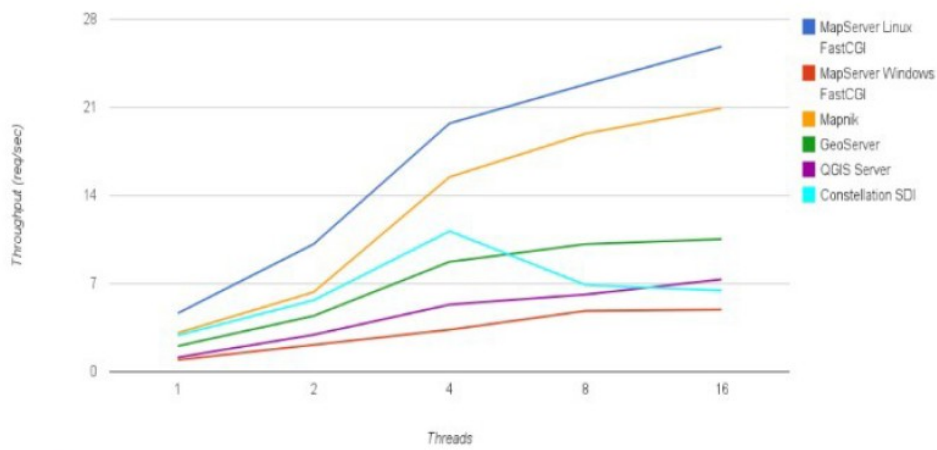
En quant al rendiment, hi han diversos estudis a Internet, però normalment estan fets per una persona individualment. Això fa que depenent del grau d'experiència amb els dos servidors, els resultats puguin variar molt. Per a evitar això s'agafa com a referència el concurs de rendiment que fa la «Free and Open Source Software for Geospatial» (FOSS4G). En aquest concurs, els servidors els configuren els desenvolupadors o usuaris avançats de cada un i per tant es suposa que estan optimitzats al màxim, sent més creïbles que la resta.

Com es pot apreciar, en totes les gràfiques el rendiment de MapServer és superior al dels seus competidors. Notar que a les dos últimes gràfiques no apareix GeoServer, ja que no va fer les proves.

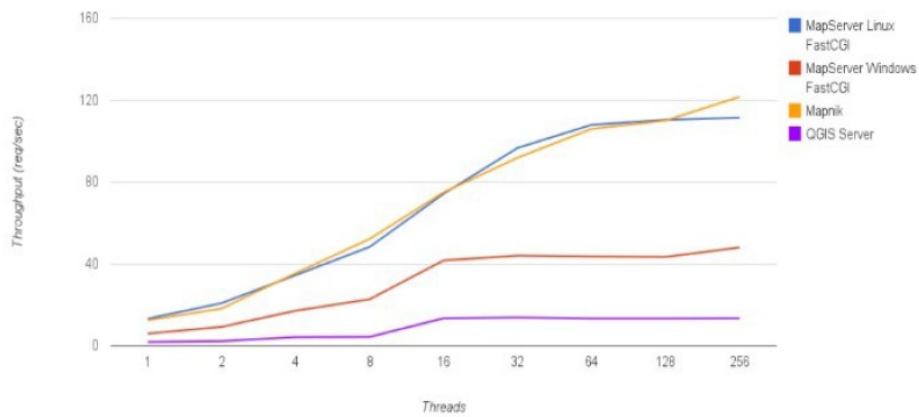
Les gràfiques de rendiment a l'últim concurs amb dades disponibles (2011) són:



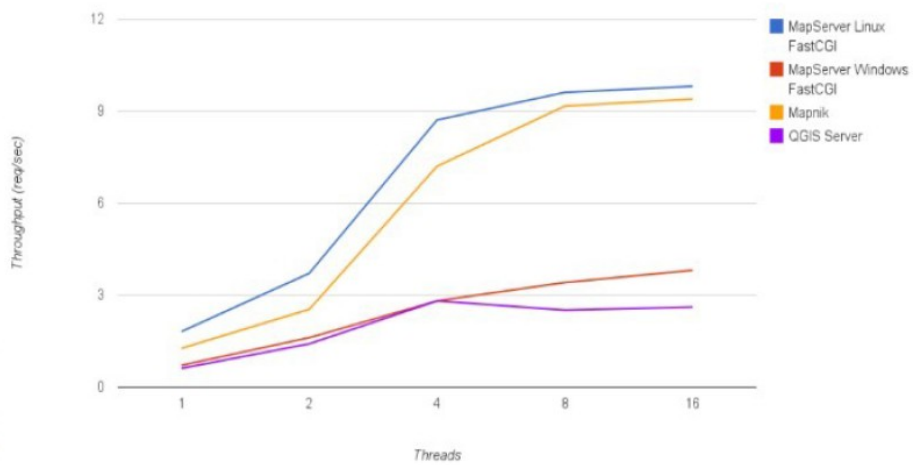
Il·lustració 11. FOSS4G. Vector Results – OSM/PostGIS.



Il·lustració 12. FOSS4G. Vector Seeding Results – OSM/PostGIS.



Il·lustració 13. FOSS4G. Vector+Raster Results – DEM+OSM.



Il·lustració 14. FOSS4G. Vector+Raster Seeding Results -DEM+OSM.

### 3.3 Comparativa de biblioteques JavaScript

Per a desenvolupar un client web SIG, es poden utilitzar un gran nombre de biblioteques i *toolkits* o *frameworks*. De fet lo més normal és utilitzar una combinació d'ells. Alguns són genèrics per a la programació de pàgines webs modernes, creant efectes atractius com animacions, entre altres coses. Altres són específics per al món SIG i fonamentalment s'utilitzen per a la visualització de mapes i la representació de dades sobre ells. Començarem l'estudi pel segon grup.

Existeixen moltes biblioteques i toolkits per a la representació de mapes. El següent gràfic mostra els més importants i les relacions que hi existeixen entre ells:



Il·lustració 15. Relació entre clients web de mapes lliures i gratuïts.

Font: **Carrillo, G.** [article en línia] [Data de consulta: 20 de març de 2014]

<[http://downloads.tuxfamily.org/tuxgis/geoblogs/comparacion\\_clientes\\_v6/dependencia\\_clientes\\_english\\_20120102.png](http://downloads.tuxfamily.org/tuxgis/geoblogs/comparacion_clientes_v6/dependencia_clientes_english_20120102.png)>



En l'actualitat, les dos principals biblioteques són OpenLayers i Leaflet.

**OpenLayers** és, probablement, la biblioteca de mapes lliure més utilitzada. És madura (2005) i es pot trobar molta informació i exemples d'ús a Internet. Com es pot veure a la il·lustració 7, una gran quantitat de toolkits i clients la fan servir. La versió actual és la 2.13.1. És una biblioteca amb gran quantitat de funcionalitats, lo que fa que pràcticament es pugui fer servir a qualsevol projecte. Com a contrapartida, tindre tantes funcionalitats fa que siga una biblioteca gran, de quasi 1 MB, fet no desitjat per a aplicacions mòbils. Per a solucionar este problema i més, s'està programant la versió 3, que tindrà un rendiment superior en menys espai, però que encara es troba en fase beta.

**Leaflet** és una biblioteca més recent que *OpenLayers*, però que està augmentant la seua importància en el sector ràpidament. És lleugera i ràpida i consumeix pocs recursos. Sense tindre la enorme quantitat de funcionalitat d'*OpenLayers*, té gran quantitat gràcies a un sistema de *plugins*. Este disseny modular permet reduir la grandària de la biblioteca a lo imprescindible per al projecte. Està molt indicada per a dispositius mòbils per la seua lleugeresa i la disponibilitat d'interaccions com *multitouch*. Visualment és atractiva per l'ús de CSS3 i HTML5.

En quant a biblioteques genèriques per a la creació de webs, el nombre és molt més gran. Normalment permeten modificar documents HTML dinàmicament, fer crides *Ajax*, gestionar events i fer animacions. Entre les més conegudes estan:

**jQuery** és una de les més usades. És lleugera i senzilla, però pot augmentar la seua funcionalitat amb *plugins* externs, existint una gran quantitat d'ells. A Internet es pot trobar gran quantitat de documentació i exemples. No és ni pretén ser un framework complet, i no dona per tant tanta importància a algunes funcions com controls o arquitectura *Model–View–Controller* (MVC).

**Dojo** és un framework que a més de les funcionalitats bàsiques, permet funcions avançades com programació orientada a objectes, MVC, controls avançats, gràfiques, etc. Està suportat per grans companyies com IBM.

**Ext JS** és un altre framework, molt paregut en quant a funcionalitat a Dojo. Pertany a Sencha i depenent de l'ús fa falta llicència comercial.

Per a construir aplicacions webs paregudes a les d'escriptori, es recomana utilitzar un framework com pot ser *Dojo* o *Ext JS*. En aquest cas biblioteques com *jQuery* es poden quedar un poc curtes. Igualment succeeix per a grans sistemes que han de ser escalables en el temps. En aquest cas arquitectures com MVC poden ser un gran aport.

En canvi per a fer pàgines web i controlar tot el document DOM, fer crides *Ajax*, etc., *jQuery* és una opció molt encertada per la seua lleugeresa. Tot i així, existeixen alguns complements a *jQuery* com *jQuery UI* i *jQuery Mobile* que donen més funcionalitat a *jQuery*, aportant controls addicionals i altres funcionalitats.

Hi han altres biblioteques que, tot i ser genèriques, són més específiques que les anteriors. Per exemple tenim **D3.js**, que es centra en la visualització de dades.

Tenim també algunes biblioteques que són un conjunt d'altres. Per exemple **GeoExt**, que és la unió d'*OpenLayers* i *Ext JS*. En aquest cas disposem d'un entorn de programació web genèric com *Ext JS* que a més a més permet visualitzar mapes amb tota la funcionalitat d'*OpenLayers*. Per a aconseguir-lo, s'afegeix un control (o *widget en anglès*) nou a *Ext JS* que empotra un mapa *OpenLayers*.

També els servidors de dades geoespacionals com *MapServer* poden generar directament pàgines amb un visor de mapes senzill que incorpora, en aquest cas, *OpenLayers*. Este visor s'utilitza per a poder veure el resultat d'un mapfile en proces de proves i depuració, però no es recomana per a entorns de producció.

### 3.4 Recerca de dades cartogràfiques

Per a mostrar la informació meteorològica, el visor web necessita una capa cartogràfica per baix, que serveixi de referència. D'esta manera es podrà veure la localització d'un punt geogràfic, com una ciutat, i per damunt les dades meteorològiques referents a aquell punt. Necessitem per tant un servei que faciliti esta capa.

Per a avaluar els diferents mapes disponibles, no només s'ha de mirar la qualitat del mapa, si no altres factors. Un d'ells és el tipus de llicència i què ens permet fer, ja que molts mapes són propietat d'una companyia i estan restringits. Però possiblement, el factor més important és els tipus de connexions o accessos que permet cada mapa. Alguns mapes només són accessibles a través d'una API particular. Altres permeten connexions a través de protocols estàndards, com WMS o WFS. I altres, a més a més permeten baixar les dades localment al nostre servidor. Este punt és important perquè l'elecció de la tecnologia del visor ens pot condicionar els mapes que podem utilitzar. I inversament, si estem interessats en utilitzar uns mapes concrets, haurem de seleccionar les tecnologies adequades per a construir el visor.

**OpenStreetMap** (OSM) és un projecte col·laboratiu per a crear un mapa lliure. Les dades són aportades pels mateixos usuaris i són obtingudes de diversos modes, amb dispositius GPS, ortofotografies, etc. Es pot accedir a les dades directament des d'els servidors d'OSM o es pot descarregar les dades i utilitzar-les en un servidor propi. Té dades de tot el món.



Il·lustració 16. OpenStreetMap.

L' **“Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya” (ICGC)** ofereix diversos mapes, incloent-hi topogràfics i ortofotogràfics entre altres. Es poden accedir a través de protocol WMS. Inclou dades de Catalunya.



Il·lustració 17. ICGC.

L' **“Instituto Geográfico Nacional” (IGN)** ofereix mapes ortofotogràfics accessibles a través d'un servidor WMS. Té dades d'Espanya, tant peninsular com insular.



Il·lustració 18. IGN.

**Google Maps** és el servei cartogràfic de *Google*. És gratuït fins a un màxim de consultes diàries. Es pot accedir a través d'una API específica. Disposa de dades de tot el món.



Il·lustració 19. Google Maps.

**Blue Marble** és un servei de la NASA que ofereix una representació de la Terra feta amb un conjunt de fotografies per satèl·lit. És d'accés gratuït.

Existeixen més serveis cartogràfics, que faciliten dades molt paregudes als mencionats. Entre altres estan *MapQuest*, *Yahoo Maps*, *Bing Maps*, *Nokia Here*, etc.

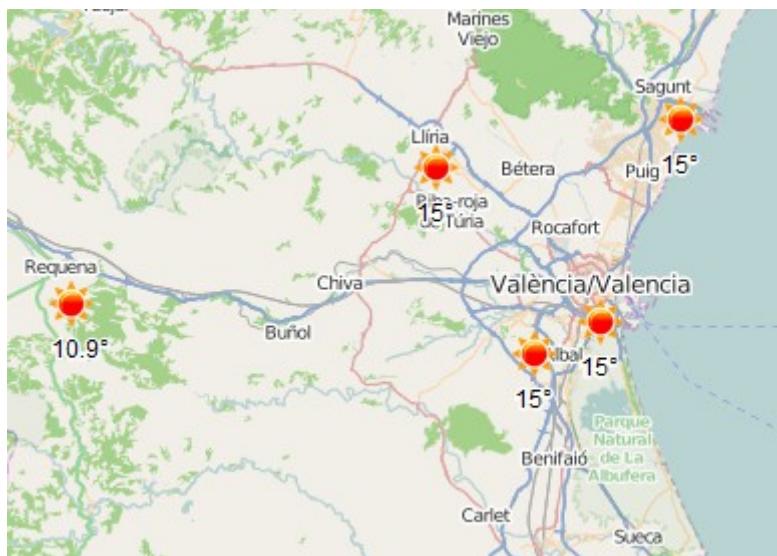
Per al projecte s'utilitzarà com a font cartogràfica principal *l'OpenStreetMap*. Esta decisió s'ha pres per ser una font gratuïta i que cobreix tot el món. Els mapes de l'ICGC, l'IGN i Blue Marble es facilitaran com a opcionals i l'usuari els podrà veure canviant les capes del mapa seleccionades.

### 3.5 Descripció de dades meteorològiques

A més a més de la cartografia, el visor necessita dades meteorològiques que mostrar a l'usuari. Hi ha diverses fonts de dades a Internet. Algunes són accessibles públicament i altres no. En alguns casos disposaran de dades històriques i en altres només de dades en temps real.

**Open Weather Map**, es un servei on es pot consultar un mapa del món amb cartografia d'*OpenStreetMap* i dades meteorològiques localitzades. Algunes característiques són:

- Les dades s'obtenen d'usuaris que envien les seues dades a través d'estacions meteorològiques connectades. Actualment hi han més de 40.000 estacions connectades.
- Les dades es poden consultar a través de la web d'*OpenWeatherMap* o directament dels seus servidors a través d'una API.
- No existeix un paquet per a descarregar les dades localment.
- L'accés és gratuït fins a un límit de connexions diàries.
- La versió gratuïta només té històric d'un mes.
- Dades de tot el món.
- Té capes d'informació de núvols, precipitacions, pressió atmosfèrica, velocitat del vent, temperatura, neu i temps actual.



Il·lustració 20. Dades Open Weather Map amb cartografia OpenStreetMap.

**WorldClim** està desenvolupat pel “Museum of Vertebrate Zoology” de la Universitat de Califòrnia.

- Les dades estan disponibles per a descarregar localment, però no es poden accedir amb un visor en línia.
- L'accés és gratuït per a usos educatius i no comercials.
- Dades de tot el món.
- Dades de l'època actual, sent interpolacions de dades observades, representatives de aproximadament 1950-2000. Estan en diferents resolucions (30 segons a 10 arc-minuts).

- Dades de condicions futures, sent projeccions de models de clima global. Estan disponibles en resolucions des de 30 segons a 10 minuts.
- Dades de condicions passades, incloent-hi l'última època interglacial (~120.000 – 140.000 anys AC), l'últim màxim glacial (~21.000 anys AC) i Holocè mitjà (~6.000 anys AC).
- Dades en diferents formats com BIL genèric, ESRI, GeoTIFF.
- Té informació de temperatures (màximes, mínimes i mitjanes), precipitacions, bioclimàtiques i altitud.

**Open Meteo Forecast** és un projecte de la “Open Meteo Foundation”.

- Les dades estan disponibles per a descarregar localment, però no es poden accedir amb un visor en línia.
- Proporciona prediccions del temps a 72 hores vista.
- L'accés és gratuït per a qualsevol ús.
- La intenció és proporcionar dades de tot el món, però en estos moments tenen dades d'Europa (amb resolució de 12 km ) i França i Alps (amb resolució de 2,5 km).
- Subministra una API d'accés i un servidor OPeNDAP / NetCDF.
- Es poden baixar dades en formats GeoTiff, CSV, JSON i NetCDF. Pròximament en GRIB, SHP i GeoJSON
- Té nombroses capes de d'informació, com temperatura a diferents altituds, precipitacions, neu, etc.

**Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente** d'Espanya.

- Proporciona dades de molt diversa índole, com qualitat de l'aire, precipitacions, temperatura.
- Normalment ofereix les dades amb servidors WMS.
- Dades gratuïtes.
- Té dades d'Espanya.

**Universitat Autònoma de Barcelona** (UAB) a través del seu servidor Miramon, proporciona dades de moltes fonts, tant cartogràfiques com climàtiques, entre altres.

- Inclou cartografia de l'ICGC, SATCAT, i el món.
- Inclou Atles Climàtic d'Aragó, Península Ibèrica i Andorra.
- Dades accessibles a través de servidor WMS.
- Accés gratuït.

**European Climate Assessment & Dataset project** subvencionat per la Comissió Europea.

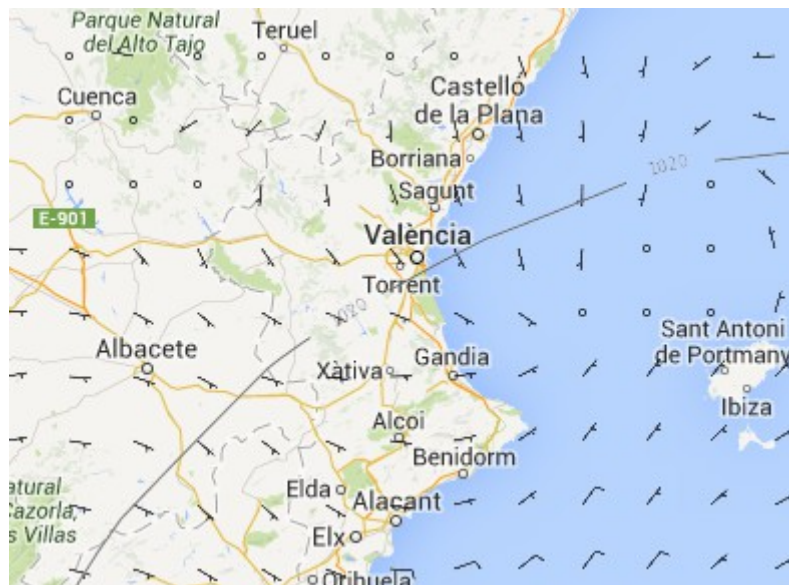
- Dades d'accés gratuït.
- Algunes descarregables en format netCDF i ASCII i altres només en línia.
- Aglutina dades diàries de diversos projectes.

**National Weather Service's** de l'agència estatunidenca NOAA. Genera multitud de dades des de diferents satèl·lits artificials.

- Les dades estan molt repartides en diferents catàlegs i formes d'accés. Moltes en format netCDF.
- Depenent del tipus de dades, són de tot el món o de Estats Units.
- Té dades molt diverses i històrics de dades.
- En alguns casos es necessita permís per accedir a les dades.
- Té dades descarregables.

**WXTiles** proporciona capes d'informació de condicions climàtiques. Genera les dades des de l'agència estatunidenca NOAA (veure anterior font de dades).

- Simplifica l'accés a dades NOAA.
- Es pot accedir a les dades amb una API que suporta Google Maps i OpenLayers.
- Ofereix mapes directament des de la seua web.
- El servei és gratuït.
- No es poden descarregar les dades.
- Proporciona dades de precipitacions, temperatura, vent i onades.
- Dades de tot el món.



Il·lustració 21. Dades WXTiles amb cartografia Google Maps.

**NASA Earth Observations (NEO)** ofereix informació de l'atmosfera, els oceans i la superfície terrestre. Les dades són obtingudes des de satèl·lits orbitant el planeta.

- Es pot accedir a les dades amb protocol WMS i baixant paquets de dades localment.
- Ofereix dades per a diferents dates.
- L'accés és gratuït.
- La quantitat d'informació i mapes de diferents variables és enorme.



Per al present projecte s'implementarà, al menys, l'accés a algunes de les capes de l'Open Weather Map, Worldclim, NASA NEO i Miramon (UAB). S'han seleccionat estes fonts de dades per la facilitat d'accés de les dades amb protocols estàndards i APIs còmodes i per la qualitat de les dades. El cas de WorldClim és especial, ja que és la única font amb dades de períodes prehistòrics, permetent veure l'evolució del temps amb rangs d'anys molt grans.

### 3.6 Selecció de la solució tecnològica

Com hem vist anteriorment, per a implementar el projecte necessitarem un servidor i un client.

Per a implementar el servidor de dades geoespacionals, tant *MapServer* com *GeoServer* són perfectament vàlids, sent dos solucions molt similars en quant a funcionalitats i rendiment. Utilitzarem **MapServer** pels següents avantatges:

- El servidor s'implementarà sobre una màquina virtual amb 512 MB de RAM. Necessitem per tant un servidor lo més lleuger possible, que necessite el mínim de recursos disponibles. En aquest cas, *MapServer* és superior a *GeoServer*, que necessita executar algun servidor de servlets com *Tomcat*.
- Segons els estudis presentats, el rendiment és lleugerament superior a *GeoServer* i això ens vindrà bé en un entorn amb baixos recursos.
- És programable amb PHP. *MapServer* ofereix unes llibreries PHP específiques per a treballar amb ell, anomenades PHP MapScript. Més endavant en este mateix punt s'explicarà la decisió de llenguatges de programació escollides, i per al *backend*, en cas necessari, s'utilitzarà PHP. *GeoServer* es centra més en Java.

Escollir *MapServer* també té inconvenients respecte a *GeoServer*, però s'han pogut evitar.

- No permet protocol WFS-T. Cap de les fonts de dades escollides utilitza este protocol i per tant no ens fa falta compatibilitat amb ell.
- *GeoServer* es configura amb un panell d'administració web i *MapServer* amb fitxers de configuració mapfile, sent el segon més complex. Per a solucionar-lo s'utilitzarà *QGIS*, un programari d'escriptori per la visualització, edició i anàlisi de dades SIG. Amb ell podrem gestionar les fonts de dades de forma visual i, amb una extensió de *QGIS* anomenada "RT MapServer Exporter", exportar la configuració a un fitxer mapfile de *MapServer*.

Per a implementar el servidor web, s'ha seleccionat **Apache**. És un entorn molt robust i provat. A més a més els principals paquets d'instal·lació de *MapServer* incorporen *Apache*, de forma que amb una instal·lació senzilla està tot configurat. Permet executar CGIs, imprescindible per a executar *MapServer* i pot executar codi PHP instal·lant-se com a un mòdul d'*Apache*.

L'accés a les dades des de *MapServer* es farà a través de servidors de tercers amb protocols estàndards com WMS. També es faran servir localment fitxers en formats com *ESRI Shapefile*. Per tant no ens farà falta instal·lar una base de dades relacional amb extensions per a SIG com *PostGIS*.

Inicialment no s'instal·larà servidor de memòria cau. En cas necessari pel volum de accessos/ usuaris es podria instal·lar posteriorment.

En quant al client, s'utilitzarà navegadors d'Internet estàndards amb capacitat d'executar codi JavaScript, sent compatible amb diferents navegadors.

Per a visualitzar les dades geoespacionals, s'utilitzarà **OpenLayers**. S'ha dubtat si utilitzar Leaflet. Ambdues biblioteques són molt completes i tècnicament suficients per a implementar el present projecte, però s'ha decidit fer servir *OpenLayers* principalment perquè les APIs d'algunes fonts de dades meteorològiques són compatibles amb *OpenLayers* i no amb Leaflet (per exemple WXTiles). *OpenLayers* té l'inconvenient d'ocupar més espai i no ser tant apropiada per navegadors mòbils, però amb el proper llançament d'*OpenLayers* 3 es solucionaran estos problemes.

Respecte als llenguatges de programació escollits, si es determina que cal programar funcionalitats a la part servidor, es farà servir PHP. S'ha escollit PHP per ser un llenguatge ja utilitzat per l'autor. Un desenvolupador ha de saber adaptar-se a diferents llenguatges i escollir el més apte per al projecte per les condicions tècniques del mateix i no tant pel seu grau d'experiència o simpatia cap el llenguatge. Però en aquest cas diversos llenguatges serien igualment vàlids tècnicament, com Java, Perl, etc. I dintre dels aptes, sempre és millor escollir un amb un grau suficient d'experiència, que permet desenvolupar millor codi i en menys temps (més en un projecte limitat temporalment com el present).

Per al *frontend*, s'ha escollit HTML amb JavaScript. Aquí les opcions de llenguatges eren menors a l'anterior cas, ja que les principals biblioteques de visors SIG estan totes implementades en JavaScript.

El desenvolupament el començarem amb la instal·lació del servidor *Apache* i *MapServer*. Una vegada instal·lats els configurarem.

El segon pas serà descarregar les dades cartogràfiques i meteorològiques de les fonts de dades.

Crearem a continuació els fitxers mapfiles de configuració de *MapServer* per a accedir a les dades descarregades i a servidors de tercers. D'esta forma el nostre servidor oferirà cap a l'exterior les dades de forma unificada.

Una vegada amb el servidor preparat, començarem a programar la web que contindrà el visor i el visor mateix. Esta web tindrà un frontend i un backend que s'aniran desenvolupament simultàniament per a cada funcionalitat.

Per finalitzar, ja amb el sistema desenvolupat, es faran les proves i depuració del sistema, amb les correccions oportunes.

### 3.7 Anàlisi d'integració de les dades i la tecnologia

Depenent del tipus d'accés a les dades ofert per la font de les mateixes, les dades es poden integrar al sistema des d'el servidor o des d'el client. Integrant-les al servidor tenim el sistema més centralitzat i controlem les dades de manera més estricta. Però no totes les fonts ho permeten. En alguns casos l'única forma d'accés és des d'el client amb una API JavaScript.

A continuació es mostra per a cada font seleccionada com s'integrarà al sistema.

**OpenStreetMap** ofereix les dades de diverses formes. Es pot accedir directament des d'*OpenLayers* o es poden descarregar les dades al servidor localment. Per tant es pot implementar l'accés tant des d'el client com des d'el servidor. Descarregar tot el món són més de 20GB. Per al projecte només es descarregaran les dades d'Espanya i s'instal·laran al servidor. Al client s'oferirà l'accés a estes dades locals amb una capa, i es mostrarà una segona capa que accedirà al servidor en línia d'*OpenStreetMap* a través del nostre servidor. Es pot pensar que seria millor fer-lo al client, fent la connexió directament, sense sobrecarregar el nostre servidor, que igualment hauria d'accedir a les dades remotes. Però si ho fem des d'el servidor i veiem que l'ample de banda o la velocitat de la nostra organització no són adequades per al volum d'usuaris, es pot instal·lar un servidor de memòria cau intern, pràcticament sense modificar la programació del nostre sistema. Només haurem de canviar alguna configuració. Així minimitzarem el volum de dades cap a l'exterior, estalviant recursos. Les capes de dades locals es podran fer servir com a *backup* en cas de caiguda de les connexions cap a l'exterior.

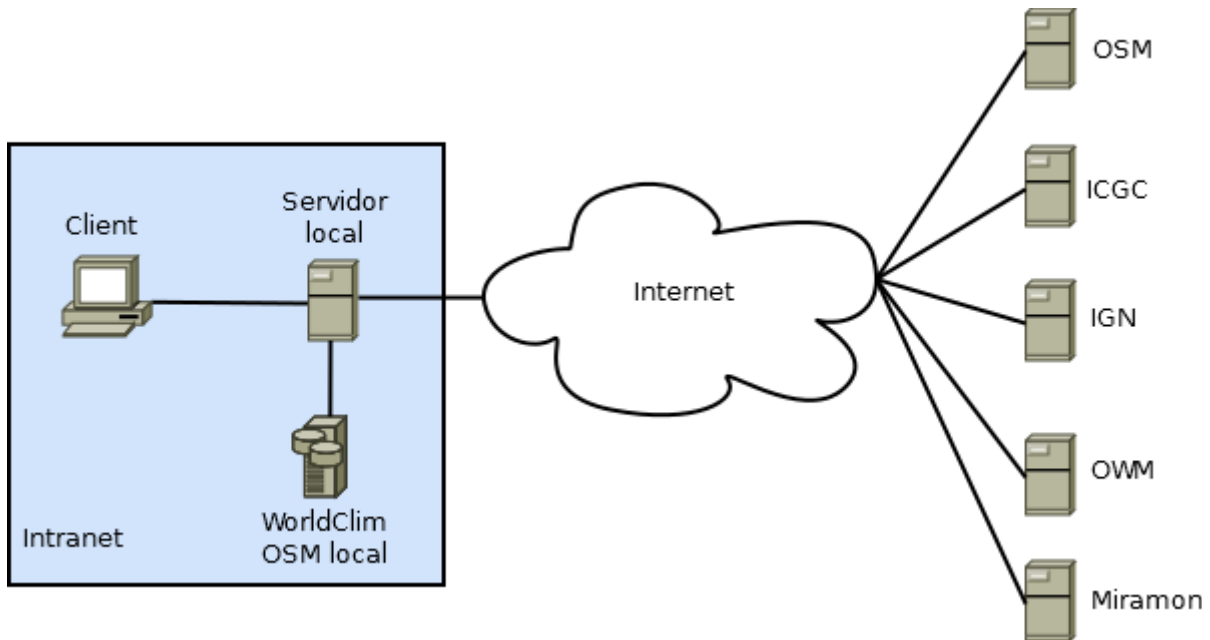
L' **Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya** i l' **Instituto Geográfico Nacional** ofereixen les dades a través de servidors WMS. Es podrien integrar també als dos costats del sistema, però per les mateixes raons que el cas anterior (possibilitat de servidor de memòria cau) es farà des d'el servidor.

**Open Weather Map i Miramon (UAB)** ofereixen les dades amb servidors WMS i per tant la connexió la farem també a través del nostre servidor. En el cas de l'Open Weather Map també es podria fer a través de la seua API.

**WorldClim** només ofereix les dades per descarrega. Per tant es descarregaran les dades al servidor local i s'accedirà a elles sense eixir de la nostra xarxa.

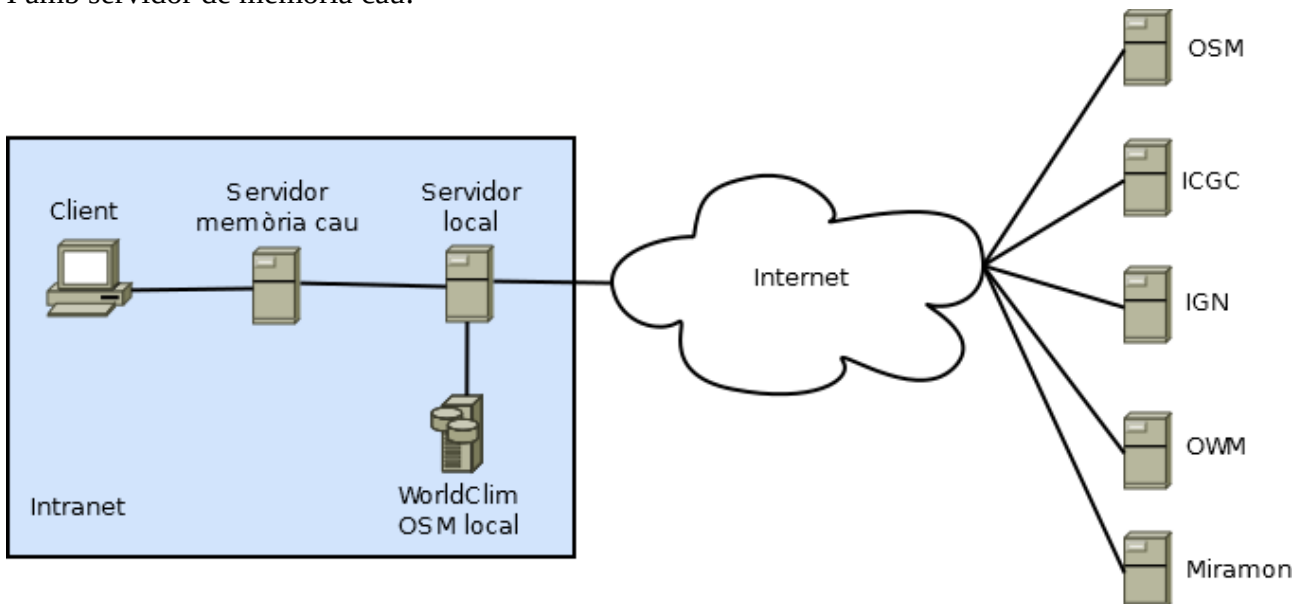
**NASA Earth Observations (NEO)** ofereix les dades per WMS i amb descarrega local. Com que les dades són temporals (en alguns casos diàries), s'utilitzarà l'accés WMS, a través del nostre servidor, per a tindre accés a dades actualitzades.

El següent diagrama mostra el sistema sense servidor de memòria cau:



Il·lustració 22. Sistema sense servidor de memòria cau.

I amb servidor de memòria cau:

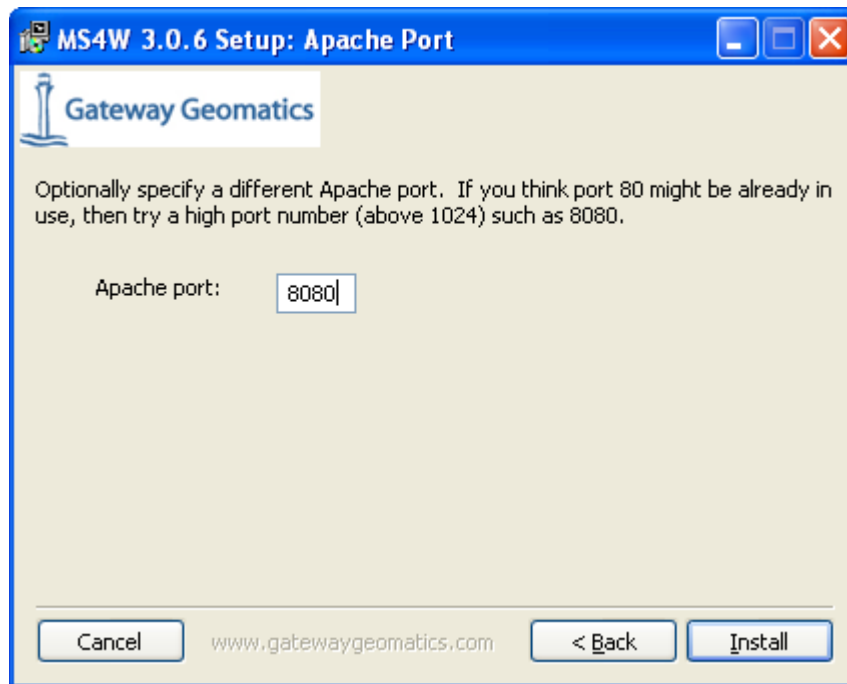


Il·lustració 23. Sistema amb servidor de memòria cau.

## 4. Implementació del servidor de mapes

El servidor de mapes s'implementa sobre un Windows XP de 32 bits a una màquina virtual. Per tant els binaris han de ser compatibles amb el sistema operatiu.

Per a facilitar la instal·lació, s'ha utilitzat el paquet **MapServer for Windows** (MS4W). El paquet s'instal·la amb el típic *setup* de Windows, on acceptarem els paràmetres per defecte exceptuant el port per a l'*Apache*, que substituïrem pel 8080 de forma que deixem lliure el port 80 per altres serveis.



Il·lustració 24. Selecció de port d'Apache a MS4W.

A continuació s'ha configurat el servidor. Per començar s'ha creat el fitxer `C:\ms4w\httpd.d\httpd_pfc.conf` amb el contingut:

```
Alias /pfc/ "C:\ms4w/apps/pfc/"

<Directory "C:\ms4w/apps/pfc/">
  AllowOverride None
  Options Indexes FollowSymLinks Multiviews
  Order allow,deny
  Allow from all
</Directory>
```

També s'ha creat `C:\ms4w\Apache\htdocs\pfc.pkg.html` amb el contingut:

```
<h3>MeteoCAT - Visor web GIS de dades meteorològiques</h3>
<blockquote><p><a href="/pfc">PFC</a></p>
</blockquote>
```

Amb estos dos fitxers s'ha creat una redirecció de l'adreça web `http://servidor:8080/pfc` al directori `C:\ms4w\apps\pfc`. D'esta manera tindrem tots els fitxers de l'aplicació centralitzats en un directori i no escampats pel sistema, cosa que facilitarà el seu manteniment.

Una vegada configurat el servidor, s'han creat els arxius *mapfiles* que configuraran l'accés a les diferents fonts d'informació. A l'*Apèndix 1* es mostra un exemple de *mapfile* que connecta el nostre servidor amb les dades locals de WorldClim i OpenStreetMap.

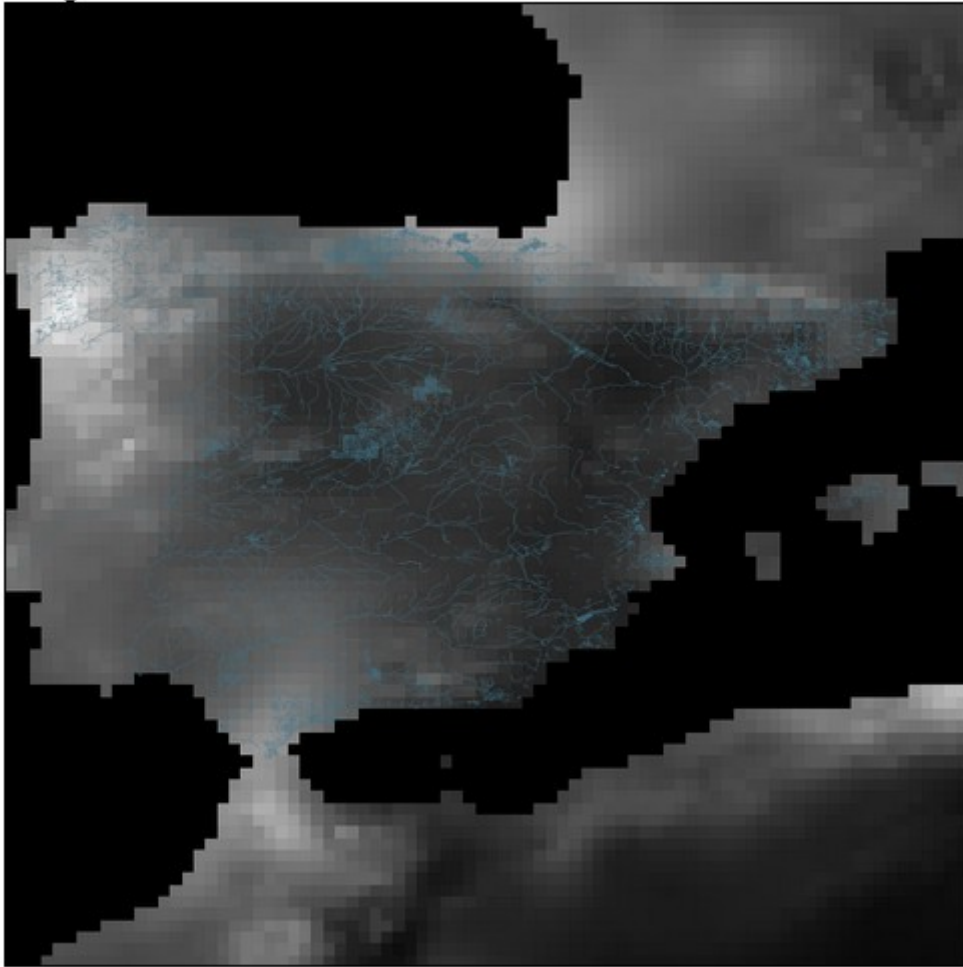
En este punt, el sistema ja està configurat per a començar a programar el visor web. El següent fitxer HTML mostra un exemple de connexió amb el mapfile anterior, que mostra els rius d'Espanya i dades de precipitació:

```
<html>
<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html">
<title>Sample</title>
</head>
<body bgcolor="white">
<tr>
<td align="left">Configuració d'OSM més WorldClim</td>
</tr>
<tr>
<td>
<br>

</td>
</tr>
</table>
</body>
</html>
```

Navegant a l'adreça de l'anterior fitxer HTML s'obté el mapa:

Configuració d'OSM més WorldClim



Il·lustració 25. Mapa amb rius d'Espanya i dades de precipitació.



## 5. Funcionalitats i disseny del portal web

### 5.1 Funcionalitats del portal web

Les funcionalitats que s'implementaran són les següents:

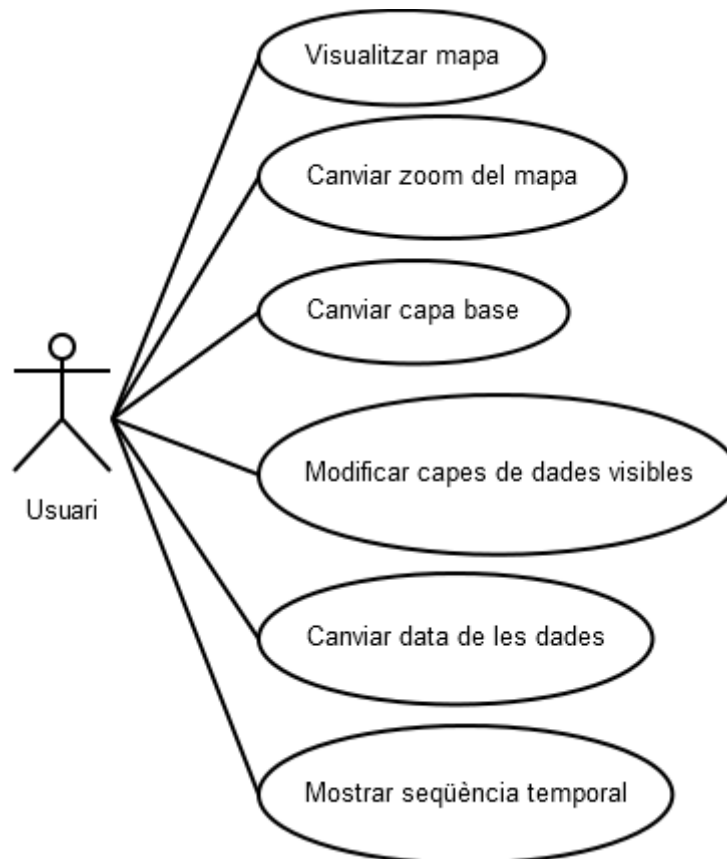
- **Visualitzar mapa**, és la funció fonamental del portal. Mostrarà un mapa amb la cartografia i dades meteorològiques seleccionades per l'usuari. L'usuari podrà interactuar amb el mapa d'una manera senzilla. Permet per tant plasmar les diferents dades d'una manera visual i comprensible per l'usuari del portal.
- **Canviar zoom del mapa**, permet veure amb major o menor detall una zona del mapa.
- **Canviar capa base**, permet a l'usuari seleccionar quina capa es farà servir com a fons del mapa. Sobre esta capa es plasmaran les dades meteorològiques, permetent posicionar-les geogràficament. Només pot seleccionar-se una capa base en un moment donat.
- **Modificar capes de dades visibles**, permet seleccionar una o més capes de dades a visualitzar. Si les capes no contenen informació temporal, es poden mostrar nombroses capes simultàniament. Si la capa seleccionada conté informació temporal, només es pot seleccionar una capa.
- **Canviar data de les dades**. Si la capa seleccionada conté dades temporals, es pot seleccionar per a quina data es volen mostrar les dades.
- **Mostrar seqüència temporal**. En capes amb dades temporals, es va canviant la data de manera automàtica i seqüencial. S'implementarà per tant una mena de reproductor de dades.
- **Connectar amb servidor local**. Permet establir una connexió amb el servidor que es troba a la xarxa local. Este servidor implementa un servei WMS (amb MapServer), que es pot accedir mitjançant protocol HTTP. Moltes de les capes disponibles són accessibles a través d'este servidor.
- **Connectar amb servidor remot**. Per les característiques d'algunes capes, només es pot accedir a elles directament des del servidor de tercers que serveixen les dades. Algunes s'accedeixen amb protocol HTTP/WMS i altres amb APIs de programació particulars.

Per a detallar les funcionalitats i el sistema, s'ha utilitzat una metodologia àmpliament utilitzada al món informàtic com és el «Llenguatge unificat de modelat» o UML (per les seues sigles en anglès). S'han seleccionat una sèrie de diagrames, dels molts que ofereix esta metodologia, per considerar-los els més adequats donades les característiques del projecte. Altres s'han descartat per no considerar-los oportuns. D'este segon cas podem posar com exemple el diagrama de classes, que no té sentit ja que no s'utilitzarà programació orientada a objectes.

### 5.1.1 Casos d'ús

Un diagrama de casos d'ús mostra com hauria d'interaccionar el sistema amb l'usuari o altres sistemes.

Es mostra a continuació el diagrama de casos d'ús per a l'usuari del portal:

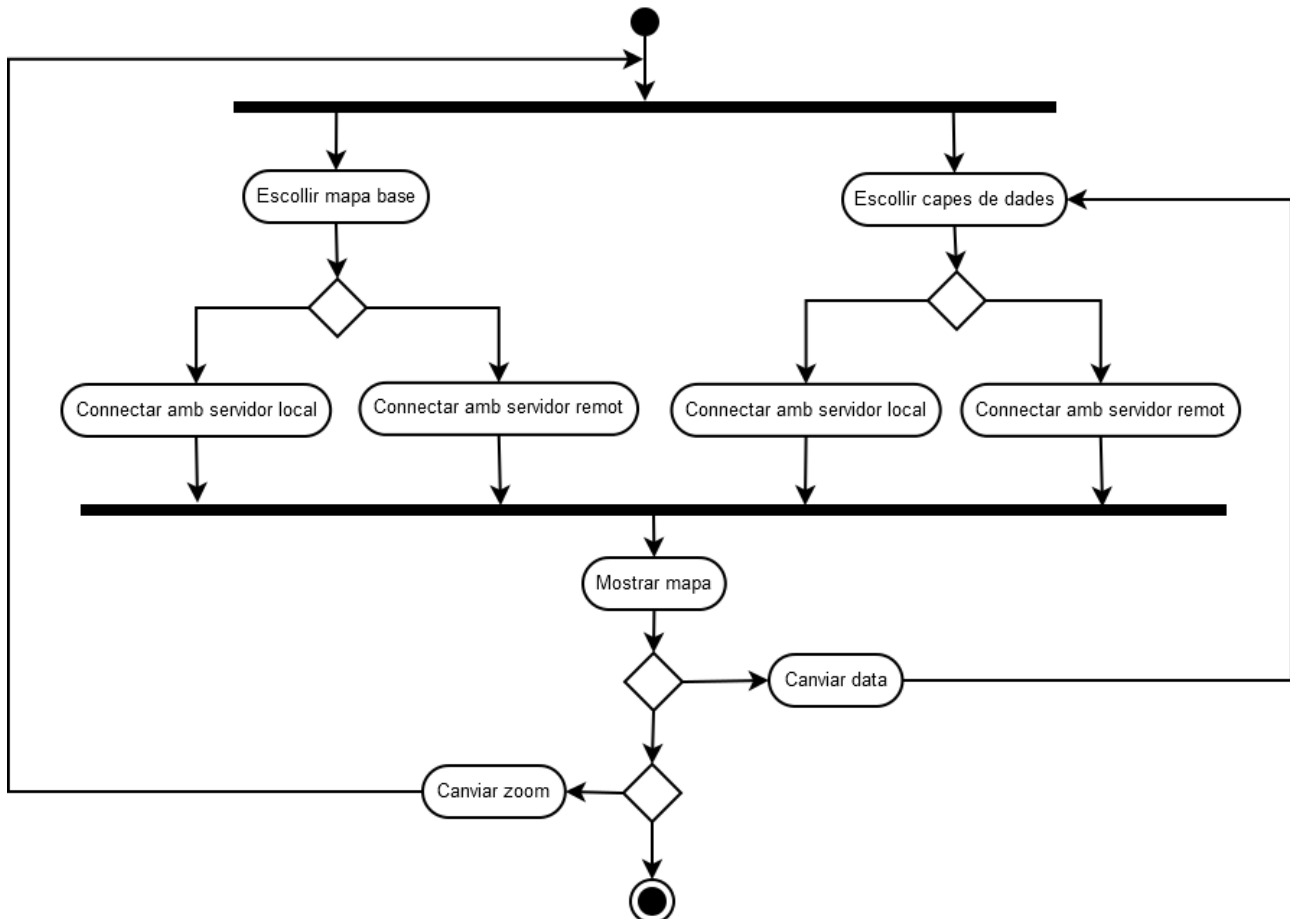


Il·lustració 26. Diagrama de casos d'ús.

Es pot veure que tots els casos d'ús corresponen amb algunes de les funcionalitats descrites al punt anterior. Tot i així no estan totes, ja que algunes d'elles no són casos d'ús de l'usuari, si no d'altres parts del sistema. S'ha de fer notar que un diagrama de casos d'ús mostra requisits funcionals, però no té per què mostrar la totalitat dels requisits.

### 5.1.2 Diagrama d'activitats

Un diagrama d'activitats mostra una seqüència d'activitats que succeeixen al sistema. Es mostra a continuació el diagrama d'activitats per a la visualització d'un mapa:



Il·lustració 27. Diagrama d'activitats.

El diagrama anterior incorpora les activitats per a carregar un mapa, però també les accions de fer zoom o canviar la data. Per tant correspon a tots els casos d'ús anteriors. En el cas de l'últim, «mostrar seqüència temporal», estaríem en un bucle que entraria indefinidament a l'acció «Canviar data». S'ha decidit fer tots els casos d'ús en un únic diagrama, encara que lo més rigorós hagués sigut fer un per a cada cas d'ús, per simplicitat.

Al diagrama es pot veure com inicialment s'escull la capa base i les capes de dades. Estes accions es fan en paral·lel, fent-hi totes les connexions necessàries. L'acció d'escollir capes de dades s'ha simplificat a una, encara que podrien haver-hi múltiples capes, amb les seues respectives connexions. Després es mostra el mapa i, si l'usuari canvia la data, es tornen a carregar les capes de dades actualitzades. Finalment si l'usuari fa zoom, es torna a carregar tot des del principi, ja que les dades anteriors no valdrien al tindre una resolució diferent.

### 5.1.3 Diagrames de seqüència

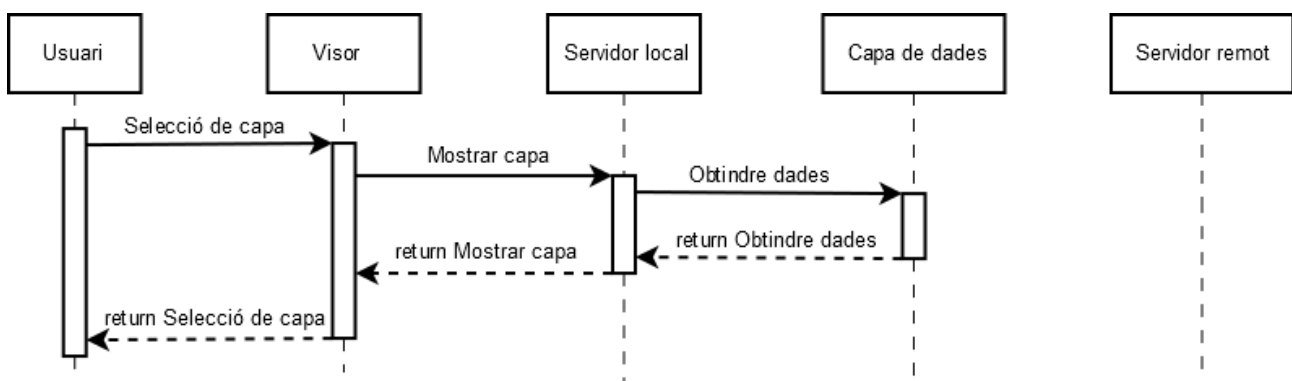
Els diagrames de seqüència mostren les interaccions al llarg del temps d'un nombre d'objectes i l'intercanvi de missatges que efectuen.

Al nostre sistema, els objectes fonamentals són:

- L'**usuari**, o persona que vol visualitzar els mapes.
- El **visor web**, que mostra el mapa a pantalla. Es tracta d'un navegador web a l'ordinador de l'usuari.
- El **servidor local**, que executa un servidor web (Apache) i un servidor WMS (MapServer).
- La **capa de dades**, que pot estar al mateix maquinari que el servidor local o a un altre dintre de la xarxa. També pot estar implementada amb un simple sistema de fitxers o amb bases de dades (relacionals o no).
- El **servidor remot**, que està fora de la nostra xarxa i habitualment fora de la nostra organització. Sol dependre d'un tercer i es connecta amb ell a través d'Internet.

Es mostren a continuació els diagrames de seqüència per a les accions més interessants des d'el punt de vista de l'intercanvi de missatges entre objectes.

El diagrama de seqüència per a veure dades que es troben al servidor local és:

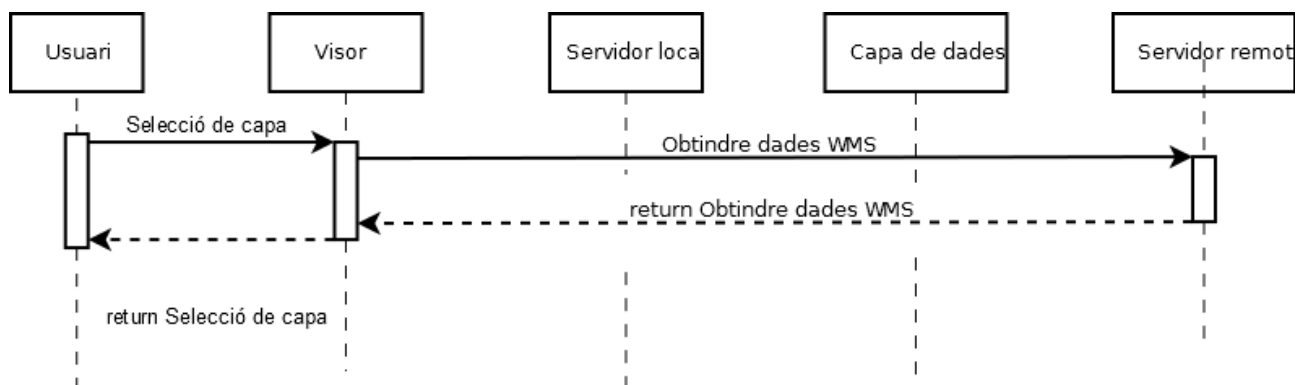


Il·lustració 28. Diagrama de seqüència. Dades locals.

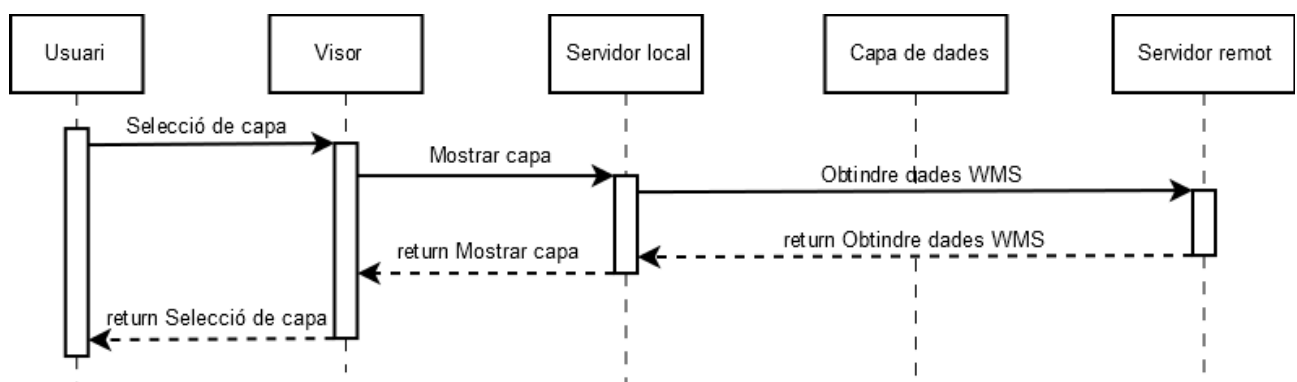
Com es pot veure en ningun cas necessitem fer cap connexió remota fora de la nostra xarxa.

Per al cas de necessitar dades remotes, podem connectar de dos formes. La primera és que el visor connecte directament amb el servidor remot. La segona és que el visor connecte amb el servidor WMS local i este connecte amb el servidor remot, actuant com a proxy. Este segon cas és lo que s'anomena WMS en cascada (WMS cascading en anglès).

Els diagrames de seqüència per a estes dos formes d'obtindre dades remotes són:



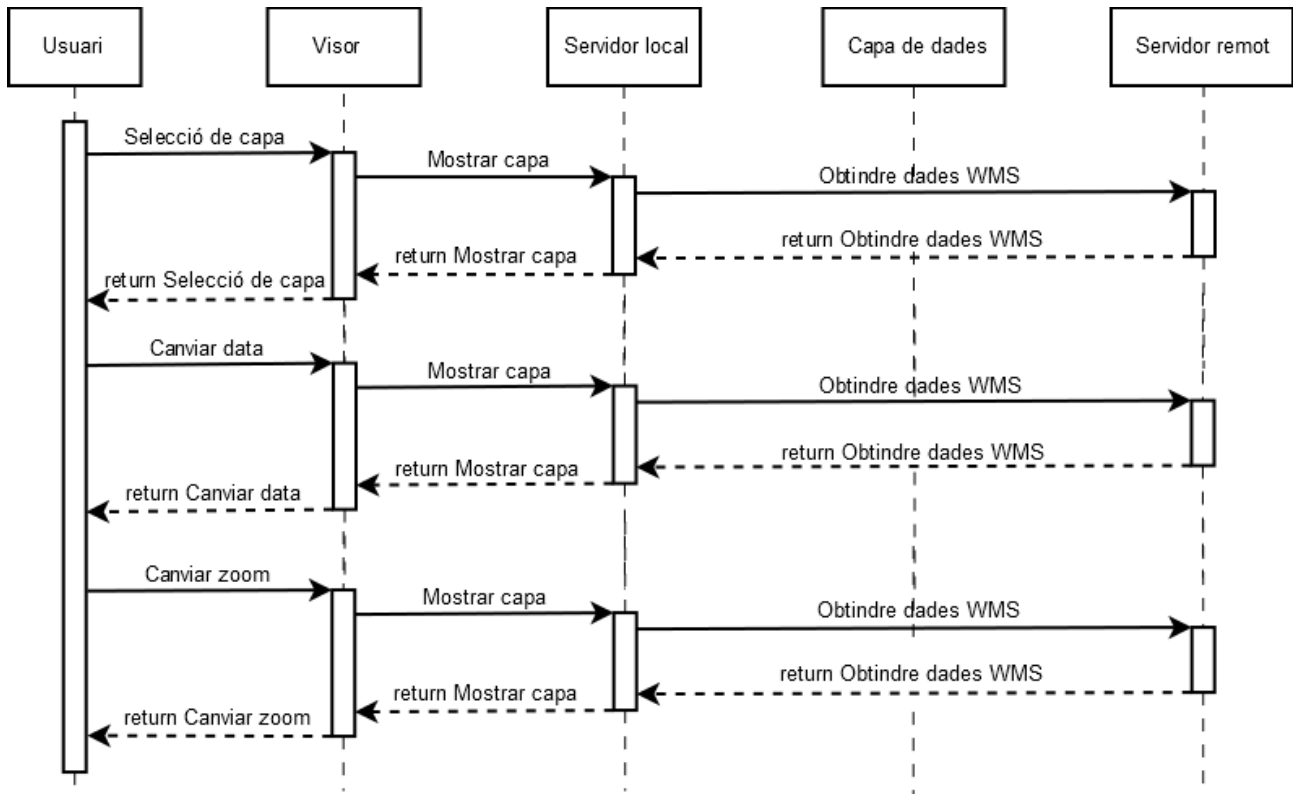
Il·lustració 29. Diagrama de seqüència. Dades remotes amb connexió directa.



Il·lustració 30. Diagrama de seqüència. Dades remotes a través de servidor WMS local.

Es pot observar com la connexió directa evita un missatge i per tant pot semblar més indicada, per productiva i àgil. Però la connexió en cascada és útil per a implementar servidors de memòria cau que redueixen les connexions cap a l'exterior. També es podrien fer servir polítiques de seguretat que no permetin als usuaris connectar cap a l'exterior, permetent només al servidor local eixir de la xarxa.

Per últim es mostra un diagrama de seqüència més complexe, ja que a més a més de seleccionar la capa, es veuen les accions de canviar la data i el zoom. Només es mostra per al cas de dades remotes a través del servidor local.

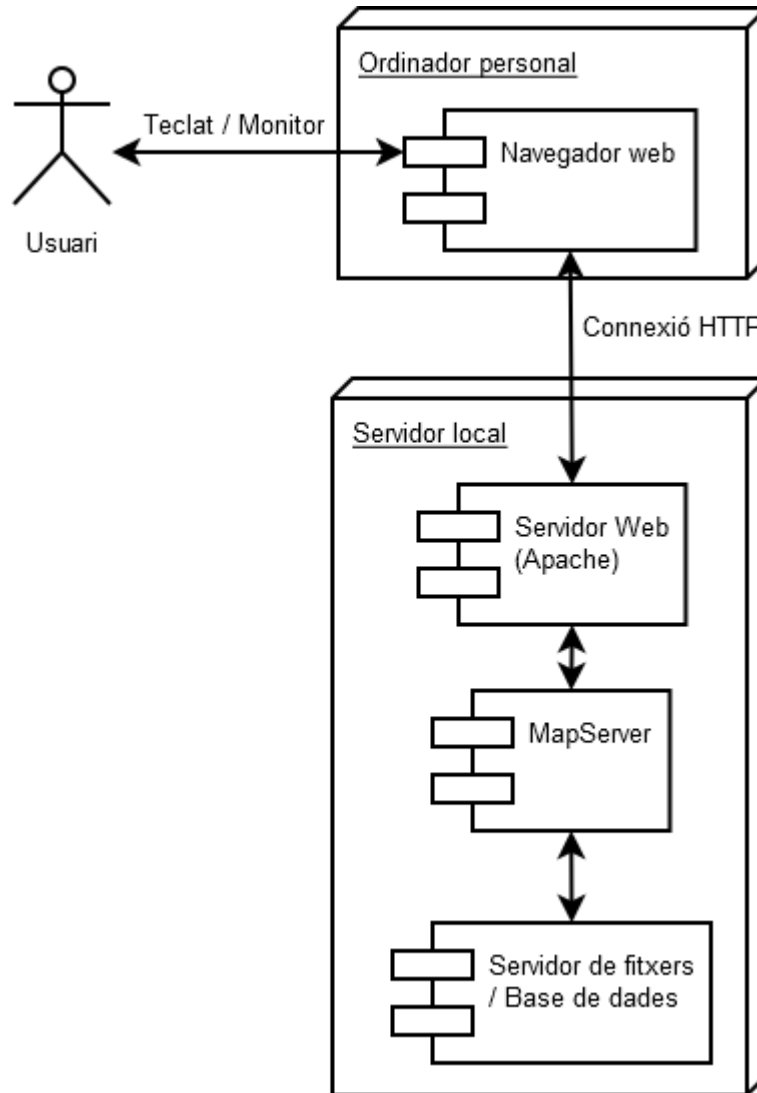


Il·lustració 31. Diagrama de seqüència. Selecció de capa, canvi de data i zoom.

S'aprecia que l'intercanvi de missatges és igual per a tots els casos, canviant el missatge que s'envia. El servidor local sempre actua de proxy.

### 5.1.4 Diagrama de desplegament

Els diagrames de desplegament s'utilitzen per a mostrar la disposició física dels diferents components software del sistema. Per al portal web és:



Il·lustració 32. Diagrama de desplegament.

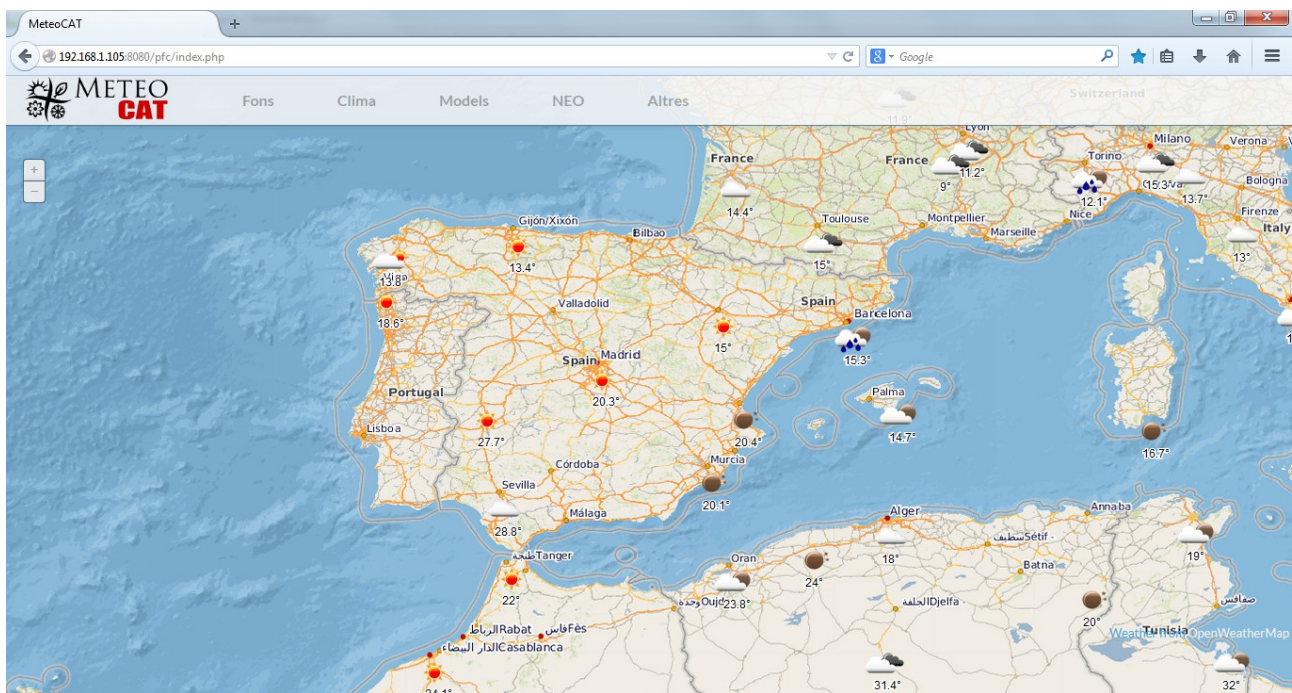
Es pot veure que el «Servidor de fitxers / Base de dades» es troba al mateix servidor físic que MapServer i Apache. Com ja s'ha comentat podria estar a un equip diferent, canviant el nostre diagrama, però s'ha optat per esta disposició per ser la utilitzada a l'entorn de desenvolupament del projecte.

## 5.2 Disseny del portal web

Els usuaris que faran servir el portal són especialistes en el seu camp (meteoròlegs, etc.) i inclús podria ser utilitzat per usuaris normals que volen consultar el temps o alguna altra dada. Per tant el portal ha de ser usable per a tot tipus d'usuaris i s'ha optat per un disseny simplificat al màxim.

Quan entrem per primera vegada a la web, veiem directament el mapa inicial, sense haver de passar per pantalles prèvies. A més a més el mapa ocupa la quasi totalitat de la pantalla, a excepció d'un menú superior semitransparent. Totes les funcions del visor s'executen des d'esta pantalla, sense canviar a altres. Actualment, tots els grans serveis de mapes a Internet (Google Maps, Yahoo maps, Bing Maps, etc.) tendeixen cap a esta estructura de entrar directament al mapa i donar-li el màxim espai. Fer un disseny paregut facilita la corba d'aprenentatge als usuaris.

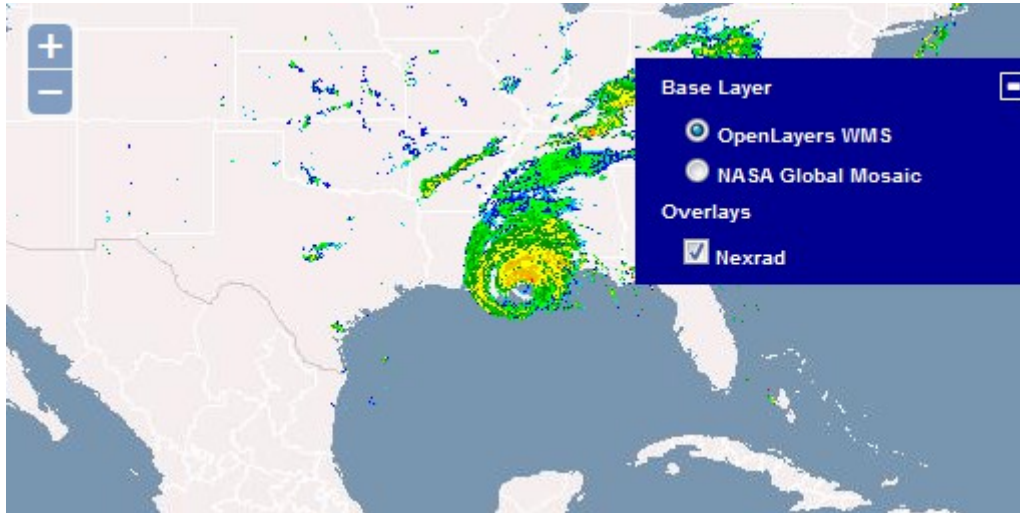
El mapa inicial es compon de cartografia OpenStreetMap més l'oratge actual d'OpenWeatherMap i està centrat a la Península Ibèrica.



Il·lustració 33. Pantalla inicial.

Com ja s'havia vist prèviament, el mapa s'implementa amb tecnologia OpenLayers. Si comparem este mapa amb un extret dels exemples oficials d'OpenLayers, podem veure una diferència principal. Mentre que a OpenLayers apareix una caixa per a poder seleccionar les capes del mapa, a Meteocat no es veu cap. En quant al control per a canviar el zoom s'ha canviat el seu disseny estètic amb CSS.



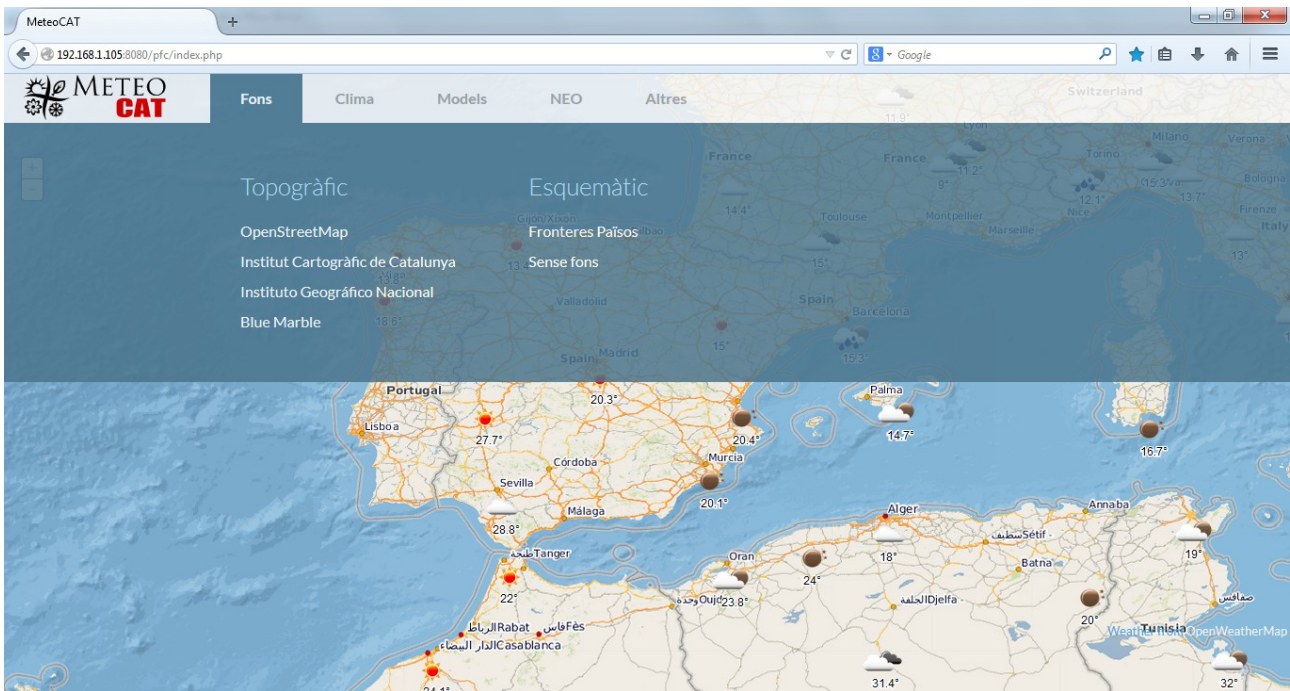


Il·lustració 34. Mapa OpenLayers amb capes.

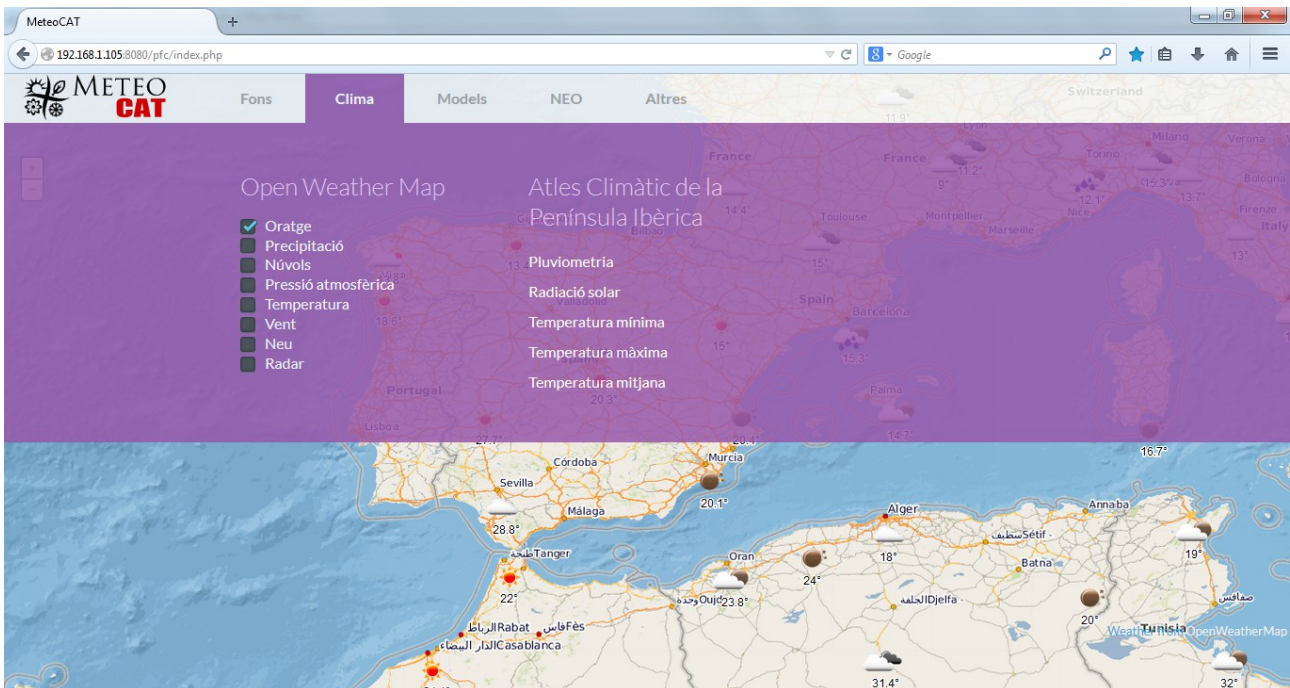
Lo primer que es pot veure és que el disseny de la caixa de capes no és molt estètic. A més a més, MeteoCAT té una gran quantitat de capes seleccionables, que difícilment hi cabrien a la caixa. S'ha optat per ocultar la caixa d'OpenLayers i fer la selecció de capes directament a la interfície de MeteoCAT. S'ha afegit un menú superior amb diverses opcions, amb un color diferent associat a cada opció:

- **Fons**, mostra les capes cartogràfiques que serveixen com a fons del mapa.
- **Clima**, mostra les capes relacionades amb dades climàtiques. La informació s'ha estret de OpenWeatherMaps i de l'«Atlas Climàtic de la Península Ibèrica».
- **Models**, capes de models climàtics de WorldClim. Apareixen models presents (mitjana dels anys 1950 a 2000), i futurs (models per a 2050 i 2070).
- **NEO**, mostra una selecció de capes de la gran quantitat existent a «NASA Earth Observations».
- **Altres**, mostra més dades no aplicables a les altres categories (rius d'Espanya, carreteres, etc.)

Es mostra a continuació el menú per a les dos primeres opcions.

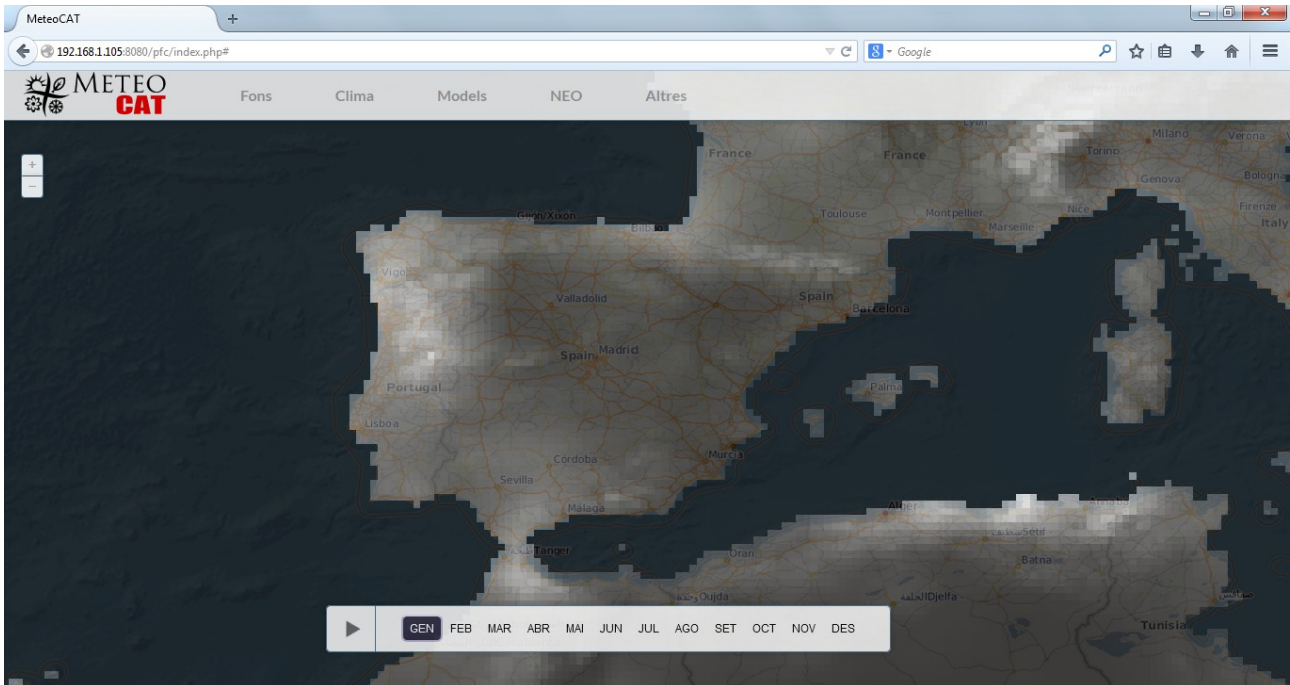


Il·lustració 35. Menú «Fons».



Il·lustració 36. Menú «Clima».

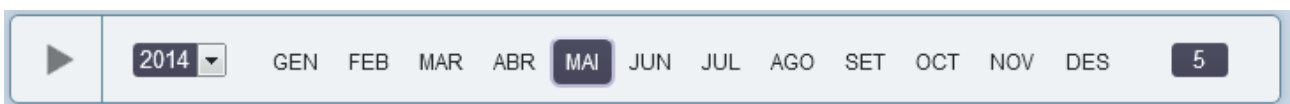
Existeix un últim panell a MeteoCAT per a modificar la data de les dades observades, en aquelles capes que ho permeten. Este panell és contextual i només apareix si les dades seleccionades permeten ser visualitzades en diferents dates. Es pot observar a la part inferior del mapa.



Il·lustració 37. Selecció de data per mes.

Es poden veure dos parts diferenciades. Per una banda la selecció de la data. En este cas només es pot seleccionar el mes, ja que son dades de mitjanes mensuals de temperatures i per tant no apareix ni l'any ni el dia. Per altra banda un botó de «Play» per a començar a mostrar tots els mesos automàticament un darrere de l'altre.

En capes amb dades diàries, el control mostra camps addicionals per a canviar l'any i el dia, a més a més del mes. Estes capes són principalment les de NEO.



Il·lustració 38. Selecció de data per dia

## 6. Implementació del visor web

La part del visor web del projecte s'ha implementat totalment amb tecnologies web. S'han utilitzat els llenguatges HTML, JavaScript i CSS.

Com s'ha vist al disseny, tot el visor s'executa des d'una única pantalla. S'ha creat un únic fitxer «index.html» com a base d'esta pantalla. Este fitxer carrega des d'altres fitxers els diferents estils CSS i el codi JavaScript necessari per a executar diferents funcions.

A l'arrel del visor es troba el ja nombrat fitxer «index.html» i les següents carpetes:

- **css**, amb tots els fitxers d'estil que modifiquen l'aspecte visual del visor.
- **img**, amb les imatges utilitzades en format PNG.
- **js**, amb els fitxers JavaScript que implementen les funcionalitats del visor.
- **libs**, amb les biblioteques externes utilitzades.
- **mapfiles**, amb els fitxers mapfiles per a configurar MapServer.
- **tmp**, carpeta per a fitxers temporals de MapServer.

### 6.1 index.html

El fitxer index.html és l'únic fitxer accessible des d'el navegador web. S'encarrega de carregar tots els fitxers CSS i JavaScript, no només del nostre sistema si no també externs (jquery, OpenWeatherMaps API). Després crea totes les opcions que es poden veure al menú superior per a seleccionar les capes, implementant-les com una llista HTML. Els arxius CSS s'encarregaran de donar-li format de menú.

Per últim crea la caixa on es mostra el reproductor dinàmic de capes, variant la data de les capes. Inicialment este reproductor no està visible.

### 6.2 CSS

La carpeta CSS inclou els següents fitxers:

- **checkbox.css**, fitxer que modifica l'estil dels checkbox que apareixen al menú superior. Estos checkbox van davant d'algunes capes i permeten marcar-les com a visibles o no visibles, depenent de l'estat del checkbox.

- **default.css**, inclou els estils més generals, com les fonts, l'estil del cos de la pàgina (<body>), etc. També inclou l'estil de l'element que conté el menú, però no del menú mateix. S'utilitza codi de Nicolas Gallagher (<http://nicolasgallagher.com/micro-clearfix-hack>). Este codi s'utilitza per a implementar el hack «clearfix» per a resoldre problemes amb finestres flotants.
- **menu.css**, defineix els estils del menú superior del visor. Defineix un color per a cada opció de menú. Basat en codi de Mary Lou (<http://tympanus.net/codrops/2013/03/05/horizontal-drop-down-menu/>).
- **monthpicker.css**, amb els estils dels botons que permeten indicar el mes a visualitzar. Està basat en codi de Thibaut Courouble (<http://www.cssflow.com>) amb llicència MIT.
- **openlayers.css**, fitxer on es modifica el disseny estàndard d'OpenLayers.
- **player.css**, defineix l'estil del panell que permet modificar la data de la capa visible i mostrar una animació amb dates consecutives.

## 6.3 JavaScript

La carpeta «js» inclou els fitxers JavaScript amb la funcionalitat del visor.

- **cbpHorizontalMenu.min.js**, implementa el menú superior desplegable. Com s'ha indicat al apartat CSS, està basat en el treball de Mary Lou (<http://tympanus.net/codrops/2013/03/05/horizontal-drop-down-menu/>).
- **map.js**, fitxer on es crea el mapa amb crides a la llibreria OpenLayers. Crea el mapa i carrega totes les capes necessàries. Es podria dir que es el fitxer de configuració de la instància d'OpenLayers.
- **player.js**, implementa el canvi de data i el reproductor automàtic que va canviant les dates.

### 6.3.1 map.js

map.js crea el mapa amb la llibreria OpenLayers. Per a aconseguir-lo executa:

```
var map = new OpenLayers.Map({
  div: "map",
  controls: [
    new OpenLayers.Control.Navigation({
      dragPanOptions: {
        enableKinetic: true
      }
    }),
    new OpenLayers.Control.Attribution(),
    new OpenLayers.Control.Zoom({
      zoomInId: "customZoomIn",
```

```

        zoomOutId: "customZoomOut"
    })
  ],
  center: [0, 0]
});

```

Crea un mapa amb nom «map». Habilita la possibilitat de moure el mapa arrossegant el ratolí amb «enableKinetic» i marca el control de zoom com personalitzat (canviem com es veu).

Una vegada creat el mapa, es creen les capes i es carreguen. Depenent de la capa es carrega de una manera o altra. Es mostra a continuació un exemple de carrega per a cada tipus de capa.

Per a carregar una capa en blanc, sense cap dada es fa servir la comanda:

```

var null_layer = new OpenLayers.Layer("En blanc", {isBaseLayer: false,
visibility: false});

```

El nom de la capa és «En blanc». Esta capa es crea per a permetre a l'usuari veure les dades meteorològiques sense cap capa de fons per baix.

La resta de capes de fons es carreguen a través del servidor local, fent WMS en cascada. La capa que inicialment apareix al obrir la web és la de OpenStreetMaps:

```

var osm_online = new OpenLayers.Layer.MapServer(
  "Open Street Map On Line",
  "http://192.168.1.105:8080/cgi-bin/mapserv.exe",
  {map: 'C:/ms4w/apps/pfc/mapfiles/osm_online.map',
  mode: 'map',
  layers: 'OSM'},
  {isBaseLayer: true}  );

```

Mentres que la resta de capes de fons es carreguen de la següent forma:

```

var icc = new OpenLayers.Layer.MapServer(
  "ICC",
  "http://192.168.1.105:8080/cgi-bin/mapserv.exe",
  {map: 'C:/ms4w/apps/pfc/mapfiles/icc.map',
  mode: 'map',
  layers: 'ICC'},
  {isBaseLayer: false, visibility: false}  );

```

Es pot veure que la funció utilitzada és específica per a carregar capes de servidors MapServer i rep com a paràmetres:

- El nom de la capa («Open Street Map On Line», «ICC»).
- L'adreça de localització del servidor MapServer («<http://192.168.1.105:8080/cgi-bin/mapserv.exe>»).

- El fitxer mapfile a carregar (« [C:/ms4w/apps/pfc/mapfiles/osm\\_online.map](C:/ms4w/apps/pfc/mapfiles/osm_online.map)» o «<C:/ms4w/apps/pfc/mapfiles/icc.map>»).
- El mode («map»).
- La capa (layer) a carregar de les disponibles dintre del fitxer mapfile i que ofereix el servidor WMS («OSM» o «ICC»).
- Paràmetres indicant si és la capa base seleccionada i la visibilitat de la capa. La capa OpenStreetMaps indica que és la capa base («isBaseLayer: true»), mentres que la resta indica lo contrari i que no és visible («isBaseLayer: false, visibility: false»).

Les capes de dades poden carregar-se de diferents llocs. Moltes d'elles es carreguen exactament igual que la capa «ICC» anterior. L'única diferència és que s'afegeix un nou paràmetre indicant l'opacitat de la capa. Així es podrà veure més d'una capa al mateix temps, incloent-hi la capa base.

Altres es carreguen atacant directament al servidor WMS remot, per motius de configuració dels servidors que impedeix fer WMS en cascada, impossibilitant fer servir el servidor local com a proxy.

```
var miramon_pluvio_1 = new OpenLayers.Layer.WMS(
  "Miramon Pluvio 1",
  "http://www.opengis.uab.es/cgi-bin/iberia/MiraMon.cgi?VERSION
%3D1.3.0&styles=Pluvio",
  {layers:'clima_gener_i_iberia'},
  {isBaseLayer: false, visibility: false, opacity: 0.8}  );
```

Es pot veure que el sistema de càrrega és igual als anteriors al tractar-se d'un servidor WMS, però l'adreça a canviat i anem a una externa «<http://www.opengis.uab.es/cgi-bin/iberia/MiraMon.cgi?VERSION%3D1.3.0&styles=Pluvio>». També s'observa el paràmetre «opacity: 0.8» per a indicar l'opacitat de la capa.

L'última forma que s'ha fet servir és específica per a una única capa. És la capa amb les dades meteorològiques que es carrega per defecte al obrir el visor, d'OpenWeatherMaps. Esta capa no és oferida amb un servidor WMS i s'ha de fer servir una API específica per a OpenLayers subministrada pel desenvolupador. Per a incloure l'API, al fitxer «index.html» s'afegeix:

```
<script src="http://openweathermap.org/js/OWM.OpenLayers.1.3.6.js" ></script>
```

I a maps.js es carrega la capa amb el següent comandament:

```
var owm8 = new OpenLayers.Layer.Vector.OWMWeather("OWM Oratge");
```

Es pot observar que es criada a l'API específica «OWMWeather».

Una vegada carregades totes les capes, s'han d'afegir al mapa. Per a aconseguir-lo s'utilitza el comandament «addLayer», que es pot executar més d'una vegada per anar sumant capes. En el cas de les capes de fons s'executa:

```
map.addLayers([null_layer, osm_online, icc, ign, bluemarble, countries]);
```

«addLayers» admeteix com a paràmetre la llista de capes a afegir.

Per a concloure amb el fitxer map.js, al final s'indica la zona del mapa que serà visible per defecte, centrat-se en este cas a la Península Ibèrica:

```
map.zoomToExtent(new OpenLayers.Bounds(-9.2879086, 36.011737, 4.3017212, 43.7393071));
```

### 6.3.2 player.js

El fitxer player.js implementa diverses funcions per a canviar la data associada a una capa i executar el canvi automàticament:

- **showStaticLayer(check, name)** mostra una capa estàtica, és a dir, una capa en que no pot modificar-se la data d'observació. Rep com a paràmetres el control checkbox que indica l'estat de la capa (visible o no) i el nom de la capa a visualitzar.
- **setBaseLayer(name)** canvia la capa base del mapa. Té un únic paràmetre amb el nom de la capa.
- **resetBaseLayer()** torna a visualitzar la capa base seleccionada prèviament. Es una funció que es fa servir com a suport a altres funcions, però no s'executa com una interacció de l'usuari amb la web.
- **setMonthLayer(index, layer)** mostra una capa dinàmica, és a dir, una capa en que pot modificar-se la data d'observació. S'utilitza per a capes amb informació promitja de mesos, però no amb dates exactes amb un dia concret. Rep com a paràmetres l'índex del mes seleccionat i el nom de la capa a visualitzar.
- **changeMonth(index)** canvia el mes seleccionat. El paràmetre indica el mes (1-12).
- **setDateLayer(year, month, day, layer)** mostra una capa dinàmica, és a dir, una capa en que pot modificar-se la data d'observació. S'utilitza per a capes amb informació de dates exactes amb un dia concret. Rep com a paràmetres la data i el nom de la capa a visualitzar.
- **changeDate(year, month, day)** canvia la data seleccionada.
- **playerMonthTimer()** i **playerDateTimer()**, s'activen cada vegada que el temporitzador salta. Canvia la capa a la següent. S'utilitza una o l'altra depenent del tipus de capa (dades mensuals o diaries).
- **toggleMonthPlayer(el)** i **toggleDatePlayer(el)**, activa el temporitzador cada 5 segons o el desactiva. S'utilitza una o l'altra depenent del tipus de capa (dades mensuals o diaries).



## 6.4 Libs

La carpeta «libs» inclou els fitxers de les biblioteques de tercers utilitzades al projecte. Només s'ha utilitzat la biblioteca OpenLayers.

## 6.5 Mapfiles

MapServer es configura amb una serie de fitxers «mapfiles», que determinen quines capes subministra el servidor WMS cap a l'exterior i d'on s'han d'obtindre les dades a mostrar. S'estudia a continuació el fitxer per a la capa ICC amb la cartografia de l'«Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya».

Inicialment es defineixen paràmetres globals de la capa:

```
MAP
  EXTENT 0.145235 40.480361 3.42793 42.918941
  IMAGETYPE "png"
  NAME "icgc"
  SIZE 600 600
  STATUS ON
  UNITS DD
```

Es crea el mapa, amb EXTEND s'indica la zona del globus terraqui que cobreix (Catalunya en graus) i el format gràfic que s'utilitzarà (PNG). També el nom del mapa «icgc». S'indica també la mida del mapa en píxels, si està actiu (STATUS ON) i les unitats del mapa (DD – decimal degrees o graus decimals).

A continuació s'especifica el format de eixida de les dades.

```
OUTPUTFORMAT
  NAME "png"
  MIMETYPE "image/png"
  DRIVER "AGG/PNG"
  EXTENSION "png"
  IMAGEMODE RGBA
  TRANSPARENT TRUE
  END # OUTPUTFORMAT
```

Es veu que el format és PNG amb canal alfa (RGBA) i transparències habilitades.

Es passa a definir la projecció cartogràfica utilitzada per a l'eixida de dades. Si les capes no redefeixen la projecció, s'agafarà esta per defecte:

```
PROJECTION
  "proj=longlat"
  "datum=WGS84"
  "no_defs"
END # PROJECTION
```

S'ha seleccionat «WGS84» per ser una de les més utilitzades en servidors WMS.

Seguidament s'indica la configuració de l'eixida cap a la web.

```
WEB
  IMAGEPATH "C:/ms4w/apps/pfc/tmp/"
  TEMPPATH "C:/ms4w/apps/pfc/tmp/"
  IMAGEURL "/pfc/tmp/"
  METADATA
    "ows_onlineresource" "http://192.168.1.105:8080/cgi-bin/mapserv?
map=C:/ms4w/apps/pfc/mapfiles/icc.map"
    "ows_enable_request" "*"
    "ows_srs" "EPSG:4326"
    "ows_title" "icc"
  END # METADATA
  TEMPLATE ""
END # WEB
```

S'indiquen algunes carpetes del sistema per a trobar els fitxers temporals, amb imatges, etc. Després es mostra l'adreça web on és accessible el servei, el nom («icc») i la projecció. La projecció indicada (EPSG:4326) és equivalent a «WGS84» amb una nomenclatura diferent.

Totes les parts vistes fins ara són genèriques, però un mateix mapfile pot contindre múltiples capes. En este moment es passaria a definir cada una d'elles. S'agafa novament com a referència la capa de l'ICGC.

```
LAYER
  CONNECTION "http://www.opengis.uab.es/cgi-bin/ICC/MiraMon.cgi?VERSION
%3D1.3.0"
  CONNECTIONTYPE WMS
```

```

EXTENT 0.145235 40.480361 3.42793 42.918941
METADATA
  "ows_name" "Topo250k_Versio5_ICC-catalunya"
  "ows_srs" "EPSG:4326"
  "wms_format" "image/png"
  "ows_title" "Topogràfic versió 5. Escala 1:250000 (ICC)"
  "wms_server_version" "1.1.1"
END # METADATA
NAME "ICC"
PROJECTION
  "proj=longlat"
  "datum=WGS84"
  "no_defs"
END # PROJECTION
STATUS ON
TILEITEM "location"
TYPE RASTER
UNITS METERS
END # LAYER

```

Esta capa fa WMS en cascada i accedeix a un servidor WMS extern. L'adreça del servidor extern s'indica al paràmetre CONNECTION. També s'indica que el servei remot es WMS i la zona de la Terra que ofereix en graus. A continuació, a la secció METADATA, s'informa del mapa, la capa, la projecció, el tipus d'imatge i de servei de la petició al servidor WMS remot.

Després s'indica el nom de la capa «ICC», la projecció de la capa, l'estat i el tipus de capa (vector o ràster). En este cas és de tipus RASTER.

Finalment es tanca la definició del mapa:

```
END # MAP
```

Si la capa no connecta a un servidor WMS remot, si no que utilitza dades locals, la capa quedaria (es mostra una capa WorldClim com exemple):

```

LAYER
  DATA "C:/ms4w/data/worldclim/present/prec_10m_bil/prec1.bil"
  EXTENT -180 -60.0000000000003 180.000000000001 90
  METADATA
    "ows_title" "prec1"

```

```
END # METADATA
NAME "prec1"
PROJECTION
  "proj=longlat"
  "datum=WGS84"
  "no_defs"
END # PROJECTION
STATUS ON
TILEITEM "location"
TYPE RASTER
UNITS METERS
END # LAYER
```

Es pot apreciar que ja no tenim paràmetres de connexió, si no el paràmetre DATA amb la ruta a la carpeta amb els fitxers amb la informació de la capa. La secció METADATA també està simplificada, indicant només el nom de la capa. La resta queda igual.

## Conclusions

Els objectius que es proposaven inicialment per al projecte s'han aconseguit realitzar. L'alumne s'ha hagut d'introduir al món dels SIG i estudiar lo que són i per a què problemàtiques és apropiat utilitzar-los. Quan es comença un projecte a un camp desconegut, com era el cas, sempre és complicat per la gran quantitat de coneixements nous que s'han d'aprendre. El projecte ha servit per a demostrar que, al món actual, difícilment es pot realitzar un projecte complexe per una sola persona i que tot projecte necessita heterogeneïtat en el grup de persones que hauran de realitzar-lo. En aquest cas, el visor web està damunt d'espatlles de gegants, com diria sir Isaac Newton. Sense la labor de grans projectes com MapServer i OpenLayers, i els esforços per obtindre dades cartogràfiques i meteorològiques de gran qualitat per diverses institucions i individus, hauria sigut impossible realitzar-lo.

En quant al projecte específicament, inicialment s'ha fet un estudi tant de lo que és un SIG de forma genèrica, com de les diverses tecnologies que permeten crear un visor web. Què cal instal·lar al servidor que oferirà les dades i quins llenguatges de programació i biblioteques s'han d'utilitzar.

També s'ha assolit un grau de coneixement en la cerca de dades tant cartogràfiques com meteorològiques, i s'ha pogut estudiar les diferents maneres que es té per accedir a elles.

S'ha instal·lat un servidor amb tots els requeriments de programari i s'ha configurat per a poder accedir a les fonts de dades. S'ha instal·lat un servidor web, un servidor de mapes i s'ha analitzat la forma d'emmagatzemar les dades.

En la part de programació del visor web, s'ha aconseguit realitzar totes les especificacions demanades inicialment.

Quedaria per a un desenvolupament posterior a este projecte la creació de noves funcionalitats i la possibilitat de donar als usuaris una interfície de configuració potent que permeta afegir noves fonts de dades de forma senzilla.

En quant a les problemàtiques aparegudes, principalment s'ha trobat a faltar més temps en determinats moments. Com ja s'havia analitzat quan s'han estudiat els riscos, el fet de treballar, estudiar i portar una vida dificulta la realització del projecte. L'entrega de la PAC2 es va enrederir uns pocs dies, que es van poder compensar amb dedicació, recuperant els terminis previstos per a la PAC3.

Com a conclusió final, l'alumne ha quedat molt satisfet amb el projecte, principalment per haver tingut l'oportunitat d'introduir-se en un món apassionant i amb unes grans possibilitats per a crear projectes interessants com és el món dels SIG.

## Apèndix 1. Exemple de MAPFILE

*Mapfile* que connecta el nostre servidor amb les dades locals de WorldClim i OpenStreetMap:

```
MAP
EXTENT -9.2879086 36.011737 4.3017212 43.7393071
IMAGETYPE "png"
NAME "waterways"
SHAPEPATH "C:/ms4w/data/osm/spain"
SIZE 600 600
STATUS ON
UNITS DD
```

```
OUTPUTFORMAT
NAME "png"
MIMETYPE "image/png"
DRIVER "AGG/PNG"
EXTENSION "png"
IMAGEMODE RGBA
TRANSPARENT TRUE
END # OUTPUTFORMAT
```

```
PROJECTION
"proj=longlat"
"datum=WGS84"
"no_defs"
END # PROJECTION
```

```
LEGEND
KEYSIZE 20 10
KEYSPACING 5 5
LABEL
SIZE MEDIUM
OFFSET 0 0
SHADOWSIZE 1 1
TYPE BITMAP
END # LABEL
STATUS OFF
END # LEGEND
```

```
QUERYMAP
SIZE -1 -1
STATUS OFF
STYLE HILITE
END # QUERYMAP
```

```
SCALEBAR
INTERVALS 4
LABEL
SIZE MEDIUM
OFFSET 0 0
SHADOWSIZE 1 1
TYPE BITMAP
END # LABEL
SIZE 200 3
STATUS OFF
UNITS METERS
END # SCALEBAR
```

```

WEB
FOOTER ""
HEADER ""
IMAGEPATH "C:/ms4w/apps/pfc/tmp/"
TEMPPATH "C:/ms4w/apps/pfc/tmp/"
IMAGEURL "/pfc/tmp/"
METADATA
  "ows_onlineresource" "http://localhost:8080/cgi-bin/mapserv?map=C:/ms4w/apps/pfc/osm/both.map"
  "ows_enable_request" "*"
  "ows_srs" "EPSG:4326"
  "ows_title" "both"
END # METADATA
TEMPLATE ""
END # WEB

```

```

LAYER
DATA "C:/ms4w/data/worldclim/prec_10m_bil/prec12.bil"
EXTENT -180 -60.0000000000003 180.000000000001 90
METADATA
  "ows_title" "prec12"
END # METADATA
NAME "prec12"
PROJECTION
  "proj=longlat"
  "datum=WGS84"
  "no_defs"
END # PROJECTION
STATUS ON
TILEITEM "location"
TYPE RASTER
UNITS METERS
END # LAYER

```

```

LAYER
DATA "C:/ms4w/data/osm/spain/waterways.shp"
EXTENT -9.2879086 36.011737 4.3017212 43.7393071
METADATA
  "ows_title" "waterways"
END # METADATA
NAME "waterways"
PROJECTION
  "proj=longlat"
  "datum=WGS84"
  "no_defs"
END # PROJECTION
STATUS ON
TILEITEM "location"
TYPE LINE
UNITS METERS
CLASS
  NAME "Single symbol"
  STYLE
    COLOR 63 115 136
    WIDTH 0.26
  END # STYLE
END # CLASS
END # LAYER
END # MAP

```

## **Bibliografia**

### ***Publicacions***

**Botella, A.; Muñoz, A.; Olivella, R.; et Al.** (2011). “Introducción a los sistemas de información geográfica y geotelemática”, Universitat Oberta de Catalunya.

**Rodríguez, JR. i Lamarca, I.** (2007) “Metodologia i gestió de projectes informàtics”, Universitat Oberta de Catalunya.

**Josep Cuenca, Ma.; Jesús Marco, Ma. i Nicolau, F.** (2006) “Competència comunicativa per a professionals de la informàtica”, Universitat Oberta de Catalunya.

## ***Enllaços***

### **Informació**

A Gentle Introduction to GIS

[http://www.qgis.org/en/docs/gentle\\_gis\\_introduction/index.html](http://www.qgis.org/en/docs/gentle_gis_introduction/index.html)

Viquipèdia

<http://ca.wikipedia.org/wiki/Portada>

ESRI

<http://www.esri.com/>

### **Programari**

PostGIS

<http://postgis.net/>

Spatialite

<http://www.gaia-gis.it/gaia-sins/>

MapServer

<http://mapserver.org/>

GeoServer

<http://geoserver.org/display/GEOS/Welcome>

Apache

<http://www.apache.org/>



TileCache

<http://tilecache.org/>

MapProxy

<http://mapproxy.org/>

GeoWebCacheh

<http://geowebcache.org/>

OpenLayers

<http://openlayers.org/>

Leaflet

<http://leafletjs.com/>

jQuery

<http://jquery.com/>

Dojo

<http://dojotoolkit.org/>

Ext JS

<http://www.sencha.com/products/extjs/>

D3.js

<http://d3js.org/>

GeoExth

<http://geoext.org/>

QGIS

<http://www.qgis.org/en/site/>

MapServer for Windows

<http://www.maptools.org/ms4w/index.phtml>

## **Cartografia**

OpenStreetMap

<http://www.openstreetmap.es/>

Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya

<http://www.icc.es/>

Instituto Geográfico Nacional

<http://www.ign.es/>

Google Maps  
<https://maps.google.es>

Servei Meteorològic de Catalunya  
<http://www.meteo.cat/>

Agencia Estatal de Meteorología  
<http://www.aemet.es/>

## **Dades meteorològiques**

Open Weather Map  
<http://openweathermap.org/>

WorldClim  
<http://www.worldclim.org/>

Open Meteo Forecast  
[https://openmeteoforecast.org/wiki/Main\\_Page](https://openmeteoforecast.org/wiki/Main_Page)

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente  
<http://www.magrama.gob.es>

Universitat Autònoma de Barcelona  
<http://www.uab.es/>

European Climate Assessment & Dataset project  
<http://eca.knmi.nl/>

National Weather Service  
<http://www.weather.gov/>

WXTiles  
<http://www.wxtiles.com/>

NASA Earth Observations  
<http://neo.sci.gsfc.nasa.gov/>

## **Codi utilitzat**

Nicolas Gallagher clearfix  
<http://nicolasgallagher.com/micro-clearfix-hack>

Mary Lou menú  
<http://tympanus.net/codrops/2013/03/05/horizontal-drop-down-menu/>

Thibaut Courouble  
<http://www.cssflow.com>

OpenLayers  
<http://openlayers.org/>

jQuery  
<http://jquery.com/>

Open Weather Map API  
<http://openweathermap.org/>