



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Arquitecturas de interoperabilidad para Sistemas de Mando y Control aplicado a gestión de emergencias

Departamento de Comunicaciones
Universitat Politecnica de Valencia

Tesis presentada para la obtencion del grado de
Doctor por la Universitat Politècnica de València

Valencia, Octubre 2017

Autor:
Francisco José Pérez Carrasco

Director:
Dr. Manuel Esteve Domingo

A mis padres, a mi hermano y a María José.

Resumen

Esta tesis se ha desarrollado dentro del marco de la interoperabilidad en la gestión de emergencias, a partir de la colaboración en los proyectos de investigación SECTOR y DESTRIERO, financiados por la comisión Europea dentro del programa FP7, llevándose a cabo en el grupo de investigación Sistemas y Aplicaciones de Tiempo Real Distribuido (SATRD) del Departamento de Comunicaciones de la UPV.

Debido al creciente número de catástrofes que se producen a lo largo del planeta y la gran cantidad de pérdidas tanto humanas como económicas que generan, en la actualidad, es imprescindible disponer de una gestión de emergencias lo más efectiva y coordinada posible. Esto se consigue a través de la colaboración de diferentes agencias especializadas en realizar tareas concretas. El problema surge cuando se trata de coordinar a los equipos involucrados, ya que, cada agencia dispone de procedimientos, sistemas y estrategias diferentes. Agravándose más si cabe cuando el incidente se produce cerca de fronteras entre varios países.

Por lo tanto, la interoperabilidad es algo esencial en la gestión colaborativa de una emergencia. En esta tesis se ha especificado una arquitectura de interoperabilidad genérica para poder utilizarse en diferentes entornos. La arquitectura se ha diseñado para permitir a los sistemas actuales, compartir información a través de la plataforma propuesta. Para conseguirlo, es necesaria la utilización de una serie de adaptadores, encargados de transformar los datos procedentes de los sistemas a un modelo de información común.

Tras el diseño, se ha llevado a cabo el despliegue de la arquitectura en dos contextos diferentes. El primero de ellos, es el proyecto SECTOR, que tiene como objetivo mejorar los procesos de gestión de emergencias por medio del intercambio de información y recursos entre las distintas herramientas que disponen las agencias involucradas en una emergencia. El segundo, el proyecto DESTRIERO, pretende unificar los servicios de una serie de herramientas ya desarrolladas e independientes en un interfaz común, y además, proporcionar un

RESUMEN

espacio de información compartido para optimizar los procesos de recuperación y reconstrucción después de una catástrofe.

Para concluir, los proyectos se validaron por medio de dos escenarios de pruebas simulados. Una inundación en SECTOR y un terremoto en DESTRIERO. Además, durante las demostraciones, los asistentes pudieron observar las mejoras obtenidas con la utilización de las arquitecturas desarrolladas, y valoraron de forma muy positiva los resultados obtenidos.

Resum

Aquesta tesi s'ha desenvolupat dins el marc de la interoperabilitat a la gestió d'emergències, a partir de la col·laboració als projectes d'investigació SECTOR i DESTRIERO, finançats per la comissió europea dins el programa FP7, portant-se a terme al grup d'investigació Sistemes i Aplicacions de Temps Real Distribuït (SATRD) del Departament de Comunicacions de la UPV.

A causa del creixent nombre de catàstrofes que es produeixen al llarg del planeta i a la gran quantitat de pèrdues tant humanes com econòmiques que generen, en l'actualitat, es imprescindible disposar d'una gestió d'emergències tan efectiva i coordinada com siga possible. Açò s'aconsegueix mitjançant la col·laboració de diferents agències especialitzades a realitzar tasques concretes. El problema sorgeix quan es tracta de coordinar els equips involucrats, ja que cada agència disposa de procediments, sistemes i estratègies diferents; agreujant-se, si més no, quan l'incident es produeix a prop de fronteres entre diversos països.

Per la qual cosa, la interoperabilitat és un ens essencial per la gestió col·laborativa d'una emergència. En aquesta tesi s'ha especificat una arquitectura d'interoperabilitat genèrica per poder utilitzar-se en diferents entorns, la qual ha estat dissenyada per permetre els actuals sistemes compartir informació gràcies a la plataforma proposada. Per aconseguir-ho, és necessària la utilització d'una sèrie d'adaptadors, encarregats de transformar les dades procedents dels sistemes a un model d'informació comuna.

Després del disseny, s'ha dut a terme el desplegament de l'arquitectura en dos contextos diferents. El primer d'ells, és el projecte SECTOR, que té com objectiu millorar els processos de gestió d'emergències mitjançant l'intercanvi d'informació i recursos entre les diferents ferramentes de què disposen les agències involucrades en una emergència. El segon, el projecte DESTRIERO, pretén unificar els serveis d'una sèrie de ferramentes ja desenvolupades a una interfície comuna i, a més, proporcionar un espai d'informació compartit per optimitzar els processos de recuperació i reconstrucció d'una catàstrofe.

RESUM

Per concloure, els projectes es validaren mitjançant dos escenaris de proves simulats. Una inundació en SECTOR i un terratrèmol en DESTRIERO. A més, durant les demostracions, els assistents van poder observar les millores obtingudes amb la utilització de les arquitectures desenvolupades i valorar, de manera molt positiva, els resultats obtinguts.

Abstract

This thesis has been developed within the framework of interoperability in the management of emergencies, from the collaboration in the research projects on SECTOR and DESTRIERO, funded by the European Commission of the FP7 program, being carried out in the research group Distributed Real Time Systems and Applications (SATRD) from the Department of Communications of the UPV.

Due to the increasing number of catastrophes occurring throughout the planet and the large number of both human and economic losses generated, currently, it is essential to have an emergency management as effective and coordinated as possible. This is reached through the collaboration of different agencies specialized in performing specific tasks. The problem arises when it comes to coordinating the teams involved, as each agency has different procedures, systems and strategies. It worsens when the incident occurs near borders between several countries.

Therefore, interoperability is essential in the collaborative management of an emergency. This thesis has specified a generic interoperability architecture for using it in different environments. The architecture is designed to allow current systems to share information through the proposed platform. To achieve this, it is necessary to use a series of adapters, responsible of transforming data from the systems to a common information model.

After the design, the deployment of the architecture has been carried out in two different contexts. The first of these is the SECTOR project, which aims to improve emergency management processes through the exchange of information and resources between the different tools available to the agencies involved in an emergency. The second one, the DESTRIERO project, aims to unite the services of a series of already developed and independent tools in a common interface, and to provide a shared information space to optimize the processes of recovery and reconstruction after a catastrophe.

In conclusion, the projects were validated using two simulated test scenarios. A flood in SECTOR and an earthquake in DESTRIERO. In addition, during

ABSTRACT

the demonstrations, the attendees could observe the improvements obtained with the use of the architectures developed and they evaluated the results gained very positively.

Agradecimientos

Me gustaría agradecer en estas líneas a todas las personas que han hecho posible el desarrollo de esta Tesis.

Primero a mi director Manuel Esteve por confiar en mí y permitirme gestionar los dos proyectos de investigación sin los que habría sido imposible conseguir los resultados obtenidos.

A mis compañeros del SATRD, por hacer más ameno el día a día en el laboratorio.

To my colleagues in SECTOR and DESTRIERO, in special to Mario Fiorentino and Marcello Cinque because with all the problems encountered along the way finally we success.

A mi familia, que siempre me ha apoyado en todas las decisiones importantes.

Y a María José, con mucho cariño por todo el amor y paciencia que ha tenido mientras me he dedicado a la Tesis.

Muchas gracias a todos.

Francisco José Pérez Carrasco
Valencia, Octubre 2017

AGRADECIMIENTOS

Índice

Índice de figuras	XIII
Índice de tablas	XVII
Acrónimos	XIX
1. Introducción	1
1.1. Introducción	1
1.2. Motivación de la Tesis	3
1.3. Objetivos de la Tesis	4
1.4. Principales aportaciones	5
1.4.1. Artículos	5
1.4.2. Congresos	5
1.4.3. Participación en proyectos de investigación	6
1.4.4. Software	6
1.4.5. Organización de la memoria	6
2. Estado del arte	9
2.1. Introducción	9
2.2. Gestión de emergencias	10
2.3. Interoperabilidad	12
2.3.1. Comunicación	12
2.3.2. Modelos de datos	14
2.3.3. Bases de datos	21
2.4. Sistemas de información y aplicaciones	29
3. Especificación de arquitectura	39
3.1. Introducción	39
3.2. Visión general de la arquitectura	40
3.2.1. Nodo de comunicaciones	41

ÍNDICE

3.2.2. Adaptadores de interoperabilidad	42
3.2.3. Subred de comunicaciones	43
3.3. Modelos de datos	46
3.3.1. Comparativa	46
3.3.2. Conclusión	49
3.4. Topologías colaborativas	50
3.4.1. Arquitectura centralizada	50
3.4.2. Arquitectura distribuida	51
4. Caso 1: SECTOR	53
4.1. Introducción	53
4.2. Objetivos de SECTOR	55
4.3. Arquitectura de SECTOR	55
4.3.1. Fase de diseño	55
4.3.2. Descripción de la arquitectura	58
4.3.3. Model Services	60
4.3.4. Treatment Services	61
4.3.5. Kernel Services	62
4.3.6. Transversal Services	64
4.3.7. Modelo de datos (NIEM)	65
4.3.8. Adaptadores	67
4.3.9. HMI	71
4.4. Logros de SECTOR	79
5. Caso 2: DESTRIERO	81
5.1. Introducción	81
5.2. Objetivos de DESTRIERO	82
5.3. Arquitectura de DESTRIERO	84
5.3.1. Fase de diseño	84
5.3.2. Descripción de la arquitectura	86
5.3.3. <i>Core Layer Services</i>	87
5.3.4. <i>Methodology Layer Services</i>	94
5.3.5. Modelo de datos (JC3IEDM)	97
5.3.6. Adaptadores	99
5.3.7. HMI	102
5.4. Logros de DESTRIERO	113
6. Evaluación	115
6.1. SECTOR	115
6.1.1. Escenario de pruebas	115
6.1.2. Gestión de la crisis	117

6.1.3.	Demostración final	120
6.1.4.	Cuestionarios de usuarios finales	121
6.2.	DESTRIERO	123
6.2.1.	Escenario de pruebas	123
6.2.2.	Plan de reconstrucción	125
6.2.3.	Demostración final	130
6.2.4.	Cuestionarios de usuarios finales	130
7.	Conclusiones y líneas de trabajo futuras	133
7.1.	Conclusiones finales	133
7.1.1.	Conclusiones generales	133
7.1.2.	SECTOR	135
7.1.3.	DESTRIERO	137
7.2.	Líneas futuras de investigación	138
	Referencias	141

ÍNDICE

Índice de figuras

1.1. Pérdidas mundiales por catástrofes naturales, 1980-2016	1
2.1. Las cuatro fases en la gestión de emergencias.	11
2.2. MEP según el sincronismo	14
3.1. Arquitectura de interoperabilidad.	40
3.2. Nodo de comunicaciones.	41
3.3. Adaptador de interoperabilidad.	43
3.4. Flujo de datos por Publish-suscribe.	44
3.5. Flujo de datos por Request-reply.	45
3.6. Esquema de arquitectura centralizada.	50
3.7. Esquema de arquitectura distribuida.	51
4.1. Primera visión general de SECTOR.	56
4.2. Modelo simplificado de la plataforma SECTOR.	57
4.3. Modelo de arquitectura SECTOR.	58
4.4. Nodo de interoperabilidad.	59
4.5. Diagrama del componente <i>Model Services</i>	60
4.6. Diagrama del componente <i>Decision Support Services</i>	61
4.7. Diagrama del componente <i>Kernel Services</i>	62
4.8. Diagrama del componente <i>Transversal Services</i>	64
4.9. Visión general del modelo NIEM.	66
4.10. Proceso de comunicación utilizando el modelo NIEM.	66
4.11. Distribución de los IBX en el CIS.	67
4.12. Esquema de alto nivel de un IBX.	68
4.13. Pantalla de login.	72
4.14. Pantalla de administración de seguridad.	72
4.15. Pantalla de configuración de servicios.	73
4.16. Acceso a capas geográficas desde herramientas externas.	74

ÍNDICE DE FIGURAS

4.17. Generación de alertas en formato CAP.	75
4.18. Alertas recibidas en herramientas externas.	76
4.19. Generación de plan de mitigación con SECPLAN.	77
4.20. Generación de plan de mitigación con SECPLAN.	78
5.1. Red DESTRIERO.	84
5.2. Diseño de arquitectura (segunda iteración).	85
5.3. Modelo de arquitectura DESTRIERO.	86
5.4. Nodo de interoperabilidad.	87
5.5. UML de los componentes de la <i>Core Layer</i>	88
5.6. UML del Interfaz <i>Data Management</i>	89
5.7. UML del Interfaz <i>Security Manager</i>	90
5.8. UML del Interfaz <i>Messaging</i>	92
5.9. UML del Interfaz <i>DVT</i>	92
5.10. Diagrama de flujo en publicación de datos.	93
5.11. Resumen de los componentes de la <i>Methodology layer</i>	94
5.12. Componente <i>UserManagement</i>	95
5.13. Componente <i>OrgManagement</i>	95
5.14. Componente <i>Communication</i>	96
5.15. Componente <i>DataProcessing</i>	96
5.16. Componente <i>EntityManagement</i>	96
5.17. Componente <i>GIS</i>	97
5.18. Componente <i>Analysis</i>	97
5.19. Modelo de datos de DESTRIERO: JC3IEDM y ADEM.	98
5.20. Definición conceptual de adaptador.	99
5.21. Esquema de alto nivel de un adaptador.	100
5.22. Diseño del <i>frontend</i> del HMI.	103
5.23. Pantalla de login.	103
5.24. Pantalla de registro.	104
5.25. Pantalla de <i>Dashboard</i>	104
5.26. Pantalla de <i>Reports Overview</i>	106
5.27. Pantalla de <i>DaLA Reporting</i>	107
5.28. Pantalla de <i>Contacts</i>	108
5.29. Pantalla de <i>Messaging</i>	109
5.30. Pantalla de <i>Plans</i>	110
5.31. Pantalla de <i>Map</i>	111
5.32. Pantalla de <i>Decision Support</i>	112
6.1. Esquema del despliegue para las pruebas en SECTOR.	116
6.2. Escenario de pruebas SECTOR.	118
6.3. Equipo SECTOR en la demostración final.	121

ÍNDICE DE FIGURAS

6.4. Esquema del despliegue para las pruebas en DESTRIERO.	123
6.5. Localización de los eventos en el efecto cascada.	125
6.6. Localización de sensores desplegados por la Protección Civil Italiana.	127
6.7. Información georeferenciada accesible en DESTRIERO.	129
6.8. Equipo DESTRIERO y personal táctico en la demostración final.	130

ÍNDICE DE FIGURAS

Índice de tablas

2.1. Motores de bases de datos más utilizados.	23
3.1. Extensión de los modelos analizados.	47
3.2. Cobertura de entidades para GE en los modelos analizados. . .	47
3.3. Adopción de los modelos analizados.	48
3.4. Capacidad de actualización de los modelos analizados.	49
6.1. Actores y herramientas utilizadas en la crisis.	117
6.2. Cuestionario respondido por el personal táctico y estratégico asistente.	122
6.3. Actores y roles en el escenario.	124
6.4. Cuestionario respondido por el personal táctico y estratégico asistente.	131

ÍNDICE DE TABLAS

Acrónimos

AC	Autoridad Certificadora
ACID	Atomicity, Consistency, Isolation and Durability
ACRIMAS	Aftermath Crisis Management System-of-systems Demonstration
ADEM	Alternate Development and Exchange Method
AFPA	Ask for Performing Action
API	Application Programming Interface
B2M	Business to Mobile
BSON	Binary JSON
C2	Command & Control
CAP	Common Alerting Protocol
CID	Confidencialidad, Integridad y Disponibilidad
CBRN	Chemical, Biological, Radiological and Nuclear
CBRNE	Chemical, Biological, Radiological, Nuclear and Explosive
COP	Common Operational Picture
CRUD	Create, Read, Update and Delete
CYFS	Children, Youth, and Family Services
DALA	Damage and Loss Assessment
DE	Distribution Element

ACRÓNIMOS

DESTRIERO	A DEcision Support Tool for Reconstruction and recovery and for the IntEroperability of international Relief units in case Of complex crises situations, including CBRN contamination risks
DISASTER	Data Interoperability Solution At STakeholders Emergency Reaction
DRIVER	Driving Innovation in Crisis Management for European Resilience
DVT	Data Validation and Transform
EDEN	End-user driven DEmo for cbrNE
EDXL	Emergency Data Exchange Language
EFAS	European Flood Awareness System
EIC	Espacio de Información Compartida
EM	Emergency Management
EMA	Emergency Management Agencies
EMERGEL	EMERGEncy ELEments
EPISECC	Establish Pan-European Information Space to Enhance Security of Citizens
EPOC	European Pool against Organised Crime
FP7	Seventh Framework Programme
GCC	Gestión Colaborativa de Crisis
GCM	Google Crisis Map
GDACS	Global Disaster Alert and Coordination System
GE	Gestión de Emergencias
GIS	Geographic Information System
GPA	Google Public Alerts
GPF	Google Person Finder

GUI	Graphical User Interface
HAVE	Hospital AVailability Exchange
HDFS	Hadoop Distributed File System
HMI	Human Machine Interface
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IBX	Interoperability Box
IEPD	Information Exchange Package Documentation
IRM	Impact Reduction Mapping
I-NAV	Integrated NAVigation Services)
JC3IEDM	Joint Consultation Command and Control Information Exchange Data Model
JSON	JavaScript Object Notation
KML	Keyhole Markup Language
LC2IEDM	Land Command and Control Information Exchange Data Model
MEP	Message Exchange Pattern
MIC	Multinational Interoperability Council
MilOps	Operaciones Militares
MIP	Multilateral Interoperability Programme
mSQL	mini SQL
NDR	Naming and Design Rules
NIEM	National Information Exchange Model
OASIS	Advancing Open Standards for the Information Society
OGC	Open Geospatial Consortium
OMS	Organización Mundial de la Salud
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte

ACRÓNIMOS

OWL	Web Ontology Language
OWM	Open Weather Map
PDNA	Post Disaster Needs Assessments
PFIF	People Finder Interchange Format
QGIS	Quantum Geographical Information System
RDBMS	Relational DataBase Management System
RECONSURVE	A Reconfigurable Surveillance System with Smart Sensors and Communication
ReDIRNET	Emergency Responder Data Interoperability Network
REST	Representational State Transfer
RM	Resource Messaging
RRP	Reconstruction and Recovery Planning
SATRD	Sistemas y Aplicaciones de Tiempo Real Distribuido
SecInCoRe	Secure Dynamic Cloud for Information, Communication and Resource Interoperability based on Pan-European Disaster Inventory
SECTOR	Secure European Common informaTion space for the interOperability of first Responders and police authorities
SI	Sistemas de Información
SIC	Sistema de Información Colaborativo
SitRep	Situation Reporting
SOAP	Simple Object Access Protocol
SOS	Sensor Observations Service
SQL	Structured Query Language
TEP	Tracking of Emergency Patients
TML	Transducer Markup Language
TRT	Thales Research and Technology

UDDI	Universal Description, Discovery and Integration
UE	Unión Europea
UML	Unified Modeling Language
UNOCHA	Oficina de Naciones Unidas para la Coordinación de Asuntos Humanitarios
VOSOC	Virtual On Site Operations Coordination Center
WCS	Web Coverage Service
WFS	Web Feature Service
WMS	Web Map Service
WS	Servicios Web
WSDL	Web Services Description Language
XML	eXtensible Markup Language

ACRÓNIMOS

Capítulo 1

Introducción

1.1. Introducción

El incremento de desastres naturales que se han producido en los últimos años junto a los niveles de pérdidas asociadas a estos, indican la entrada en una nueva era de catástrofes medioambientales. La Figura 1.1 muestra la evolución de las pérdidas económicas asociadas a los desastres naturales que se han producido desde 1980[1].

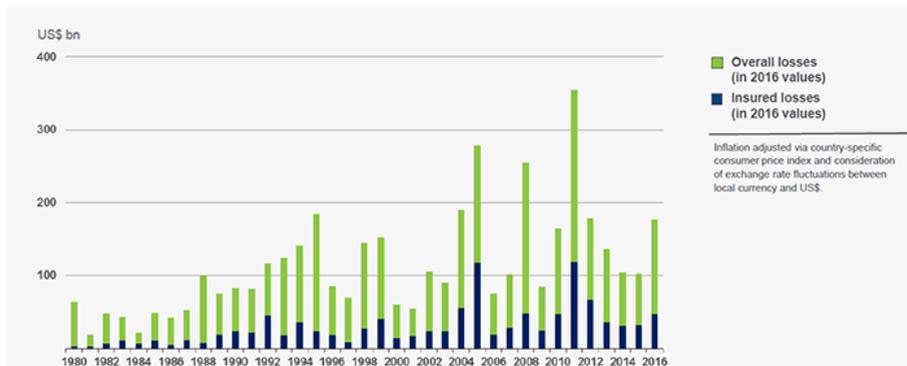


Figura 1.1: Pérdidas mundiales por catástrofes naturales, 1980-2016 ¹.

Estos desastres nos hacen plantearnos la cuestión de cuando se producirá el próximo incidente y cuales serán los daños humanos y materiales que dejará.

¹Fuente: <http://www.iii.org/graph-archive/96425>

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Si hacemos un repaso a las últimas décadas la población mundial sigue creciendo rápidamente y mucha más gente vive en zonas de alto riesgo [2]. Además las nuevas construcciones permiten crear áreas geográficas con una alta densidad de población e infraestructuras. Esto hace que en caso de producirse un incidente las operaciones de reconstrucción son cada vez más duraderas, más costosas y más complejas [3]. Por lo tanto, la gestión de catástrofes es uno de los grandes desafíos del siglo XXI.

Las crecientes pérdidas humanas, económicas y ambientales debidas a desastres naturales o provocados por el hombre, demuestran la necesidad de un nuevo enfoque en la gestión de emergencias, para esto es necesaria una visión multidisciplinar que permita mejorar la gestión del riesgo en los desastres [4]. En estas situaciones, la Gestión Colaborativa de Crisis (GCC) suele ser coordinada por las autoridades locales u organizaciones de protección civil, apoyadas por varios organismos nacionales involucrados en la gestión de emergencias. Todos ellos trabajando de forma relativamente autónoma y coordinados a través de reuniones físicas periódicas de las organizaciones involucradas, en las que se comparte información sobre la situación, se establecen prioridades y se asignan responsabilidades. El seguimiento y la ejecución de las tareas se gestiona por cada organización de forma individual, normalmente utilizando una serie de herramientas de gestión de la información que no son interoperables, provocando incoherencias y solapes en tareas asignadas [5].

En la actualidad existen varias iniciativas para mejorar la interoperabilidad entre los sistemas involucrados en la gestión de la emergencia (por ejemplo, Multinational Interoperability Council (MIC), Global Disaster Alert and Coordination System (GDACS), Virtual On Site Operations Coordination Center (VOSOC), Post Disaster Needs Assessments (PDNA), etc.), pero no existe un enfoque, técnica o herramienta común que permita la gestión de la emergencia durante todo el periodo de la crisis (desde la prevención a la reconstrucción) [6]. Por otro lado no existen conceptos ni herramientas flexibles para la gestión de emergencias entre fronteras, que permita a organizaciones de distintos países el intercambio de información actualizada aprovechando sus Sistemas de Información (SI), además de permitir la supervisión y el intercambio de recursos [7].

De este modo, en esta tesis se ha llevado a cabo la aplicación de arquitecturas distribuidas que permitan una mejor gestión de información y recursos en situaciones de emergencia. Para ello se ha trabajado directamente en dos proyectos de investigación relacionados con la gestión de emergencias en distintas fases:

- Secure European Common information space for the interoperability of first Responders and police authorities (SECTOR)[8] en el que se ha

desarrollado una arquitectura que permite el intercambio de información a través de un Espacio de Información Compartida (EIC) en una situación de emergencia.

- A DEcision Support Tool for Reconstruction and recovery and for the IntEroperability of international Relief units in case Of complex crises situations, including CBRN contamination risks (DESTRIERO)[9] en el que se ha desarrollado una arquitectura que permite el apoyo a la decisión en la recuperación y reconstrucción después de una situación de emergencia.

1.2. Motivación de la Tesis

El trabajo desarrollado en esta tesis, se ha centrado en la investigación aplicada, dirigido y enfocado a dos casos de uso en la gestión de emergencias. Por ello, la importancia de desarrollar dos arquitecturas que permitan la interoperabilidad de los distintos sistemas involucrados en los dos escenarios contemplados. Las motivaciones que me han llevado a realizar esta tesis son las siguientes:

- **Interoperabilidad**

En la actualidad, existen una gran cantidad de herramientas que utilizan las distintas agencias involucradas en la gestión de emergencias. Esto es debido a que cada una de ellas ha diseñado y desarrollado sus propios entornos de gestión en base a las necesidades que han encontrado a lo largo de sus experiencias.

El problema surge cuando varias organizaciones tienen que unir esfuerzos para resolver un incidente. Es entonces cuando surge el concepto de interoperabilidad, para el cual, son necesarias adaptaciones en las diferentes herramientas propietarias, que permitan el intercambio de información, mejorando la comunicación y haciendo más rápidas y efectivas las tareas asignadas en una crisis.

- **Especificación de arquitectura distribuida**

Diseño de una arquitectura genérica, que pueda ser utilizada en diversos escenarios, permita la integración de herramientas utilizadas en la actualidad, y herramientas futuras, para el intercambio de la mayor cantidad de información posible.

■ Usabilidad

La utilización de una plataforma genérica que permita a las distintas herramientas acceder a la información, por medio de la definición de múltiples módulos simples y adaptables facilitando su uso en todo tipo de entornos.

■ Aplicación de modelos de datos para el intercambio de información

Adaptar los distintos modelos de datos propietarios a un modelo único, por medio de módulos de adaptación, obteniendo una interoperabilidad semántica y una ontología única, que permita la mejora del modelo de interoperabilidad gracias a la integración y fusión de información procedente de diferentes fuentes de datos.

■ Eficiencia en la gestión de emergencias

El desarrollo de un EIC a partir de distintas fuentes de información, es una gran mejora en la gestión de emergencias. El proyecto SECTOR tiene este objetivo principal, además de permitir la actualización de recursos y estados de las agencias involucradas en la gestión de la crisis.

■ Optimización de la fase de reconstrucción

Optimizar la fase de reconstrucción es uno de los desafíos más críticos en la gestión de una catástrofe. Para conseguirlo es necesario el acceso a la mayor cantidad de información posible procedente de distintas fuentes de datos, además se deben de gestionar las tareas de recuperación y reconstrucción en base a las necesidades del entorno. El proyecto DESTRIERO trata de conseguir esta mejora por medio de una plataforma de interoperabilidad.

1.3. Objetivos de la Tesis

En relación con las motivaciones de la tesis se han definido los siguientes objetivos:

- Describir y analizar el estado del arte de las distintas herramientas utilizadas en la gestión de emergencias.
- Definir mecanismos de interoperabilidad entre las herramientas analizadas.

- Diseñar y especificar una arquitectura que permita la interoperabilidad, de acuerdo a las características y necesidades que se proponen en la tesis, teniendo en cuenta los requerimientos de los casos de uso, criterios de escalabilidad y seguridad.
- Analizar la aplicación y la usabilidad de los standard CAP, SOS, OGC y otros para casos de uso reales, definidos en los proyectos de investigación relacionados.
- Diseñar y desarrollar los sistemas de comunicaciones que permitan el acceso a las fuentes de información distribuidas en diferentes casos de uso.
- Aplicar el modelo y arquitectura propuestos al caso de uso del proyecto SECTOR para establecer un EIC que permita la mejora en la gestión de la información para una situación de emergencia.
- Aplicar el modelo y arquitectura propuestos al caso de uso del proyecto DESTRIERO para optimizar la generación de planes de recuperación y reconstrucción después de un incidente catastrófico.
- Comprobar las mejoras que se obtienen al aplicar el modelo y arquitectura propuestos en los dos casos de estudio.

1.4. Principales aportaciones

1.4.1. Artículos

- **Francisco J. Pérez**, Marcelo Zambrano, Manuel Esteve, Carlos E. Palau, “A Solution for Interoperability in Crisis Management.”, International Journal of Computers Communications & Control, vol.12, n 4, pp. 496-507, August 2017

1.4.2. Congresos

- Marcello Cinque, Christian Esposito, Mario Fiorentino, **Francisco J. Pérez**, “A collaboration platform for data sharing among heterogeneous relief organizations for disaster management”, ISCRAM 2015, Norway, May 2015
- **Francisco J. Pérez**, Marcelo Zambrano, “Secure European Common information space for the interoperability of first Responders and police (SECTOR)”, III Jornadas Doctorales de la Universidad de Murcia, Murcia, May 2017

- Marcelo Zambrano, **Francisco J, Pérez**, “Interoperabilidad en la Gestión de Emergencias. Una solución basada en bases de datos distribuidas y redes P2P”, III Jornadas Doctorales de la Universidad de Murcia, Murcia, May 2017

1.4.3. Participación en proyectos de investigación

- Proyecto SECTOR
 - D3.1 Scenario definition
 - D4.2 System model and architecture design
 - D5.4 Network enabled communication system prototype
 - D5.5 Human Machine Interface (HMI) component
 - D5.6 Interfaces and adapters for the interoperability of tools
- Proyecto DESTRIERO
 - D2.1 Requirements specification and collaboration needs
 - D2.2 Detailed scenarios definition
 - D5.1 DESTRIERO Architecture report
 - D5.1 Adapters design
 - D5.4 HMI design

1.4.4. Software

Tanto en el proyecto DESTRIERO como en el proyecto SECTOR, se ha desarrollado software en las diferentes capas de las arquitecturas diseñadas como son adaptadores de interoperabilidad, módulos principales de las plataforma y componentes de los HMI.

1.4.5. Organización de la memoria

La memoria de la tesis está estructurada de la siguiente manera:

- El segundo capítulo, hace un repaso del estado del arte en la gestión de emergencias, haciendo hincapié en la necesidad de encontrar soluciones colaborativas que permitan a las diferentes agencias involucradas en una crisis intercambiar información y procedimientos. También se evalúa el estado actual de los mecanismos y herramientas capaces de permitir la interoperabilidad en las diferentes fases de la Gestión de Emergencias (GE).

- El tercer capítulo, especifica la arquitectura general diseñada, con una descripción de alto nivel para los diferentes módulos que la componen y las posibles configuraciones que se pueden realizar.
- El cuarto capítulo, detalla la aplicación de la arquitectura al caso de uso de SECTOR. Se describe el funcionamiento de los principales módulos, los servicios que comparten las diferentes herramientas de terceros a través de la plataforma y los logros obtenidos una vez finalizado el proyecto.
- El quinto capítulo, detalla la aplicación de la arquitectura al caso de uso de DESTRIERO. Se describe el funcionamiento de los principales módulos, los servicios de herramientas de terceros accesibles desde el HMI desarrollado, y los logros obtenidos una vez finalizado el proyecto.
- En el sexto capítulo, se lleva a cabo la evaluación de los sistemas diseñados en los dos casos de uso. Para ello, se detallan los escenarios de pruebas utilizados para validar los proyectos y los resultados obtenidos a través de la realización de una encuesta.
- El séptimo capítulo, contiene las conclusiones a las que se ha llegado durante la elaboración de la tesis y las posibles líneas futuras de investigación.
- Por último, se encuentran las referencias citadas.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Capítulo 2

Estado del arte

2.1. Introducción

Una emergencia se pueden definir como una situación imprevista, provocada por un incidente perjudicial o desastre, que pone en riesgo el medio ambiente, las propiedades y la vida de las personas. Para una GE efectiva, se necesita la participación de múltiples agencias relacionadas con la protección y seguridad pública, que permitan acciones acordes con las particularidades del incidente y el intercambio de información entre todos los involucrados [10][11][12]. Por ello, es indispensable una diversidad de aptitudes, habilidades y conocimientos que permitan una gestión integral y comprehensiva. Aunque también es el principal obstáculo para conseguir que las agencias implicadas trabajen de manera conjunta y orienten sus esfuerzos en una misma dirección, teniendo en cuenta que cada una de ellas posee sus propios recursos, tecnología, procedimientos, etc. Para resolver este inconveniente, se necesita un intercambio permanente de información entre todas las agencias implicadas, permitiéndoles coordinar sus operaciones y colaborar en la GE de la mejor manera posible [13].

En este capítulo, se proporciona un estado del arte exhaustivo de las fases que se desarrollan en una gestión de emergencias, de los estándares y protocolos utilizados en sistemas interoperables, y de las diferentes herramientas y sistemas utilizados tanto en la gestión de una crisis cómo en los procesos de reconstrucción y recuperación después de la catástrofe.

2.2. Gestión de emergencias

El término “gestión de emergencias” se utiliza para abarcar las actividades llevadas a cabo por los organismos internacionales, nacionales, regionales y locales denominados “Emergency Management Agencies (EMA)”. Mas ampliamente, se trata de los esfuerzos de sectores públicos y privados para hacer frente a los peligros, riesgos y desastres de todo tipo. Siendo una de sus principales características, su naturaleza multi-agencia, que permite cumplir con las exigencias de un entorno crítico, por medio de los recursos, destreza y conocimientos, procedentes de las diferentes agencias. [10][11].

La gestión de emergencias se ha descrito durante los últimos treinta años como un proceso de cuatro fases [14], que incluye:

- **Mitigación**

Prevenir desastres o tomar medidas para disminuir el impacto en situaciones inevitables. Idealmente, la mitigación debe ocurrir antes de que ocurra una emergencia. Sin embargo, la mitigación y la preparación a veces no ocurren hasta que sucede un desastre y se realizan las reconstrucciones y reparaciones.

- **Preparación**

Hacer planes y tener el equipo y los suministros necesarios para salvar vidas durante y después de un desastre. La preparación incluye todas las acciones que se toman antes de que ocurra la emergencia. Incluyendo, los planes, almacenamiento de suministros, realización de simulacros, instalación de sensores etc.

- **Respuesta**

Toma de medidas inmediatas en una situación de emergencia. La respuesta depende del tipo de evento, ya que, por ejemplo el margen de maniobra desde el inicio de un huracán es mucho más amplio al que se dispone desde el inicio de un terremoto.

- **Recuperación**

Incluye las acciones que se toman para devolver el escenario post-emergencia al estado de normalidad, incluyendo la restauración de servicios básicos, reparación de daños físicos, sociales y económicos. Las tareas de recuperación se ocupan principalmente de las acciones que involucran la reconstrucción de la propiedad destruida, el re-empleo y la reparación de las infraestructuras esenciales. Estas actividades comienzan inmediatamente después de la emergencia pudiendo realizarse simultáneamente con operaciones de respuesta.



Figura 2.1: Las cuatro fases en la gestión de emergencias.

La Figura 2.1, es un ejemplo que se utiliza normalmente para mostrar la evolución y superposición de las fases en la gestión de emergencias. A menudo estos cuatro términos son utilizados por políticos, profesionales, formadores, educadores e investigadores formando un proceso continuo que define la coordinación y gestión de una crisis.

El concepto de “fases” se ha utilizado desde la década de 1930 para ayudar a describir, examinar y comprender los desastres y ayudar a organizar la práctica de la gestión de emergencias [15]. En el artículo titulado “Reconsidering the Phases of Disaster” David Neal cita varios ejemplos de diferentes investigadores usando hasta ocho fases, mucho antes de que las cuatro fases se convirtieran en el estándar utilizado para describir una situación de emergencia [16].

Aunque en la mayoría de los países se siguen las cuatro fases como estándar, los procedimientos seguidos en cada una de ellas presentan diferencias. Incluso dentro de un mismo país, las diferentes agencias disponen de procedimientos que pueden provocar conflictos en la gestión de las emergencias y en la fase de recuperación [17]. Por ello, para una gestión eficaz de una crisis, además de la participación de múltiples agencias es necesaria la coordinación y el intercambio de información para obtener una respuesta integral y comprehensiva [13].

Si nos centramos en los proyectos que han sido tomados como caso de uso para el desarrollo de esta tesis, podemos decir que el proyecto SECTOR se centra en abordar las fases de preparación y respuesta, ya que trata de resolver los problemas de planificación pre-crisis y la coordinación de acciones durante el desastre. Mientras que el proyecto DESTRIERO se centra en la fase de recuperación después del incidente y en la fase de mitigación produciendo reportes e informes para la prevención de futuras crisis.

2.3. Interoperabilidad

Aunque en el campo de los SI para crisis existen diversidad de herramientas que permiten el apoyo en la GE, la mayoría son específicas para un tipo de crisis, o se limitan a simular o visualizar información geográfica [18]. Como se ha comentado anteriormente, el punto crítico para una gestión de emergencias eficaz se encuentra en el intercambio de información.

La Interoperabilidad se define como la capacidad para intercambiar información y utilizarla para cumplir con los objetivos [19]. En ambientes heterogéneos y complejos como en el caso de la GE, la interoperabilidad es la clave para alcanzar el manejo de los recursos involucrados, y permitir una respuesta coordinada y colaborativa [20][21][22].

Por otro lado la interoperabilidad proporciona a los principales tomadores de decisiones la información que necesitan para definir y administrar continuamente las operaciones, documentar procedimientos, mitigar riesgos y proporcionar al resto de implicados los datos necesarios para realizar las tareas asignadas [23]. El resultado final es una mejora en la efectividad y calidad de las tareas que se deben llevar a cabo en las diferentes fases de la crisis.

Para conseguir que diferentes sistemas consigan intercambiar información, y por lo tanto ser interoperables a través de una arquitectura desarrollada para este fin, es imprescindible realizar un estudio de los cuatro pilares en los que se basa el desarrollo de esta tesis, los diferentes mecanismos de comunicación, los modelos de datos que podemos encontrar, los tipos de bases de datos y las diferentes herramientas que proporcionan o requieren información de la plataforma.

2.3.1. Comunicación

Los distintos mecanismo de comunicación son una parte fundamental en la interoperabilidad ya que permiten establecer diferentes tipos de conexión entre las herramientas utilizadas en la GE.

Los Servicios Web (WS) describen una forma estandarizada de comunicación entre aplicaciones Web por medio de estándares abiertos como eXtensible Markup Language (XML), Simple Object Access Protocol (SOAP), Web Services Description Language (WSDL) y Universal Description, Discovery and Integration (UDDI). Cada uno de estos estándares tiene una funcionalidad concreta dentro de las comunicaciones. En el caso de XML su función es la de etiquetar los datos que se van a transmitir, SOAP se utiliza como protocolo de transmisión, WSDL es el encargado de describir los servicios disponibles y UDDI se utiliza para enumerar que servicios están disponibles [24].

Los WS son utilizados principalmente como medio para que dos aplicaciones puedan comunicarse entre sí, permitiendo a diferentes organizaciones intercambiar datos sin un profundo conocimiento del funcionamiento de las aplicaciones.

A diferencia de los modelos tradicionales de cliente / servidor, como un sistema de servidor Web/ página Web, los servicios Web no proporcionan al usuario una Graphical User Interface (GUI). Los WS proporcionan una lógica de negocio que permite a los diferentes interfaces visuales (página Web o programa ejecutable) obtener información para ser representada [25]. Además permiten que diferentes aplicaciones de diferentes fuentes se comuniquen entre sí sin la necesidad de realizar codificaciones costosas que consuman mucho tiempo empleen una alta carga de procesado.

Dentro de la comunicación que se establece a través de los WS, cabe destacar la importancia de los Message Exchange Pattern (MEP), son patrón de intercambio de mensajes entre las partes que se comunican (por ejemplo un servidor y un cliente). El patrón más común es el de petición y respuesta, en el que un cliente envía una solicitud y el servidor envía una respuesta. Desde la perspectiva del servidor, esto es una operación de entrada-salida. Por lo tanto basado en las diferentes combinaciones de entrada y salida, la especificación de los WSDL define 4 patrones. Operaciones de entrada-salida, operaciones de sólo entrada, operaciones de salida-entrada y operaciones de solo salida [26].

- **Petición-Respuesta** (Operación de entrada-salida)

El cliente envía una solicitud y el servidor envía una respuesta. Se trata del MEP más utilizado en los WS. El puerto WSDL recibe un mensaje y envía una respuesta correlada.

- **Entrada en una vía** (Sólo operación de entrada)

El cliente envía un mensaje sin esperar una respuesta del servicio. Un ejemplo podría ser un servidor que escucha el ping del cliente en intervalos regulares para ver si está funcionando. El puerto WSDL solo recibe un mensaje.

- **Petición de respuesta** (Operación de salida-entrada)

El servidor envía un mensaje y el cliente envía una respuesta, normalmente se trata de una confirmación o actualización de estado. El puerto WSDL envía un mensaje y recibe un mensaje correlado, en este caso hay un mensaje de salida seguido de un mensaje de entrada en el WSDL.

- **Notificación o Publicación-Suscripción** (Sólo operación de salida)

El servidor envía un mensaje sin esperar respuesta. Se podría utilizar en un escenario de suscripción de publicación que conecta un conjunto

CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE

de generadores de información a un conjunto de suscriptores. El puerto WSDL envía únicamente mensajes de salida.

Dependiendo del tipo de comunicación requerida en cada momento y por cada sistema se utilizará uno de los MEP definidos anteriormente. Por otro lado, la elección del modo de comunicación también se puede establecer por la necesidad de sincronismo en las llamadas.

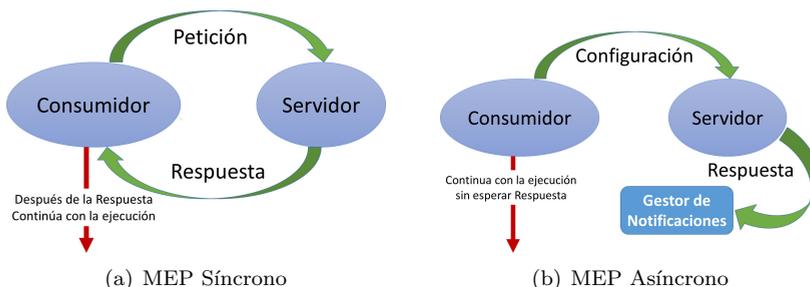


Figura 2.2: MEP según el sincronismo

Las llamadas de un WS se puede organizar también atendiendo a esta característica. Por un lado, las llamadas síncronas normalmente siguen un MEP de petición respuesta sobre Hypertext Transfer Protocol (HTTP), en ellas el consumidor queda bloqueado después de realizar la petición a la espera de recibir la respuesta. Una vez recibida, el cliente continúa con su ejecución. Por otro, las llamadas asíncronas pueden seguir un MEP de Publicación-Suscripción, en el que el consumidor y el servidor establecen un mecanismo de notificación de mensajes, y el cliente recibe información a través de notificaciones, mientras sigue realizando otras tareas [27].

Debido a la diversidad de SI y herramientas utilizadas durante la GE y la fase de reconstrucción y recuperación, la plataforma debe ser capaz de establecer comunicaciones según los requerimientos de todos los sistemas que se conecten. Por lo tanto debe de disponer de módulos y mecanismos capaces de intercambiar información por los cuatro patrones estudiados.

2.3.2. Modelos de datos

Se han evaluado distintos enfoques de los modelos que permiten el intercambio de información en situaciones de emergencia. A continuación se presenta una breve descripción de los mismos, antes de entrar en más detalle.

- **Emergency Data Exchange Language (EDXL)** [28] Se trata de una colección de especificaciones desarrollada por el consorcio de estándares

Advancing Open Standards for the Information Society (OASIS) basada en XML para mensajes de emergencia. Incluye las especificaciones Distribution Element (DE) y Resource Messaging (RM) con definiciones de elementos y recursos para mensajes EDXL. La primera versión de EDXL fue desarrollada en 2004 y ha visto varias actualizaciones desde entonces. Ha sido ampliamente adoptado como estándar para intercambio de mensajes de emergencia, gracias a su definición de metadatos, aunque su vocabulario especializado en GE es relativamente escaso [29].

- **Joint Consultation Command and Control Information Exchange Data Model (JC3IEDM)** [30] es un modelo de datos desarrollado para el intercambio de información dentro de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN). Surgió de estándares previos al 2004 y ha experimentado un desarrollo continuo desde entonces. Como estándar OTAN, ha encontrado adopción dentro de los países miembros, mostrando claramente su idoneidad para intercambios de información transfronterizos, contando con un rico vocabulario [31]. Sin embargo JC3IEDM está principalmente orientado hacia el mando y control militar.
- **National Information Exchange Model (NIEM)** [32] es un modelo de datos basado en estándares para el intercambio de información siguiendo un enfoque comunitario. NIEM incluye varios dominios especializados, incluyendo un dominio de gestión de emergencia NIEM EM, y proporciona procesos que permiten a los usuarios ampliar el modelo para satisfacer mejor sus necesidades. Surgió en 2005 gracias a la normalización de estándares definidos en Estados Unidos, aunque ha sido adoptado y ampliado por otros países, organizaciones y proyectos.
- **EMERGENCY ELEMENTS (EMERGEL)** [33] es un modelo de datos desarrollado en el proyecto Data Interoperability Solution At Stakeholders Emergency Reaction (DISASTER) [34] finalizado en enero del 2015. Consiste en un modelo de datos básico de alto nivel abstracto y varios modelos de datos especializados para los dominios de gestión de emergencias.
- **Driving Innovation in Crisis Management for European Resilience (DRIVER)** [35] basado en el proyecto Aftermath Crisis Management System-of-systems Demonstration (ACRIMAS) [36] para la gestión de crisis, consiste en un banco de pruebas para la formación, experimentación y desarrollo de nuevas soluciones de gestión de crisis. Si bien uno de los objetivos del proyecto es promover el intercambio de información compartiendo datos para la gestión de una crisis, los modelos de daos

creados hasta ahora se centran en describir la arquitectura del banco de pruebas y diversas herramientas de simulación.

- **European Pool against Organised Crime (EPOC)** [37] es una serie de proyectos de la Unión Europea realizados por Eurojus, responsables de desarrollar software común para combatir la delincuencia organizada y transfronteriza. En su cuarta fase (EPOC IV, 2009-2012), el desarrollo se centró en el intercambio de información con los sistemas nacionales para gestión de casos. NIEM fue elegido para el modelo de datos común. Fué ampliado con más de 1000 objetos relacionados con el crimen y los procesos judiciales. En este caso, el modelo de datos de EPOC ocupa un tema distinto a la GE, pero representa una aplicación satisfactoria del modelo NIEM como herramienta para intercambio de información transfronteriza entre las autoridades de los estados miembros de la Unión Europea (UE).

Además de los dos proyectos utilizados como caso de uso de la arquitectura propuesta (SECTOR y DESTRIERO), los tres proyectos de la UE Establish Pan-European Information Space to Enhance Security of Citizens (EPISECC) [38], Emergency Responder Data Interoperability Network (ReDIRNET) [39] y Secure Dynamic Cloud for Information, Communication and Resource Interoperability based on Pan-European Disaster Inventory (SecInCoRe) [40] comparten objetivos similares en relación con la gestión colaborativa de crisis. Por lo que, también se revisó el enfoque y el estado del trabajo de la taxonomía y los modelos de datos utilizados en estos proyectos.

- **EPISECC** tiene un enfoque basado en los desastres. Su modelo de datos está destinado a basarse en las normas existentes, pero hasta ahora no se ha puesto a disposición del público.
- **ReDIRNET** tiene planes de definir un modelo de datos en el futuro, reutilizando partes de los vocabularios de EMERGEL y JC3IEDM, pero actualmente sólo se dispone de borradores preliminares.
- **SecInCoRe** no ha producido ningún modelo de datos hasta el momento. Sin embargo, uno de los entregables publicado en su página web, contiene una visión general de su arquitectura y algunos escenarios que podrían ser de utilidad.

De los estándares mencionados anteriormente, podemos concluir en que EDXL, JC3IEDM, NIEM y EMERGEL han alcanzado una madurez suficiente para justificar una investigación más exhaustiva. Con excepción de EMERGEL, ninguno de los demás estándares originarios de los proyectos de la UE está

suficientemente desarrollado en el momento del trabajo realizado para esta tesis. Por lo tanto, a continuación nos centraremos en el estudio detallado de los cuatro estándares mencionados anteriormente.

- **EDXL** fue desarrollado por el consorcio de estándares abiertos OASIS en 2004. Se trata de un conjunto de estándares XML destinados al intercambio de mensajes relacionados con la gestión de emergencias. De éstos, el DE [41] especifica el formato de un mensaje EDXL “contenedor”, mientras que los otros estándares sirven para especificar los mensajes mediante la estructuración del *payload* [42]. Por ejemplo, la especificación de RM [43] estructura los mensajes relacionados con la gestión de recursos entre los servicios de emergencia, mientras que Hospital AVailability Exchange (HAVE) [44] está destinado a mensajes sobre recursos y capacidades de los hospitales. EDXL también incluye la especificación Common Alerting Protocol (CAP) [45], que en realidad es anterior a EDXL. CAP puede utilizarse para la carga útil de contenedores DE, o como un estándar independiente. De hecho, existen sistemas propietarios que funcionan exclusivamente con CAP.

Existen diversidad de herramientas de software que soportan EDXL, incluido CAMEditor [46], que fué desarrollado por OASIS en colaboración con Oracle [47].

EDXL es el estándar de intercambio de datos más utilizado entre los servicios de emergencia de la UE. Sus estándares ofrecen a los posibles usuarios simplicidad, ya que no tienen que desarrollar ninguna estructura de mensajes, solo necesitan implementar sus sistemas de acuerdo con los estándares EDXL. Al mismo tiempo esto puede ser un inconveniente, ya que EDXL no ofrece extensibilidad. Los mensajes definidos tienen fines específicos relacionados con temas fijos (gestión de recursos, gestión hospitalaria, informes de situación, alertas y seguimiento de pacientes). Cualquier mensaje que no se ajuste a su temática, no será compatible con EDXL, ya que requeriría que Oasis extendiera el estándar con una nueva especificación.

Por otro lado, EDXL se actualiza raramente, pasando varios años entre actualización de versiones. Esto es un obstáculo a la hora de iniciar el desarrollo de una arquitectura, ya que EDXL puede no ofrecer estándares para todos los tipos de mensajes previstos, por ejemplo el intercambio de información sobre activos, características geográficas, datos de población, eventos, etc.

Además, EDXL dispone de un vocabulario con respecto a emergencias concretas escaso. Aunque dispone de cerca de 270 conceptos, 1100 atri-

butos y 220 valores, el nivel de cobertura y detalle es muy desigual, ya que en el caso de la especificación HAVE, dispone de un gran número de elementos definidos, pero en el caso de la gestión de emergencias, solo dispone de elementos de alto nivel [48].

- **JC3IEDM** fue desarrollado por el consorcio Multilateral Interoperability Programme (MIP) como modelo de datos para el intercambio de información dentro de la OTAN. Está basado en estándares anteriores como el Land Command and Control Information Exchange Data Model (LC2IEDM) [49], y fue lanzado en 2004. En sus versiones posteriores (1 versión anual) JC3IEDM es ratificado como el estándar de la OTAN STANAG 5525, y tiene un uso internacional entre los países miembros.

JC3IEDM se encuentra representado den un diagrama Unified Modeling Language (UML) y está soportado por una multitud de herramientas. A primera vista, JC3IEDM ofrece diversas ventajas. Es capaz de describir toda la Common Operational Picture (COP), incluyendo eventos, personal, recursos, organizaciones, características geográficas y clima [50].

JC3IEDM proporciona un modelo de datos enriquecido, con 280 conceptos utilizando 1500 atributos, 12500 valores y mas de 4500 reglas de negocio que controlan las relaciones entre sus elementos [51]. Además JC3IEDM tiene como objetivo explícito apoyar operaciones multinacionales conjuntas y permitir la interoperabilidad internacional de sistemas de mando y control.

Sin embargo, y no es sorprendente, JC3IEDM está casi exclusivamente orientado hacia las organizaciones y operaciones militares. Cubre los niveles estratégicos, operacionales y tácticos de planificación militar y órdenes de batalla, teniendo una parte sustancial de vocabulario enfocado a armamento y equipos militares de los miembros de la OTAN [52].

Como punto negativo, se puede decir que el estándar está privatizado por el consorcio MIP, aunque se permite la ampliación del estándar con la definición de elementos por parte del usuario. Por lo tanto la utilización de este modelo de datos, se tendrá en cuenta en arquitecturas que necesiten de elementos dentro del ámbito estratégico, operacional y táctico para planificación de tareas.

Por último, como ejemplo de utilización, el proyecto de la UE A Reconfigurable Surveillance System with Smart Sensors and Communication (RECONSURVE) [53] tiene como objetivo apoyar la vigilancia marítima y la gestión de la situaciones de crisis marítimas, que puede implicar la cooperación entre las fuerzas navales y servicios civiles de rescate. Para conseguir estos objetivos, RECONSURVE ha desarrollado

una arquitectura de intercambio de información basada en JC3IEDM, cubriendo aspectos militares y civiles, respectivamente. Consiguiendo así un uso adecuado tanto en ámbito militar como en el civil.

- **NIEM** es un modelo de datos libre desarrollado por una comunidad abierta, basado en estándares para el intercambio de información. Es el resultado de los esfuerzos de estandarización del intercambio de información por parte de los Departamentos de Justicia y Seguridad Nacional de los Estados Unidos. La primera versión fue lanzada en 2005, y NIEM mantiene un programa activo con varios lanzamientos anuales [54].

NIEM dispone de un dominio de gestión de emergencias (NIEM Emergency Management (EM)), dirigido por el Departamento de Seguridad Nacional de los estados Unidos, pero recibe contribuciones de una estructura interna que incluye: servicios de emergencia, industria e investigación, así como asociaciones internacionales como el Emergency Interoperability Consortium [55], Canadá y el Reino Unido. Por otra parte NIEM, se ha utilizado en los ejercicios de la OTAN como CWIX 2014 [56] y en proyectos de la UE como EPOC IV.

El dominio NIEM EM define un amplio modelo de intercambio de datos para la gestión de emergencias, pero cualquier comunidad de interés puede extender el modelo siguiendo un procedimiento estandarizado y un mecanismo flexible de extensión y personalización [57].

El modelo NIEM, está básicamente dividido en los conceptos Núcleo Y Dominio:

- Núcleo NIEM formado por conceptos comunes, por ejemplo, Actividad, Dirección, Área, Capacidad, Dispositivo, Ubicación, Persona, Sustancia, Vehículo, Arma, etc. Los elementos de datos comunes entendidos entre diferentes dominios. El núcleo es bastante grande, con 330 conceptos que comparten 1400 atributos y 19700 valores.
- Dominios NIEM compuestos por Biometría, Chemical, Biological, Radiological and Nuclear (CBRN), Children, Youth, and Family Services (CYFS), Gestión de Emergencias, Servicios Humanos, Inmigración, Protección de Infraestructuras, Inteligencia, Comercio Internacional, Justicia, Marítimo, Operaciones Militares (MilOps), Detección y los nuevos Agricultura, Ciber y salud. Disponen de datos específicos que se administran por medio de administradores de dominio independientes bajo su propio control. Los dominios varían en tamaño, por ejemplo el NIEM EM dispone de 100 conceptos, 300 atributos y 300 valores [58].

Por otro lado, el modelo NIEM proporciona mecanismos para la ampliación de los objetos definidos en la mensajería. Para cada intercambio de mensajes, se desarrolla una Information Exchange Package Documentation (IEPD), que define su propio esquema y reutiliza y amplía los esquemas del Núcleo y los Dominios de NIEM. Pero para aumentar la interoperabilidad, el objetivo es la reutilización máxima de los elementos existentes en el modelo. Un IEPD no es compatible con el modelo NIEM si agrega nuevos elementos de datos que son semánticamente equivalentes a los elementos nativos de NIEM [59].

El proceso de creación de IEPD dispone de ventajas con respecto a EDXL, ya que los usuarios que adopten NIEM, pueden crear sus propios estándares de mensajería, en lugar de tener que reutilizar elementos que no tienen mucho en común como en EDXL. Además los usuarios que estén familiarizados con EDXL pueden importar sus estándares a NIEM en lugar de crear el IEPD desde cero [60].

El desarrollo de NIEM está apoyado por una serie de herramientas, incluyendo Enterprise Architect, MagicDraw y el anteriormente mencionado CAMEditor que permiten simplificar los procesos de adaptación del modelo de datos a la necesidad del usuario.

- **EMERGEL** es el modelo de datos desarrollado para el proyecto Europeo DISASTER, que terminó en enero de 2015. EMERGEL está presente en la Web Ontology Language (OWL) versión 2, y consiste en un conjunto elementos básicos de alto nivel (Módulos Transversales) y diversos modelos de datos especializados para los dominios de gestión de emergencias (Módulos Verticales).

El núcleo proporciona conceptos generales de gestión de emergencias (eventos, recurso, etc.) y los medios para la modelización espacial y temporal compleja, mientras que los modelos de datos especializados contienen grandes cantidades de datos concretos.

Teniendo en cuenta que los orígenes de EMERGEL son un proyecto de la UE, puede parecer el candidato más apropiado para utilizarse en arquitecturas desarrolladas en proyectos Europeos. Sin embargo, hay una serie de factores que pesan contra la adopción de EMERGEL. Si bien es el más maduro de los modelos de datos de gestión de emergencias desarrollados en Europa, dispone de limitaciones:

- Con 97 conceptos y 44 atributos en el núcleo [61], tiene el modelo de datos más pequeño de los estándares estudiados. La cobertura de los conceptos es fragmentaria, ya que existen conceptos con interpretaciones ambiguas, no dispone de conceptos para ríos, carreteras

y edificios... Además los atributos no están vinculados a conceptos, y aunque se prevé una actualización con un modelo más completo (430 conceptos y atributos), aún no está disponible [62].

- Los modelos de datos disponibles en los Módulos Verticales especializados, son mas extensos (unas 60.000 entradas), pero actualmente consisten en listas auto-generadas con poca relevancia para un producto final (30.000 códigos de identificación para aerolíneas y aeropuertos, 8000 Identificadores multilingües ...). La integración de estos datos en un modelo diferente como EDXL, JC3IEDM o NIEM de una manera similar es trivial, y estos también disponen de listas similares. Por lo tanto, no tomaremos en cuenta estos datos en futuras comparaciones.
- El proyecto DISASTER finalizó en enero de 2015, por lo que es cuestionable la disponibilidad de nuevas versiones y el apoyo del personal que estuvo implicado en el proyecto.
- EMERGEL no ha sido utilizado fuera de su proyecto, aunque ReDIRNET ha anunciado una posible utilización parcial.
- EMERGEL no está en uso operacional, y solo proporciona un modelo de datos, sin estándares de mensajería, ni procesos para establecerlos. Aunque algunos aspectos del modelo puede resultar de interés a la hora de actualizar los modelos de datos que se elijan para el desarrollo de una plataforma.

2.3.3. Bases de datos

Según diferentes artículos y publicaciones, los datos que se manejan en el mundo se duplican cada dos años. Este gran aumento en *Big Data* de los últimos años ha destapado las limitaciones en las formas tradicionales de almacenamiento y gestión de datos, centrando la atención en nuevos métodos para abordar el volumen, la variedad y la veracidad de datos estructurados y no estructurados [63].

No hace tanto tiempo, los datos se almacenaban en archivos físicos que se archivaban en armarios repletos de carpetas que llenaban habitaciones enteras en las oficinas de grandes organizaciones. Entonces aparecieron los ordenadores, y la forma de acceso al almacenamiento cambió de forma drástica a bases de datos formadas por archivos planos [64].

Desde la década de 1970, las bases de datos Structured Query Language (SQL) han sido parte integral de la infraestructura de las organizaciones. Hoy en día MySQL, una implementación basada en Relational DataBase Management System (RDBMS) SQL para la web, es utilizada por grandes empresas como

CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE

Google, Facebook, Twitter e incluso YouTube. De hecho, MySQL es la base de datos más popular del mundo y sigue siendo así debido a su naturaleza de código abierto [65].

La tecnología cambia rápidamente y ahora la nueva tendencia en el mundo de las bases de datos es NoSQL. Las proyecciones de mercado son inmejorables, y el pronóstico de crecimiento proyectado alcanza los 3.400 millones de dolares para 2020, con una tasa de crecimiento anual del 21 % para el periodo 2015-2020 [66].

Pero, ¿Qué es NoSQL?. NoSQL proporciona nuevas tecnologías de gestión de datos diseñadas para satisfacer el creciente volumen, velocidad y variedad de datos. Puede almacenar y recuperar datos que están modelados en medios distintos.

Por lo tanto en la actualidad existen dos opciones claras para el almacenado de datos (en nuestro caso, lo orientaremos a la GE). Por un lado, las bases de datos relacionales o SQL y por otro las bases de datos no relacionales NoSQL. Los siguientes puntos destacan algunas de las mayores ventajas e inconvenientes que presentan las bases de datos NoSQL con respecto a las SQL [67][68][69]:

Ventajas

- **No relacional significa sin tablas:** Las bases de datos NoSQL no son relacionales, por lo tanto, muy diferentes de las bases de datos SQL. Esto significa que son más fáciles de administrar y proporcionan un mayor nivel de flexibilidad con los nuevos modelos de datos.
- **Principalmente de código abierto y de bajo coste:** La naturaleza de código abierto de las bases de datos NoSQL las convierte en una solución atractiva para organizaciones pequeñas con presupuestos limitados. Las principales bases de datos NoSQL en el mercado hoy en día, permiten un procesamiento rápido de aplicaciones *Big Data* en tiempo real de manera asequible.
- **Escalabilidad más sencilla gracias al soporte de *Map Reduce*:** Diferentes implementaciones utilizadas a menudo en NoSQL se basan en la escalabilidad elástica como punto a favor con respecto a SQL. Además las bases de datos NoSQL están diseñadas para funcionar a pleno rendimiento incluso en *hardware* de bajo coste.
- **No es necesario desarrollar un modelo de base de datos detallado:** La naturaleza no relacional de una base de datos NoSQL permite a los arquitectos de bases de datos crear rápidamente una base de datos sin necesidad de desarrollar un modelo de base de datos detallado. Esto ahorra mucho tiempo de desarrollo.

Inconvenientes

- **La comunidad no está tan bien definida:** Mientras sigue creciendo rápidamente, la comunidad NoSQL es relativamente nueva y carece de la madurez de la base de usuarios de los motores SQL. Obviamente, NoSQL está creciendo rápidamente, pero por ahora las bases de datos relacionales son difíciles de superar debido a la gran cantidad de aplicaciones y servicios que hacen uso de ellas.
- **Falta de herramientas de generación de informes:** Un problema importante con respecto a las bases de datos NoSQL es la falta de herramientas de generación de informes para el análisis y las pruebas de rendimiento. Sin embargo, los motores SQL, disponen de una amplia gama de herramientas que permiten elaborar informes para comprobar la validez y velocidad de su aplicación.
- **Falta de estandarización:** Para que NoSQL crezca, necesita un lenguaje de consulta estándar como SQL. Esta es una cuestión importante destacada por los investigadores de Microsoft, que afirman que la falta de estandarización de NoSQL puede causar un problema durante la migración. Además la estandarización es importante para que la industria de bases de datos se una en el futuro.

A continuación realizaremos un pequeño estudio de las características y capacidades que ofrecen los principales motores de bases de datos.

Tabla 2.1: Motores de bases de datos más utilizados.

Tipo	Nombre	Desarrollador	Licencia
SQL	Oracle DB	Oracle Corporation	Privada
	MySQL	Oracle Corporation	Pública
	SQL Server	Microsoft	Privada
NoSQL	MongoDB	MongoDB Inc.	Pública
	HBase	Apache	Pública
	Cassandra	Apache	Pública

- **Oracle DB:**

La primera versión del RDBMS de Oracle (Oracle 2), sólo soportaba características básicas de SQL, además estaba escrito en ensamblador. Al año siguiente, y durante los siguientes 10 años, Oracle Corporation lanzó actualizaciones continuas. Posiblemente es una de las razones por

las que el RDBMS de Oracle ha logrado mantenerse en la cima de este tipo de bases de datos, gracias a esto Oracle ha sabido actualizarse según las necesidades del mercado [70].

Actualmente Oracle Database [71] nos permite utilizar sus servicios en diversidad de escenarios, estas son sus características principales [72]:

- Se trata de un sistema de pago, aunque dispone de una versión libre con un conjunto de funciones muy limitado.
- Dispone de tablas temporales persistentes, por lo que deben ser eliminadas por el usuario.
- Dispone de soporte un gran número de tipos diferentes: CHAR, VARCHAR2, NCHAR, NVARCHAR2, BIT, BOOL ...
- Permite bloqueo de tablas y filas.
- Personalización de almacenamiento extensible y flexible.
- Dispone de multitud de mecanismos para facilitar el respaldo y recuperación de la información almacenada.
- Está diseñado principalmente para gestionar tablas y bases de datos a gran escala.

■ SQL Server:

En el año 2000, Microsoft lanzó SQL Server 2000. Esto fue un hito importante para la compañía ya que supuso un replazo total del código original, y sería la base del motor que actualmente utiliza el RDBMS de Microsoft. En la misma línea que Oracle Corporation, Microsoft ha mejorado SQL Server manteniéndolo al día según las necesidades del mercado [73].

Una de las principales características que permitió a SQL Server [74] ser uno de los RDBMS referentes, fue incorporar la compatibilidad con datos XML [75]. Otra de las características importantes es la inclusión de SQL Server *Always On* permitiendo una gestión de datos que disminuye el tiempo de inactividad del usuario, además ofrece soporte para datos estructurados y semiestructurados, compresión mejorada y varios complementos para permitir la compatibilidad con multitud de productos del mercado [76].

Las características principales que ofrece SQL Server son las siguientes [77]:

- Se trata de un sistema de pago, dirigido a entornos corporativos y/o empresariales.

- Dispone de soporte completo para las expresiones más comunes en operaciones SQL.
- Requiere conocimientos específicos en bases de datos y configuración no necesarios en otras herramientas.
- Permite el ajuste de roles de seguridad para permitir el acceso o modificación de datos específicos.
- Utiliza un motor ligeramente más lento y pesado con respecto a sus competidores, pero totalmente compatible con Atomicity, Consistency, Isolation and Durability (ACID).
- Tiene un sistema de informes muy completo.
- Dispone de un alto grado de control sobre transacciones y procedimientos.
- La comunidad no es excesivamente activa, y no dispone de mucho soporte en línea.
- Permite cambios de esquemas sin bloquear las tablas.
- Ofrece más que un motor de bases de datos, es un conjunto de herramientas que permite realizar infinidad de tareas.

■ MySQL:

Hay dos diferencias principales de MySQL en comparación con Oracle Y SQL Server: No se desarrolló originalmente para un uso comercial, y es una base de datos de código abierto. MySQL fue desarrollado a raíz de utilizar mini SQL (mSQL) y experimentar la necesidad de una interfaz mucho más potente. Inicialmente MySQL utilizó una Application Programming Interface (API) de mSQL y se introdujeron mejoras de velocidad, almacenamiento, búsqueda de texto completo, portabilidad e internacionalización.

MySQL se diferencia de sus competidores, en que es una base de datos de código abierto. Ha sido actualizada gracias a un movimiento en colaboración y actualmente es uno de los motores RDBMS más utilizados. Según informes diferentes informes existen más de 10 millones de instalaciones de MySQL [78].

Sus principales características que le permiten competir con otros RDBMS son las siguientes [79] [80]:

- Se trata de una aplicación de código abierto.
- Es compatible con una amplia gama de motores e interfaces. Y es considerada una de las bases de datos más maduras del mercado.

- Es ligera.
- Se trata de una de las herramientas de bases de datos más populares, por lo que dispone de infinidad de ejemplos y soporte en línea.
- Las tablas temporales sólo son visibles dentro de la sesión activa, y se eliminan automáticamente al cerrar la sesión.
- No cumple al 100 % ACID.
- Dispone de un set de tipos muy amplio con más de 20 tipos diferentes de datos: numéricos, fechas, textos, caracteres...
- Tiene bloqueo de tablas
- No es tan completo como otros motores utilizando tablas *view*.
- Ofrece una personalización limitada del almacenamiento.
- Sus herramientas de administración son muy potentes.
- Dispone de dos mecanismos de respaldo: `mysqldump` y `mysqldump`.
- El rendimiento que ofrece a gran escala es limitado.
- La seguridad es limitada en comparación con otros RDBMS.
- Ofrece mejor rendimiento en cargas transaccionales que en cargas analíticas.

■ MongoDB:

MongoDB [81] inició su desarrollo en 2007 por la compañía 10gen. Consiste en una base de datos orientada a documentos. Todos los datos en MongoDB se tratan en formato JavaScript Object Notation (JSON) / Binary JSON (BSON). Permite métodos de replicación para hacer múltiples copias de datos a través de servidores facilitando y acelerando la integración de datos en determinados tipos de aplicaciones [82].

MongoDB combina lo mejor de las bases de datos relacionales con las innovaciones de las tecnologías NoSQL, ya que mantiene la consistencia de los datos, y un lenguaje de consulta expresivo. Como resultado se pueden desarrollar aplicaciones altamente funcionales más rápido que por medio de bases de datos NoSQL puras [83].

Además proporciona flexibilidad de los modelos de datos, mejorando la escalabilidad elástica y el alto rendimiento [84].

Sus características principales son [85][86]:

- Se trata de una aplicación de código abierto.

- Conserva algunas propiedades interesantes de SQL (consultas, índices...)
- Utiliza el estándar JSON.
- Permite replicación.
- Las consultas se ejecutan a través de funciones javascript en el lado del servidor.
- Permite balanceo de carga para optimización de configuraciones y rendimiento.
- Dispone un registro diario para consulta de estados y errores.
- Dispone de actualizaciones y versiones frecuentes.

■ HBase:

Apache HBase [87] es una base de datos *Wide-column* basada en Apache Hadoop [88] y en conceptos de BigTable [89][90].

Fue desarrollada por Apache en 2006, y consiste en un almacén de datos clave-valor ejecutado sobre Hadoop Distributed File System (HDFS) [91]. Soporta cuatro operaciones principales: agregar o actualizar filas, escanear para recuperar un rango de celdas, devolver las celdas de una fila específica y eliminar. Dispone además de control de versiones para recuperar valores anteriores de datos. Y aunque incluye tablas, solo requiere un esquema para tablas y familias de columnas, pero no para columnas individuales [92].

Por otro lado HBase esta indicado para consultas en tiempo real de *Big Data*. Facebook lo utiliza para la mensajería y el análisis en tiempo real [93][94]. Y permite tanto una arquitectura centralizada, cómo en *clúster* para proporcionar escalabilidad y disponibilidad a los datos [95].

Sus características principales son [96]:

- Se trata de una aplicación de código abierto.
- Es capaz de manejar miles de millones de filas por millones de columnas.
- Accesible a través de los protocolos HTTP Y Representational State Transfer (REST)
- Está basado en el modelo de BigTable de Google.
- Utiliza HDFS como almacenamiento.
- Está optimizado para consultas en tiempo real.

- Soporta XML y datos binarios.
- Permite balanceo de carga para optimización de configuraciones y rendimiento.
- Alto rendimiento en accesos aleatorios como MySQL.

■ Cassandra:

Cassandra [97] es una base de datos *Wide-column* basada en BigTable y DynamoDB [98] [99].

Fue desarrollado por Apache en 2008, y es el sistema de gestión de base de datos distribuido NoSQL, que gestiona muchas de las aplicaciones actuales [100], ofreciendo disponibilidad continua, alta escalabilidad y rendimiento, seguridad y simplicidad [101].

Cassandra tiene una arquitectura descentralizada. Cualquier nodo puede realizar cualquier operación, proporcionando un alto rendimiento en lecturas de una sola fila. Por tanto este sistema es adecuado para realizar consultas de una fila o para seleccionar varias filas en función de un índice de valor en una columna [102].

Un punto negativo de este Cassandra es que los nodos no soporta agregados, por lo que el cliente debe proporcionar esta funcionalidad o utilizar otras herramientas [103].

Sus características principales son [104]:

- Se trata de una aplicación de código abierto, con licencia Apache.
- Utiliza lo mejor de BitTable y Dynamo.
- Permite replicación por nodos.
- Dispone de consultas por columna y rango de claves.
- Tiene índices secundarios
- Las escrituras son mucho más rápidas que las lecturas.
- Uso algo complejo debido a la necesidad de aprender *Apache Query Language*.
- Permite balanceo de carga para optimización de configuraciones y rendimiento.
- Alto rendimiento operaciones de registro.

Tras este pequeño estudio, podemos concluir en que cada una de las herramientas de bases de datos mencionadas, disponen de funcionalidades y enfoques diferentes. Dependiendo de las necesidades de nuestra plataforma, ya sea con

respecto a estructuración, volumen de datos o rendimiento, se deberá elegir la base de datos que mas se adapte a los requerimientos del proyecto. Y en muchas ocasiones no será única la solución elegida.

Por lo tanto un aspecto importante en el diseño de la plataforma y que podemos observar de forma recurrente en diferentes libros, artículos y ejemplos de arquitecturas interoperables [105][106][107], es intentar abstraer todo lo posible la capa de acceso a datos, permitiendo utilizar distintas bases de datos. Esto nos permitirá poder realizar tests de rendimiento, con los que seremos capaces de optimizar al máximo el comportamiento de la plataforma.

2.4. Sistemas de información y aplicaciones

Por último, pero no menos importante, en esta sección vamos a hacer un repaso de los diferentes sistemas de información y aplicaciones que se utilizan o podrían utilizarse, para mejorar la coordinación de actividades en la GE y la optimización de los procesos de recuperación y reconstrucción [108]. Como veremos algunas de ellas pueden ser validas en ambas fases y por lo tanto serán utilizadas en los dos casos de uso plateados en los Capítulos 4 y 5.

- **InaSafe:**

InaSAFE[109] es un *software* libre de código abierto desarrollado en 2012, que proporciona de forma sencilla pero rigurosa la capacidad de combinar datos procedentes de diferentes fuentes de información, científicas, gubernamentales y comunidades de estudio, sobre posibles impactos que pueden producir futuros desastres. El software se centra en examinar, en detalle, los impactos que se producirían en un lugar específico tras un incidente. InaSAFE se ha desarrollado como un complemento de Quantum Geographical Information System (QGIS) [110] para permitir a los usuarios finales no sólo completar un análisis de impacto de un desastre, sino también realizar un análisis geográfico adicional, utilizando el conjunto de herramientas que ofrece QGIS. El software incluye una interfaz simple que permite a los administradores de desastres y otros usuarios de la aplicación, crear de forma sencilla mapas de impacto para informar y planificar situaciones de emergencia.

InaSAFE puede procesar tres tipos de datos de entrada: peligro, exposición y agregados. Todos los datos pueden ser datos vectoriales o en crudo. Además, actualmente, InaSAFE es capaz de analizar cuatro tipos de peligro (inundación, tsunamis, terremoto y volcán) y tres datos de exposición (población, edificios, e infraestructuras). Los datos de peligro se refieren a escenarios de desastres singulares, eventos poco frecuentes y también

eventos frecuente. Es importante señalar que InaSAFE no es una herramienta de modelado de riesgos. Los datos que se visualizan presentan el recuento de población en cierto área o infraestructura importante. Los datos de agregados proporcionan opciones para dividir el resultado de los análisis por áreas, como pueden ser los diferentes distritos. Esta característica puede ayudar a los gobiernos locales a comprender un impacto específico de su distrito.

El análisis de InaSAFE funciona con la combinación de una capa de riesgo y una capa de exposición. Esto permite la superposición de dos capas con las que se puede calcular si un edificio se caería en un terremoto, basándose en información de la estructura del edificio. La salida del análisis ofrece una capa de información georeferenciada en un mapa de QGIS y un informe con la estimación del impacto producido en el área afectada.

■ **WebGIS:**

WebGIS es un cliente Geographic Information System (GIS) desarrollado por EGEOS [111], esta formado por un servidor de datos espaciales de código abierto llamado MapServer [?] donde se almacenan las capas con información geográfica, un interfaz web javascript para la visualización de la información almacenada y un módulo PostGIS que añade soporte de objetos geográficos.

Por otro lado WebGIS es capaz de acceder y mostrar información georeferenciada a través de los servicios web estándar Open Geospatial Consortium (OGC) como Web Coverage Service (WCS), Web Map Service (WMS) y Web Feature Service (WFS) [112], procedentes de herramientas de terceros.

■ **EDEN:**

End-user driven DEMo for cbrNE (EDEN) [113] es un proyecto Europeo financiado por el programa Seventh Framework Programme (FP7) de investigación y desarrollo. Consiste en una plataforma *software* que proporciona medidas de seguridad para prevenir y gestionar posibles daños causador por materiales Chemical, Biological, Radiological, Nuclear and Explosive (CBRNE) durante ataques terroristas o accidentes ambientales. Se han llevado a cabo diferentes ejercicios y simulaciones en terreno internacional, con la participación de algunos centros de investigación internacionales.

Fue financiado con un fondo de 36.5 millones de euros y está compuesto por un consorcio de 38 socios, entre ellos universidades, organizaciones de

investigación y tecnología, usuarios finales, pequeñas, medianas y grandes empresas, en su mayoría de Europa.

En realidad, EDEN es la integración de los resultados obtenidos en proyectos de investigación anteriores, dentro del ámbito de CBRNE, es decir, la amenaza que suponen los ataques terroristas e incidentes ambientales, que se han convertido en situaciones de interés debido a los recientes acontecimientos.

Uno de los resultados del proyecto es el *EDEN Store*, una plataforma de software específica desarrollada para integrar herramientas, protocolos y procedimientos innovadores para prevenir y mitigar el riesgo de la liberación accidental o deliberada de materiales CBRNE. La plataforma *EDEN Store* es un sistema referencia para seleccionar herramientas específicas que permiten gestionar las diversas fases de una situación de emergencia.

■ **Google Crisis Response:**

Google Crisis Response [114] es un set de herramientas desarrolladas y proporcionadas por Google que permiten evaluar la gravedad y alcance de un desastre. Estas herramientas proporcionan información de interés durante y después de la emergencia. Pudiendo proporcionar enlaces de interés para donaciones, información de contacto, mapas que permitan localización de puntos de interés etc.

Aunque el set de herramientas contiene varias aplicaciones que cubren diversas necesidades, se han identificado en concreto tres herramientas directamente relacionadas con la GE:

• **Google Public Alerts:**

Google Public Alerts (GPA) [115] es la plataforma de Google que permite la difusión de mensajes de emergencia, como notificaciones de evacuación, envío de avisos preventivos etc. Estos mensajes siguen el formato CAP [116] que es compatible con infinidad de aplicaciones, por lo que cualquier sistema capaz de manejar este estándar podría consumir y publicar alertas a través de la plataforma.

El sistema se encuentra conectado con otras herramientas de Google como *Google Search*, *Google Maps* y *Google Now* en dispositivos Android. Por medio de esta última es posible recibir notificaciones en un *SmartPhone* si se tiene habilitado el servicio y la geolocalización.

• **Google Crisis Map:**

Google Crisis Map (GCM) [117] es un sistema de visualización de información georeferenciada basado en Google Maps. Permite a las

personas encontrar y utilizar información de emergencia de forma sencilla cuando más se necesita.

Los mapas en línea incluyen imágenes satélite actualizadas e información disponible de actualizaciones meteorológicas, zonas de inundación, rutas de evacuación, lugares de refugio etc.

Por otro lado el servicio permite crear y compartir mapas personalizados con información de interés que puede ser relevante en diferentes fases en la GE.

- **Google Person Finder:**

Google Person Finder (GPF) [118] es una aplicación web que permite a los usuarios publicar y buscar información acerca del estado de familiares o amigos afectados por un desastre. La aplicación también permite a las agencias de prensa, agencias no gubernamentales y otras personas contribuir a la base de datos y recibir actualizaciones a través de una API basada en el estándar abierto People Finder Interchange Format (PFIF) [119].

También dispone de *plugins* para incorporar GPF en cualquier sitio web, ya que se trata de un software de código abierto. El motor de la aplicación se ejecuta dentro de la plataforma Google App *Engine* otorgando la capacidad de ser compatible con más de 40 idiomas.

- **Sensor Observation Service:**

Sensor Observations Service (SOS) [120] es un estándar aprobado por el OGC. El estándar define una interfaz de servicio web para el descubrimiento y recuperación de datos en tiempo real o archivados, producidos por todo tipo de sensores, ya sean móviles o fijos, así como locales o remotos.

Los datos que ofrece el servicio con respecto a un sensor, pueden ser observaciones o descripciones que contienen metadatos como información de calibración, posiciones, etc. Las observaciones se devuelven codificadas como Observaciones, mientras que la información relacionada con los metadatos de los sensores se devuelve en el formato SensorML [121] o Transducer Markup Language (TML) [122]. Compatible con otros estándares definidos por OGC y otros organismos.

SOS ofrece una amplia gama de capacidades interoperables para descubrir, unir y consultar sensores individuales, plataformas de sensores o constelaciones de sensores en red para entornos en tiempo real, archivados o simulados.

- **Open Weather Map:**

Open Weather Map (OWM) [123] es un servicio web desarrollado por Extreme Electronics LTD. que proporciona información meteorológica. Incluye datos meteorológicos actuales, pronósticos e históricos. El servicio es capaz de proporcionar información a través de una API tanto a servicios web, como a aplicaciones móviles o de escritorio.

Por otro lado, OWM un sistema basado en la contribución de usuarios conectados a una red social, en la que participan propietarios de estaciones meteorológicas, consiguiendo con ello aumentar la precisión de los datos meteorológicos.

La API que proporciona OWM, es compatible con llamadas JSON, XML y HTML y permite realizar de forma gratuita hasta 60 consultas por minuto. Si el sistema que realiza peticiones necesita una frecuencia de consulta mayor, dispone de suscripciones de pago.

■ **COPERNICUS:**

COPERNICUS [124] es un programa de la UE que tiene como objetivo desarrollar servicios de información basados en la observación por satélite de la tierra.

Proporciona servicios casi en tiempo real de datos a nivel mundial, estos datos pueden ser utilizados para necesidades locales y nacionales.

COPERNICUS ofrece sus servicios gracias a un conjunto de satélites dedicados (de la familia Sentinel) y a contribuciones de otros servicios comerciales y públicos. Los satélites Sentinel [125] están diseñados específicamente para satisfacer la necesidades de los servicios de COPERNICUS. Desde el año 2014 (fecha en la que se puso en órbita el primer satélite Sentinel-1A) se ha puesto en marcha el lanzamiento de más satélites que llegarán a los 20 antes del 2030.

Los servicios que ofrece COPERNICUS transforman los datos que proporcionan los satélites en información de valor añadido procesando y analizando los datos, comparándolos con datos almacenados y procesados durante décadas, asegurando así el seguimiento de los cambios y proporcionando mejores pronósticos. Además proporciona servicios de identificación de características y anomalías para el cálculo de estadísticas.

La información proporcionada por los servicios de COPERNICUS, puede ser utilizada por los usuarios finales para una amplia gama de aplicaciones en distintas situaciones. Incluyendo gestión de espacio urbano, desarrollo sostenible y protección de la naturaleza, planificación regional y local, protección civil etc.

- **Geo-Crowdsourcing:** Geo-Crowdsourcing [126] es un servicio que proporciona datos procedentes de diferentes redes sociales como Twitter, Instagram, YouTube. Realiza un escaneo de todos los mensajes publicados en diferentes redes sociales, en base a parámetros de filtrado que pueden ser: filtro por contenido, filtro temporal o filtro geográfico.

Dispone de una API capaz de realizar consultas en formato JSON o XML. El resultado es un listado de mensajes que cumple con las condiciones establecidas en el filtro de la petición realizada. Además dispone de un servicio de suscripción en el que se recibe una notificación si se publica un mensaje que cumple con los parámetros de filtrado.

- **LIWO:**

LIWO es un servicio de información sobre el nivel del agua e inundaciones de los Países Bajos. Dispone de capas con información georeferenciada, para profesionales y servicios públicos, necesarios en la preparación de inundaciones y en los procesos de mejora de vías para la evacuación. Además, esta información puede ser utilizada para la adaptación de espacios y en la mejora y fortalecimiento de infraestructuras.

LIWO [127] esta basado en un servidor GeoServer que permite compartir y editar datos geoespaciales. Por lo tanto es capaz de hacer pública la información almacenada, a través de diversos estándares de código abierto OGC como WMS,WCS y WFS, permitiendo a diferentes GIS su visualización.

- **EFAS:**

European Flood Awareness System (EFAS) [128] es un proyecto de la UE para mejorar la preparación ante inundaciones en toda Europa.

EFAS dispone de una red de sensores que proporciona datos hidrológicos, procedentes de diferentes centros con información georeferenciada de posibles zonas de inundación, zonas de evacuación, niveles de ríos etc.

El sistema dispone de una API que proporciona una serie de servicios para consultar el nivel hidrográfico por sensor o por zona geográfica. Además dispone de un servicio para consultar estadísticas y eventos pasados y otro de notificación para alerta temprana de inundación, con hasta 10 días de anticipación basándose en los niveles registrados y en previsiones meteorológicas.

- **SECPLAN:**

Es una aplicación desarrollada por Thales Research and Technology (TRT) [129] que proporciona servicios de valor añadido en la gestión colaborativa de la crisis al personal de primeros auxilios.

SECPLAN realiza funciones de apoyo a la decisión, basándose en la información introducida sobre el estado de la crisis. Como resultado proporciona planes de mitigación que pueden ayudar a la toma de decisiones en las distintas fases de la GE.

Dispone de un interfaz que permite modificar parámetros de configuración para optimizar los planes de mitigación generados.

■ **Impact Reduction Mapping System:**

Impact Reduction Mapping (IRM) *System* es una aplicación software privada desarrollada por EGEOS, que se utiliza para calcular la geometría y estadísticas relativas a los impactos que afectan activos de interés (Edificios, carreteras, recursos, etc.) en una situación de emergencia (inundaciones, terremotos, tsunamis, huracanes, etc.), ya sea real o simulada.

Este sistema supone que existe información georeferenciada que representa un evento catastrófico y que los activos de interés geo-referenciados. Esta información puede ser proporcionada por sistemas de terceros como el sistema de monitorización COPERNICUS, capaz de proporcionar información vectorial de la zona de interés, o como el servicio ReliefWeb que proporciona información de estadísticas de población, ocupación de zonas pobladas etc.

El servicio IRM, no sólo permite calcular la intersección de información geográfica de la zona de interés, si no que también permite generar estadísticas precisas sobre el daño real o simulado del área afectada.

■ **B2M:**

Business to Mobile (B2M) [130] es una plataforma de mensajería y comunicación por SMS desarrollada por Saadian Technologies. Está basada en WS para permitir máxima versatilidad en el sistema. El sistema proporciona diferentes servicios como notificaciones masivas, generación de recordatorios, de evento y citas, respuesta a emergencias y gestión de crisis.

Por otro lado proporciona un servicio de multi-conferencia por medio de la red móvil (GSM o 3G), que permite a múltiples usuarios realizar llamadas grupales con su teléfono móvil.

■ **GDACS:**

GDACS [131] es una iniciativa conjunta de la Oficina de Naciones Unidas para la Coordinación de Asuntos Humanitarios (UNOCHA) [132] y la UE que sirve para consolidar y mejorar la difusión de información en un escenario de crisis.

CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE

Consiste en un portal web donde se centraliza toda la información registrada de desastres naturales. Dispone de servicios de notificación y alertas por correo electrónico, fax y SMS a personal suscrito a sus servicios.

■ **ReliefWeb:**

ReliefWeb [133] es el portal de información humanitaria más grande del mundo. Fue fundado en 1960 y alberga mas de 500.000 informes de situación humanitaria, comunicados de prensa, evaluaciones, mapas, estadísticas etc. El portal fue diseñado específicamente para ayudar a la comunidad humanitaria internacional en la distribución de información en situaciones de emergencia.

ReliefWeb difunde información humanitaria actualizada a través de su sitio web las veinticuatro horas del día. Además ofrece servicios de suscripción por correo electrónico y redes sociales con más de 168.500 suscriptores.

Por otro lado ReliefWeb proporciona una API que permite realizar consultas a los datos almacenados en el portal, y suscribirse a las notificaciones.

■ **MYRIAD:**

MYRIAD [134] es una herramienta de ayuda a la toma de decisiones multi-criterio desarrollada por TRT para ayudar en las situaciones de decisión complejas mediante el apoyo a la evaluación, basada en el riesgo de situaciones y posibles cursos de acción. Su objetivo es captar las preferencias del tomador de decisiones con respecto a varios parámetros en base a criterios múltiples y conflictivos.

MYRIAD enfoca el apoyo a la decisión desde un punto de vista metódico de dos partes.

- Fase de modelización, donde se construye una función de evaluación multi-criterio a partir de experiencias pasadas.
- Fase de explotación, donde se ejecuta el modelo diseñado en cualquier momento que se necesite una decisión.

El resultado obtenido en la fase de explotación, es una serie de proyectos de recuperación ordenados según los criterios establecidos. Los proyectos contienen la priorización de las tareas a ejecutar para conseguir el proceso de recuperación más optimo y eficaz.

■ **Ne.on Advance:**

2.4 Sistemas de información y aplicaciones

Ne.on Advance [135] es un sistema de mando y control desarrollado por Thales Programas. Ofrece una solución de última generación completa de mando y control tanto para uso civil como uso militar.

Ne.on Advance proporciona diferentes funcionalidades de interés en una GE, entre ellas:

- Visualización de información georeferenciada a través de su GIS integrado.
- Predicción de áreas afectadas por incidentes radiológicos.
- Herramientas para el análisis y cálculo de perfiles por incidentes radiológicos.
- Consulta y visualización de información en sensores.

CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE

Capítulo 3

Especificación de arquitectura

3.1. Introducción

Este capítulo tiene como objetivo principal, la descripción general de la arquitectura de interoperabilidad propuesta, que se utilizará en los casos de uso SECTOR y DESTRIERO. La arquitectura deberá cumplir con los objetivos planteados en la tesis y al mismo tiempo cubrir las necesidades y requisitos planteados en los dos proyectos de investigación. Por otro lado, la arquitectura permitirá la interoperabilidad de distintos sistemas, garantizando las prestaciones y funcionalidades que ofrecen cada uno de ellos, tratando de seguir siempre que sea posible modelos y diseños estándar.

La definición de la arquitectura tiene como objetivo la unificación de los requerimientos actuales así como permitir la incorporación de nuevos requisitos si fuese necesario. Por lo tanto su definición debe proporcionar flexibilidad. Para esta tesis se ha desarrollado una arquitectura de interoperabilidad adaptada a las herramientas disponibles en la actualidad, pero permite la incorporación de nuevos sistemas de información y servicios sin la necesidad de modificar los componentes principales de la arquitectura.

Para el diseño de la arquitectura se han tenido en cuenta los usuarios finales del sistema, los objetivos y los requerimientos funcionales de ambos proyectos, sin embargo la arquitectura se ha diseñado con el objetivo de poder utilizarse en diversos entornos de funcionamiento.

3.2. Visión general de la arquitectura

La arquitectura está basada en una red de comunicaciones y una capa *middleware*, que posibilita a los SI compartir información sin tener en cuenta el modelo de datos que utilicen. Los diferentes sistemas que se conectan a la plataforma, utilizan formatos de datos y servicios propietarios, por lo que es necesario adaptar la información que proviene de ellos al modelo de datos que utiliza la plataforma.

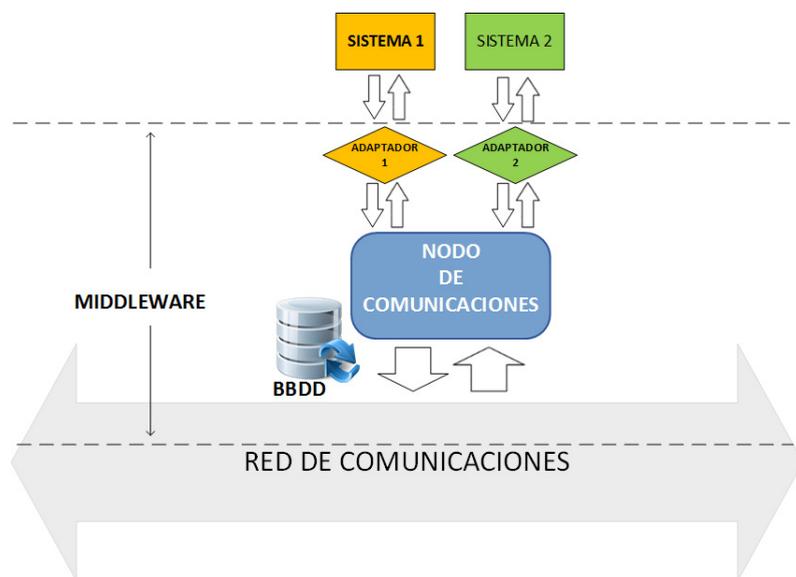


Figura 3.1: Arquitectura de interoperabilidad.

La Figura 3.1 muestra un esquema simplificado de la arquitectura propuesta. En ella, se pueden observar los componentes principales necesarios para conseguir la interoperabilidad entre los diferentes sistemas conectados a la plataforma. Por otro lado la red de comunicaciones proporciona a la arquitectura la capacidad de ser distribuida. Con esto conseguimos que diferentes nodos puedan compartir información y distribuir la carga de proceso.

A continuación, en las siguientes secciones se detallará el funcionamiento de cada uno de los componentes principales, los modelos de datos aplicables y las diferentes configuraciones posibles de la arquitectura propuesta.

3.2.1. Nodo de comunicaciones

Los nodos de comunicaciones son la puerta de entrada a la plataforma que permite el intercambio de información. Entre sus principales funcionalidades está la de ofrecer un servicio de registro para usuarios y sistemas, así como la de proporcionar servicios de notificación para informar a los diferentes sistemas conectados al nodo de cualquier cambio realizado en la plataforma (nuevos sistemas registrados, inserciones y modificaciones en la base de datos, actualizaciones en las direcciones de acceso a servicios ...).

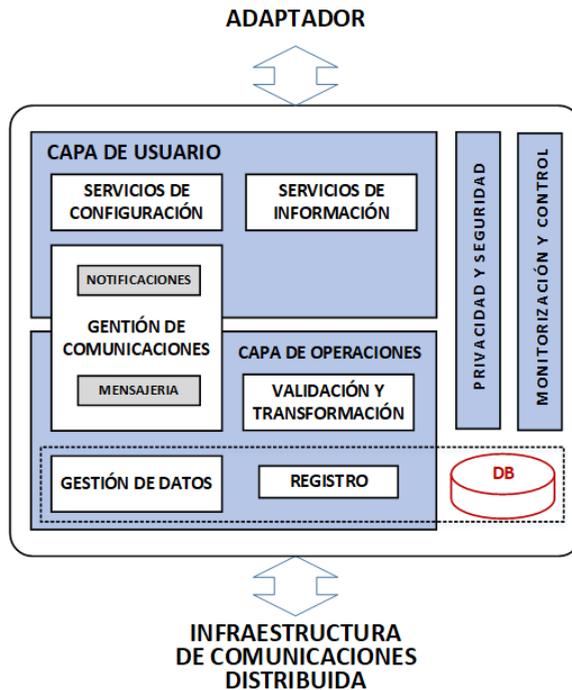


Figura 3.2: Nodo de comunicaciones.

La Figura 3.2 muestra un diagrama de bloques que resume la arquitectura interna de un nodo de comunicaciones. En el se pueden observar los componentes mínimos necesarios para el funcionamiento de la arquitectura planteada:

- **Capa de usuario**

Contiene todos los servicios de acceso público expuestos por el nodo. Entre sus principales funciones se encuentran las de ofrecer servicios de

CAPÍTULO 3. ESPECIFICACIÓN DE ARQUITECTURA

información para el intercambio de datos entre la plataforma y los adaptadores, ofrecer servicios de configuración que permiten el registro de usuarios y sistemas en la plataforma y ofrecer servicios de suscripción a notificaciones, para que los adaptadores reciban alertas de los cambios realizados en el nodo por parte de los SI registrados u otros nodos.

■ Capa de operaciones

Encargada de gestionar las funciones internas del nodo, como la validación y transformación de datos entre capas del nodo, gestionar las operaciones Create, Read, Update and Delete (CRUD) de la base de datos a través del módulo de gestión de datos, gestionar los servicios de mensajería que permiten la comunicación entre nodos y gestionar el registro de usuarios y sistemas en la base de datos.

■ Módulo de privacidad y seguridad

Expone servicios de autenticación y acceso al nodo, además de gestionar la creación y comprobación de certificados para conexiones seguras. Dependiendo del nivel de seguridad requerido por la plataforma, este módulo ofrece diferentes modos de trabajo y configuraciones editables en la fase de despliegue de la plataforma.

■ Módulo de monitorización y control

Dispone de servicios para la monitorización y control del nodo. Permite obtener información de log de los procesos que se están ejecutando para comprobar el rendimiento del sistema, así como configurar la priorización de tareas y establecer modos de mantenimiento en el caso de necesitar respaldos y actualizaciones.

Teniendo en cuenta los diferentes escenarios y herramientas que se pueden conectar a la plataforma, el diseño planteado permite la implementación de componentes adicionales que permitan el acceso a servicios específicos.

En los casos de uso propuestos de los Capítulos 4 y 5, se definirán los componentes desarrollados según las necesidades de cada una de las plataformas.

3.2.2. Adaptadores de interoperabilidad

Los adaptadores de interoperabilidad son los responsables de convertir la información procedente del SI para el que se ha diseñado, al modelo de datos común establecido en la plataforma, permitiendo así la comunicación y el intercambio de información entre sistemas.

Cada adaptador dispone de un interfaz hacia el SI y otro hacia el nodo, que permiten la comunicación hacia ambos sentidos.

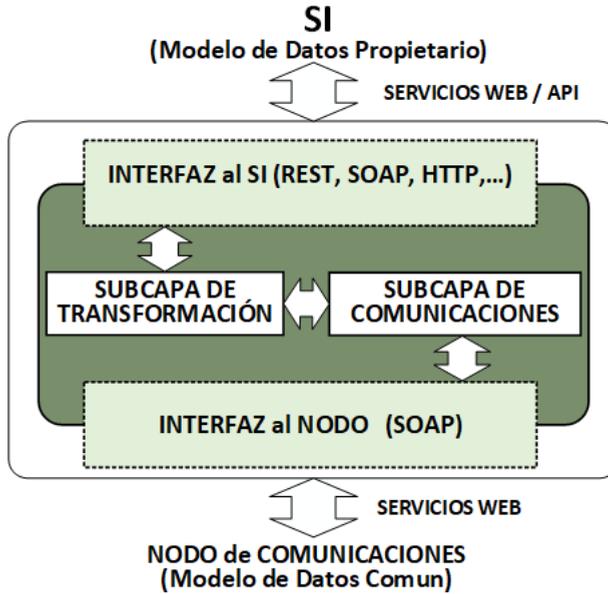


Figura 3.3: Adaptador de interoperabilidad.

Como vemos en la figura 3.3, en el extremo de acceso al nodo, el adaptador dispone de un interfaz para la comunicación con la plataforma por medio del protocolo SOAP. Se trata de un protocolo estándar que permite a dos sistemas independientes comunicarse a través del intercambio de datos XML.

En el otro extremo del adaptador, se puede identificar un interfaz que gestiona la comunicación con el SI. El interfaz deberá ser diseñado acorde con las especificaciones requeridas por el sistema propietario (REST, SOAP, HTTP...) y será más o menos fácil su integración dependiendo si el SI proporciona WS, una API o se debe desarrollar un modo para interoperar desde cero.

Por otro lado, el adaptador dispone una capa de transformación encargada de convertir los datos procedentes del SI al modelo de datos común definido en la plataforma, y encapsularlos en el cuerpo del mensaje XML que se transmite. Y otra capa para definir la comunicación entre interfaces.

3.2.3. Subred de comunicaciones

Debido a que la arquitectura propuesta permite la interconexión de sistemas que utilizan modos de comunicación diferentes, se ha implementado un bus

CAPÍTULO 3. ESPECIFICACIÓN DE ARQUITECTURA

de comunicaciones que permite tanto conexiones basadas en Publish-subscribe (Publicación suscripción) como en Request-reply (Petición-respuesta).

■ Publish-suscribe

Este modo de comunicación permite el intercambio de datos entre varios sistemas por medio de un mecanismo de publicación y suscripción. Se define una serie de temas mediante los cuales la información puede ser catalogada, y permite a los publicadores, envían información al bus de comunicaciones añadiendo uno de los temas como etiqueta. Por otro lado los sistemas reciben información siempre que estén suscritos al tema de la etiqueta asociada.

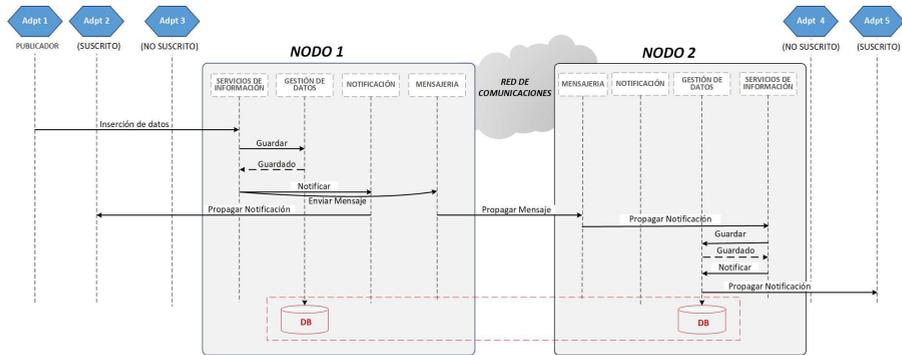


Figura 3.4: Flujo de datos por Publish-suscribe.

El diagrama de la Figura 3.4 muestra el flujo de los datos si un adaptador inserta información en la plataforma por medio del modo de publicación-suscripción. Los pasos que sigue son:

1. El adaptador 1 consume los servicios de información para insertar los datos en la plataforma.
2. El módulo de servicios de información almacena los datos en la base de datos por medio del módulo de gestión de datos.
3. El módulo de servicios de información inicia un proceso de notificación a los adaptadores locales suscritos por medio del módulo de notificación.
4. El módulo de servicios de información propaga la información a los demás nodos por medio del módulo de mensajería.
5. El módulo de mensajería del nodo 2 propaga la información recibida a los servicios de información del nodo 2.

6. El módulo de servicios de información del nodo 2 almacena los datos en la base de datos por medio del módulo de gestión de datos del nodo 2.
7. El módulo de servicios de información notifica a los adaptadores locales suscritos por medio del módulo de notificación.

■ Request-reply

Este modo de comunicación se utiliza para establecer un intercambio de datos o consumo de servicios entre dos sistemas. En él un sistema realiza una petición a otro, el cual genera una respuesta que devuelve al emisor.

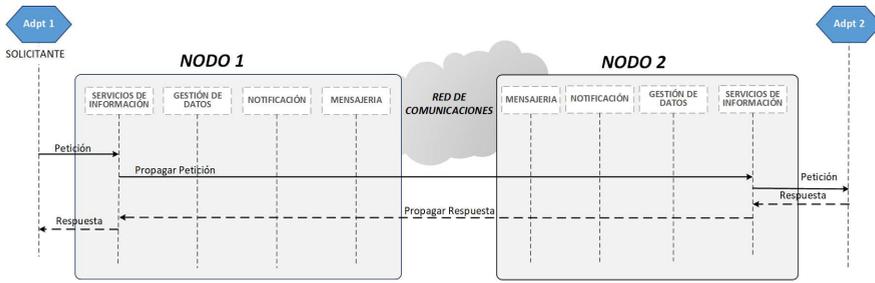


Figura 3.5: Flujo de datos por Request-reply.

El diagrama de la Figura 3.5 muestra el flujo de los datos si un adaptador realiza una petición de un servicio / datos que proporciona otro adaptador desplegado en otro nodo. Los pasos que sigue son:

1. El adaptador 1 realiza una petición a través de los servicios de información de su nodo.
2. El módulo de servicios de información comprueba que el servicio / datos requerido no se encuentra en el nodo local.
3. El módulo de servicios de información comunica con el módulo de servicios de información del nodo que puede proporcionar el servicio / datos.
4. El módulo de servicios de información del nodo 2 realiza la petición al adaptador 2.
5. El adaptador 2 devuelve la respuesta al módulo de servicios de información del nodo 2.
6. El módulo de servicios de información del nodo 2 devuelve la respuesta al módulo de servicios de información del nodo 1.

7. El módulo de servicios de información del nodo 1 devuelve la respuesta al adaptador 1.

Además, este modo de comunicación permite ser combinado con el modo Publish-suscribe. Si una vez recibida la respuesta, los datos que contiene se consideran de interés para el resto de sistemas, se puede utilizar el modo de Publish-suscribe para almacenar la información en la plataforma y notificar a los adaptadores suscritos.

3.3. Modelos de datos

El modelo de datos es una parte importante a tener en cuenta en la definición de la arquitectura. Como hemos visto en el Capítulo 2 existen una gran cantidad de modelos más o menos estándar para el intercambio de información. Todos ellos ofrecen la definición de un gran número de objetos que serán de utilidad en la definición de una taxonomía común.

Tras un estudio de las diferentes opciones que podemos encontrar y descartando la definición de un modelo de datos propietario, ya que la intención es tratar de utilizar modelos estándar que permitan la interoperabilidad y compatibilidad con futuros sistemas. Se ha dotado a la plataforma de la flexibilidad necesaria para utilizar el modelo de datos que más interese según el ámbito de trabajo en el que se vaya a utilizar.

3.3.1. Comparativa

En esta sección se resume el análisis realizado comparando cuatro modelos estándar de intercambio de información, EDXL, EMERGEL, JC3IEDM y NIEM teniendo en cuenta los criterios de extensión, cobertura, adopción y capacidad de actualización. Durante el análisis realizado se han tenido en cuenta los estándares de la siguiente manera:

- EDXL: Una selección de estándares EDXL (DE, RM, HAVE, Situation Reporting (SitRep), Tracking of Emergency Patients (TEP), CAP).
- EMERGEL: Modelo de datos principal, descartando los módulos verticales (60.000 elementos no relevantes).
- JC3IEDM: Modelo completo de datos JC3IEDM.
- NIEM GE: Modelo de datos principal NIEM combinado con el dominio de gestión de emergencias.

Tabla 3.1: Extensión de los modelos analizados.

Criterio	EDXL	NIEM EN	EMERGEL	JC3IEDM
Número de conceptos	270	430	97	280
Número de atributos	1100	1700	44	1500

(a) Extensión

En general, los modelos de datos para el intercambio de información estándar, consisten en conceptos para representar entidades con una serie de atributos. Aunque este tipo de comparación no es concluyente, el número total de conceptos y atributos dan una idea de la extensión del modelo.

(b) Cobertura

Tabla 3.2: Cobertura de entidades para GE en los modelos analizados.

Criterio	EDXL	NIEM EN	EMERGEL	JC3IEDM
Cobertura total de la taxonomía	27 %	38 %	7 %	35 %
Actores (11 %)	60 %	70 %	20 %	60 %
Activos (7 %)	5 %	50 %	5 %	50 %
Gestión de crisis (32 %)	20 %	40 %	5 %	40 %
Tipos de datos (16 %)	10 %	10 %	10 %	10 %
Entorno (14 %)	10 %	5 %	5 %	10 %
Mensajería (5 %)	50 %	60 %	5 %	50 %
Base de conocimientos (5 %)	5 %	5 %	2 %	5 %
Recursos (8 %)	90 %	90 %	5 %	70 %
Permite extensión	-	✓	-	✓

La cobertura de los elementos necesarios en la GE, nos indica el porcentaje de conceptos y atributos de la taxonomía soportada por el modelo de datos. Medir esto es considerablemente difícil, ya que idealmente se debería de comprobar uno a uno todos los conceptos y atributos que se utilizan en la GE. Por lo tanto los números reflejados en la Table 6.3, son estimaciones basadas en comparaciones de mediano y alto nivel entre la taxonomía y los modelos de datos analizados. En ella se puede observar el desglose de las categorías principales utilizadas tanto en la fase de gestión, como en la de recuperación y reconstrucción en una emergencia.

CAPÍTULO 3. ESPECIFICACIÓN DE ARQUITECTURA

El modelo EDXL está específicamente desarrollado para el intercambio de mensajes de gestión de emergencias. Sin embargo su modelo rara vez se utiliza en una crisis, y cuando se hace, se utiliza en la gestión hospitalaria (EDXL-HAVE).

El modelo NIEM GE cubre un porcentaje similar al de EDXL y además dispone de conceptos mas generales y amplios relacionados con la gestión de crisis.

El modelo EMERGEL contiene elementos específicos en la GE. Sin embargo, al tratarse de un modelo de datos más pequeño, dispone de lagunas graves que lo hacen prácticamente descartable.

El modelo JC3IEDM es significativamente mas grande que EDXL en aplicaciones militares, aunque la última versión dispone de una gran cantidad de elementos civiles y la posibilidad de cubrir información de incidentes CBRN.

(c) Adopción

Tabla 3.3: Adopción de los modelos analizados.

Criterio	EDXL	NIEM EN	EMERGEL	JC3IEDM
Uso operativo	✓	✓	-	✓
Adoptado en la UE	✓	✓	-	✓

Todos los estándares a excepción de EMERGEL no disponen de obstáculos generales para su uso en Europa. Sin embargo, existen diferencias en el uso operativo real.

Los estándares más utilizados son EDXL y JC3IEDM. Su uso cubre una gran cantidad de áreas, incluyendo en el caso de JC3IEDM el uso militar entre miembros de la OTAN.

En el caso de NIEM, está diseñado como un estándar más general y extensible que EDXL y JC3IEDM, aunque no se encuentra tan extendido como los demás.

(d) Capacidad de actualización

A medida que más y más usuarios y sistemas se conecten, el modelo de datos tendrá que evolucionar y expandirse. Por lo tanto, es importante que el estándar de intercambio de datos elegido permita modificaciones y actualizaciones.

Tabla 3.4: Capacidad de actualización de los modelos analizados.

Criterio	EDXL	NIEM EN	EMERGEL	JC3IEDM
Participación pública	-	✓	-	-
Evolución activa	versiones irregulares	✓ versiones trimestrales	-	✓ versiones anuales
Soporte de comunidad	✓	✓	-	?

De los cuatro estándares analizados, sólo NIEM evoluciona gracias a la contribución de una comunidad de usuarios. En el caso de EDXL ha sido desarrollado por OASIS, EMERGEL por el proyecto DISASTER y JC3IEDM por el MIP / OTAN.

En cualquier caso todos los modelos a excepción de EMERGEL disponen de actualizaciones mas o menos frecuentes, además de soporte en el caso de dudas y errores.

3.3.2. Conclusión

Como conclusión, después de los análisis realizados, ningún estándar para el intercambio de datos existente proporciona una cobertura completa para todos los elementos que intervienen en todas las fases de la GE.

El modelo EMERGEL es el primero en ser descartado debido a su bajo índice de cobertura y a la imposibilidad de extender el modelo con los elementos requeridos.

El modelo EDXL podría ser un candidato al igual que NIEM y JC3IEDM. Dependiendo de el caso se uso en el que se aplique la arquitectura, y los requerimientos del escenario plateado, podemos platear un modelo de datos u otro.

En el caso de uso DESTRIERO del Capítulo 4, se ha utilizado el modelo JC3IEDM debido a la cobertura que ofrece en incidentes CBRN.

En el caso de uso SECTOR del Capítulo 5, el modelo utilizado es NIEM debido a la gran cantidad de elementos definidos y la inclusión de estándares como CAP, SOS y otros, que facilitan la interoperabilidad de gran cantidad de sistemas en la plataforma.

Ambos casos de uso disponen de una sección en la que se especifica el funcionamiento del modelo de datos elegido.

3.4. Topologías colaborativas

La arquitectura propuesta de la Figura 3.1 es el caso más sencillo posible, pero para poder establecer la arquitectura que se utiliza en una crisis real, es necesario que la arquitectura sea adaptable y versátil.

Si el número de sistemas a integrar es demasiado grande, o la ubicación de los centros de control se encuentran en diferentes puntos con infraestructuras de información heterogéneas, el enfoque centralizado no sería la mejor implementación. En este caso, la solución más adecuada es la utilización de una infraestructura distribuida que permita a los diferentes sistemas interoperar.

3.4.1. Arquitectura centralizada

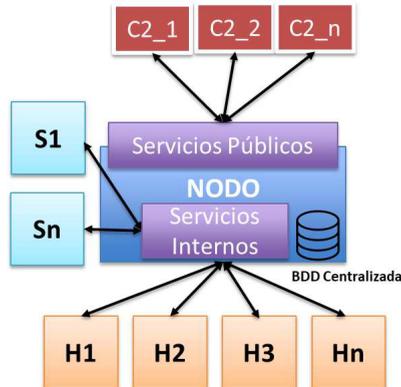


Figura 3.6: Esquema de arquitectura centralizada.

Una arquitectura centralizada es aquella en la que un elemento central, es el encargado de recibir toda la información y tomar las decisiones necesarias para correcto funcionamiento del conjunto del sistema. Además, la información relevante se encuentra almacenada en un único sitio, lo que permite un acceso más simple a los datos de interés. Por otro lado, al tratarse de un esquema centralizado, la gestión de la seguridad del sistema es más sencilla.

Como vemos en la Figura 3.6, las diferentes herramientas y sensores introducen información y ofrecen funcionalidades al nodo central, permitiendo a los sistemas de mando y control (en la parte superior) acceder a la información y los servicios expuestos a través del nodo.

Este modo de funcionamiento, será aplicable en entornos con un número limitado de herramientas y sensores conectados.

3.4.2. Arquitectura distribuida

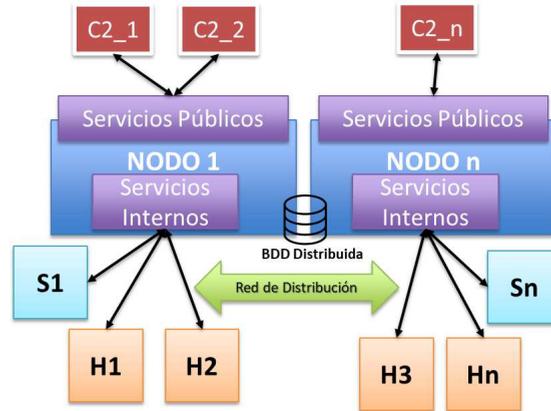


Figura 3.7: Esquema de arquitectura distribuida.

Una arquitectura distribuida es aquella en la que varios elementos con un ámbito local, colaboran para cumplir con los objetivos del sistema. Este modo de funcionamiento hace que la plataforma sea más fiable y resistente, ya que en caso de un fallo o caída en alguno de los nodos no supondría un fallo total del sistema. Además este modo de funcionamiento, mejora la carga computacional evitando la necesidad de utilizar equipos potentes, y permite una la escalabilidad de la plataforma en caso de necesidad.

La Figura 3.7 muestra el esquema de una arquitectura distribuida. En este caso los sensores y herramientas se encuentran distribuidos en dos nodos, repartiendo la carga computacional. Los servicios e información que ofrecen las herramientas del Nodo 1 son accesibles desde el Nodo n y viceversa, gracias a la red de distribución y a los servicios de registro donde se encuentran almacenadas las rutas de acceso.

Este modo de funcionamiento, podrá ser aplicado en entornos con un gran número de herramientas y sensores. Además de escenarios distribuidos con alta probabilidad de errores de red, caídas de luz...

CAPÍTULO 3. ESPECIFICACIÓN DE ARQUITECTURA

Capítulo 4

Caso 1: SECTOR

4.1. Introducción

En la mayoría de las regiones europeas, se ha intensificado en los últimos años la cooperación entre los servicios de primeros auxilios y las fuerzas policiales.

La falta de experiencia en el intercambio de información entre agencias que gestionan una crisis es un obstáculo para mejorar la cooperación entre ellas. Por otro lado la división de roles entre socios que cooperan en una emergencia regional está claramente definida. Sin embargo, al considerar la gestión transfronteriza de las crisis, la falta de coordinación entre las diferentes organizaciones que gestionan una crisis (primeros auxilios, policía, protección civil, bomberos ...) obstaculiza el intercambio de información y la gestión efectiva y eficaz de la crisis (resolución de la crisis en el menor tiempo posible)[136].

El intercambio de información se realiza de diversas maneras en las diferentes regiones europeas. A veces mediante reuniones puntuales para el intercambio de datos, otras veces a través de una autoridad de coordinación local o nacional, o incluso a través de intercambios in situ en la zona de afectación [137]. Por lo tanto la operación de intercambio de información se considera un ámbito principal de mejora en el contexto de gestión de emergencias.

En situaciones de crisis, los actores / organizaciones participantes deben actuar simultáneamente para reducir la crisis y sus impactos en el mundo real. Para lograr este objetivo común de manera eficiente, estos actores deben colaborar o al menos actuar de manera coordinada para realizar sus tareas lo mas eficiente posible. La coordinación de una crisis es una tarea difícil ya que requiere tener en cuenta la distribución de las actividades y la autonomía de los autores (cada organización dispone de procedimientos y deciden por si mismos

CAPÍTULO 4. CASO 1: SECTOR

cómo realizar sus tareas). Además debe combinar las competencias de cada organización de manera flexible para permitir la evolución de las necesidades en la crisis.

Con el fin de apoyar una coordinación tan compleja, existen varias herramientas informáticas, como pueden ser un GIS o herramientas basadas en procesos colaborativos [138].

Sin embargo, estas herramientas son en su mayoría exclusivamente regionales, o utilizadas por grupos reducidos [139], y no están destinadas al apoyo de procesos cada vez más complejos de gestión colaborativa de crisis multi-agencia transfronteriza, a través de un concepto de EIC adaptado y dinámico [140].

El estudio exhaustivo [141][142] de los procesos transfronterizos GCC en diferentes países y las complicaciones que implican establecer y diseñar sistemas de información interoperables condujo a tres conclusiones clave relevantes para el proyecto SECTOR:

- Una primera conclusión fue que interconectar simplemente los sistemas de información existentes no era una buena solución, dados los recursos organizativos y técnicos disponibles.
- Es necesario un sistema de información específico para la gestión colaborativa transfronteriza de desastres, que permita la gestión de la crisis en ambos lados de la frontera evitando los canales típicos de comunicación. El sistema debe permitir el intercambio de información de forma rápida y eficaz, logrando una conciencia compartida de la emergencia lo antes posible.
- Los procesos de gestión de desastres son diferentes en cada país, aunque muchos de ellos comparten metodologías comunes. El problema reside en la terminología utilizada, el lenguaje y las responsabilidades de las organizaciones e instituciones que gestionan la crisis.

Por lo tanto SECTOR ofrece un sistema de apoyo a los procesos GCC, que permite a diferentes organizaciones de primeros auxilios (bomberos, ambulancias, protección civil ...) y a autoridades policiales compartir información y recursos, tanto dentro como fuera de las fronteras. Respetando tanto la autonomía de estos organismos como los procedimientos locales definidos.

Como tal, SECTOR no tiene la ambición de superponer un nuevo sistema jerárquico sobre los sistemas locales, nacionales o internacionales existentes, sino desarrollar un concepto flexible de espacio común de información que proporcione a los usuarios funcionalidades de colaboración para el intercambio de recursos y servicios en una situación de crisis específica.

4.2. Objetivos de SECTOR

SECTOR pretende establecer las bases de los futuros EIC mediante la ampliación de la base de conocimientos científicos europeos sobre los procesos de GCC multi-agencia en escenarios transfronterizos. El proyecto tuvo acceso a un inventario a escala europea de los eventos sucedidos en las dos últimas décadas, por lo que se pudo analizar y definir los siguientes objetivos:

- **Objetivo 1: Definir un concepto de Sistema de Información Colaborativo (SIC)** SECTOR permite el apoyo a la resolución de crisis en el proceso de GCC multi-agencia, incluyendo la colaboración transfronteriza, a través del intercambio de información y recursos.
- **Objetivo 2: Definir una taxonomía común** El intercambio de información para ofrecer una conciencia situacional conjunta a las agencias es posible, gracias a la taxonomía de SECTOR desarrollada específicamente para la interacción de los diferentes SI que disponen las agencias involucradas en la gestión de una crisis.
- **Objetivo 3: Definir los procesos de gestión de crisis de alto nivel y los procesos de gestión colaborativa de crisis** SECTOR proporciona un EIC como base, permitiendo una orquestación cruzada entre agencias, incluyendo la posibilidad de planificación conjunta de recursos (Por ejemplo por medio de imágenes satélite, información de sensores ...) que ofrecen apoyo para la gestión colaborativa de la crisis.
- **Objetivo 4: Validar el concepto de EIC de SECTOR** Se ha desarrollado un prototipo de arquitectura colaborativa que ofrece un espacio de información para la mejora de los procesos de GCC. El prototipo se ha utilizado en escenarios de pruebas con usuarios finales obteniendo resultados satisfactorios.

4.3. Arquitectura de SECTOR

4.3.1. Fase de diseño

La plataforma ha sido diseñada basándose en la evaluación de las necesidades europeas por medio cuestionarios realizados a diferentes organizaciones involucradas en la GE. El grupo de evaluados consistió en representantes de Polonia (28 %), Holanda (23 %), Inglaterra (3 %), Irlanda (26 %), Escocia (8 %), Alemania e Italia (6 % cada uno). Estos usuarios fueron categorizados con respecto a sus roles y responsabilidades, siendo el 34 % agentes de campo, el 23 %

CAPÍTULO 4. CASO 1: SECTOR

trabajadores en centros nacionales de gestión de crisis y el 23% agente que trabajan habitualmente en gestión de crisis local y regional.

Se recolectaron una gran cantidad de requisitos que fueron catalogados y evaluados por los diferentes socios del proyecto, obteniendo así una visión general de las necesidades que debía cubrir SECTOR.

El proyecto identificó cuatro requisitos clave:

- Consciencia situacional compartida.
- Decisiones, recursos y acciones compartidas.
- Intercambio e herramientas, características y calidad de servicio.
- Intercambio de información de manera segura.

Estos requisitos se tradujeron en casos de uso, que describen las interacciones de los usuarios con la plataforma para cubrir los requisitos definidos. Se identificaron cuatro grupos de casos de uso:

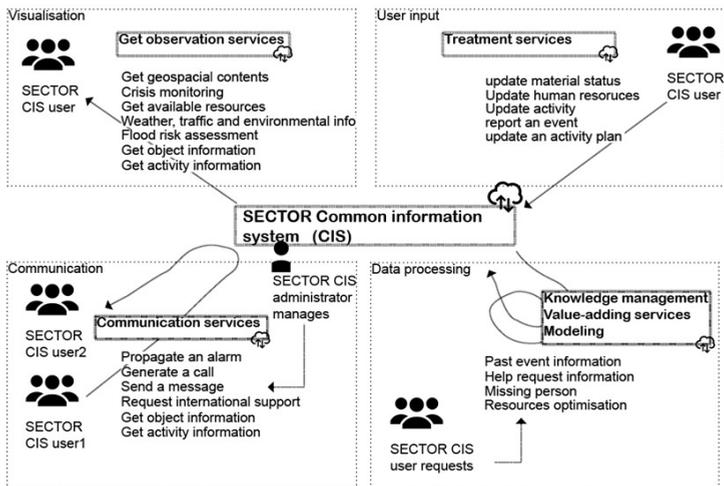


Figura 4.1: Primera visión general de SECTOR.

- **Visualización y presentación de datos** Agrupa los servicios de información, como pueden ser información meteorológica, tráfico, información de sensores ... Los servicios de información ofrecen una manera interoperable de acceder a los datos del EIC y de almacenar los datos que se van a compartir.

4.3 Arquitectura de SECTOR

- **Inserción de de la información** Agrupa los servicios que se encargan de enriquecer la plataforma con información de interés, como pueden ser la cantidad de recursos, números de teléfono, actualización de actividades... Estas entradas se comparten y reenvían al resto de usuarios de la plataforma.
- **Comunicaciones** Agrupa los servicios de notificación y comunicación en la plataforma. Estos servicios permiten la generación de alarmas, eventos, mensajes y llamadas entre los usuarios de la plataforma.
- **Procesamiento de datos** Agrupa los servicios de solicitud y filtrado de información para un área específica o tipo de trabajo. Además agrupa los servicios de evaluación de recursos, como puede ser el seguimiento del número de vehículos o personal.

Como resultado de la agrupación de los casos de uso y servicios que podía ofrecer la plataforma se obtuvo una primera versión (Figura 4.1) de lo que sería la plataforma SECTOR.

Tras la primera visión de la arquitectura, se inicio el diseño de lo que sería la arquitectura de SECTOR, teniendo en cuenta el esquema obtenido de la agrupación de los casos de uso y añadiendo las posibles herramientas que ayudarían en una gestión de emergencias.

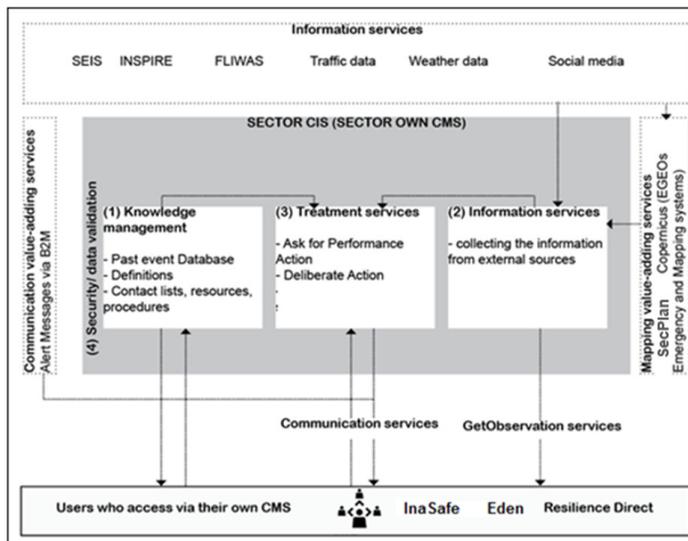


Figura 4.2: Modelo simplificado de la plataforma SECTOR.

CAPÍTULO 4. CASO 1: SECTOR

Como vemos en la Figura 4.2, los tres pilares principales en los que se basa la plataforma son: *Knowledge Management*, *Information Services* y *Treatment Services* que serán detallados más adelante.

4.3.2. Descripción de la arquitectura

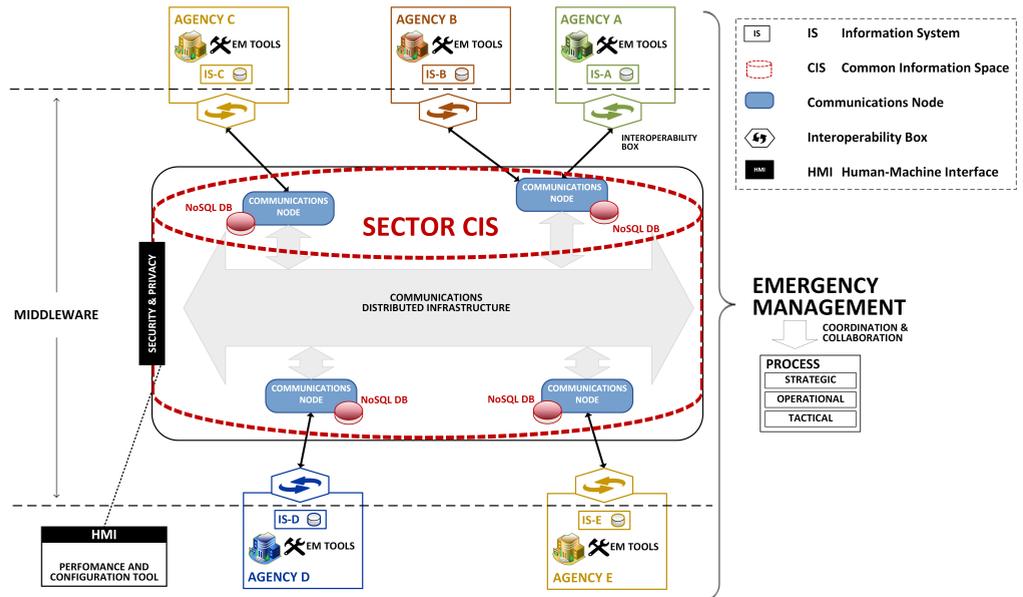


Figura 4.3: Modelo de arquitectura SECTOR.

El diseño final de la arquitectura de SECTOR se puede observar en la Figura 4.3. Se trata de un esquema de alto nivel en el que se pueden apreciar el EIC (CIS en inglés), compuesto por varios nodos de comunicaciones que disponen de una base de datos NoSQL. Estos nodos se encuentran comunicados a través de una infraestructura de comunicaciones que permite la interoperabilidad y el intercambio de información entre los distintos SI, y las herramientas conectadas a la plataforma.

Además se puede observar la necesidad de incorporar un adaptador (*Interoperability Box*) que proporciona los servicios para acceder y compartir información a los distintos sistemas que se conectan a la plataforma.

Por otro lado podemos ver cómo la arquitectura propuesta dispone de un módulo HMI que permitirá la monitorización y configuración de la plataforma. SECTOR no dispone de un único interfaz en el que se realicen todas las

4.3 Arquitectura de SECTOR

operaciones, ya que este no es su propósito. Cada agencia puede utilizar sus herramientas propietarias para acceder a los servicios y datos que ofrece la plataforma por medio de su adaptador de interoperabilidad.

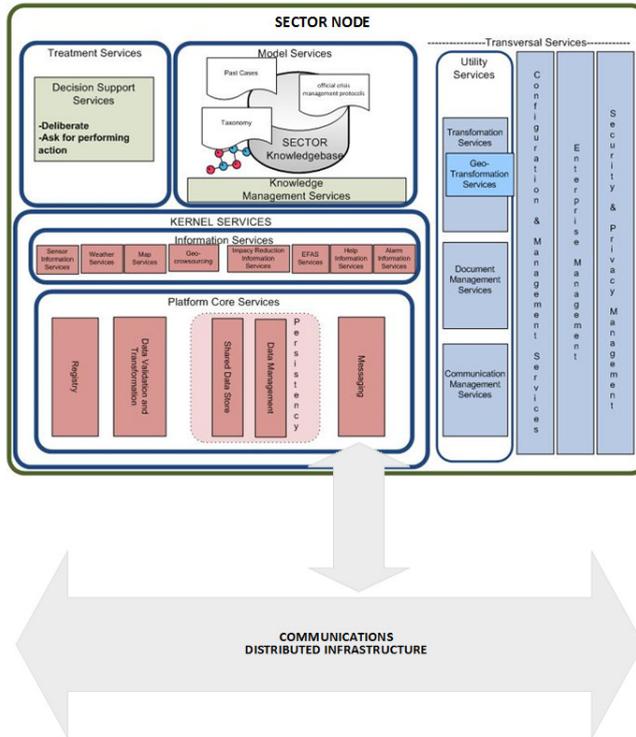


Figura 4.4: Nodo de interoperabilidad.

La Figura 4.4 muestra los componentes internos de un nodo de interoperabilidad, cuyos módulos principales son los siguientes:

- **Model Services** Proporciona servicios para recuperar eventos pasados, modelos y protocolos de crisis y el acceso al módulo *Knowledge services* que se explicará mas adelante.
- **Treatment Services** Proporciona servicios de comunicación y toma de decisiones que ofrecen información relacionada con los planes de acción y tareas a ejecutar en la zona afectada.

- **Kernel Services** Proporciona las funcionalidades básicas para permitir la interoperabilidad, mensajería, difusión de datos, persistencia, registro ... Además dispone de los servicios de gestión de información común.
- **Transversal Services** Proporciona los servicios de gestión, configuración y seguridad del nodo.

4.3.3. Model Services

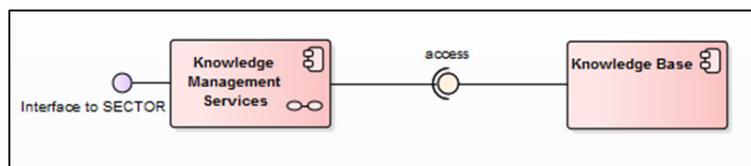


Figura 4.5: Diagrama del componente *Model Services*.

El módulo *Model Services* representa el componente donde se manejan y almacenan todos los datos de la plataforma SECTOR. Está compuesto por dos componentes principales.

- **SECTOR Knowledge Base**

Proporciona los servicios CRUD para interactuar con la base de datos de SECTOR, y hasta cierto punto, contiene la taxonomía de SECTOR.

La taxonomía consiste en el modelo de datos del EIC se encarga de estructurar los datos que se almacenan en la plataforma. Como tal, la taxonomía no forma un componente explícito en la implementación de SECTOR, sino que es una especificación que se utiliza para la definición del modelo de datos de la plataforma.

El módulo *Knowledge Base* almacena los datos de la plataforma siguiendo el modelo definido en NIEM, como pueden ser los eventos pasados, procedimientos, contactos y recursos. Ha sido desarrollada optimizando la accesibilidad para proporcionar a la plataforma soporte 24/7, por lo que se ha tenido en cuenta la estabilidad y rapidez en gestión de los datos para el acceso múltiple de usuarios.

- **Knowledge Management Services**

Permite a los usuarios y a otros componente buscar y recuperar información de la plataforma a través de los servicios que ofrece el componente *Knowledge Base*. Además incluye funcionalidades de filtrado y modificación de información.

El módulo *Model Services* ha sido implementado siguiendo una arquitectura clásica de tres capas, donde el componente *Knowledge Management Services* implementa los servicios de las capas de servicios y de negocio, mientras que el componente *Knowledge Base* implementa la capa de acceso a datos.

4.3.4. Treatment Services

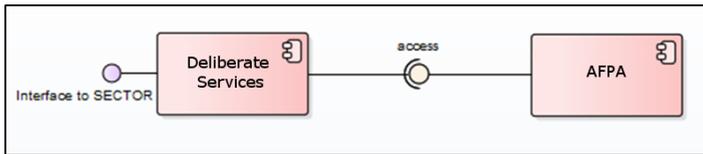


Figura 4.6: Diagrama del componente *Decision Support Services*.

El módulo *Treatment Services* expone directamente los servicios de módulo *Decision Support Services*. Este módulo se encarga de recuperar la información necesaria para generar planes de acción y enviarlos a la herramienta de toma de decisiones. Está compuesto por dos componentes.

- ***Deliberate Services***

Es uno de los componentes claves en la GCC, su función es la de obtener planes de acción teniendo en cuenta información de la disponibilidad de recursos, la situación actual de la crisis y de los objetivos específicos a incluir en el plan de acción.

Deliberate Services dispone de otras dos funcionalidades adicionales. Por un lado se encarga de leer y escribir en la base de datos de la plataforma los resultados obtenidos por SECPLAN, y por otro se encarga de reenviar las tareas al componente Ask for Performing Action (AFPA) en el caso de que sea necesario.

- ***AFPA***

Su principal responsabilidad es la de gestionar las acciones y tareas de un plan de mitigación de crisis y en la notificación de los usuarios. Conecta, por un lado, con el componente *Deliberate Services*, donde se crean los planes de mitigación de la crisis, basados en la información almacenada en la plataforma. Por otro lado, se conecta directamente al componente *Messaging services* del módulo *Kernel services* para notificar a los usuarios de la creación de nuevos planes de mitigación que pueden ser aceptados o denegados en función de las decisiones que adopte el usuario.

4.3.5. Kernel Services

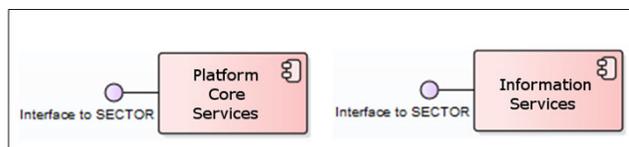


Figura 4.7: Diagrama del componente *Kernel Services*.

El módulo *Kernel Services* está formado por dos grupos de servicios que a su vez agrupan funcionalidades concretas en diferentes componentes.

■ *Platform Core Services*

Expone los servicios de las tareas internas del nodo que sólo son accesibles por componentes internos. Los servicios están divididos según su funcionalidad en los siguientes componentes:

- *Registry Services*: Proporciona la funcionalidad de administración de metadatos para el acceso a la plataforma y un listado de todas las direcciones de acceso de los servicios registrados en el sistema. Esta capacidad proporciona un desacoplamiento entre el consumidor de servicios y el proveedor permitiendo un descubrimiento dinámico de los proveedores que se encuentran conectados a la plataforma.
- *Data Validation and Transform (DVT) Services* Ofrece servicios de validación (verificar los datos con un esquema específico siguiendo unas políticas mas o menos complejas) y transformación (transforma los datos entrantes de una representación a otra, cumpliendo con especificaciones de distintos formatos y realizando operaciones de mapeo específicas.)
- *Shared Data Store Services*: Proporciona funcionalidades auxiliares a los servicios de los módulo *Information Services* y *Knowledge Management Services* para almacenar y recuperar datos en una plataforma distribuida. En particular se utiliza para compartir datos a través de la red de comunicaciones, permitiendo la sincronización de la información y la persistencia en los distintos nodos de la red.
- *Data Management Services*: Ofrece servicios de almacenamiento y recuperación de datos en caché del nodo para mejorar el rendimiento del sistema y reducir el tráfico de red.

- *Messaging Services*: Es el responsable de proporcionar un “bus de mensajería totalmente desacoplado del dominio de datos, de las ubicaciones de los usuarios y del medio físico” Permite a los usuarios suscribirse y cancelar una suscripción para habilitar o deshabilitar el envío y recepción de mensajes hacia otros nodos.

■ *Information Services*

Expone los servicios que consumirán los distintos SI para interactuar con la plataforma. Los servicios están divididos según su funcionalidad en los siguientes componentes:

- *Sensors Information Services*: Proporciona una capa de abstracción para proporcionar el intercambio de datos de sensores en la arquitectura. En particular, ofrece servicios que permiten a los consumidores obtener e insertar datos de sensores desde la plataforma o cualquier fuente de información externa que pueda utilizarse para insertar datos de sensores dentro de la plataforma.
- *Weather Services*: Proporciona la funcionalidad de obtener información meteorológica relacionada con la zona afectada. Permite acceder tanto a la información almacenada localmente, como a recuperarla en vivo a través de una fuente de información externa.
- *Map Services*: Proporciona servicios para almacenar, recuperar y publicar datos geográficos utilizando los estándares WMS y WFS.
- *Geo-crowdsourcing Services*: Expone servicios para el análisis información publicada en redes sociales como Twitter, Instagram, YouTube... con el fin de extraer cualquier tipo de información útil que podría ayudar a los usuarios a recopilar más detalles sobre el estado de la zona afectada.
- *Impact Reduction Information Services*: Expone un servicio para llamar a la herramienta externa “Impact Reduction Mapping System”. Esta herramienta utiliza información de teledetección por satélite sobre un área de interés para generar automáticamente dos informes. Uno sobre el impacto actual de las inundaciones y otro sobre el impacto potencial de la inundación, mostrando las zonas y activos afectados. En ambos casos si se cumplen unas condiciones predefinidas, el sistema genera automáticamente notificaciones de advertencia por medio de los servicios *Alarm Information*.
- *EFAS Services*: Expone los servicios que permiten intercambiar información con la herramienta EFAS, que dispone de servicios WMS

y SOS para acceder a información de sensores desplegados por toda la UE.

- *Help Information Services*: Proporciona servicios para procesar y administrar información de ayuda a operaciones, entregándola a los usuarios que están suscritos a estos servicios. Además dispone de un servicio de notificación que permite la generación de alertas a través de los servicios *Alarm Information*.
- *Alarm Information Services*: Expone servicios para la generación de alertas siguiendo el estándar CAP. Es capaz de utilizar herramientas externas como GPA para recibir y difundir alertas. Dispone de un servicio de publicación suscripción para notificar a sistemas registrados en la plataforma de posibles alertas que introduzcan los usuarios u otras herramientas.

4.3.6. Transversal Services

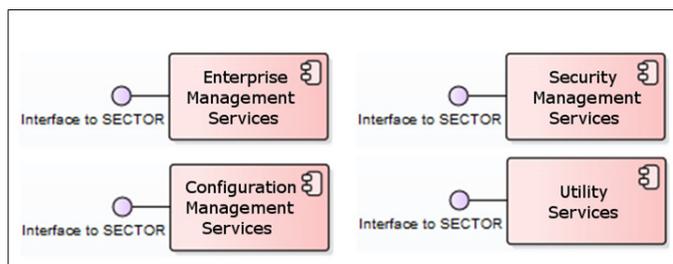


Figura 4.8: Diagrama del componente *Transversal Services*.

El módulo *Transversal Services* está formado por cuatro grupos de servicios que a su vez agrupan funcionalidades concretas en diferentes componentes.

- *Utility Services* De acuerdo con los requisitos de SECTOR, es necesaria la gestión de diferentes datos no estructurados. Este bloque de servicios agrupa funcionalidades auxiliares necesarias para cumplir con diferentes necesidades de la plataforma.
- *Transformation Services* Agrupa servicios de transformación de datos, entre las principales funcionalidades, se encuentra la de un módulo de transformación geográfica que permite el cambio de proyecciones de un formato de mapas a otro.

- *Document Management Services* Ofrece servicios para la gestión de documentos en formato *raw*. Estos servicios se utilizan para la recuperación de reportes auxiliares de las herramientas conectadas a la plataforma. Por ejemplo ficheros de log, resúmenes de uso ...
 - *Communication Services* Expone los servicios que permiten intercambiar información con la herramienta B2M, entre ellos el envío de mensajes de texto y multiconferencias telefónicas.
- *Configuration Management Services* Proporciona servicios para la configuración de los SI. En ocasiones puede ser necesario el bloqueo de herramientas que generen tráfico no deseado. Esto puede ser debido a un mal funcionamiento de la herramienta, *hacks*, o a redundancia en la información. Además permiten la edición de parámetros como *urls*, puertos o información de autenticación.
 - *Enterprise Management Services* Proporciona servicios para la supervisión y monitorización del estado de la plataforma. Permite recolectar datos de acceso, detección de errores, y obtener información del rendimiento de los nodos de comunicaciones.
 - *Security Management Services* Agrupa los servicios para la administración de la seguridad en la plataforma. Ofrece funcionalidades relacionadas con el control de acceso, la protección de datos y detección de ataques.

4.3.7. Modelo de datos (NIEM)

El modelo de datos elegido para el intercambio de información en la plataforma sector ha sido NIEM, debido a que dispone de tres aspectos fundamentales: una comunidad en la que apoyarse en caso de dudas, un modelo de datos, y un proceso de desarrollo.

NIEM sirve como un vocabulario de términos, definiciones relaciones y formatos acordados, independientemente de como se almacene la información en las bases de datos. El modelo dispone de un vocabulario de alto nivel, que podría considerarse como el núcleo de NIEM, donde se definen componentes globales, como puede ser el elemento persona, actividad, documento... que son comunes a diferentes dominios. Un dominio es un sub-grupo de componentes que forman un vocabulario específico para una funcionalidad concreta. Un ejemplo es el dominio de la GE, que se encuentra incluido en NIEM. Dispone de un conjunto de componentes que forman parte del ámbito de la GE.

La Figura 4.9 muestra un esquema de la distribución del núcleo de NIEM que es compartido y conocido por todos los dominios definidos. Además NIEM

CAPÍTULO 4. CASO 1: SECTOR

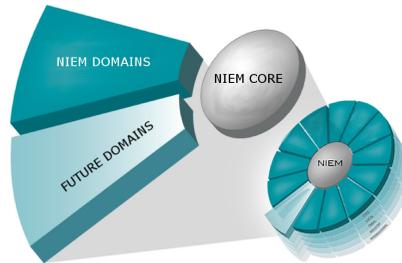


Figura 4.9: Visión general del modelo NIEM.

se ha diseñado de forma que cualquier actualización producida en los dominios no tiene implicaciones críticas en los demás.

Los componentes en el modelo NIEM están representados como elementos y tipos, cumpliendo con las reglas de nomenclatura y diseño (Naming and Design Rules (NDR) en inglés), utilizado en estándares como XML. Y utilizando espacios de nombres con el fin de evitar colisiones.

Para la utilización del modelo, se define un IEPD, esto es básicamente un mensaje recurrente en XML que está diseñado para satisfacer los requisitos de negocio en las comunicaciones. Este documento marca y transporta los datos e información que se intercambian entre los diferentes módulos de la plataforma SECTOR por medio de los servicios web expuestos.

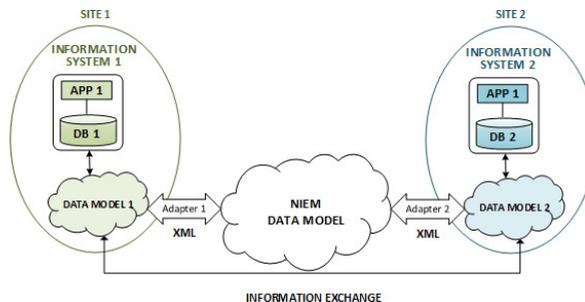


Figura 4.10: Proceso de comunicación utilizando el modelo NIEM.

La Figura 4.10 muestra el proceso de comunicación de dos sistemas con diferente modelo de datos, NIEM proporciona un modelo de datos común que permite el intercambio de información utilizando objetos serializados en XML.

4.3.8. Adaptadores

El concepto de *Interoperability Box (IBX)* hace referencia a un adaptador mejorado que permite a dos sistemas incompatibles trabajar juntos. Los SI y herramientas externas no pueden acceder directamente a los servicios que ofrece la plataforma SECTOR, es por esto que se requiere de una capa de adaptación que permite la interoperabilidad entre ellos.

Cada sistema esta basado en una tecnología específica y ha sido desarrollado en un lenguaje concreto, utilizando modelos de datos propietarios o, a veces, un modelo estándar para la gestión de la información. Con estas características, un sistema solo es compatible para interactuar consigo mismo o con otros sistemas que cumplan con una tecnología específica capaz de proporcionar y consumir datos en un formato conocido.

En SECTOR, las herramienta y SI deben ser capaces de interactuar con la plataforma, por lo que a la hora de integrar un nuevo sistema se debe realizar una evaluación teniendo en cuenta:

- El análisis tecnológico, determinando el tipo de servicios que proporciona un sistema, y de como interactuar con ellos, teniendo en cuenta los protocolos y el lenguaje.
- El análisis de la representación de datos, comprobando si un sistema proporciona información, que formato de datos espera en su entrada y proporciona en la salida

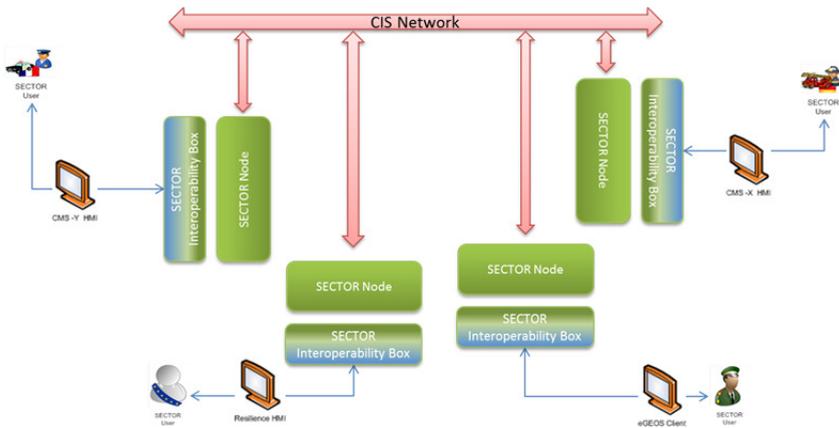


Figura 4.11: Distribución de los IBX en el CIS.

CAPÍTULO 4. CASO 1: SECTOR

La Figura 4.11 muestra la utilización de los IBX por los sistemas externos para poder acceder al espacio de información compartida de SECTOR.

Por tanto los IBX deben disponer tanto de funciones que permitan la interoperabilidad como las de adaptación, funcionando como puente entre la plataforma SECTOR y las diferentes tecnologías de los sistemas externos, proporcionando también funcionalidades de mapeo desde y hasta el formato de datos sistema externo.

Con el fin de permitir que dos sistemas heterogéneos diferentes se comuniquen entre sí, se requiere una relación entre ellos en términos de integración y mapeo, Por lo que un IBX tiene que:

- Proporcionar mecanismos para interactuar con la plataforma SECTOR.
- Proporcionar mecanismos para interactuar con el sistema externo o el SI.
- Proporcionar mecanismos para transformar los modelos de datos.
- Proporcionar mecanismos para transformar respuestas a eventos.

Por lo tanto cada IBX debe disponer de dos capas de conexión, uno que realizará comunicaciones desde y hacia la plataforma y otro desde y hacia el sistema externo.

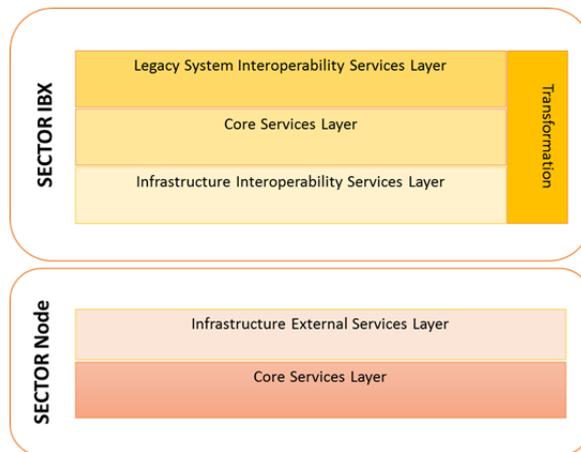


Figura 4.12: Esquema de alto nivel de un IBX.

Como se puede observar en la Figura 4.12, un IBX dispone de un módulo de transformación que proporcionará el mapeo de los modelos de datos. Y tres capas que permitirán la adaptación:

- ***Legacy System Interoperability Services Layer*** permite la conexión mediante protocolos *Legacy* y el modelo de datos *Legacy*, proporcionando servicios a los componentes internos del IBX para acceder fácilmente a dichos servicios.
- ***Core Services Layer*** proporciona servicios de lógica de negocio para mapear la información en ambos sentidos por medio del módulo de transformación.
- ***Infrastructure Interoperability Services Layer*** permite la conexión mediante protocolos de acceso a SECTOR y el modelo de datos de SECTOR proporcionando servicios a los componentes internos del IBX para acceder fácilmente a dichos servicios.

Después del estudio realizado en el estado del arte de las herramientas que se utilizan o podrían utilizarse en las diferentes fases de la GE, se ha realizado un segundo estudio, tratando de identificar las funcionalidades que ofrecen cada una de ellas y cómo pueden aplicarse para cumplir con los requisitos de los usuarios finales, con los casos de uso definidos y con el escenario propuesto en SECTOR. Como resultado se definieron y desarrollaron una serie de IBXs que proporcionan a la plataforma las siguientes funcionalidades:

- **InaSafe**

Sistema externo para la visualización de diferentes capas con información georeferenciada, que permitirá al personal de emergencias tener una visión general y acceso a los datos intercambiados optimizando la fase de planificación y preparación. Además proporciona a la plataforma distintas funcionalidades para la simulación y cálculo de impacto producido en la zona afectada.

- **WebGIS**

Sistema externo de visualización para representar diferentes capas con información georeferenciada. Además permite interactuar con otros sistemas como COPERNICUS, IRM o GPA para proporcionar o visualizar información.

- **EDEN**

Sistema externo con diferentes funcionalidades y servicios, entre ellos la visualización de capas con información georeferenciada, control y gestión de recursos, activos, vehículos, personal, organizaciones etc.

■ **Google Crisis Response**

Set de herramientas para GE de Google, se han considerado de interés y se han integrado en la plataforma las siguientes:

• **GPA**

Acceso a los servicios de alertas basadas en el estándar CAP. Cualquiera de los sistemas integrados en la plataforma compatible con CAP podrá enviar o recibir alertas a través del IBX desarrollado.

• **GCM**

Sistema externo de visualización web, para representar capas con información georeferenciada. Además permite crear mapas personalizados con información procedente de otros sistemas, y compartirlos en la plataforma.

• **GPF**

Herramienta externa para crear y comprobar registros de personas desaparecidas. El resto de herramientas podrán acceder a la información proporcionada por GPF a través del IBX desarrollado.

■ **SOS**

Servicios para consulta e inserción de información de diferentes sensores.

■ **OpenWeatherMap**

Servicios para consultas de información meteorológica. Las herramientas conectadas a la plataforma podrán hacer uso de estos servicios para generación de simulaciones o análisis.

■ **COPERNICUS**

Servicio de cartografía con información geoespacial derivada de la teleobservación por satélite, completada por fuentes de información externas. Las herramientas de visualización conectadas a la plataforma pueden hacer uso de esta información y representarla en sus interfaces.

■ **Geo-Crowdsourcing**

Servicios para la consulta y análisis de redes sociales. Esta información puede ser visualizada en diversas herramientas conectadas a la plataforma.

■ **LIWO**

Servicios para gestión de capas con información georeferenciada de posibles zonas de inundación, zonas de evacuación, niveles de ríos etc.

- **EFAS**

Servicios de acceso y monitorización a sensores con niveles de ríos. Además proporciona un servicio de alertas de inundación.

- **SECPLAN**

Servicios de apoyo a la decisión basados en la información disponible para la generación de planes de mitigación.

- **Impact Reduction Mapping System**

Sistema externo que utiliza datos de tele-detección vía satélite sobre una área de interés para generar informes sobre el impacto de las inundaciones y una posible estimación de daños.

- **B2M**

Servicios de mensajería mediante SMS y gestión de multiconferencias telefónicas.

4.3.9. HMI

El HMI permite a los usuarios ponerse en contacto con la plataforma, transmitiendo en ambos sentidos, información, órdenes y datos. En el caso de SECTOR es importante aclarar que el HMI no reemplaza las interfaces de existentes de cada una de las herramientas externas integradas a la plataforma. Sin embargo, para facilitar la interoperabilidad entre la plataforma y las herramientas de terceros, existe la necesidad de añadir funcionalidades de configuración y administración que permitan la gestión de las comunicaciones y permisos de acceso entre SECTOR y las herramientas externas.

Las consideraciones generales seguidas en el desarrollo del HMI han sido:

- Claridad en el proceso de ejecución de funciones
- Que sea intuitivo
- Que utilice el mínimo número de pasos para la realización de cada tarea
- Flexibilidad para ser compatible los diferentes navegadores, *smartphones*, *tablets* y equipos especializados.

Aplicación Real En esta sección se muestran algunas pantallas reales del resultado obtenido tras el desarrollo del HMI de SECTOR. Además al tratarse de una plataforma de interoperabilidad en la que el principal objetivo es mantener los interfaces originales de las herramientas externas, también se muestran

CAPÍTULO 4. CASO 1: SECTOR

varias capturas de tareas llevadas a cabo en las por las diferentes herramientas compartiendo información a través de la plataforma SECTOR.

Acceso al HMI

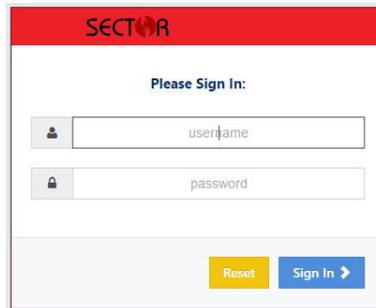
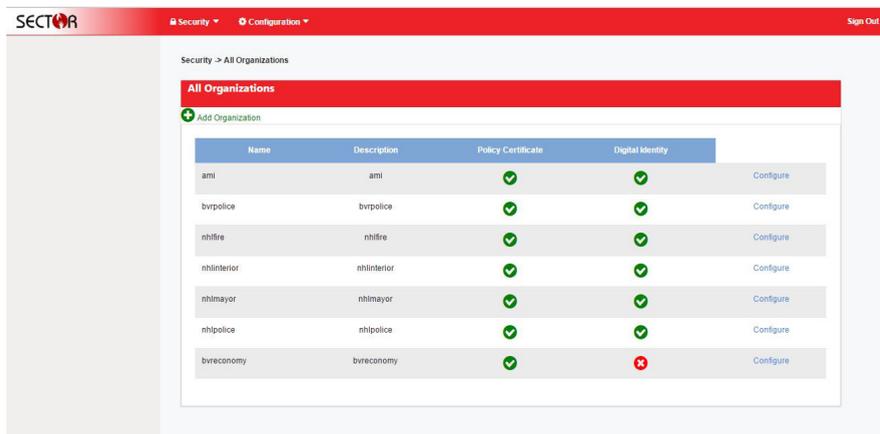


Figura 4.13: Pantalla de login.

El acceso al HMI se realiza mediante la introducción del usuario y la contraseña en el portal web de SECTOR como vemos en la Figura 5.23.

Se utiliza un proceso de autenticación (Usuario/Contraseña) ya que es el más utilizado en las aplicaciones web. Además los navegadores permiten almacenar la información de acceso si se autoriza.

Gestión de seguridad



Name	Description	Policy Certificate	Digital Identity	
ami	ami	✓	✓	Configure
bvppolice	bvppolice	✓	✓	Configure
nhlfire	nhlfire	✓	✓	Configure
nhlinterior	nhlinterior	✓	✓	Configure
nhlmayor	nhlmayor	✓	✓	Configure
nhlpolice	nhlpolice	✓	✓	Configure
bvrecconomy	bvrecconomy	✓	✗	Configure

Figura 4.14: Pantalla de administración de seguridad.

La Figura 4.14 muestra una captura de la pantalla de administración de seguridad en la plataforma, en ella se permite la creación de nuevas organizaciones y configurar las políticas de seguridad y acceso.

La autorización de acceso a la plataforma se realiza mediante la carga de certificados de seguridad y documentos de identidad digital que permitirán a las organizaciones el acceso a los diferentes servicios ofrecidos.

Configuración de servicios

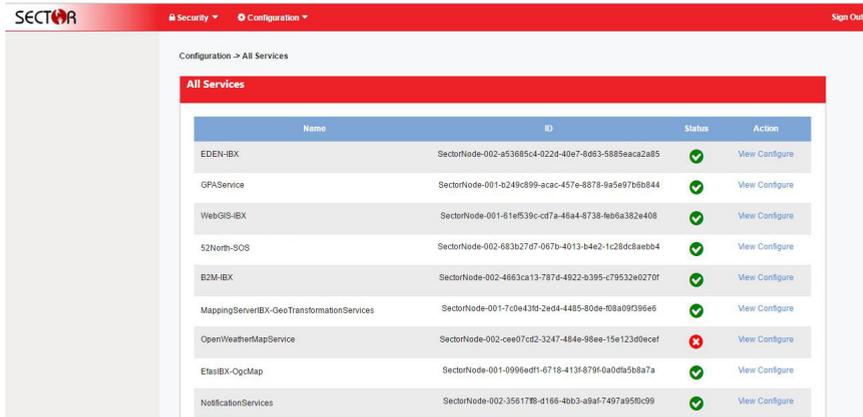


Figura 4.15: Pantalla de configuración de servicios.

La Figura 4.15 muestra una captura de la pantalla de configuración, en ella se listan todos los IBX registrados en la plataforma. En esta pantalla también se permite la configuración de los servicios asociados a los IBX para acceder a la plataforma.

Map Services

En una situación de emergencias, la información georeferenciada juega un papel muy importante a la hora de obtener una consciencia situacional de la zona afectada. Por ello compartir información de capas geográfica y elementos georeferenciados es una de las funcionalidades que se consideraron esenciales en SECTOR desde la toma de requisitos hasta el diseño de la arquitectura.

Como resultado se obtuvieron un conjunto de servicios agrupados en el componente *Map Services* que permite a las herramientas externas acceder y compartir información que pueden representar en sus GIS por medio de servicios estandarizados por el OGC como WMS, WFS, Keyhole Markup Language (KML)...

CAPÍTULO 4. CASO 1: SECTOR

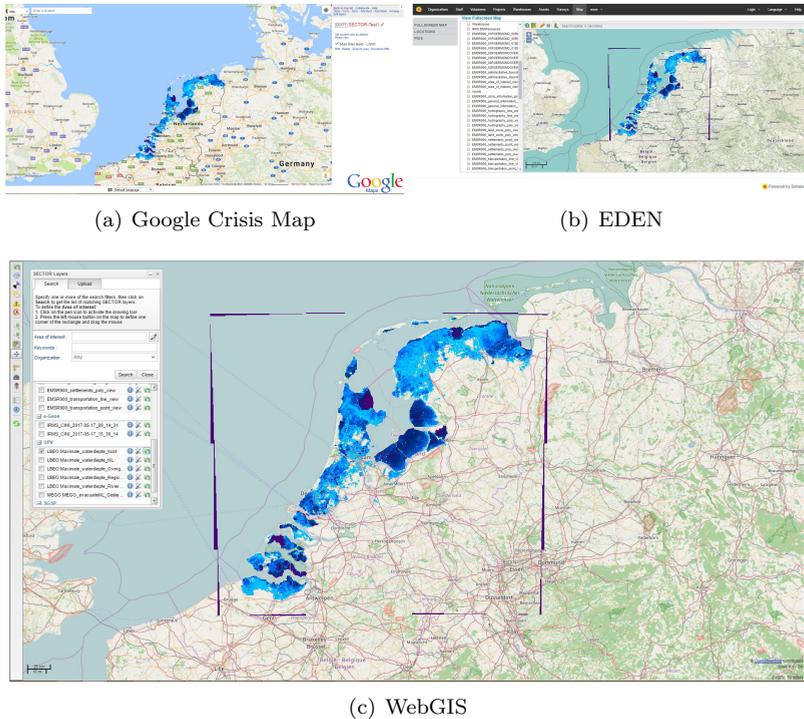


Figura 4.16: Acceso a capas geográficas desde herramientas externas.

La Figura 4.16 muestra el resultado de la interoperabilidad entre cuatro herramientas (GCM (a), EDEN (b), WebGIS (c) y LIWO). En las tres primeras se puede observar cómo son capaces de representar capas georeferenciadas que se exponen a través de la plataforma. En este caso la capa visualizada procede de la fuente de información LIWO que introduce a la plataforma datos referentes a los niveles de agua en Holanda.

Alarm Information Services

El segundo punto clave en la GE son las comunicaciones. Mantener a los usuarios informados de posibles eventos que se produzcan en la zona afectada es fundamental para gestionar una crisis de forma eficiente.

El protocolo CAP especifica una estructura de mensajes que cubre las necesidades de comunicación en una crisis por medio de mensajes en formato XML.

La herramienta GPA proporciona una interfaz que permite la creación de mensajes en formato CAP de forma sencilla e intuitiva.

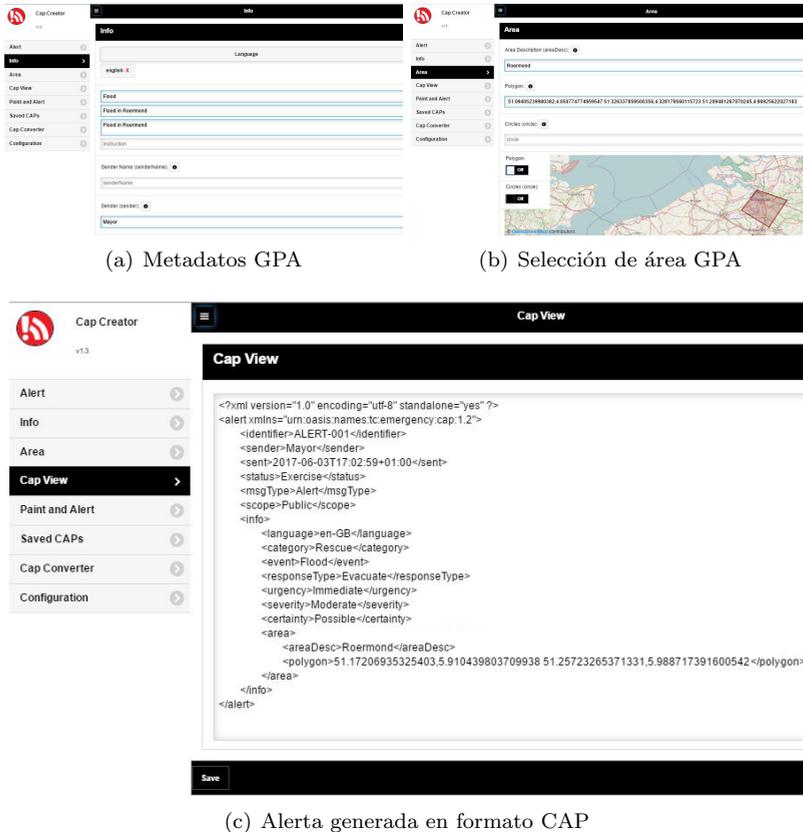


Figura 4.17: Generación de alertas en formato CAP.

La Figura 4.17 muestra el proceso de generación de una alerta en formato CAP, donde se puede añadir información para identificar la alerta, el estado, quien la ha generado, la categoría y tipo de evento... Además permite añadir información del área afectada dibujando un polígono en un mapa auxiliar que permite la pre-visualización del área seleccionada. Como resultado se obtiene un mensaje XML que contiene la información seleccionada en los pasos anteriores. El mensaje es almacenado en el repositorio local de la herramienta.

Por medio del IBX desarrollado para la herramienta GPA, las alertas almacenadas en el repositorio local son introducidas en la plataforma utilizando el componente *Alarm Information Services* que se encarga al mismo tiempo de distribuir la notificación a todas las herramientas suscritas al servicio.

CAPÍTULO 4. CASO 1: SECTOR

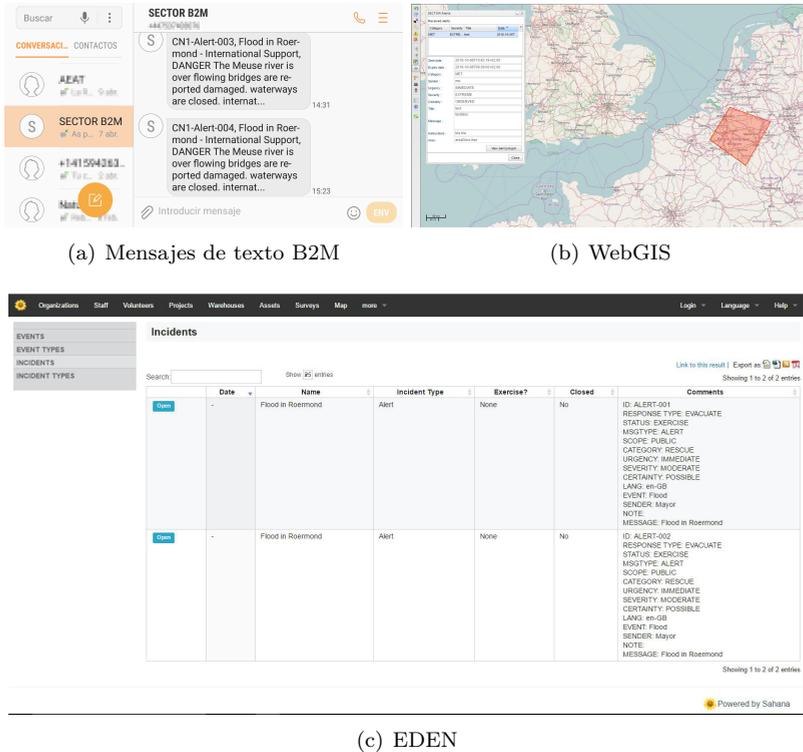


Figura 4.18: Alertas recibidas en herramientas externas.

La Figura 4.18 muestra el resultado obtenido al generar una alerta por medio de GPA. En este caso han interoperado cuatro herramientas (B2M, WebGIS, EDEN y GPA).

Como vemos cada herramienta es capaz de visualizar el contenido de la alerta según sus posibilidades. Esto se consigue gracias los IBX desarrollados específicamente para cada herramienta externa.

En el caso de B2M el IBX es capaz de decodificar la alerta en formato CAP y transformarla a un mensaje de texto de 160 caracteres. Una vez generado el mensaje la herramienta B2M se encarga de la difusión por la red móvil.

El IBX de WebGIS puede decodificar la alerta, representando tanto la información geográfica como el contenido del mensaje.

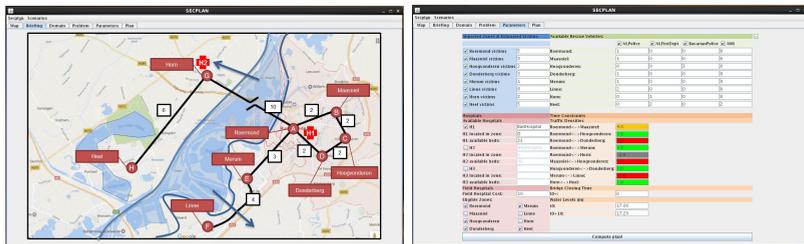
EDEN a través de su IBX decodifica la alerta y la introduce en su tabla de incidentes, permitiendo la visualización del contenido del mensaje.

4.3 Arquitectura de SECTOR

Deliberate Services

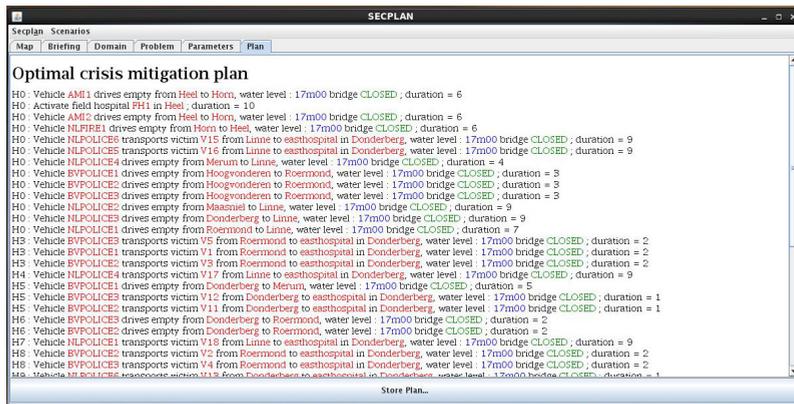
Uno de los valores añadido de la plataforma SECTOR es la integración de una herramienta de apoyo a la decisión.

Frecuentemente en la GE, el tiempo empleado en la elaboración de planes de acción repercute drásticamente en los resultados de las tareas efectuadas por los servicios de emergencia. Mediante las herramientas de apoyo a la decisión se pueden mejorar los tiempos de acción gracias a los planes que generan. Cabe destacar que su objetivo no es el de efectuar directamente los planes propuestos, si no que sirvan de apoyo a los expertos para obtener mejores resultados en sus decisiones.



(a) Definición de escenario

(b) Parámetros de configuración



(c) Plan generado

Figura 4.19: Generación de plan de mitigación con SECLAN.

La Figura 4.19 muestra los pasos seguidos para la generación de un plan de mitigación de crisis. En primer lugar se definen las condiciones de entorno del área afectada utilizando información que otras herramientas han introducido

CAPÍTULO 4. CASO 1: SECTOR

en la plataforma. Después se fijan los parámetros de configuración, que los analistas podrán variar en función de los resultados que se quieran obtener. Al final obtenemos un documento con las principales acciones a tener en cuenta y el coste temporal que supone realizarlas.

Una vez que se ha decidido que el plan computado es de interés se puede introducir en la plataforma por medio del IBX desarrollado. Este se encarga de llamar al componente *Deliberate Services* que a su vez notificará a las herramientas suscritas al servicio.

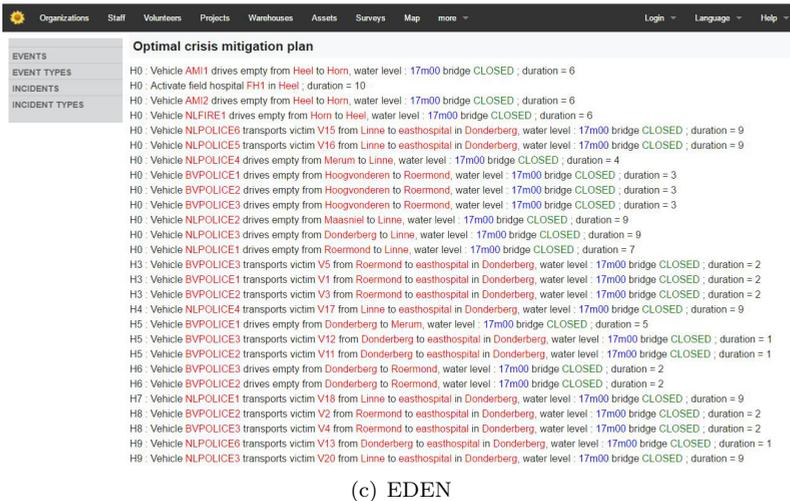
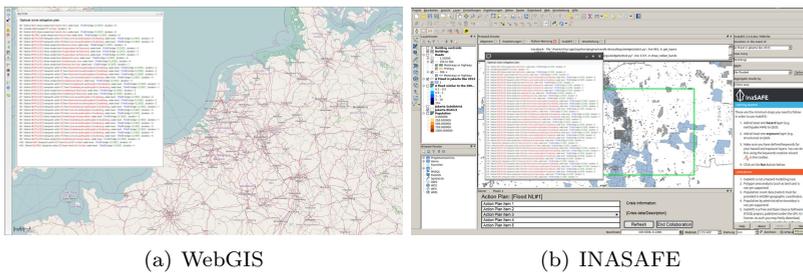


Figura 4.20: Generación de plan de mitigación con SECPLAN.

En la Figura 4.20 se puede observar como las herramientas WebGIS, INASAFE y EDEN, son capaces de recuperar de la plataforma los planes almacenados por SECPLAN y mostrarlos en sus interfaces, ya sea a través de

ventanas emergentes como en el caso de WebGIS e INASAFE o a través del panel de eventos como en EDEN.

Otros servicios

Estos han sido solo algunos de los ejemplos de interoperabilidad conseguidos con la plataforma sector. Además otros módulos como *Impact Reduction Information Services*, *Sensors Information Service*... permiten a distintas herramientas externas compartir información por medio de la plataforma SECTOR a través de los IBX desarrollados para cada una de ellas.

4.4. Logros de SECTOR

Con el desarrollo de la arquitectura de SECTOR se ha conseguido una plataforma que permite la interoperabilidad de herramientas heterogéneas con el fin de mitigar una situación de emergencia. SECTOR permite que diferentes agencias puedan compartir información a través de sus herramientas informáticas sin la necesidad de realizar modificaciones sobre ellas. Para conseguirlo, se han diseñado adaptadores encargados de transformar la información generada por las diferentes herramientas externas a un modelo de datos común, que permite la interoperabilidad entre sistemas que no han sido desarrollados para este fin.

Algunas de las funcionalidades conseguidas por la plataforma son las siguientes:

- Se ha conseguido el acceso a información almacenada en la plataforma por diferentes fuentes de información. Datos de sensores, reportes, actividades, recursos...
- Se ha conseguido el intercambio de eventos y mensajes a través de servicios de comunicación y alarmas.
- La plataforma permite el acceso a información de víctimas y desaparecidos a través de diferentes herramientas.
- A través de los servicios de gestión de mapas la plataforma permite compartir capas geográficas y datos georeferenciados.
- La plataforma dispone de una herramienta de generación de planes para la mitigación de la crisis que sirve de apoyo para la definición de tareas a realizar. Además permite a diferentes herramientas externas acceder a los planes generados.
- SECTOR permite el acceso a imágenes satélite que pueden ser utilizadas para el cálculo del impacto producido por un incidente.

Capítulo 5

Caso 2: DESTRIERO

5.1. Introducción

En la actualidad, más personas que nunca están amenazadas por situaciones de crisis, tanto de origen natural, como terremotos e inundaciones, o causadas por actos intencionados, como ataques terroristas. Además de los daños estructurales y los riesgos de contaminación CBRN pueden ocurrir como consecuencia de estos eventos (por ejemplo el accidente de Fukushima en marzo de 2011) produciendo tragedias económicas y humanitarias.

Las zonas geográficas cada vez son más amplias produciendo en ocasiones daños que cruzan fronteras nacionales, además las operaciones de reconstrucción y recuperación son cada vez más duraderas, costosas y complejas, especialmente cuando es necesaria una descontaminación. En estas situaciones, la gestión de emergencias y también la Evaluación de Daños y Necesidades Después de la Crisis (PDNA en Inglés) y la Planificación de Reconstrucción y Recuperación (Reconstruction and Recovery Planning (RRP) en Inglés) suele ser coordinada por las autoridades locales o las organizaciones dedicadas a la protección civil, con el apoyo de distintas organizaciones internacionales de ayuda que trabajan de forma autónoma. El proceso de planificación, recuperación y reconstrucción de daños suele coordinarse por medio de reuniones físicas periódicas de las organizaciones involucradas, en las que se comparte información sobre la situación, las prioridades establecidas y las responsabilidades asignadas. El seguimiento y la ejecución de las tareas es gestionado por cada organización de ayuda de forma individual, utilizando una serie de herramientas propietarias no interoperables. No existe plataforma o herramienta avanzada de software que permita este proceso de forma conjunta en la que la información sea continuamente actualizada y compartida entre las organizaciones

CAPÍTULO 5. CASO 2: DESTRIERO

involucradas, permitiendo la supervisión del progreso y facilitando el control de las tareas asignadas. DESTRIERO es una plataforma que permite la gestión de información a través de su subred de forma estructurada presentándola a las distintas organizaciones que intervienen en el incidente. Además apoya la evaluación de daños y necesidades, así como la planificación de la recuperación, basándose en procedimientos estándar y metodologías internacionales (por ejemplo la metodología *Damage and Loss Assessment (DALA)* en Ingles). DESTRIERO ofrece un *framework* integrado con las siguientes funcionalidades:

- Apoyo a la evaluación continua de daños y contaminación, monitorización y actualización a través de una combinación de imágenes de satélite, fotografías aéreas y datos de campo procedentes de dispositivos móviles.
- Aumento de intercambio de información mediante la interconexión automatizada de datos entre las organizaciones de apoyo y sus sistemas de información para procesos coordinados de PDNA y RRP.
- Visualización de los datos obtenidos en una imagen común del escenario con referencias y evaluaciones de la información en una interfaz multicapa de usuario tipo GIS (por ejemplo, localización de edificios dañados en imágenes de satélite).
- Apoyo en la priorización y toma de decisiones conjunta mediante herramientas de apoyo a la decisión.
- Centralización de la información de gestión en un único punto, permitiendo una visión general de los proyectos de recuperación en curso e información sobre el proceso de reconstrucción.

5.2. Objetivos de DESTRIERO

El grupo de usuarios finales de DESTRIERO proporcionó los requisitos de usuario, el análisis de las herramientas de apoyo actuales y la definición de los requisitos funcionales para los procesos de PDNA y RRP.

Coincidieron en que el principal objetivo del proyecto es desarrollar un nuevo *framework* que permita la integración de un conjunto de herramientas centradas en la colaboración, para apoyar, mejorar y acelerar el proceso de recuperación operacional, con los siguientes cuatro objetivos específicos:

- **Objetivo 1: Ofrecer una evaluación mas rápida y eficaz de los daños para la planificación y monitorización del progreso de la recuperación.**

DESTRIERO mejora la evaluación de daños mediante la integración de datos de satélite, fotos aéreas y datos de campo (por ejemplo, desde dispositivos móviles) en una herramienta de gestión de información distribuida. La plataforma además ofrece funcionalidades de teledetección para crear una primera visión territorial del alcance del daño, estableciendo al mismo tiempo los fundamentos para una interfaz de visualización basada en GIS y permitir una monitorización continuo durante el proceso de recuperación.

- **Objetivo 2: Facilitar el acceso rápido e intuitivo para que los usuarios visualicen el entorno de operaciones común durante el período de planificación y reconstrucción.**

DESTRIERO integra técnicas de visualización de vanguardia basadas en Integrated NAVigation Services) (I-NAV) que permitan la representación de información PDNA y RRP en una interfaz de usuario de tipo GIS multicapa, utilizando mapas de evaluación y monitorización por satélite. Además permite el etiquetado de las áreas geográficas (por ejemplo, zonas contaminadas) y los edificios dañados (por ejemplo, el estado de la reconstrucción) en las imágenes de satélite permitiendo a los usuarios profundizar en diferentes capas de informes de daños, evaluación e informes de prioridades, así como obtener información sobre los progresos en curso durante la fase de recuperación.

- **Objetivo 3: Mejorar la toma común de decisiones durante la fase de planificación y reconstrucción.**

DESTRIERO gestiona la estandarización de los datos, para permitir la interoperabilidad entre los diferentes sistemas de información de las partes interesadas, y optimizar las capacidades para comparar los daños y los requisitos de recuperación, que permiten la priorización y la toma de decisiones conjuntas. Proporciona plantillas estándar de evaluación de daños, basadas en procedimientos y estándares acordados internacionalmente (por ejemplo, DaLa), para recopilar datos en formatos homogéneos. Y gestionar una herramienta de apoyo a la toma de decisiones, que permite la creación de consensos multicriterios para determinar las prioridades en la fase de reconstrucción en una crisis y la toma de decisiones estratégicas.

- **Objetivo 4: Mejorar la gestión de información con respecto a los procesos PDNA y RRP.**

DESTRIERO proporciona un único punto de acceso a la información y una biblioteca en línea para la creación de reportes en los procesos PDNA y RRP, con reseñas de alto nivel de los proyectos de recuperación

planeados y en ejecución, incluyendo información financiera de múltiples fuentes.

5.3. Arquitectura de DESTRIERO

5.3.1. Fase de diseño



Figura 5.1: Red DESTRIERO.

El diseño de la arquitectura de DESTRIERO se desarrolló siguiendo un proceso iterativo con tres iteraciones.

La primera iteración tuvo como objetivo definir una primera visión general de la arquitectura, estableciendo las primeras pautas y esquemas que definirían la plataforma como vemos en la Figura 5.1.

La segunda iteración se centró en refinar la definición del primero modelo de arquitectura propuesto, identificando los siguientes componentes:

- Centro de mando: Se encarga de dirigir las personas, recursos e información, y controla los eventos que hacen frente a la emergencia.
- Sistema de base de datos: Se utiliza para almacenar la información obtenida de recursos externos, como sensores, medidas de campo, sistemas de información externos, etc.
- Capa *Middleware*: Capa intermedia compuesta por módulos que procesan la información de las fuentes externas para permitir el almacenamiento en la base de datos del sistema.

5.3 Arquitectura de DESTRIERO

- SI: fuentes de datos externas al sistema que proporcionan información a la plataforma.

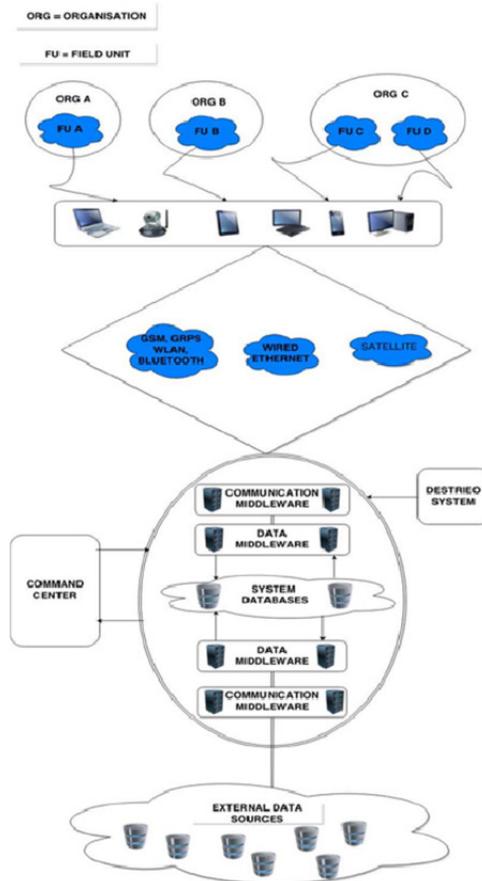


Figura 5.2: Diseño de arquitectura (segunda iteración).

Como resultado se obtuvo la definición de alto nivel de los módulos que componen la plataforma DESTRIERO, Figura 5.2, y se comprobó el cumplimiento de los requisitos definidos por los usuarios finales y la realización las funcionalidades esperadas.

Por último, la tercera iteración del diseño de arquitectura consistió en la fase de mantenimiento, es decir, el ajuste fino de los módulos y artefactos debido a

cambios que se pudieran producir durante la implementación e integración de la plataforma.

5.3.2. Descripción de la arquitectura

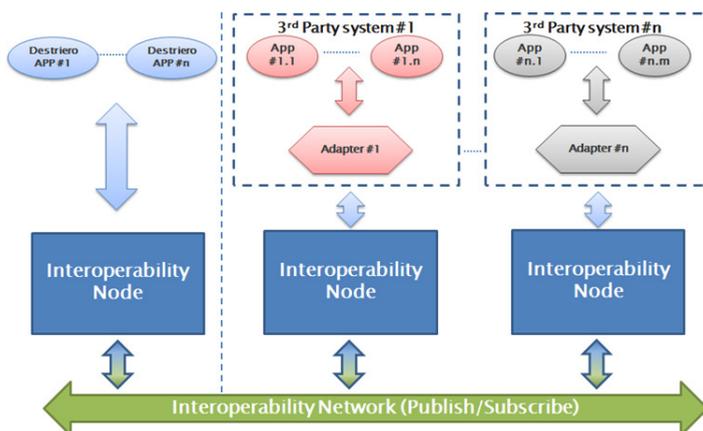


Figura 5.3: Modelo de arquitectura DESTRIERO.

El diseño final de la arquitectura de DESTRIERO se puede observar en la Figura 5.3. Se trata de un esquema de alto nivel en el que podemos apreciar la conexión de aplicaciones nativas de DESTRIERO y aplicaciones de terceros a la plataforma, permitiendo la interoperabilidad entre sí y ofreciendo la posibilidad de participar en los procesos PDNA y RRP.

En este modelo, cada sistema, ya sea nativo de DESTRIERO, o de un tercero, está conectado a través de un nodo de interoperabilidad que proporciona los servicios para acceder y compartir información. El nodo de interoperabilidad expone dos tipos de interfaces diferentes.

El primero es el responsable de exponer los servicios que permiten a los nodos acceder a la red de interoperabilidad e interactuar con otros nodos, mientras que el segundo define los servicios de acceso al nodo que deben consumir las aplicaciones para acceder o compartir información en la plataforma.

Por otro lado en el modelo propuesto podemos ver la necesidad de incluir un adaptador entre las aplicaciones de terceros y el nodo de interoperabilidad, que se encarga de transformar la información procedente de un sistema de terceros con un modelo de datos propietario al modelo común propuesto en la plataforma.

5.3 Arquitectura de DESTRIERO

Con respecto a las comunicaciones entre los diferentes nodos, se gestionan a través de una red de interoperabilidad que implementa un patrón MEP y explicaremos más adelante. Por lo tanto los datos no se encuentran centralizados en un nodo si no que se distribuyen por todos los nodos que conforman la red.

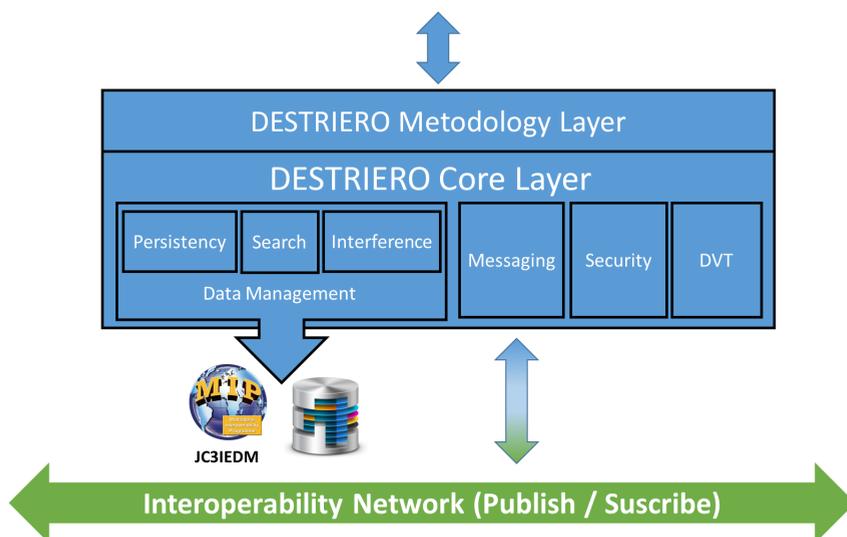


Figura 5.4: Nodo de interoperabilidad.

La Figura 5.4 muestra los componentes internos de un nodo de interoperabilidad, cuyos módulos principales son los siguientes:

- **DESTRIERO Core Layer** Define los servicios básicos para la distribución de datos, persistencia, validación, autorización interna, autenticación y cifrado de datos. Estos servicios se proporcionan a través de los componentes de *Data Management*, *Messaging*, *DVT*, y *Security*.
- **DESTRIERO Methodology Layer** Responsable de definir los servicios de alto nivel a través de los cuales, tanto las aplicaciones nativas de DESTRIERO como los sistemas de terceros (por medio de los adaptadores) pueden interactuar con la plataforma.

5.3.3. Core Layer Services

Como vemos en la Figura 5.5 la capa *Core* de un nodo DESTRIERO consta de 4 módulos dependientes entre si que gestionan los servicios internos del nodo.

CAPÍTULO 5. CASO 2: DESTRIERO

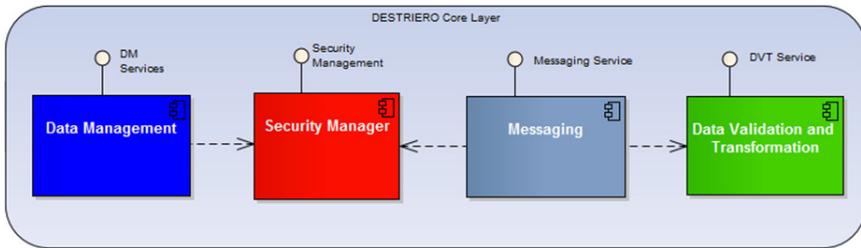


Figura 5.5: UML de los componentes de la *Core Layer*.

- **Data Management** Es el componente responsable de la gestión de los datos de DESTRIERO, entre sus principales funciones está la de facilitar el acceso a las operaciones CRUD con los datos y la de gestionar la ontología de DESTRIERO. Para poder satisfacer todos los requisitos básicos del sistema de gestión de datos, se han dividido los servicios en tres grupos:
 - **Persistence:** Incluye todos los servicios relacionados con la inserción, actualización y borrado de datos en la base de datos de DESTRIERO.
 - **Search:** Contiene servicios útiles para recuperar datos almacenados en el nodo DESTRIERO.
 - **Interference:** Dispone de los servicios que se encargan de cargar y gestionar la ontología de DESTRIERO.

La Figura 5.6 resume en un diagrama UML las funcionalidades disponibles en el módulo *Data Management*.

- **Security Manager** proporciona a la plataforma una arquitectura de seguridad para manejar los servicios de Autenticación, Autorización y gestión de Cuentas, otorgando a la plataforma las funcionalidades básicas en seguridad: Confidencialidad, Integridad y Disponibilidad (CID).

El módulo de seguridad de DESTRIERO es configurable, escalable y capaz de proporcionar los niveles de seguridad requeridos, ofreciendo incluso seguridad a sistemas de terceros que no dispongan de mecanismos de seguridad. Además proporciona una funcionalidad adicional de seguridad/privacidad con el fin de garantizar la interoperabilidad entre diferentes políticas y estructuras de seguridad. Las políticas de seguridad se aplican tanto en las comunicaciones intra como inter otorgando a la plataforma privacidad en cualquier transferencia de datos.

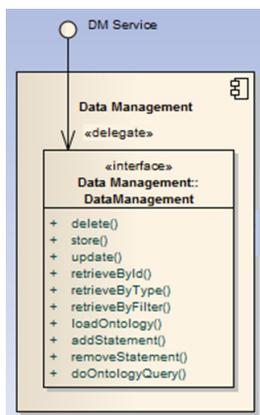


Figura 5.6: UML del Interfaz *Data Management*.

Por otro lado, DESTRIERO tiene como objetivo permitir a diferentes organizaciones interactuar de manera federada para cooperar y compartir información o servicios. En este contexto, cada organización dispone de diferentes dominios de seguridad, por lo que cada dominio de seguridad puede tener diferentes configuraciones que proporcionen los niveles de autenticación, autorización y gestión de cuentas necesario sin interferir en las infraestructuras de seguridad que cada sistema disponga.

Por lo tanto para que un sistema pueda acceder a los servicios o los datos que ofrece DESTRIERO, deberá identificarse digitalmente, y especificar su rol en la plataforma a través de su registro y un certificado digital X.509, proporcionados por una Autoridad Certificadora (AC) que se encarga de la tarea administrativa para el registro de entidades.

Como resultado final los servicios de seguridad proporcionados, comprenden la aplicación de la autenticación, la autorización, la confidencialidad y la integridad para:

- los datos,
- transacciones con entidades federadas y externas,
- comunicaciones entre adaptadores y entidades remotas,
- comunicaciones locales y remotas entre clientes HMI,
- administración y mantenimiento,
- gestión de políticas de seguridad y suscripción,
- mantenimiento del repositorio de políticas de seguridad,

- supervisión de la información almacenada en las bases de datos.

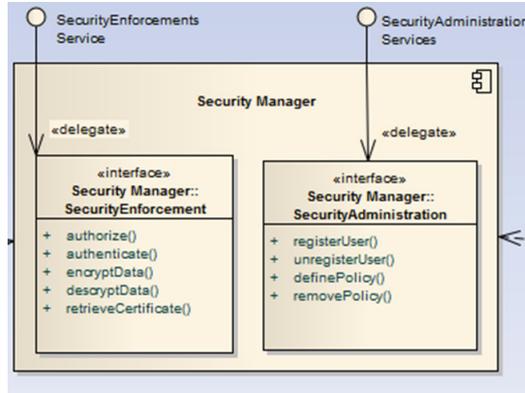


Figura 5.7: UML del Interfaz *Security Manager*.

La Figura 5.7 resume en un diagrama UML las funcionalidades disponibles en el módulo *Security Manager*.

- **Messaging** Es el componente responsable de la comunicación desacoplada y de permitir la interoperabilidad entre los sistemas conectados a la plataforma. Incluye las funciones para establecer comunicaciones eficientes y fiables entre el productor de información y los consumidores, desacoplando remitente y receptor. Esto permite una gran escalabilidad y una topología de red dinámica. Para conseguir estas funcionalidades DESTRIERO soporta diferentes tipos de comunicación basados en MEP:
 - **Request-Response:** Tiene como objetivo permitir la iteración síncrona y asíncrona entre dos entidades. Permite establecer una interacción bidireccional en la que la primera entidad envía un mensaje a la segunda, y la segunda responde con un mensaje de respuesta. El MEP de petición-respuesta de DESTRIERO, proporciona mecanismos que permiten a dos entidades comunicarse de forma disociada (sin conocer la ubicación y aspectos técnicos) de manera eficiente y segura. Con el fin de mejorar la eficiencia en la plataforma, el MEP dispone de un mecanismo de compresión configurable para la mensajería.
 - **Publish-Subscribe:** Permite tanto los esquemas de suscripción basados en temas como los basados en contenido. El esquema basado en contenido se administra gracias a mecanismos de filtrado de eventos

a los suscriptores. Esto permite que las aplicaciones o sistemas suscritos reciban solamente los datos de interés (satisfacen los criterios de filtrado predefinido). Además permite recuperar la información con dos métodos diferentes, por medio de un *callback* y por medio de una suscripción basada en *pull*.

- ***Point-to-Point***: Proporciona mecanismos que permiten a la entidad remitente enviar un mensaje a un destinatario específico a través de una entidad desacoplada (sin conocer la ubicación y los aspectos técnicos) de manera eficiente y segura.

Con respecto a las funcionalidades de mensajería proporcionadas por el servicio *Messaging*, el módulo permite tanto comunicaciones inter e intra nodo, de acuerdo al patrón de intercambio de mensajes solicitado. Las comunicaciones inter consisten en aquellas en las que dos o más participantes necesitan interactuar por medio de diferentes nodos DESTRIERO. Por otro lado las comunicaciones intra son simplemente todas las interacciones entre los componentes básicos que forman el nodo. Para permitir este nivel de flexibilidad y gestionar tanto las comunicaciones intra e inter, el módulo *Messaging* es totalmente independiente de:

- El tipo de información o datos a transferir.
- La ubicación de los SI finales.
- Los protocolos de comunicación que se utilizan.

Por lo tanto, se ha desarrollado un módulo que proporciona un bus de mensajería totalmente desacoplado de los esquemas de datos, los actores involucrados y los soportes físicos de comunicación. Además ofrece servicios de enrutamiento y encolado de mensajes operando transversalmente con respecto a los demás componentes del nodo.

La Figura 5.8 resume en un diagrama UML las funcionalidades disponibles en el módulo *Messaging*.

- ***Data Validation and Transformation*** Se encarga de proporcionar los servicios necesarios para la validación y transformación de los datos compartidos.
 - La validación consiste en verificar los datos con un esquema específico.
 - La transformación consiste en transformar datos de un esquema a otro siguiendo una política específica.

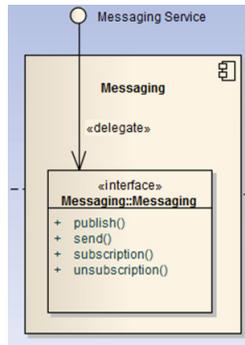


Figura 5.8: UML del Interfaz *Messaging*.

La validación y transformación de datos es utilizada directamente por las aplicaciones conectadas a la plataforma, pero también por otros componentes de DESTRIERO cuando sea necesario el almacenamiento siguiendo un esquema específico.

El componente DVT proporciona por un lado funcionalidades para validar datos y al mismo tiempo permitir la transformación de diferentes formatos de datos, a los esquemas definidos en el modelo JC3IEDM de la plataforma.

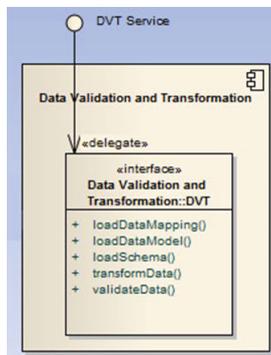


Figura 5.9: UML del Interfaz *DVT*.

La Figura 5.9 resume en un diagrama UML las funcionalidades disponibles en el módulo DVT.

5.3 Arquitectura de DESTRIERO

Los cuatro módulos del *Core Layer* son los responsables de ofrecer los servicios para realizar operaciones en la plataforma DESTRIERO.

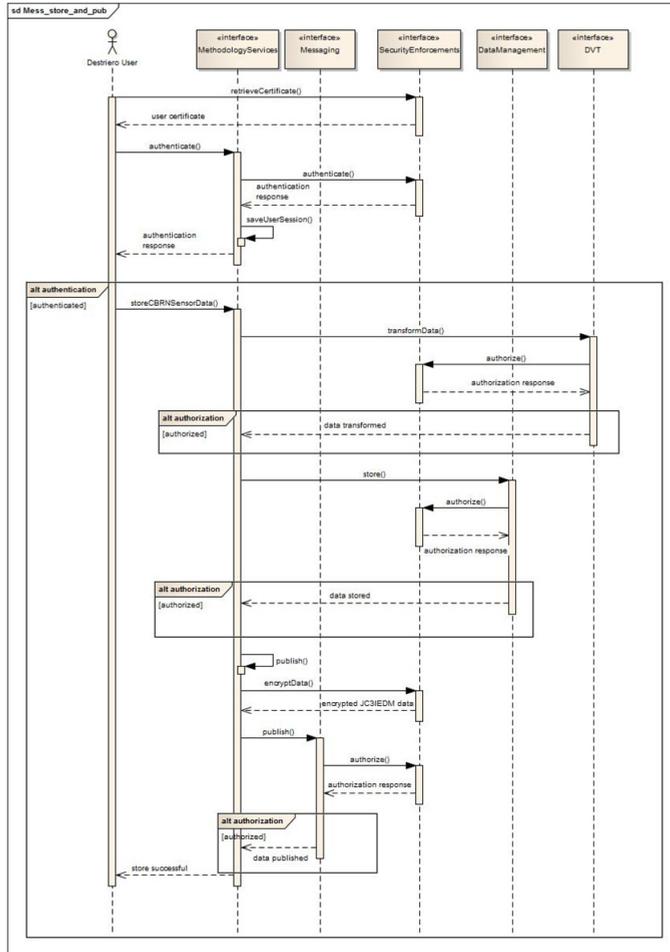


Figura 5.10: Diagrama de flujo en publicación de datos.

Para entender mejor la interacción entre los diferentes módulos la Figura 5.10 muestra un diagrama de flujo en el que se pueden observar los siguientes pasos:

CAPÍTULO 5. CASO 2: DESTRIERO

1. Antes de realizar cualquier operación, los usuarios se autentican por medio de su certificado, invocando la operación de autenticación del módulo *Security Management*.
2. Si el usuario se autentica correctamente, la *Methodology layer* es la responsable de guardar los datos de sesión del usuario para permitir que se autentique en las operaciones siguientes.
3. Una vez autenticado, el usuario utiliza la *Methodology layer* para publicar un dato, si se dispone de autorización se utiliza el módulo *DVT* para validar y transformar la información.
4. La información transformada se almacena por medio de módulo *Data Management*, si se dispone de autorización.
5. Para publicar la información se encripta por medio del módulo *Security Manager*.
6. Si se dispone de autorización se publica la información por medio del módulo *Messaging*.
7. El usuario es notificado de la publicación de información en la plataforma.

5.3.4. *Methodology Layer Services*

Como se ha descrito anteriormente, existen varios servicios de información ofrecidos por la plataforma DESTRIERO que cubren los requerimientos de los casos de uso identificados. En esta sección se definen los componentes encargados de gestionar los servicios requeridos. Para su diseño se ha tenido en cuenta un acoplamiento bajo que permita facilitar el mantenimiento global del sistema.

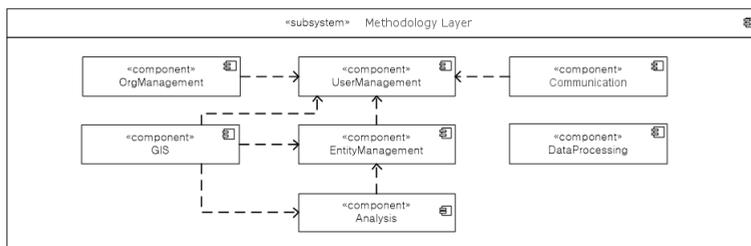


Figura 5.11: Resumen de los componentes de la *Methodology layer*.

El diagrama de componentes de la Figura 5.11 ofrece una visión general de la *Methodology layer* y representa las dependencias entre los componentes individuales que definimos a continuación.

- UserManagement*** Ofrece los servicios relacionados con la creación, administración o eliminación de cuentas de usuario, así como la autenticación de usuarios dentro del sistema.

Además de la autenticación básica a través de nombre de usuario / contraseña, el componente permite la autenticación basada en los estándares web OpenID [143] y OAuth [144].

Por otro lado el componente gestiona los permisos de los usuarios sobre los servicios y/o información que ofrece la plataforma y permite gestionar los perfiles de usuario que definen las preferencias y personalizaciones del sistema.

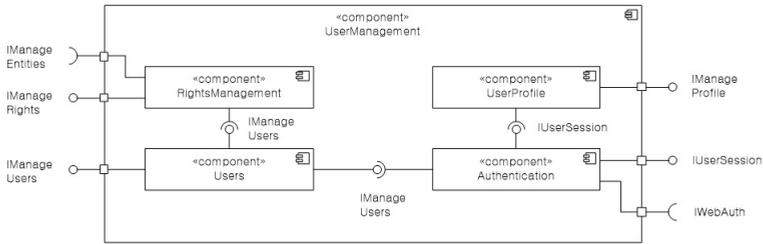


Figura 5.12: Componente *UserManagement*.

- OrgManagement*** ofrece los servicios para gestionar los aspectos específicos de una organización. Un ejemplo es la modificación de una ontología específica de la organización que gestiona la plataforma. Para esta funcionalidad, el componente comprueba que el usuario que modifica la ontología dispone de los permisos necesarios.



Figura 5.13: Componente *OrgManagement*.

- Communication*** ofrece los servicios de comunicación entre nodos que permite a los usuarios el intercambio de mensajes de texto, e iniciar multiconferencias a través de la plataforma. Tanto el servicio de mensajería como el de voz permite el envío de mensajes y notificaciones tanto a usuarios individuales como a grupos de usuarios. Además el componente permite la gestión de los grupos, ofreciendo servicios de creación, edición y eliminación de usuarios. Debido a la necesidad de acceso a los usuarios registrados a la plataforma, el componente dispone de un interfaz de conexión con el componente *UserManagement*.



Figura 5.14: Componente *Communication*.

- **DataProcessing** ofrece los servicios de gestión de información relacionados con la inserción y administración de datos en la plataforma. Este componente accede a los servicios internos de la *Core Layer* que permiten el acceso a la gestión de información por medio de los módulos *Data Management* y *DVT*.

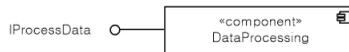


Figura 5.15: Componente *DataProcessing*.

- **EntityManagement** ofrece los servicios de gestión de entidades. Existen diferentes tipos de entidades que deben ser procesadas por la plataforma, objetos (edificios, carreteras), actividades, eventos ... por lo que el componente es capaz de informar de la ubicación y el estado de las entidades a otros usuarios, ya que dispone de un interfaz de conexión con el componente *UserManagement*.



Figura 5.16: Componente *EntityManagement*.

- **GIS** ofrece los servicios que permiten la visualización de información en un mapa. Es el responsable de mostrar información relativa a diversas entidades de la plataforma, como pueden ser la ubicación y estado de objetos o usuarios, eventos que suceden, etc. Además permite la visualización de información meteorológica en la zona de la crisis a través del servicio *IWeatherService* y la visualización de pronósticos y resultados gracias a los servicios de los interfaces *IPerformForecast* y *IperformAssessment* del componente *Analysis*.
- **Analysis** ofrece los servicios que realizan los pronósticos con respecto a objetos, actividades, daños y evaluación de riesgos. También dispone de servicios que gestionan el soporte de decisiones. Para que el módulo acceda a la información necesaria para generar los análisis dispone un interfaz que le permite la conexión con el módulo *EntityManagement*.

5.3 Arquitectura de DESTRIERO

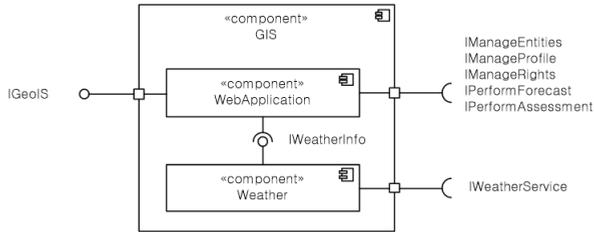


Figura 5.17: Componente *GIS*.

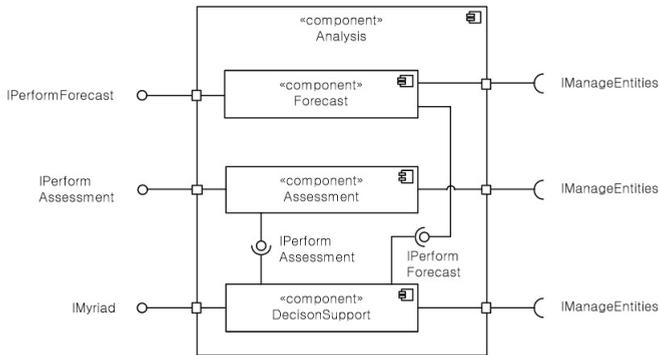


Figura 5.18: Componente *Analysis*.

5.3.5. Modelo de datos (JC3IEDM)

El modelo de datos utilizado en la plataforma DESTRIERO, se basa en el modelo JC3IEDM que proporciona la infraestructura necesaria para gestionar toda la información que se utiliza en el sistema. Durante la fase de diseño se realizó un estudio para desarrollar un modelo de datos propietario desde cero. Esta tarea fue descartada casi de inmediato al ver que el modelo JC3IEDM disponía de una gran cantidad de objetos relacionados con la GE. Por otro lado JC3IEDM ofrecía la capacidad de modificar el modelo de datos de forma sencilla permitiendo incorporar los nuevos elementos que fueran necesarios para cumplir con los requisitos del sistema y eliminar los objetos que no aplicaban al contexto de la GE.

Por lo tanto el modelo de datos utilizado en DESTRIERO se ha creado utilizando como núcleo JC3IEDM debido principalmente a que dispone de las siguientes características:

CAPÍTULO 5. CASO 2: DESTRIERO

- Es el modelo de datos para intercambio de información mas significativo y maduro disponible.
- Es un estándar “de facto”, entre sistemas Command & Control (C2) (para los países miembros de la OTAN).
- Dispone un ámbito civil en sus últimas versiones:
 - Elementos civiles como instalaciones, organizaciones, personal ...
 - Objetos como materiales, vehículos ...
 - Acciones (tareas y eventos), como desastres naturales, accidentes, actos terroristas ...

Para permitir el intercambio de información, además de utilizar un modelo basado en JC3IEDM, se ha implementado el modelo de información Alternate Development and Exchange Method (ADEM), que forma parte del programa MIP de la OTAN. Este modelo de información se considera el nuevo paradigma para compartir información en un formato más simple, extensible y basado en xml. El modelo de información de ADEM proporciona un conjunto de definiciones de objetos basadas en JC3IEDM en formato de clases predefinidas. Simplificando la generación de objetos para su posterior serialización y envío.

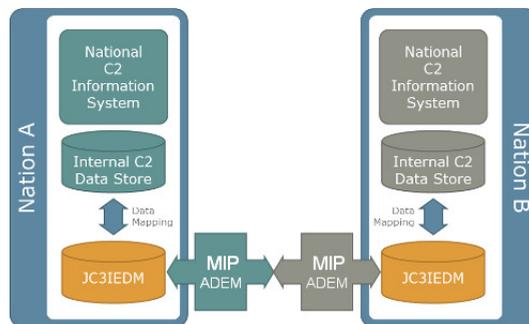


Figura 5.19: Modelo de datos de DESTRIERO: JC3IEDM y ADEM.

La figura 5.19 muestra un ejemplo de comunicación entre dos sistemas por medio de la utilización del modelo de datos JC3IEDM y el modelo de información ADEM en los que se basa la plataforma DESTRIERO.

5.3.6. Adaptadores

Los adaptadores son una parte fundamental de la arquitectura de DESTRIERO, son los encargados de permitir a sistemas incompatibles trabajar juntos.

Una fuente de información externa o un sistema de terceros no es capaz de acceder directamente a la infraestructura de servicios que ofrece DESTRIERO, debido a una posible incompatibilidad tecnológica, a la utilización de un formato de datos propietario o a la capacidad de consumir solo un determinado tipo de servicios. Por ello en la fase de diseño de la arquitectura se identificó y se analizaron diferentes fuentes de información y herramientas de terceros, concluyendo en la necesidad de añadir una capa de adaptación.

Los adaptadores disponen tanto de funciones de integración como de adaptación, funcionando como pasarela entre la infraestructura de DESTRIERO y las tecnología de sistemas externos. Además proporcionan funcionalidades de mapeo de datos desde el formato del sistema externo hacia los modelos de datos de la plataforma DESTRIERO y viceversa.

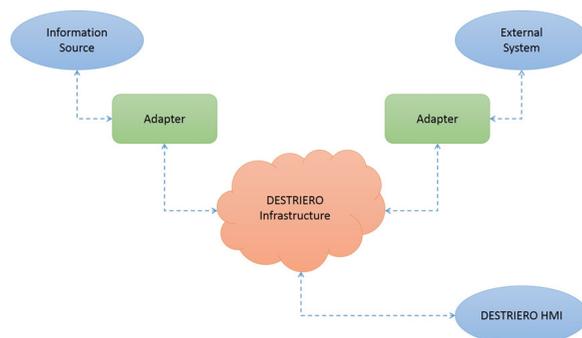


Figura 5.20: Definición conceptual de adaptador.

La Figura 5.20 muestra la ubicación del adaptador entre los sistemas externos y la infraestructura de DESTRIERO. Además se puede observar cómo solo los sistemas externos requieren de un adaptador para interoperar en la plataforma. En este caso el HMI que ha sido desarrollado específicamente para consumir los servicios de la plataforma no necesita adaptador ya que dispone de interacción e integración directa.

Con el fin de permitir que dos sistemas heterogéneos diferentes se comuniquen entre sí, se requiere una relación que permita la integración y el mapeo de información y servicios. Por lo tanto el adaptador tiene que:

CAPÍTULO 5. CASO 2: DESTRIERO

- Proporcionar mecanismos para interactuar con la plataforma DESTRIERO
- Proporcionar mecanismos para interactuar con el sistema externo o fuente de información.
- Proporcionar mecanismos para transformar los modelos de datos
- Proporcionar mecanismos para transformar eventos de servicios

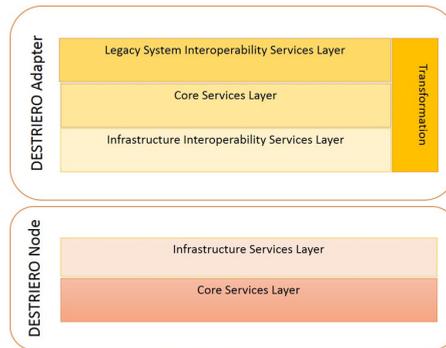


Figura 5.21: Esquema de alto nivel de un adaptador.

La Figura 5.21 muestra el esquema de alto nivel de un adaptador de interoperabilidad en el que se pueden identificar tres capas:

- ***Legacy System Interoperability Services Layer*** contiene los componentes para interoperar con el sistema externo a través de posibles servicios expuestos o acceso a sistemas de información. Interactúa con los servicios de transformación para adaptar la información proveniente del modelo propietario al modelo de datos de DESTRIERO, y con los *Core services* para invocar los servicios internos del adaptador.
- ***Core Services Layer*** proporciona posibles funciones auxiliares que permitan al adaptador realizar tareas específicas (por ejemplo, persistencia de datos, seguridad, iteraciones ...)
- ***Infrastructure Interoperability Services Layer*** contiene los componentes para interoperar con la plataforma DESTRIERO y consumir los servicios que proporciona. Interactúa con los servicios de transformación para adaptar al modelo propietario externo la información y servicios de la plataforma, y con los *Core services* para invocar los servicios internos del adaptador.

Tras el estudio realizado en el Capítulo 2 donde se identificaron diferentes sistemas que proporcionan o podrían proporcionar servicios o información de interés en las distintas fases de la GE, se ha realizado un segundo estudio en el que se ha tratado de identificar las funcionalidades que ofrecen cada una de ellas y cómo pueden aplicarse para cumplir con los requisitos de los usuarios finales, con los casos de uso definidos y con el escenario propuesto en DESTRIERO. Como resultado se definieron y desarrollaron una serie de Adaptadores que proporcionan a la plataforma las siguientes funcionalidades:

- **GDACS**

Servicios de acceso a información almacenada en el portal web de GDACS con resúmenes de la situación del desastre natural en curso, con detalles proporcionados por mapas y reportes.

- **COPERNICUS**

Servicio de cartografía con información geoespacial derivada de la teleobservación por satélite, completada por fuentes de información externas. El HMI de DESTRIERO puede hacer uso de esta información y representarla en sus interfaz web.

- **ReliefWeb**

Servicios de acceso a la base de datos actualizada de ReliefWeb con información y reportes relacionados con asuntos humanitarios.

- **SOS**

Servicios para consulta e inserción de información de diferentes sensores.

- **B2M**

Servicios de mensajería mediante SMS y gestión de multiconferencias telefónicas.

- **MYRIAD**

Servicios de apoyo a la toma de decisiones multicriterio, para crear y aplicar modelos de decisión para el apoyo a la reconstrucción

- **Ne.on Advance**

Servicios para la simulación y el cálculo de posibles zonas afectadas tras un incidente radiológico.

- **WebGIS**

Parte central de la plataforma DESTRIERO donde se visualiza la información georeferenciada procedente de los sistemas conectados a la plataforma.

- **Geo-Crowdsourcing**

Servicios para la consulta y análisis de redes sociales. Esta información puede ser visualizada en diversas herramientas conectadas a la plataforma.

- **OpenWeatherMap**

Servicios para consultas de información meteorológica. Desde el HMI se podrá hacer uso de estos servicios para generación de simulaciones o análisis.

- **WHO**

Servicios de acceso a la base de datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para recopilar, procesar y distribuir información sobre salud pública.

5.3.7. HMI

El HMI es el medio con el que personas y máquinas se ponen en contacto, transmitiendo en ambos sentidos, información, órdenes y datos. En el caso de DESTRIERO permite a los usuarios la interacción con las herramientas conectadas a la plataforma.

A la hora del diseño del HMI se tomaron en cuenta algunas consideraciones generales que son válidas para el diseño de cualquier interfaz. Todo interfaz debe ser **intuitivo**, extremadamente **simple** y solo necesita de unos **pocos clics** para la realización de la mayoría de las tareas.

Además se prestó principal interés en solventar problemas relacionados con la privacidad y seguridad, proporcionando accesos restringidos a fuentes de información según el rol del usuario registrado.

Debido a la gran cantidad de herramientas utilizadas por la plataforma, el desarrollo de los componentes relacionados con el HMI fue realizado por varios equipos de desarrollo. Por lo tanto se optó por desarrollar una arquitectura como la que vemos en la Figura 5.22, donde un componente principal es el encargado de cargar los diferentes subcomponentes desarrollados por cada equipo. Este tipo de arquitectura permitió agilizar la fase de desarrollo del HMI permitiendo a los distintos desarrolladores trabajar en paralelo en los componentes asignados.

Aplicación Real

5.3 Arquitectura de DESTRIERO

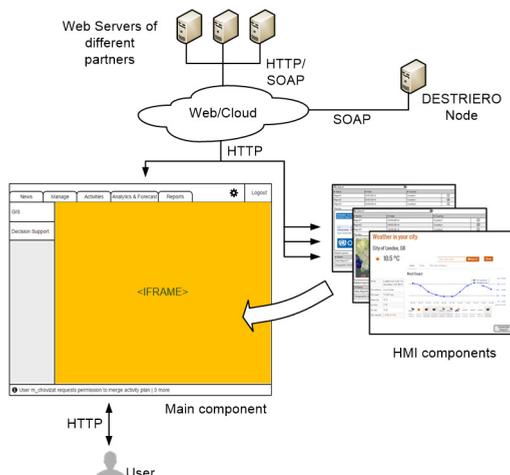


Figura 5.22: Diseño del *frontend* del HMI.

En esta sección se presentan algunas de las pantallas reales del resultado obtenido tras el desarrollo del HMI de DESTRIERO.

Acceso al HMI



Figura 5.23: Pantalla de login.

El acceso al HMI se realiza mediante autenticación en el portal web de DESTRIERO, el usuario introduce su nombre y contraseña como se muestra en la Figura 5.23.

Este proceso de autenticación (Usuario/Contraseña) es el más utilizado en las aplicaciones web. Los navegadores permiten almacenar la autenticación ofreciendo al usuario un acceso inmediato si se realiza esta configuración.

En el caso de que el usuario no disponga de clave de acceso a la plataforma, puede solicitar una rellenando el formulario que se muestra en la Figura 5.24. Esta información es almacenada y una vez validada por el administrador del sistema, se permite el acceso a la plataforma.

CAPÍTULO 5. CASO 2: DESTRIERO

Registration form fields:

- Name: [Text input]
- Surname: [Text input]
- Gender: [Dropdown menu: male]
- Nationality: [Dropdown menu: Spain]
- Phone number: +3460606060
- Profession: [Dropdown menu: Engineer]
- Role: [Dropdown menu: Admin]
- Organization: [Dropdown menu: UfV] | Type: [Dropdown menu: Private Sector]

[Register] | [or login with an existing account](#)

Figura 5.24: Pantalla de registro.

Una vez logeado en la plataforma, el usuario es redirigido a la pantalla principal de destriero.

Lo primero que se observa es un menú de navegación que contiene 5 pestañas para acceder a los módulos con las principales funcionalidades de la plataforma.

Módulo *Dashboard* (Resumen de la situación)

La primera pestaña da acceso a la pantalla *Dashboard*, donde se ofrece una visión general del estado de la crisis. En él se puede encontrar desde información de la zona afectada, las últimas tareas realizadas, o incluso resúmenes de los reportes introducidos en la plataforma.

Navigation menu: Dashboard, Report, Communication, Tools, Analysis & Forecast

Overview

Date and time of the disaster (7/3/2015 06:23:27:47)
Current disaster status: 03/07/2016 1h 00min

Time (after crisis)	Name of the phase	Details	Image
T0	Earthquake near Burevia	A big earthquake happens with its epicentre located a few kilometers in the south of Entrepalau dam. This big earthquake causes severe damage in the area surrounding it and small towns and provokes the collapse of the Entrepalau dam.	
T0-20min	Break of Burevia dam and flood	A large flood caused by the Entrepalau dam are seen at the Burevia dam, this one has been collapsed, but it seriously damaged. The high pressure of the water causes the Burevia dam to collapse and simply as a domino effect another big flood goes through the Tajo River.	
T0-50min	Break of Burevia dam and flood	The big flood following the Tajo River reaches the old Cabaña nuclear plant that was partially affected by the previous earthquake and brings a large devastation in the area that causes a black out affecting the cooling system of the plant and also affecting one of the necessary infrastructures.	

Affected area

Affected country: Spain
Affected province: Cuenca

Figura 5.25: Pantalla de *Dashboard*.

5.3 Arquitectura de DESTRIERO

En la Figura 5.25 se muestra la pantalla *Dashboard* donde se puede observar que hay dos subpaneles.

El subpanel de la izquierda que muestra información de la hora del incidente, del tiempo transcurrido y de las primeras imágenes recibidas y reportes de daños ocasionados por la catástrofe.

El subpanel de la derecha, contiene una imagen de satélite a la que se han superpuesto capas de información con puntos de interés y estimaciones de zonas afectadas por el incidente.

Módulo de *Reports*

El módulo *Reports* dispone de un submenú de navegación para acceder a cuatro funcionalidades diferentes:

- *Report Overview*

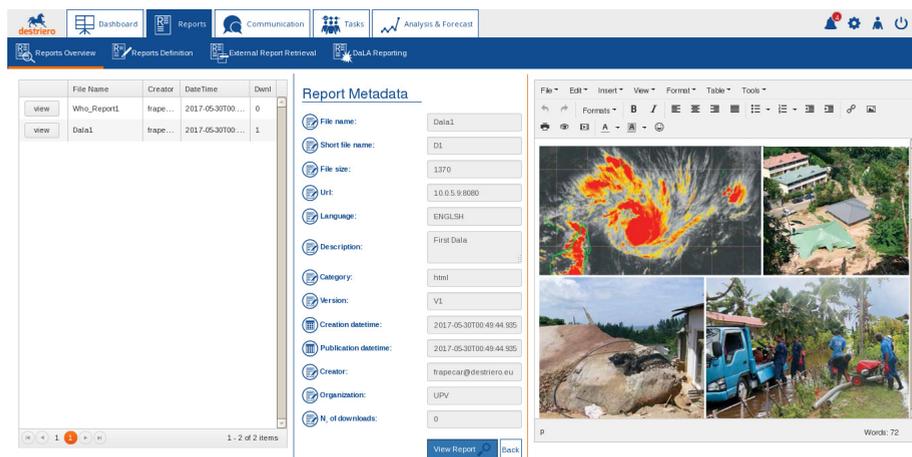


Figura 5.26: Pantalla de *Reports Overview*.

La figura 5.26 muestra el contenido de *Reports Overview*. En esta pantalla el usuario puede acceder y visualizar todos los reportes almacenados en la plataforma. El subpanel de la izquierda muestra un listado con el nombre del fichero, el autor, la fecha de subida a la plataforma y el número de descargas efectuadas por los usuarios de DESTRIERO. El subpanel central muestra los metadatos asociados al reporte seleccionado, incluyendo información adicional como puede ser el tamaño del fichero, el idioma o una breve descripción del reporte. Si el usuario desea puede visualizar el documento a través de la plataforma, el subpanel de la derecha permite la visualización del contenido del reporte seleccionado.

- *Reports Definition*

Permite al usuario seleccionar ficheros de su equipo local y subirlos a la plataforma para que el resto de usuarios tengan acceso a ellos a través de *Reports Overview*. Además permite asociar al fichero metadatos con información de interés como el idioma, descripción, categoría, versión del documento ...

■ *External Report Retrieval*

A través de esta funcionalidad el usuario puede acceder a los distintos SI conectados a la plataforma. En esta pantalla se permite la ejecución de consultas sobre las bases de datos que ofrecen la UNOCHA o la OMS y previsualizar los resultados. Adicionalmente si el usuario considera de interés la información puede subirla a la plataforma para que el resto de usuarios tengan acceso a ella.

■ *DaLA Reporting*

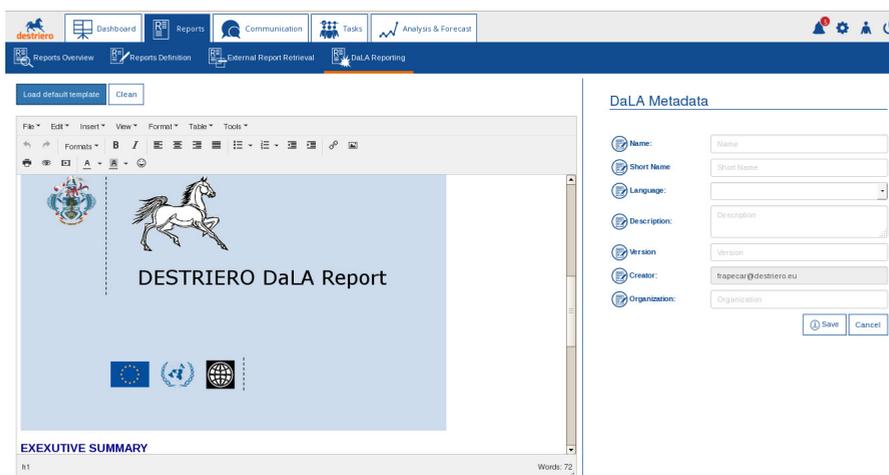


Figura 5.27: Pantalla de *DaLA Reporting*.

El editor de ficheros DaLA permite la creación de reportes con informes de daños y pérdidas ocasionadas por una situación de emergencia, en este módulo se permite la carga de plantillas con la estructura necesaria para la generación de reportes. El usuario puede acceder a toda la información almacenada en la plataforma y realizar el reporte después de evaluar los daños y las necesidades de la zona afectada. Una vez generado el reporte se puede almacenar en la plataforma y es accesible por todos los usuarios desde *Reports Overview*.

La figura 5.27 muestra una captura de la pantalla *DaLA Reporting* los botones superiores permiten la carga de plantillas predefinidas y limpiar el documento actual. El subpanel de la izquierda consiste en un editor de textos para escribir el reporte, y el subpanel de la derecha permite almacenar el reporte en la plataforma añadiendo metadatos para mejorar los filtrados y búsquedas en *Report Overview*.

CAPÍTULO 5. CASO 2: DESTRIERO

Módulo *Communication*

El módulo *Communication* dispone de un submenú de navegación para acceder a cuatro funcionalidades diferentes:

- *Contacts*

The screenshot displays the 'Contacts' management interface. At the top, a navigation bar includes icons for Dashboard, Reports, Communication, Tasks, and Analysis & Forecast. Below this, a secondary bar shows 'Contacts', 'Groups', 'Conferences', and 'Messaging'. A search bar is positioned above a table of contacts. To the right, a 'New contact' form is visible, featuring several input fields for personal and contact information.

Name	Number
Alfonso	+34650263087
Fran	+34647455429
Fran2	+34647455429
frapecar	+3466666666
frapecar2	+3466666666
Marcello	+393293405305
Mario	+393921800119
military_cmd	+34647455429
police_cmd	+393921800119
ProLAB1	+34650263087
ProLAB3	+34650263087
Sandra	+4915116327722

Form fields on the right side of the screen:

- Information about new contact
- First name*: _____
- Last name*: _____
- Gender*: _____
- Affiliation*: _____
- Mobile*: _____
- E-mail: _____
- Country*: _____

Buttons: Apply, Reset, Cancel

Figura 5.28: Pantalla de *Contacts*.

La Figura 5.28 muestra la pantalla *Contacts* donde el usuario puede acceder al listado de contactos que hay registrados en la plataforma.

Si el usuario quiere añadir nuevos contactos a la plataforma debe pulsar el botón *New Contact* y en el subpanel de la derecha aparecen campos para rellenar con la información requerida.

- *Groups*

Al igual que la pantalla *Contacts*, *Groups* permite listar y crear grupos de contactos en la plataforma.

Esta funcionalidad es de especial interés para el envío de mensajes masivos a distintas personas que pertenecen a una asociación o agencia, o para realizar multiconferencias a través de *Conferences*.

■ *Conferences*

Permite la generación de llamadas de voz por medio de la herramienta B2M. El usuario selecciona los contactos o grupos que quiere poner en contacto y estos reciben una llamada entrante en sus teléfonos. Esta herramienta permite a la plataforma realizar reuniones por medio de multiconferencias, y tomar decisiones grupales.

■ *Messaging*

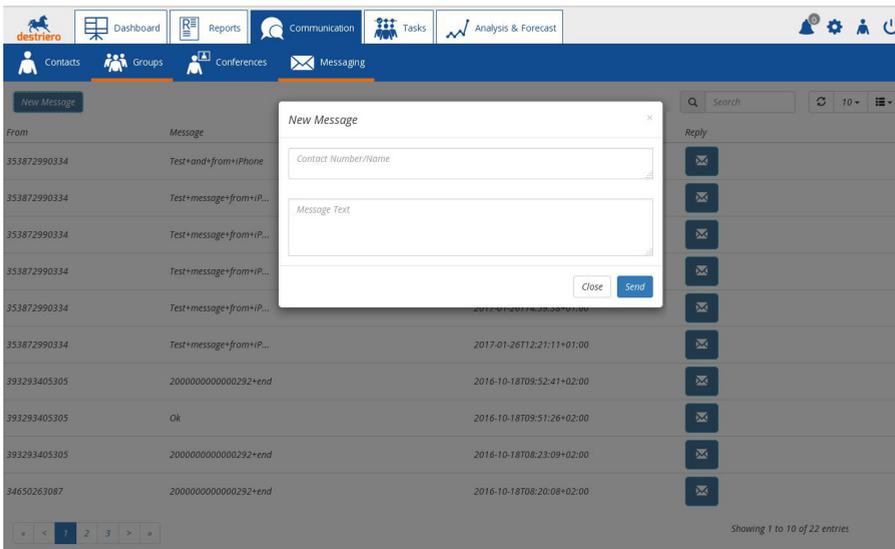


Figura 5.29: Pantalla de *Messaging*.

La Figura 5.29 muestra la pantalla *Messaging*, aquí el usuario puede listar los mensajes de texto enviados y recibidos a través de la plataforma.

Dispone de utilidades de filtrado, ordenación y permite responder a remitente. Además si el usuario pulsa en *New Message* puede escribir y enviar un mensaje de texto los usuarios y grupos registrados en la plataforma.

Módulo *Tasks*

El módulo *Tasks* permite monitorizar y gestionar las tareas que se llevan a cabo durante la crisis. Este módulo permite la optimización de los planes de reconstrucción mediante la centralización de las tareas. A la hora de gestionar una crisis y aprovechar al máximo los recursos y el personal, una buena

CAPÍTULO 5. CASO 2: DESTRIERO

centralización de de información elimina duplicidades en las tareas y retrasos permitiendo agilizar los procesos de recuperación y reconstrucción.

Este módulo dispone de un submenú de navegación para acceder a dos funcionalidades diferentes: *Plans* y *My Tasks*.

Search for...

Name ▼	Number of tasks
Best_2017/05/30_19:06	5
CBRN Assessment	4
Damage Assessment	5
Second_2017/05/30_19:06	6
Sensors Placement	3
Third_2017/05/30_19:06	7

Best_2017/05/30_19:06

General information

id: 20000000000000319
creator:
last changed: (2017-05-30 19:06:02)

description:
0.562 ; Housing Need - 0.993 ; Primary School Need - 0.844 ; High School Need - 0.000 ; Hospital Need - 0.000 ; Medical Centres Need - 1.000 ;

Tasks

Name ▼	Assigned to	End date	Status
Housings in Pastrana East - 2	- not assigned	2017/06/01 20:32:57	Not started
Housings in Sayaton West - 2	- not assigned	2017/06/01 20:33:23	Not started
Housings in Yebra - 1	- not assigned	2017/06/01 20:33:41	Not started
Primary School in Pastrana East - 1	- not assigned	2017/06/01 20:32:56	Not started
Primary School in Sayaton West - 1	- not assigned	2017/06/01 20:33:22	Not started

Edit task

id: 20000000000000084
creator:
last changed: Construct (2017-05-30 18:32:57)

Name *
Housings in Pastrana East - 2

Task type *
Construct

Start date *
2017/05/30 20:32:57

End date *
2017/06/01 20:32:57

Location
Pastrana East

Description *
Construction of Housings in Pastrana East (2)

Responsible
Name of Contact

Figura 5.30: Pantalla de *Plans*.

La Figura 5.30 muestra la pantalla *Plans*, en ella podemos observar un listado con todos los planes introducidos en la plataforma.

Estos planes consisten en un grupo de tareas definidas por los usuarios o por la herramienta de soporte a la decisión, si se selecciona un plan, el panel central se carga información con la descripción del plan y el listado de tareas que contiene.

Las tareas del plan se pueden editar en el panel de la derecha una vez seleccionadas. En él se puede modificar el estado de la tarea, y asignarla a un usuario /grupo o realizar cambios en los metadatos asociados.

La funcionalidad de *My Tasks* permite al usuario logeado en la plataforma visualizar y actualizar el estado de las tareas que le han sido asignadas.

Módulo *Analysis & Forecast*

El módulo *Analysis & Forecast* permite a los usuarios acceder a las pantallas de interacción con las herramientas de análisis incorporadas a la plataforma DESTRIERO.

5.3 Arquitectura de DESTRIERO

Este módulo dispone de un submenú de navegación para acceder a cinco funcionalidades diferentes:

- *Map*

La herramienta *Map* consiste en un GIS en el que el usuario puede visualizar cualquier tipo de información georeferenciada. Además el usuario puede crear áreas de interés que son almacenadas y utilizadas por otras herramientas de la plataforma.

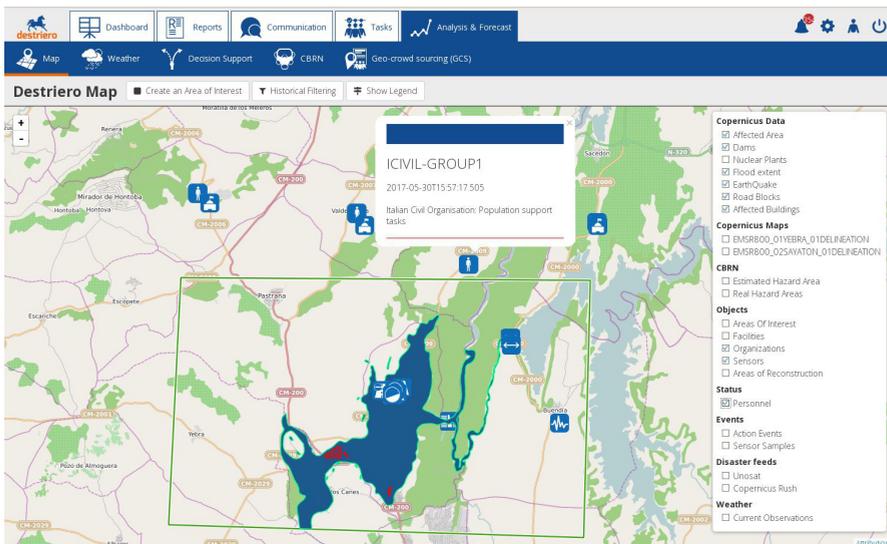


Figura 5.31: Pantalla de *Map*.

La Figura 5.31 muestra un cliente web-GIS en el que se está visualizando diferente información georeferenciada. El panel de la derecha permite seleccionar la información a visualizar que está accesible en la plataforma. Además si se selecciona un objeto del mapa se muestra la información actualizada de metadatos asociados a ese objeto.

- *Weather*

La herramienta *Weather* permite enviar peticiones al servicio OpenWeatherMap para obtener el estado meteorológico de una ciudad concreta en tiempo real. Además ofrece un servicio de predicción meteorológica que puede resultar de interés a la hora de planear las tareas de reconstrucción.

CAPÍTULO 5. CASO 2: DESTRIERO

- *Decision Support* La herramienta *Decision Support* es uno de los puntos centrales de la plataforma DESTRIERO, tiene como objetivo analizar los datos introducidos en la plataforma (ya sea de forma manual, o a través de otras herramientas) para generar planes de reconstrucción en base a los algoritmos de apoyo a la decisión de MYRIAD.

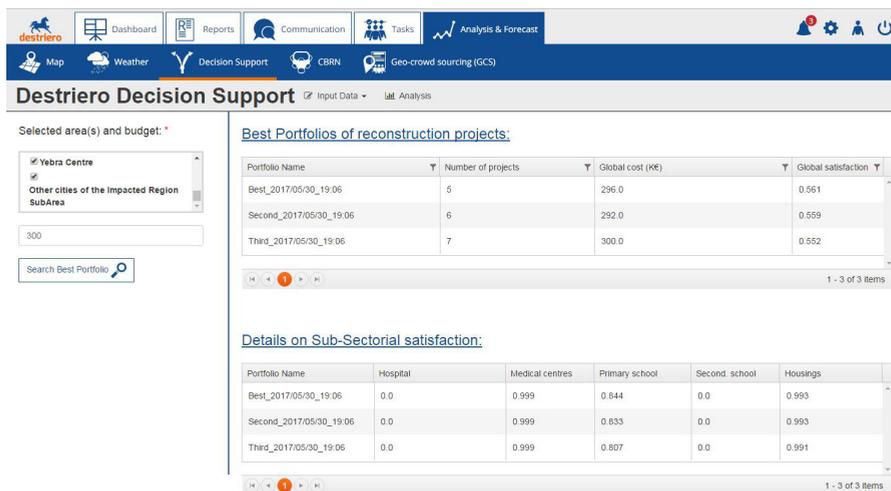


Figura 5.32: Pantalla de *Decision Support*.

La figura 5.32 muestra dos paneles, el izquierdo donde podemos seleccionar las áreas a analizar y el dinero del que se dispone para el plan de reconstrucción. Y el derecho donde se puede ver el resultado tras el cálculo realizado. Además se introducen en la plataforma de forma automática los planes computados que son accesibles desde el módulo *Tasks*. Estos planes contienen un listado de tareas que pueden ser editadas o eliminadas por los usuarios expertos en reconstrucción.

- *CBRN*

La herramienta *CBRN* permite dos tipos de análisis. El primero es una estimación inicial del área contaminada en base al tamaño del residuo indicado, a las condiciones meteorológicas y a la distribución del terreno. El segundo es un cálculo real basado en medidas de sensores desplegados en el incidente, las condiciones meteorológicas y la distribución del terreno. Como resultado se obtiene una capa con información georeferenciada que se puede visualizar en la herramienta *Maps*.

- *Geo-crowd sourcing*

La herramienta *Geo-crowd sourcing* obtiene información de las diferentes redes sociales. Esta información es georeferenciada y añadida a la plataforma, siendo posible su visualización a través de la herramienta *Maps*.

5.4. Logros de DESTRIERO

DESTRIERO es una herramienta que permite la recolección y procesamiento de datos procedentes de diferentes fuentes de datos y herramientas, para la generación de informes, seguimiento de tareas, y gestión de comunicaciones e información después de una situación de emergencia. Además permite la generación de reportes para la toma de decisiones en los procesos de recuperación y reconstrucción. Los requerimientos básicos conseguidos para lograr la interoperabilidad entre diferentes herramientas y fuentes de información para mejorar las técnicas de recuperación y reconstrucción son los siguientes:

- Reducir los tiempos para la evaluación de las necesidades: gracias a la unificación de fuentes de información y herramientas en una única plataforma, se consigue la centralización de información y la organización de tareas permitiendo una mejor optimización del tiempo.
- Actualización continua de los daños: Los sistemas de información, sensores y servicios de las herramientas conectadas a DESTRIERO introducen información en la plataforma, manteniendo a los usuarios conectados informados de cualquier cambio en el entorno.
- Registro, almacenamiento y presentación de información indispensable: DESTRIERO dispone de fuentes de información analizadas y seleccionadas por expertos en procesos de recuperación y reconstrucción, que aportan información necesaria para la toma de decisiones. Además el HMI ha sido diseñado y desarrollado para representar esta información de manera sencilla e intuitiva.
- Trabajo colaborativo que incluye dispositivos móviles en el terreno: DESTRIERO recopila y distribuye información de diferentes sensores y dispositivos que se encuentran en la zona afectada, permitiendo visualizar la información en *tablets* y *smartphones* gracias a la conexión web del HMI de DESTRIERO.
- Acceso a información CBRN: DESTRIERO permite la recopilación de medidas CBRN de sensores que se encuentran en la zona afectada, y

CAPÍTULO 5. CASO 2: DESTRIERO

permite la estimación de zonas de afectación por medio de herramientas de análisis incorporadas en la plataforma.

- Mejorar la toma común de decisiones: DESTRIERO incorpora una herramienta que evalúa los datos introducidos en la plataforma y proporciona estimaciones de planes de reconstrucción, permitiendo optimizar los procesos PDNA y RRP.

Capítulo 6

Evaluación

Para demostrar la viabilidad de la arquitectura propuesta en el Capítulo 3, se ha aplicado en el diseño de las arquitecturas en los dos proyectos de investigación descritos en los Capítulos 4 y 5. Una vez finalizado el diseño y el desarrollo en cada uno de ellos, se va a pasar a la evaluación de los resultados.

En primer lugar, definiremos el escenario inicial planteado para las pruebas realizadas en cada uno de los casos de uso, seguiremos con la descripción del funcionamiento del sistema particularizado para el escenario, y por último, examinaremos los resultados obtenidos tratando de valorar la efectividad de las arquitecturas propuestas.

Debido a los costos que supondría el despliegue de ambas plataformas, incluyendo sensores, activaciones de satélite, personal de maniobras ... Las pruebas han sido desarrolladas en escenarios simulados, supervisados por personal dedicado a la GE. Para el caso de SECTOR el ejercicio de pruebas se realizó en las oficinas de la empresa LEONARDO en Roma. En el caso de DESTRIERO el ejercicio de pruebas se realizó en las oficinas de la empresa THALES Programas en Madrid. En ambos casos se simuló una sala de mando y control operada por diferentes usuarios y asistida por personal implicado en la GE.

6.1. SECTOR

6.1.1. Escenario de pruebas

Para comprobar la factibilidad y funcionalidad de la plataforma, se ha validado por medio de un prototipo desarrollado siguiendo la arquitectura definida en el Capítulo 4. El escenario consiste en un simulacro de inundación en la ciudad de Roermond (Holanda), donde se han desplegado dos nodos SECTOR,

CAPÍTULO 6. EVALUACIÓN

a través de los cuales, las agencias involucradas en el simulacro, pueden compartir e intercambiar información relacionada con la inundación y el estado del entorno.

Despliegue

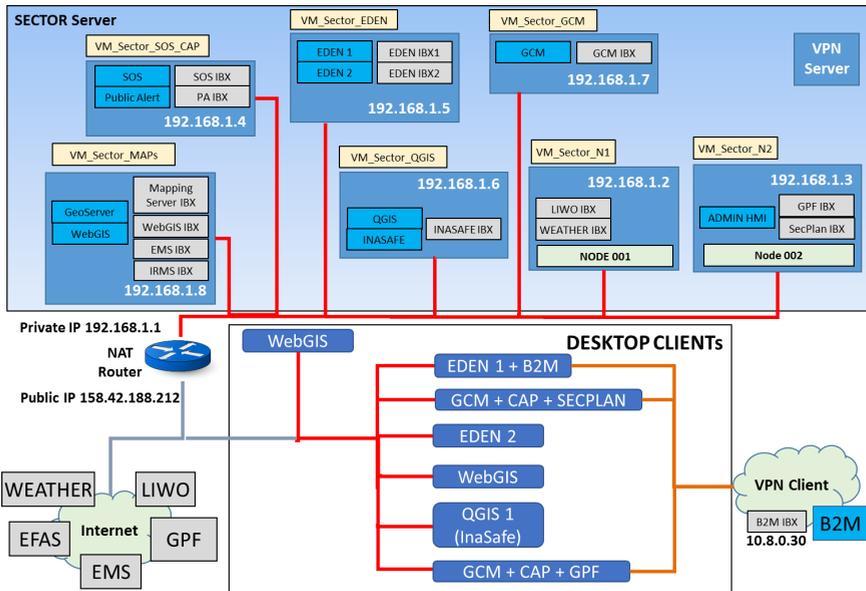


Figura 6.1: Esquema del despliegue para las pruebas en SECTOR.

La Figura 6.1 muestra un diagrama con el despliegue realizado en el escenario de pruebas.

La arquitectura distribuida que se ha simulado para la plataforma, divide la carga de procesamiento entre los dos nodos utilizados mejorando el rendimiento y disminuyendo los requerimientos de *hardware* asignados a cada una de las maquinas.

Durante las pruebas, se ha utilizado un único *HOST* con características estándar de *hardware* (procesador Intel I7, 32GB RAM, 2 discos de 1TB) y *software* (VMware ESXI 6.5), para virtualizar los dos nodos SECTOR y los SI con sus respectivos IBX.

Actores

Por otro lado en la realización de las pruebas se han definido una serie de actores interpretados por diferentes usuarios finales. La organización ficticia a la que pertenecen, el rol asignado y las herramientas utilizadas se resumen en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1: Actores y herramientas utilizadas en la crisis.

Coordinación	Organización	Rol	Herramienta
Local	Policía	Gestión de tráfico y víctimas	EDEN
	Bomberos	Primeros auxilios	EDEN + B2M
	Alcalde Roermond	Coordinación local	GCM + GPA + SECPLAN
	Ministro de seguridad Nacional	Gestión de información pública	WebGIS
Internacional	SECTOR Admin	Administrador	SECTOR HMI
	Policía Alemana	Gestión de tráfico y víctimas	InaSafe
	Cruz roja Alemana	Primeros auxilios	GPF + GCM
	Ministro de economía Alemán	Observador	WebGIS

Contexto pre-crisis

Roermond, Holanda, es invierno y las fuertes lluvias se prolongan durante varios días. Las condiciones climáticas durante los últimos meses han producido que el nivel de agua subterránea y los ríos se encuentren cerca del volumen máximo admitido, además las predicciones meteorológicas sugieren que continuará la lluvia. Como consecuencia, las autoridades locales de emergencia inician los protocolos de posible riesgo de inundación.

Consideramos que SECTOR se encuentra desplegado en una red segura y preparada para la gestión y coordinación de las organizaciones de respuesta en caso de una posible inundación.

Cada organización ha sido autorizada a acceder a la información y los servicios por el Administrador de SECTOR a través del HMI de configuración.

Todas las organizaciones conectadas a la plataforma proporcionan información relativa a recursos (humanos y materiales) disponibles para compartir con otras organizaciones. Esta información se carga dentro de la plataforma durante la fase de configuración, y los recursos humanos se dan de alta en otros sistemas externos como puede ser B2M.

6.1.2. Gestión de la crisis

Consideramos gestión de la crisis a los pasos que se realizan dentro del escenario durante T0 - 24h, hasta T0 + 27h. Considerando T0 el momento en que el evento de inundación se considera un desastre y se inician las alarmas.

CAPÍTULO 6. EVALUACIÓN

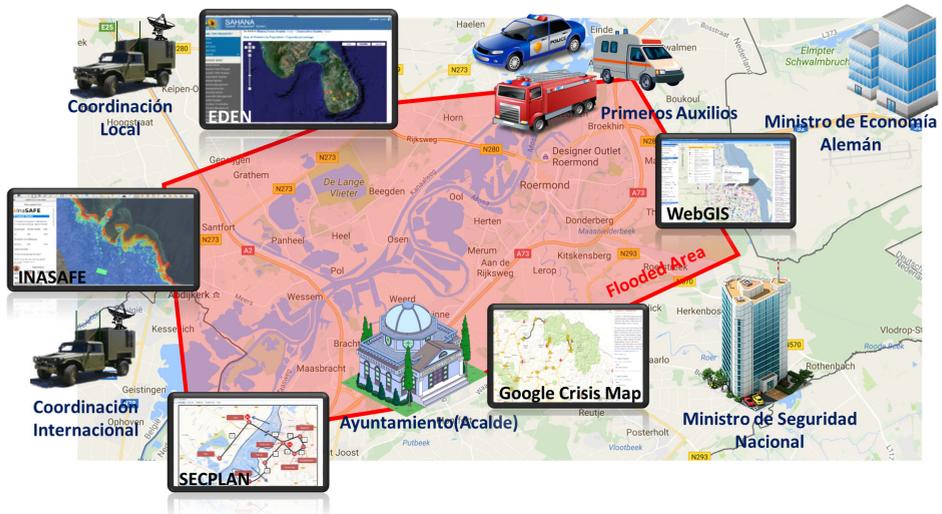


Figura 6.2: Escenario de pruebas SECTOR.

T0 - 24h Evaluación Pre-Crisis

Paso 1.1: Las fuertes lluvias continúan y el nivel de agua cerca de Roermond es cada vez más alto. Comienza a ser un riesgo para los ciudadanos que viven cerca del río El Alcalde y el Ministro de Seguridad Nacional comienzan a monitorizar la situación utilizando la plataforma SECTOR y solicitan datos de LIWO, datos de tráfico y pronósticos del tiempo.

Paso 1.2: El Ministro es consciente de la situación y solicita un análisis del potencial impacto de la inundación por medio de IRM. Los resultados obtenidos se elaboran por medio del procesado de los datos de imágenes satélite, datos de precipitaciones, temperaturas... Una vez procesados tanto el Ministro como el Alcalde reciben una notificación y puede visualizar los resultados en WebGIS y GCM respectivamente.

Paso 1.3: Los resultados de IRM pueden ser consumidos por otros actores a través de sus herramientas con cliente GIS. Gracias a las capas geográficas generadas por IRM se obtiene una consciencia situacional de las áreas críticas y las posibles pérdidas que se pueden ocasionar, por lo que se inician tareas para reducir el riesgo.

- Paso 1.4: Las autoridades Alemanas acceden a la información introducida en la plataforma a través de la herramienta INASAFE que les ofrece una visión general del estado de la crisis y pueden observar el nivel de los ríos a través de la información introducida por EFAS.
- Paso 1.5: El alcalde de Roermond comprueba información de distintas fuentes en GCM y empieza a evaluar posibles planes de acción con SECPLAN y comienza a razonar sobre la ubicación de los posibles hospitales de campaña para personas evacuadas.
- Paso 1.6: El Ministro de Seguridad Nacional solicita una activación de satélite COPERNICUS seleccionando la zona de inspección en WebGIS. (Solicitud simulada)

T0 Primera Situación de Crisis y Respuesta Local

- Paso 2.1 Después de 24h la situación meteorológica sigue complicada, la lluvia no se detiene y una tormenta se acerca a Roermond. La situación es crítica y el río Meuse no puede contener más agua por lo que se inicia el desbordamiento. Roermond y las aldeas que hay junto al río comienzan a inundarse. Debido al estado crítico el Alcalde genera una alerta por medio de GPA para notificar a todos los actores.
- Paso 2.2 El Ministro de Economía Alemán recibe la alerta y comienza a razonar sobre los posibles impactos económicos de la crisis. El resto de actores reciben la alerta vía mensajes de texto en sus *Smpartphones*, y a través de EDEN e INASAFE.
- Paso 2.3 Tras analizar la información disponible en la plataforma, el Alcalde de Roermond decide coordinar a todas las brigadas de primeros auxilios, por lo que inicia una multiconferencia por medio de B2M con el jefe de policía, el jefe de bomberos y el coordinador de protección civil.
- Paso 2.4 El Alcalde, ayudado por el Ministro de Seguridad Nacional configura y ejecuta la herramienta SECPLAN para obtener un plan de acción con objetivos priorizados según el estado actual de la crisis, tratando de minimizar el numero de víctimas.
- Paso 2.5 El plan generado es compartido a través de la plataforma y es visualizado por la policía, los bomberos y protección civil a través de sus herramientas (EDEN, WebGIS e INASAFE) conectadas a SECTOR. Se inician las tareas asignadas según el plan supervisado por el Alcalde y los jefes de los servicios de primeros auxilios.

CAPÍTULO 6. EVALUACIÓN

T0 + 12h Segunda Situación de Crisis y Apoyo Internacional

Paso 3.1 La situación se vuelve muy difícil de manejar por las autoridades locales que reportan estados de situación a través mensajes de texto recibidos por B2M e introducidos en la plataforma.

Paso 3.2 Tras analizar las solicitudes de ayuda el Alcalde de Roermond inicia una nueva multiconferencia con las autoridades locales y deciden pedir apoyo internacional. La ayuda se pide a través de GPA que introduce una nueva alarma en la plataforma pidiendo ayuda internacional.

Paso 3.3 Tan pronto como la emergencia se convierte en internacional, diferentes organizaciones alertadas a través de SECTOR deciden proporcionar ayuda en la gestión de la crisis. Introducen el numero de efectivos y recursos disponibles.

Paso 3.4 Los resultados obtenidos tras la activación de COPERNICUS han sido introducidos en la plataforma. Se reciben un conjunto de imágenes que dan a conocer el impacto real de la inundación. Las organizaciones conectadas a SECTOR reciben la notificación de los nuevos datos y pueden visualizarlos en sus clientes GIS.

Paso 3.5 Debido a los nuevos recursos disponibles de la ayuda internacional, el Alcalde ejecuta una vez mas SECPLAN para obtener nuevos planes de acción que ayuden a decidir las tareas a ejecutar. Después de una evaluación de los planes generados se reorganizan los efectivos de las agencias implicadas que pueden visualizar sus nuevas tareas a través de sus herramientas conectadas a SECTOR (EDEN e INASAFE).

Paso 3.6 Los servicios de protección civil junto con la policía, utilizan la herramienta GPF para crear solicitudes de las personas desaparecidas. Esta información se comparte a través de la plataforma y puede ser visualizada por el resto de agencias a través de sus herramientas (por ejemplo EDEN).

6.1.3. Demostración final

Durante la demostración final llevada a cabo en las oficinas de LEONARDO en Roma, se contó con la colaboración de personal, tanto táctico como estratégico, de diferentes usuarios finales así como representantes de varias agencias relacionadas con la GE de la UE.



Figura 6.3: Equipo SECTOR en la demostración final.

6.1.4. Cuestionarios de usuarios finales

Al finalizar el simulacro, se realizó una encuesta al personal asistente, con el fin de tabular su percepción respecto a las funcionalidades de la plataforma. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 6.2.

El 100 % de los encuestados estuvieron de acuerdo, en mayor o menor grado, con la usabilidad de la plataforma. Un 81 % usaría la plataforma, ya sea para entrenamiento o en un entorno real, y cree que su agencia se vería beneficiada con las funcionalidades entregadas por la misma. Un 3 % no usaría la plataforma y un 16 % está indecisa sobre su uso o no.

Como observación final, un 87 % de los encuestados recomendaría el uso de la plataforma y coincide con el planteamiento propuesto para la interoperabilidad entre agencias.

CAPÍTULO 6. EVALUACIÓN

Tabla 6.2: Cuestionario respondido por el personal táctico y estratégico asistente.

Question	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
The key features of the platform are suitable for dealing with crisis response.	8	18	5		
The SECTOR platform offers added value to support faster decision making in response activities.	10	20	1		
The SECTOR platform offers added value to support improved decision making regarding resource and activity planning in crisis response.	11	16	4		
SECTOR enhances the COP for the current Crisis Management Tools.	8	23			
Using the SECTOR platform can be effective to speed up response time.	9	20	2		
The SECTOR platform combines useful Neutral 3rd party applications and information sources for crisis response.	8	18	5		
SECTOR boosts interoperability and information exchange among different organizations.	16	14	1		
Access to the data from the integrated IT Systems and tools is available quickly and efficiently.	6	20	5		
SECTOR provides new capabilities, which enhance the use of the Crises Management Tools.	6	21	4		
I would recommend a fully developed SECTOR platform to a colleague.	8	14	9		
I would use the SECTOR platform in “real life”.	5	16	8	2	
I would use the SECTOR platform for field exercises.	9	20	2		
I would also use the SECTOR platform during the recovery phase of a crisis.	7	13	10	1	
I consider my organization’s efforts in the field could benefit from the coordination facilitated by the SECTOR platform.	6	15	9	1	
A tool based on SECTOR would be a valuable asset in crises and emergency management.	6	23	2		
Notwithstanding budget constraints, my organization would see value in funding its own SECTOR service or becoming a funding partner in a multi-agency SECTOR service.	2	11	17	1	
A pay-per-use model is a good way for organizations to fund a SECTOR service.	1	10	15	2	3
A fixed, flat annual fee is a good way for organizations to fund a SECTOR service.	3	15	13		

6.2. DESTRIERO

6.2.1. Escenario de pruebas

Para comprobar la factibilidad y funcionalidad de la plataforma, se ha validado por medio de un prototipo desarrollado siguiendo la arquitectura definida en el Capítulo 5.

El escenario consiste en el simulacro de un efecto en cascada iniciado por un terremoto, seguido de una inundación y un escape radiológico de la central nuclear José Cabrera en Guadalajara (España).

Para agilizar las tareas de recuperación y reconstrucción se despliegan tres nodos DESTRIERO, a través de los cuales, las agencias involucradas en el simulacro, pueden compartir e intercambiar información para establecer los procedimientos y protocolos a seguir en la recuperación y reconstrucción de la zona afectada.

Despliegue

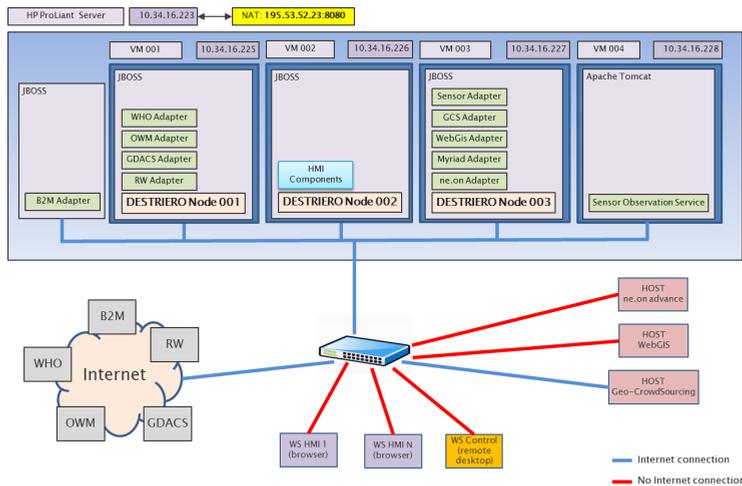


Figura 6.4: Esquema del despliegue para las pruebas en DESTRIERO.

La Figura 6.4 muestra un diagrama con el despliegue realizado en el escenario de pruebas.

La arquitectura distribuida que se ha simulado para la plataforma, divide la carga de procesamiento entre los tres nodos utilizados mejorando el rendimiento y disminuyendo los requerimientos de *hardware* asignados a cada una de las máquinas.

CAPÍTULO 6. EVALUACIÓN

Durante las pruebas, se ha utilizado un único servidor marca Hewlett Packard modelo Proliant (con procesador Octa-core, 24GB RAM, 2 discos de 1TB) y *software* estándar (Windows server 2008 y VirtualBox), en el que se han virtualizado los tres nodos DESTRIERO y el despliegue de los adaptadores de cada uno de los SI utilizados, además de las máquinas necesarias para la gestión acceso a los sistemas externos, y la máquina encargada de la emulación de los sensores utilizados en la demostración.

Actores

Tabla 6.3: Actores y roles en el escenario.

Organización	División	Rol
Ministerio del interior de España	-	Ministro del interior
	Policía nacional	Oficial de Policía
	Dirección general de Policía y Guardia Civil de España	Toma de decisiones
Ministerio de defensa de España	Ejercito Español	Jefe del Estado Mayor del Ejercito
Ministerio del interior de Italia	Protección civil Italiana	Jefe de la sección de gestión de recursos en emergencias
Sayatón	Administración de Sayatón	Alcalde de Sayatón
Empresa 1	Sección de reconstrucción e infraestructuras	Jefe de sección de reconstrucción
Empresa 2	Sección de reconstrucción e infraestructuras	Jefe de sección de reconstrucción
Empresa 2	Sección de reconstrucción e infraestructuras	Jefe de sección de reconstrucción

Por otro lado en la realización de las pruebas se han definido una serie de actores interpretados por diferentes usuarios finales. La organización ficticia, la sección a la que pertenecen y el rol asignado a cada uno de ellos en el escenario propuesto se resumen en la Tabla 6.3.

Contexto pre-recuperación/reconstrucción

Se registra un terremoto de gran magnitud con su epicentro ubicado a pocos kilómetros al sur de la presa de Entrepeñas. Este gran terremoto causa graves daños en las ciudades y pueblos cercanos, provocando además el colapso de la presa de Entrepeñas.

Treinta minutos después de la rotura de la presa de Entrepeñas, llega una gran masa de agua a la presa de Bolarque que se encuentra seriamente dañada

por el terremoto. La alta presión del agua hace que la presa de Bolarque colapse produciendo una gran inundación.

Unos minutos más tarde la inundación y el exceso de caudal del río Tajo llega a la central nuclear José Cabrera (parcialmente afectada por el terremoto) produciéndose una gran devastación en la zona que provoca un apagón afectando al sistema de refrigeración de la planta y a uno de los reactores.

Como consecuencia de los problemas en el reactor y el sistema de refrigeración se produce una fuga radioactiva.



Figura 6.5: Localización de los eventos en el efecto cascada.

La secuencia descrita se puede observar en la Figura 6.5.

La crisis se gestiona durante las siguientes 72 horas por medio de los servicios de emergencia de España, el ejército Español y otras agencias de Francia y Portugal que participan en el proceso de rescate de víctimas.

6.2.2. Plan de reconstrucción

T0 +72h Adquisición de datos y configuración de la plataforma.

Las organizaciones que van a utilizar la plataforma inician el proceso de registro en DESTRIERO insertando información relativa a las cuentas de usuario.

Se registran los SI en la plataforma, iniciando los procesos de adquisición de datos. En concreto, información procedente de UNOCHA y de la OMS con datos de la zona afectada como límites administrativos, zonas pobladas, red de transporte, hidrología, estadísticas... Centralizar toda esta información permite a las diferentes herramientas conectadas a la plataforma tener un conjunto de datos común de la zona afectada.

CAPÍTULO 6. EVALUACIÓN

Al mismo tiempo el Cuerpo Nacional de Policía Española, accede al HMI y crea dos grupos de contacto para gestionar mejor las operaciones con dos equipos de policía desplegados en la zona. Para cada grupo creado, se proporciona un conjunto de números de teléfono móvil de los contactos asociados. Además, uno de los terminales está configurado para enviar y recibir mensajes de texto con notificaciones de alerta e interactuar con la plataforma.

El Ministro del Interior autoriza la colaboración del Ejército Español para ayudar en actividades de recuperación y reconstrucción. Una vez confirmado, crea dos equipos militares a través del HMI que se encargarán de las tareas en el terreno.

Por otro lado el Jefe del Estado Mayor del Ejército, recibe el informe externo con una primera evaluación de contaminación radiológica en los alrededores de la planta nuclear José Cabrera y decide almacenarlo y compartirlo en la plataforma, a través del módulo *Reports* del HMI de DESTRIERO para futuros usos y evaluaciones.

La sección de Gestión de Emergencias de la Protección Civil Italiana, decide apoyar las operaciones de gestión de crisis contribuyendo con dos equipos operativos. El jefe de la gestión de recursos utiliza la plataforma para crear los dos nuevos grupos de protección civil Italiana permitiendo así la monitorización de tareas y habilitar las comunicaciones con los grupos a través de la plataforma.

Desde la plataforma y teniendo en cuenta los recursos disponibles se inicia la creación de un nuevo plan de acción con diferentes tareas a realizar en la zona afectada.

Una de las tareas que se asigna a la Protección Civil Italiana es el despliegue de inclinómetros y extensómetros a lo largo de los dos ríos y de algunas infraestructuras para monitorizar el nivel del agua y los movimientos de algunos edificios críticos después del desastre.

La información de la localización de los sensores y las medidas realizadas es accesible por el resto de usuarios conectados al HMI de DESTRIERO como vemos en la Figura 6.6.

T0 +96h Configuración de adquisición de datos mediáticos.

El Oficial de Policía decide analizar la zona cerca de Sayatón debido a que la ciudad no se encuentra muy lejos del río Tajo, por lo que los edificios y las conexiones de las calles han sido seriamente dañadas. Para acelerar el primer proceso de evaluación, realiza una activación de la herramienta Geo-Crowdsourcing a través del HMI seleccionando la zona de interés. La herramienta realiza un análisis de los mensajes publicados en diferentes redes sociales y si cumplen con los parámetros de configuración son mostrados en el HMI de DESTRIERO. El oficial explora los mensajes de texto, vídeos o imágenes para obtener información acerca del estado del área afectada.

T0 +100h Inicio del plan de actividades para evaluación de daños.

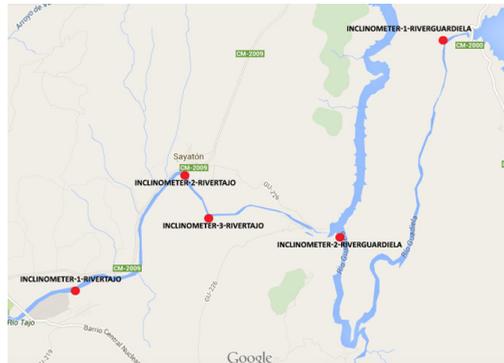


Figura 6.6: Localización de sensores desplegados por la Protección Civil Italiana.

Una vez que el Oficial de Policía evalúa la situación, observa que varias calles se encuentran bloqueadas y el acceso a la ciudad de Sayatón está bloqueado debido a la inundación, por lo que necesita un análisis más preciso en la zona afectada.

El Oficial decide crear un nuevo plan para evaluar el área de Sayatón a través del HMI que es distribuido al resto de usuarios conectados a la plataforma. Debido a que la Protección Civil Italiana ya tiene asignada una tarea que consiste en la valoración de Sayatón y los daños urbanos. La plataforma detecta un conflicto y marca el plan generado por el Oficial de Policía como redundante, evitando así el consumo de recursos en una tarea duplicada.

T0 +101h Preparación de un plan para la evaluación CBRN.

El Ministro del Interior Español, afirma que es necesaria una segunda estimación CBRN más detallada de la central nuclear José Cabrera por medio de las herramientas de evaluación de DESTRIERO. Para ello accede al HMI de la plataforma y utiliza la función valoración del módulo CBRN introduciendo datos sobre el tamaño del vertido (procedente del primer reporte) y la hora en la que se produjo el incidente. Con estos datos además de la información meteorológica, se obtienen tres zonas de peligro en función del nivel de radiación estimado.

Debido al resultado obtenido el Ministro decide crear un plan para la medida real de radiación en la zona afectada y realizar un cálculo más preciso del estado en los alrededores de la central nuclear.

T0 +102h Llamadas de coordinación.

Con el fin de informar y coordinar los grupos operativos de policía, se realiza una multiconferencia entre los dos grupos. Los participantes discuten los pasos

CAPÍTULO 6. EVALUACIÓN

a seguir y se decide apoyar al grupo de protección civil Italiano en la evaluación de daños de Sayatón.

El Oficial de Policía actualiza las actividades que se llevarán a cabo en la plataforma y el grupo de Protección Civil Italiano recibe una notificación de que recibirán apoyo de dos grupos de policía en la tarea de evaluación de daños en Sayatón.

T0 +110h Evaluación en el terreno.

Una vez que los grupos están en la zona afectada, inician la actividad de evaluación y recopilación de datos, enviando información del estado de calles, edificios y zonas de interés por medio de sus teléfonos móviles o *tablets* a la plataforma.

Por otro lado los dos grupos militares, se hacen cargo del plan de evaluación CBRN, y realizan medidas de radiación con dos dispositivos, un Colibrí y un FALCON 5000. El primer grupo de los alrededores de la central nuclear y el segundo de las carreteras y zonas de paso a zonas habitadas.

T0 +111h Recolección de informes.

El alcalde de Sayatón, decide cargar en la plataforma a través del HMI toda la información relacionada con los datos de desastres previos producidos en Sayatón, con informes de población, salud y educación.

Al mismo tiempo, el Oficial de Policía, introduce informes de disponibilidad de servicios de salud, y otra información que considera relevante y de utilidad para el resto de usuarios.

El Jefe de gestión de recursos de la Protección Civil Italiana, carga dos informes con la evaluaciones de daños realizada.

Los expertos en reconstrucción y recuperación junto con las empresas constructoras introducen en la plataforma sus proyectos de reconstrucción, basados en los datos recopilados a través del HMI.

Por último, los datos obtenidos de las medidas de radiación se introducen en la plataforma, y el módulo de análisis CBRN genera un informe de contaminación que se pone a disposición de los usuarios de la plataforma. Este informe contiene las líneas de contorno reales de la zona afectada por la radiación.

T0 +112h Visualización de mapas de daños.

Una vez realizada la recolección de datos los diferentes grupos de operaciones acceden a los datos georeferenciados a través del módulo *Map* del HMI y evalúan el estado general del área afectada.

El Jefe del Estado Mayor del Ejército también accede a los diferentes informes referentes a la radiación, las condiciones meteorológica, pronósticos y obtiene una visión global del incidente.

Los informes de radiación generados por el módulo de análisis CBRN, las condiciones meteorológicas y las imágenes satélite compartidas en la demostración se pueden observar en la Figura 6.7.

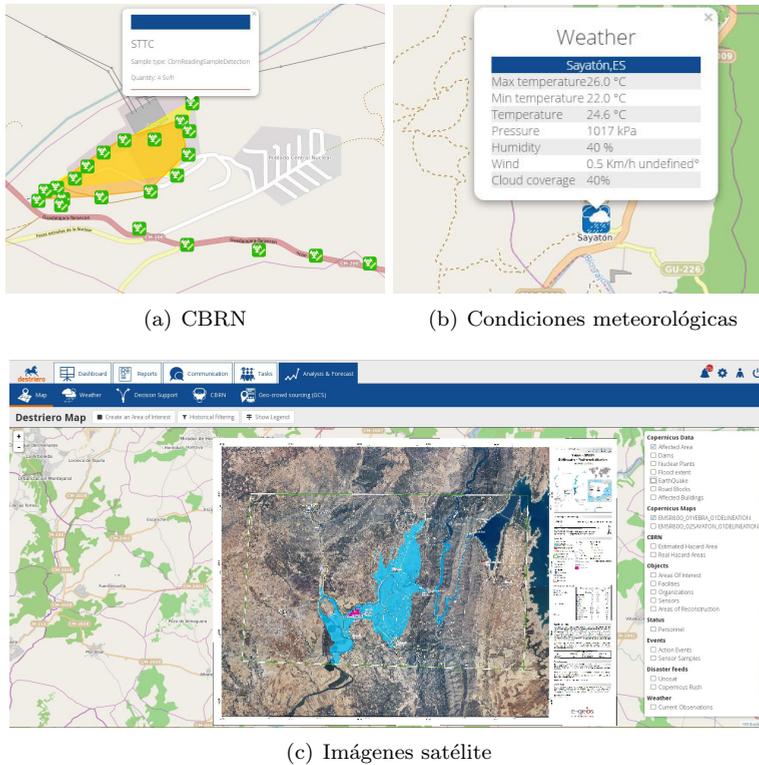


Figura 6.7: Información georeferenciada accesible en DESTRIERO.

T0 +114h Toma de decisiones en los proyectos de reconstrucción.

Una vez que toda la información se encuentra en la plataforma, un responsable del Ministerio del interior decide ejecutar el módulo de apoyo a la decisión con el fin de obtener los proyectos de reconstrucción subidos a la plataforma y comparar entre sí. Los datos introducidos en el módulo son el presupuesto disponible y las áreas a reconstruir. El resultado consiste en varios conjuntos de proyectos de reconstrucción seleccionados según las necesidades sectoriales de la población y la prioridad establecida, ajustándose al presupuesto proporcionado.

T0 +1mes Generación de informe DaLA.

El Ministro del Interior Español, decide generar un informe DaLA para evaluar todas las operaciones realizadas en la gestión de la crisis, los costes, y las actividades de reconstrucción que se han llevado a cabo.

CAPÍTULO 6. EVALUACIÓN

6.2.3. Demostración final

Durante la demostración final llevada a cabo en las oficinas de Thales Programas en Madrid, se contó con la colaboración de personal, tanto táctico como estratégico, de diferentes usuarios finales así como representantes de varias agencias relacionadas con la GE de la UE.



Figura 6.8: Equipo DESTRIERO y personal táctico en la demostración final.

6.2.4. Cuestionarios de usuarios finales

Tras la demostración realizada, se repartió un cuestionario a los asistentes para conocer la opinión directa de posibles usuarios finales que podrían utilizar la plataforma.

Se recogieron 29 cuestionarios entre los asistentes, de los cuales el 13 % eran políticos e interesados, el 67 % personal de unidades operativas y el 20 % público general, ONG y empresas de consultoría

Los resultados obtenidos con la opinión de los asistentes han sido recogidos en la Tabla 6.4.

El 100 % de los encuestados estuvieron de acuerdo, en mayor o menor grado, con la usabilidad de la plataforma. Un 78,2 % usaría la plataforma, ya sea para entrenamiento o en un entorno real, y cree que su agencia se vería beneficiada con las funcionalidades entregadas por la misma. Menos de un 2,3 % no usaría la plataforma y un 19,5 % está indecisa sobre su uso o no.

6.2 DESTRIERO

Como observación final, un 86 % de los encuestados recomendaría el uso de la plataforma y coincide con el planteamiento propuesto para optimizar el proceso de recuperación y reconstrucción después de una crisis.

Tabla 6.4: Cuestionario respondido por el personal táctico y estratégico asistente.

Question	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
I like the visual design of the DESTRIERO platform. crisis response.	9	16	4		
The key features of the platform are suitable for dealing with post crisis reconstruction and recovery.	9	18	2		
The DESTRIERO platform offers added value to support faster decision making in recovery actions.	12	15	2		
The DESTRIERO platform offers added value to support improved decision making in recovery actions.	10	19			
Using the DESTRIERO platform can be effective to speed up recovery time.	9	19	1		
I think, with the DESTRIERO platform, e.g. unnecessary communication can be reduced, thus reducing overall cost.	10	16	3		
The DESTRIERO platform combines useful 3rd party applications and information sources for recovery management.	16	12	1		
DESTRIERO supports greater interoperability between organizations and tools involved in reconstruction and recovery planning.	7	17	5		
I would recommend a fully developed DESTRIERO platform to a colleague.	7	18	4		
I think the DESTRIERO platform is usable.	9	14	6		
The variety of functions is what I expected.	5	14	8	2	
I would use the DESTRIERO platform in "real life".	10	17	2		
I would use the DESTRIERO platform for field exercises.	9	10	9	1	
I would also use the DESTRIERO platform during the response phase of a crisis.	9	13	6	1	
I consider my organization's efforts in the field could benefit from the coordination facilitated by the DESTRIERO platform.	8	19	2		
Notwithstanding budget constraints, my organization would see value in funding its own DESTRIERO service or becoming a funding partner in a multi-agency DESTRIERO service.	3	11	13	2	
A pay-per-use model is a good way for organizations to fund a DESTRIERO service.	2	11	12	1	1
A fixed, flat annual fee is a good way for organizations to fund a DESTRIERO service.	4	13	12		

Capítulo 7

Conclusiones y líneas de trabajo futuras

7.1. Conclusiones finales

En esta tesis se han identificado, estudiado y evaluado los principales problemas que surgen en una gestión de crisis colaborativa. Tras ello, se han diseñado e implementado dos arquitecturas que tratan de solventar el problema de la descoordinación entre agencias, y se han puesto a prueba en dos casos de uso y escenarios diferentes. Las conclusiones que se pueden extraer son las siguientes.

7.1.1. Conclusiones generales

Estado del arte

- La diversidad de herramientas utilizadas en la gestión de emergencias, supone un gran avance a la hora de mitigar situaciones de crisis. El problema surge cuando se necesita que varias agencias interactúen entre sí, agravándose más si cabe en los casos de emergencias transfronterizas. La descoordinación imposibilita una labor colaborativa desperdiciando recursos humanos y materiales.
- La normalización de las cuatro fases en la gestión de emergencias ha supuesto una mejora, sin embargo los procedimientos y protocolos utilizados por cada agencia siguen siendo propietarios. Además, si incluimos la discrepancia a la hora de utilizar herramientas de gestión, los operativos distan mucho de ser colaborativos.

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE TRABAJO FUTURAS

- Para conseguir una gestión de crisis colaborativa, surge el concepto de interoperabilidad. Una plataforma es interoperable cuando proporciona a los diferentes usuarios la capacidad de intercambiar información para la toma de decisiones.
- Los diferentes mecanismos de comunicación son una parte fundamental para proporcionar interoperabilidad a una plataforma. Esto es debido a que la información disponible en cada herramienta puede ser proporcionada de forma diferente. En general, la forma de consumir esta información es por medio de servicios web, a través de los cuales otro sistema es capaz de realizar consultas. Los modos de comunicación más utilizados son Petición-Respuesta y Publicación-Suscripción.
- En la actualidad existen diversidad de modelos de datos que permiten la serialización de objetos para que estos puedan ser intercambiados. Para que una plataforma sea interoperable, debe de manejar un modelo de datos común que proporcione homogeneidad a la información que circula a través ella. Modelos de datos como JC3IEDM o NIEM disponen de una gran cantidad de elementos ya definidos, que facilitan este proceso.
- La elección de la base de datos donde se almacena la información que se considera de interés, es una tarea que no debe de realizarse a la ligera. Dependiendo del volumen de datos, el tipo de consultas y el número de conexiones deberá elegirse una tecnología u otra. En el mercado actual existen diversidad de soluciones, tanto gratuitas como de pago que deben de ser estudiadas antes de decidir cual utilizar.
- Existen diversidad de herramientas que se utilizan o podrían utilizarse para la gestión de emergencias. Cada una de ellas aporta funcionalidades o servicios específicos que por si solos no podrían satisfacer las necesidades de los servicios de emergencias. Sin embargo, en conjunto proporcionan una ayuda imprescindible en una situación de emergencias.
- Las herramientas para la visualización de información georeferenciada son una de las principales ayudas a la hora de obtener una consciencia situacional de la magnitud del incidente. Estándares del OGC como KML, WFS, WMS u otros facilitan el intercambio de datos georeferenciados, permitiendo a diferentes herramientas representar la misma información.
- La generación de alertas para notificar al personal implicado en la emergencia es otro punto fundamental para una gestión colaborativa. El estándar CAP permite encapsular información relevante dentro de mensaje siguiendo unas especificaciones comunes.

Especificación de la arquitectura

- La principal aportación de esta tesis ha sido la arquitectura de interoperabilidad propuesta. Permite a diferentes sistemas compartir información por medio de unos adaptadores.
- La arquitectura es lo suficientemente genérica como para aplicarse a diferentes entornos y situaciones, adaptándose a las necesidades de las diferentes fases en la gestión de emergencias.
- La arquitectura es escalable, ya que su organización modular permite una fácil expansión. Los dos componentes principales son independientes entre sí, lo que permite máxima flexibilidad a los diferentes sistemas que se conectan a la plataforma.
- Sus dos componentes principales son: el nodo de interoperabilidad que proporciona los servicios de registro, notificación y gestión de datos; y los adaptadores, que permiten a las diferentes herramientas externas y fuentes de datos conectarse al nodo para compartir servicios e información.
- Las comunicaciones entre nodos, o entre nodo y adaptadores se realiza a través de servicios web, lo que permite un desacople total entre ellos.
- Toda la información que pasa a través de los nodos de interoperabilidad sigue un modelo de datos común. Esto se consigue por medio de los adaptadores, encargados de transformar la información procedente de las herramientas externas al modelo común, consiguiendo así que la plataforma sea consistente y homogénea.
- Se pueden utilizar distintas topologías a la hora de diseñar la plataforma con el fin de adaptarse a las necesidades y al entorno en el que se despliegue. Se puede optar por una configuración centralizada, donde un único nodo concentra la información; o una configuración distribuida donde varios nodos almacenan y comparten la información.

7.1.2. SECTOR

- El objetivo final de SECTOR es permitir que los diferentes sistemas que disponen las agencias involucradas en una crisis sean capaces de intercambiar información.
- Es importante que durante las diferentes fases de la gestión de emergencias, las agencias involucradas trabajen de la forma más eficaz y eficiente. Para conseguirlo, SECTOR trata de unificar en un único punto central

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE TRABAJO FUTURAS

toda la información que se utiliza en una gestión de emergencias. Proporciona un espacio de información común al que se conectan las diferentes herramientas que utilizan las agencias involucradas tanto para aportar como para consultar información.

- Se ha presentado un nuevo enfoque, en el que el personal de emergencias no necesita utilizar una nueva herramienta que proporcione la combinación de varios servicios, si no que, puede utilizar su propia herramienta para consultar información que ha sido proporcionada por otro sistema conectado a la plataforma.
- Además, la plataforma propuesta ofrece servicios de suscripción accesibles mediante los adaptadores, a través de los cuales, la herramienta recibe notificaciones si se ha publicado información que corresponde con los parámetros de suscripción en la plataforma.
- En este caso, solo ha sido necesario el desarrollo de un HMI de configuración, donde el administrador puede configurar parámetros de los adaptadores, permisos de acceso a la plataforma y monitorizar el estado y rendimiento de la plataforma.
- Se ha diseñado un escenario de pruebas que consiste en una inundación producida por el desbordamiento de un río. A lo largo del escenario propuesto, varias agencias intercambian información y servicios a través de la plataforma SECTOR. Cada una de ellas, utiliza sus herramientas para acceder y proporcionar datos de interés al resto de agencias involucradas en la emergencia.
- Para validar el correcto funcionamiento de la plataforma se realizó una demostración real en las instalaciones de la empresa Leonardo en Roma, con el despliegue de la plataforma SECTOR y todas las herramientas descritas en el escenario de pruebas diseñado. Durante el ejercicio, personal procedente de diferentes agencias relacionadas con la gestión de emergencias utilizaron la plataforma y realizaron las tareas asignadas durante el simulacro.
- Una vez finalizada la demostración se realizó una encuesta al personal asistente, recogiendo su impresión sobre distintos aspectos y funcionalidades de la plataforma desarrollada. Obteniendo resultados muy satisfactorios.

7.1.3. DESTRIERO

- El objetivo final de DESTRIERO es el desarrollo de un sistema que permita optimizar los procesos de recuperación y reconstrucción después de una crisis.
- Existen diferentes herramientas que proporcionan información y ayuda en la fase de recuperación, pero no existe una plataforma que permita la integración de todas ellas. La arquitectura de DESTRIERO está basada en una plataforma de interoperabilidad que proporciona un único punto de información común. Además la plataforma utiliza los datos almacenados para realizar informes con diferentes planes de reconstrucción priorizados según unos parámetros de configuración.
- DESTRIERO unifica los servicios e información procedente de herramientas externas a través de adaptadores a un modelo de datos común. Además, es capaz de notificar a las herramientas conectadas de cambios en la información almacenada realizados por otra herramienta.
- Se ha desarrollado un interfaz gráfico de usuario con el fin de controlar fácilmente todas herramientas conectadas a la plataforma a través de una aplicación web. Dispone de un módulo de gestión de informes donde se pueden subir y descargar documentos, un módulo de comunicación para envío y recepción de mensajes SMS y gestión de multiconferencias, un módulo de gestión de tareas y un módulo de análisis y predicción donde el usuario puede visualizar información georeferenciada a través de un mapa, consultar información meteorológica y otros.
- Una de las funcionalidades de especial interés es la de estimación y análisis de vertidos CBRN. Gracias a la combinación de las herramientas *ne.on Advance* (con algoritmos para cálculo de propagación de vertidos), *OpenWeatherMap* (para consultas meteorológicas) y al *SOS* (plataforma de acceso a información de sensores), DESTRIERO es capaz de realizar predicciones y análisis de zonas afectadas por vertidos CBRN y visualizar los resultados georeferenciados.
- Se ha diseñado un escenario de pruebas que consiste en un efecto cascada iniciado por un terremoto que produce daños en una presa, seguido de la inundación de una central nuclear y un escape radiológico. A lo largo del escenario propuesto, se comparten distintas tareas e información a través de la plataforma. Y los diferentes usuarios acceden a los servicios que proporciona DESTRIERO a través del HMI para realizar las tareas y consultas necesarias.

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE TRABAJO FUTURAS

- Para validar el correcto funcionamiento de la plataforma se realizó una demostración real en las instalaciones de la empresa Thales Programas en Madrid, con el despliegue de la plataforma DESTRIERO y todas las herramientas descritas en el escenario de pruebas diseñado. Durante el ejercicio, personal procedente de diferentes agencias relacionadas con la gestión de emergencias utilizaron la plataforma y realizaron las tareas asignadas durante el simulacro.
- Una vez finalizada la demostración se realizó una encuesta al personal asistente, recogiendo su impresión sobre distintos aspectos y funcionalidades de la plataforma desarrollada. Obteniendo resultados muy satisfactorios.

7.2. Líneas futuras de investigación

Tras el desarrollo de la tesis, es posible ampliar el estudio realizado en múltiples direcciones. En esta sección veremos varias posibilidades, tanto en ámbito de la interoperabilidad, como en los casos de uso estudiados.

- Hemos visto como la interoperabilidad es un factor clave en la gestión de emergencias. Pero existen muchos otros ámbitos en los que la plataforma sería de gran utilidad. Aunque los adaptadores desarrollados no serían válidos para otras herramientas, las funcionalidades internas de la plataforma se podrían utilizar en otros contextos.
- Como vimos en el Capítulo 2, existen distintos tipos de bases de datos. En la plataforma propuesta, no se han tenido en cuenta las bases de datos distribuidas, por lo que cada uno de los nodos dispone de una réplica de la base de datos. Una posible línea de investigación sería la de otorgar a la plataforma de una base de datos distribuida que permita configurar el factor de réplica en función del número de nodos desplegado.
- Durante la realización de ambos proyectos se discutió del problema recurrente del idioma en la interoperabilidad. La barrera del idioma siempre está presente cuando se desea compartir información entre agencias de diferentes países. Existen muchas implementaciones para traducción e incorporar módulos de traducción, podría ser otra línea de investigación emergente.
- Dentro los casos de uso SECTOR u DESTRIERO, sería interesante analizar e incorporar nuevos escenarios, para intentar englobar el mayor número de emergencias diferentes. Además sería interesante identificar

7.2 Líneas futuras de investigación

herramientas que proporcionen no sólo información de inundaciones, si no también de otros tipos de incidentes.

- La información de imágenes por satélite es sin duda de gran utilidad a la hora de conocer la magnitud de una catástrofe y planificar de forma efectiva una gestión de emergencias. Sería interesante incorporar a la plataforma otros servicios de imágenes por satélite a demás de COPERNICUS.
- Los sistemas de notificación móvil utilizados tanto en el proyecto SECTOR como DESTRIERO están basados en mensajes SMS. Aunque se trata de una tecnología válida, teniendo en cuenta los sistemas de mensajería actuales sería de interés integrarlos en la plataforma.
- Con respecto a la incorporación de sensores, cada día suena con más fuerza *Internet of Things*. La incorporación de una pasarela de conexión IoT otorgaría a la plataforma propuesta el acceso a multitud de sensores que podrían resultar de interés en la gestión de emergencias.
- La realidad aumentada dentro de la gestión de emergencias podría ser otra línea de investigación. La plataforma podría proporcionar a los agentes de campo información compartida por otros usuarios en tiempo real.

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE TRABAJO FUTURAS

Referencias

- [1] I. I. Institute, “World, natural catastrophes,” Insurance Information Institute, Tech. Rep., Feb. 2017. [Online]. Available: <http://www.iii.org/printpdf/fact-statistic/catastrophes-global>
- [2] P. R. Bureau, “2016 world population data sheet,” 2016.
- [3] D. of the Treasury, “Casualties, disasters, and thefts for use in preparing 2016 returns,” *IRS*, Jan. 2017.
- [4] M. J. Alperen, *Applying management and organizational theory education to create effective agencies*. Wiley Online Library, 2017.
- [5] M. R. Kevin Thomas, Peter R. Bergethon, “Interoperability for first responders and emergency management: Definition, need, and the path forward,” *World Medical & Health Policy*, Aug. 2010.
- [6] T. Tingsanchali, “Urban flood disaster management,” *Procedia Engineering, Elsevier*, vol. 32, pp. 25–37, 2012.
- [7] F. W. Benedikt Weber, Thomas Deckers, “Interoperability during a cross-border firefighting operation at the dutch-german border,” *Information Systems for Crisis Response and Management*, 2013.
- [8] “FP7 European Project 607821 SECTOR (Secure European Common information space for the interoperability of first Responders and police authorities),” <http://www.fp7-sector.eu/>, 2013.
- [9] “FP7 European Project 312721 DESTRIERO (A DEcision Support Tool for Reconstruction and recovery and for the IntEroperability of international Relief units in case Of complex crises situations, including CBRN contamination risks),” <http://www.destriero-fp7.eu/>, 2012.

REFERENCIAS

- [10] B. W. Blanchard, "Guide to emergency management and related terms, definitions, concepts, acronyms, organizations, programs, guidance, executive orders & legislation," *United States. Federal Emergency Management Agency*, Oct. 2008.
- [11] ACNUR, "Manual para situaciones de emergencia," *Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados*, Oct. 2012.
- [12] F. E. M. Agency, "Is-230.d: Fundamentals of emergency management," 2015.
- [13] A. P. Williams, "Agility and interoperability for 21st century command and control," *Command and Control Research Program*, 2010.
- [14] B. R. Lindsay, "Federal emergency management: A brief introduction," *Congressional Research Service*, Nov. 2012.
- [15] IAEA, "Operations manual for incident and emergency communication," *International Atomic Energy Agency*, Jun. 2012.
- [16] D. M. Neal, "Reconsidering the phases of disasters," *International journal of mass emergencies and disasters*, vol. 15, Aug. 1997.
- [17] G. A. Council, "Reconsidering the phases of disasters," *International Alert*, Nov. 2009.
- [18] M. M. G. Trecarichi, V. Rizzi, "Enabling information gathering patterns for emergency response with the openknowledge system," *Computing and Informatics*, 2012.
- [19] IEEE, "Ieee standard computer dictionary: A compilation of ieee standard computer glossaries," *Congressional Research Service*, Jan. 1991.
- [20] D. of Homeland Security US. Federal emergency management agency. [Online]. Available: <http://www.fema.gov/>
- [21] I. O. for Standardization. Iso/tc 223 societal security. [Online]. Available: <http://www.isotc223.org/>
- [22] U. Nations. The united nations office for disaster risk reduction. [Online]. Available: <http://www.unisdr.org/>
- [23] T. W. Sebastian Šubik, Sebastian Rohde, "Spider: Enabling interoperable information sharing between public institutions for efficient disaster recovery and response," *Technologies for Homeland Security*, 2010.

- [24] X. X. Yifei Wang, Hongbing Wang, “Web services selection and composition based on the routing algorithm,” *IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference*, 2006.
- [25] K. S. Mark Grechanik, Kevin Conroy, “Creating web services from gui-based applications,” *IEEE International Conference on Service-Oriented Computing and Applications*, 2007.
- [26] R. C. Joe Tekli, Ernesto Damiani, “Differential soap multicasting,” *IEEE International Conference on Web Services*, 2011.
- [27] S. F. Torsten Klie, Florian Mueller, “Network monitoring with asynchronous notifications in web service environments,” *Communication in Distributed Systems*, 2007.
- [28] A. open standards for the information society. The emergency data exchange language. [Online]. Available: <https://www.oasis-open.org/committees/emergency/>
- [29] A. K. Julia Kantorovitch, Aggeliki Giakoumaki, “Knowledge modelling framework,” *Information and Communication Technologies for Disaster Management*, 2015.
- [30] M.-N. M. Board. Joint consultation, command and control information exchange data model. [Online]. Available: <https://public.mip-interop.org/>
- [31] W. A. P. Luciene Carvalho Corrêa de Souza, “An approach to data correlation using jc3iedm model,” *Military Communications Conference, IEEE*, 2015.
- [32] N. E. S. Council. National information exchange model. [Online]. Available: <https://www.niem.gov/>
- [33] E. C. fp7. Emergency elements. [Online]. Available: <http://vocab.ctic.es/emergel/>
- [34] E. C. fp7. Data interoperability solution at stakeholders emergency reaction. [Online]. Available: <http://disaster-fp7.eu/>
- [35] E. C. fp7. Driving innovation in crisis management for european resilience. [Online]. Available: <http://driver-project.eu/>
- [36] E. C. fp7. Aftermath crisis management system-of-systems demonstration. [Online]. Available: <http://www.acrimas.eu/>

REFERENCIAS

- [37] E. C. fp7. European pool against organised crime. [Online]. Available: <http://www.eurojust.europa.eu/>
- [38] E. C. fp7. Establish pan-european information space to enhance security of citizens. [Online]. Available: <https://www.episecc.eu/>
- [39] E. C. fp7. Emergency responder data interoperability network. [Online]. Available: <http://www.redirnet.eu/>
- [40] E. C. fp7. Secure dynamic cloud for information, communication and resource interoperability based on pan-european disaster inventory. [Online]. Available: <http://www.secincore.eu/>
- [41] OASIS, "Emergency data exchange language (edxl) distribution element, v. 1.0," 2006. [Online]. Available: https://docs.oasis-open.org/emergency/edxl-de/v1.0/EDXL-DE_Spec_v1.0.pdf
- [42] J. Z. Lei Deng, Wenji Zhao, "Network based information sharing between emergency operations center," *Geoinformatics, 18th International Conference*, 2010.
- [43] OASIS, "Emergency data exchange language resource messaging (edxl-rm) 1.0," 2005. [Online]. Available: <https://docs.oasis-open.org/emergency/edxl-rm/v1.0/cd01/EDXL-RM-SPEC-V1.0.pdf>
- [44] OASIS, "Emergency data exchange language (edxl) hospital availability exchange (have) version 1.0," 2008. [Online]. Available: http://docs.oasis-open.org/emergency/edxl-have/cs01/emergency_edxl_have-1.0-spec-cs01.pdf
- [45] OASIS, "Common alerting protocol, v. 1.1," 2005. [Online]. Available: <https://www.oasis-open.org/committees/download.php/14759/emergency-CAPv1.1.pdf>
- [46] OASIS. Cam - content assembly mechanism - toolkit. [Online]. Available: http://camprocessor.sourceforge.net/wiki/index.php/Main_Page
- [47] O. Corporation. Oracle. [Online]. Available: <https://www.oracle.com/index.html>
- [48] R. W. Richard Chipman, "Application and discussion on emergency data exchange language in emergency management," *Technologies for Homeland Security, IEEE*, 2008.

- [49] MIP, “Mip interface operating procedures (miop),” 2003. [Online]. Available: https://public.mip-interop.org/Public%20Document%20Library/99_Archives/01-Baseline_1.0/MIOP-MIP_Interface_Operating_Procedures/MIOP-Main-CA-DPWG-Edition1.2.pdf
- [50] W. A. P. Luciene Carvalho Corrêa de Souza, “A strategy to identify data from the same object based on mip data model,” *Computational Intelligence and 11th Brazilian Congress on Computational Intelligence*, 2013.
- [51] MIP. (2012) The joint c3 information exchange data model. [Online]. Available: https://public.mip-interop.org/Public%20Document%20Library/04-Baseline_3.1/Interface-Specification/JC3IEDM/JC3IEDM-Main-3.1.4.pdf
- [52] MIP. (2009) Overview of the joint c3 information exchange data model. [Online]. Available: https://public.mip-interop.org/Public%20Document%20Library/99_Archives/03-Baseline_3.0/JC3IEDM-Joint_C3_Information_Exchange_Data_Model/JC3IEDM-Overview-DMWG-Edition_3.0.2_20090514.pdf
- [53] E. C. fp7. A reconfigurable surveillance system with smart sensors and communication. [Online]. Available: <http://www.srdc.com.tr/rndprojects/reconcurve/>
- [54] N. Community. Niem overview. [Online]. Available: https://www.niem.gov/sites/default/files/Mod07_NIEM_PI_NIEM_Overview.pdf
- [55] EIC. Emergency interoperability consortium. [Online]. Available: <http://www.eic.org/home.php>
- [56] NATO. Coalition warrior interoperability exercise. [Online]. Available: <http://www.act.nato.int/cwix/>
- [57] R. Parab. Building an iepd for niem data model. [Online]. Available: https://www.astcorporation.com/pdf/Soa/Building_an_IEPD_for_NIEM_Data_Model.pdf
- [58] N. Community. Introduction to the national information exchange model (niem). [Online]. Available: <https://reference.niem.gov/niem/guidance/introduction/0.3/niem-introduction-0.3.pdf>
- [59] N. Community. Requirements for a national information exchange model (niem) information exchange package documentation (iepd) specification. [Online]. Available: <https://reference.niem.gov/niem/guidance/iepd-requirements/2.1/iepd-requirements-2.1.pdf>

REFERENCIAS

- [60] N. Community. Business information exchange components. [Online]. Available: <https://reference.niem.gov/niem/guidance/business-information-exchange-components/1.0/business-information-exchange-components-1.0.pdf>
- [61] E. C. fp7. Emergel core. [Online]. Available: <http://purl.org/emergel/core>
- [62] E. R. A. et al. Ems core ontology - v2. [Online]. Available: <http://disaster-fp7.eu/sites/default/files/D3.22.pdf>
- [63] M. Z. Rashid Zafar, Eiad Yafi, "Big data: The nosql and rdbms review," *2016 International Conference on Information and Communication Technology*, 2016.
- [64] K. Kline, *SQL in a Nutshell*, 3rd ed. O'Reilly Media, Inc., 2008.
- [65] M. S. Sayed Md., "Cloud-based solution for improvement of response time of mysql rdbms," *International Workshop on Computational Intelligence*, 2016.
- [66] SNS Research. Market Intelligence & Consultancy Solutions. The Big Data Market: 2014 – 2020 Opportunities, Challenges, Strategies, Industry Verticals & Forecasts. [Online]. Available: <https://www.marketresearch.com/product/sample-8225856.pdf>
- [67] L. A. Alexandru Boicea, Florin Radulescu, "Mongodb vs oracle – database comparison," *Emerging Intelligent Data and Web Technologies*, 2012.
- [68] G. P. Cornelia Györödi, Robert Györödi, "A comparative study: Mongodb vs. mysql," *Engineering of Modern Electric Systems*, 2015.
- [69] F. R. Daniel Pereira, Paulo Oliveira, "Data warehouses in mongodb vs sql server: A comparative analysis of the querie performance," *Information Systems and Technologies*, 2015.
- [70] A. Mendelsohn, "The oracle story: 1984-2001," *IEEE Annals of the History of Computing*, 2012.
- [71] O. DB. Oracle data base. [Online]. Available: <https://www.oracle.com/database/index.html>
- [72] O. Corporation. Oracle database 12c product family. [Online]. Available: <http://www.oracle.com/technetwork/database/oracle-database-editions-wp-12c-1896124.pdf>

- [73] O. S. Mark Spenik, *Microsoft SQL Server 2000 DBA Survival Guide*, 2nd ed. Sams, 2002.
- [74] Microsoft. Sql server. [Online]. Available: <https://www.microsoft.com/en-us/sql-server>
- [75] C. Q. Qiu Peng, Chen Jian-hui, "Study of xml & sql server and application in distributed integration," *International Conference on Electronic Measurement and Instruments*, 2007.
- [76] M. Z. Per-Ake Larson, Eric N. Hanson, "Evolving the architecture of sql server for modern hardware trends," *International Conference on Data Engineering*, 2015.
- [77] Microsoft. Planning a sql server installation. [Online]. Available: <https://opbuildstorageprod.blob.core.windows.net/output-pdf-files/en-us/SQL.sql-content/live/sql-server/install.pdf>
- [78] MYSQL, *The Mysql Story (A BRIEF HISTORY FOR MYSQLERS, PART I: 1995 - 2007)*. Hardcover, 2007.
- [79] MySQL. Mysql technical specifications. [Online]. Available: <https://www.mysql.com/products/enterprise/techspec.html>
- [80] Z. N. Yu Ping, Hu Hong-Wei, "Design and implementation of a mysql database backup and recovery system," *World Congress on Intelligent Control and Automation*, 2007.
- [81] MongoDB. Mongo data base. [Online]. Available: <https://www.mongodb.com/>
- [82] S. S. Yunhua Gu, Xing Wang, "Analysis of data storage mechanism in nosql database mongodb," *International Conference on Consumer Electronics - Taiwan*, 2014.
- [83] M. M. Seyyed Aboutorabi, Mehdi Rezapour, "Performance evaluation of sql and mongodb databases for big e-commerce data," *International Symposium on Computer Science and Software Engineering*, 2015.
- [84] E. P. David Hows, Peter Membrey, *MongoDB Basics*. Apress, 2014.
- [85] E. P. David Hows, Peter Membrey, *The Definitive Guide to MongoDB*, 3rd ed. Apress, 2015.
- [86] I. consulting & software development. Mongodb system properties. [Online]. Available: <https://db-engines.com/en/system/MongoDB>

REFERENCIAS

- [87] Apache. Apache hbase. [Online]. Available: <https://hbase.apache.org/>
- [88] Apache. Apache hadoop. [Online]. Available: <http://hadoop.apache.org/>
- [89] Google. Google cloud bigtable. [Online]. Available: <https://cloud.google.com/bigtable/>
- [90] A. O. D. Carstoiu, A. Cernian, "Hadoop hbase-0.20.2 performance evaluation," *New Trends in Information Science and Service Science*, 2010.
- [91] L. George, *HBase: The Definitive Guide*. O'Reilly Media, 2011.
- [92] N. Garg, *HBase Essentials*. Packt Publishing, 2014.
- [93] J. C. Amitanand Aiyer, Mikhail Bautin, "Storage infrastructure behind facebook messages using hbase at scale," *International Conference on Data Engineering*, 2012.
- [94] D. Borthakur, "Petabyte scale databases and storage systems at facebook," *International Conference on Management of Data*, 2013.
- [95] X. W. Jian Guo, "Research on optimization of community mass data storage based on hbase," *Third International Conference on Cyberspace Technology*, 2015.
- [96] Apache. Apache hbase reference guide. [Online]. Available: <https://hbase.apache.org/book.html>
- [97] Apache. Apache cassandra. [Online]. Available: <http://cassandra.apache.org/>
- [98] Amazon. Amazon dynamodb. [Online]. Available: <http://aws.amazon.com/dynamodb/>
- [99] S. L. Zhen Ye, "A request skew aware heterogeneous distributed storage system based on cassandra," *Computer and Management*, 2011.
- [100] J. T. Guoxi Wang, "The nosql principles and basic application of cassandra model," *Computer Science & Service System*, 2012.
- [101] P. F. Veronika Abramova, Jorge Bernardino, "Testing cloud benchmark scalability with cassandra," *IEEE World Congress on Services*, 2014.
- [102] K. M. Maria Chalkiadaki, "Managing service performance in the cassandra distributed storage system," *Cloud Computing Technology and Science*, 2013.

- [103] S. D. M. K. Anu Mary Chacko, Ajeeb M Basheer, “Capturing provenance for big data analytics done using sql interface,” *Electrical Computer and Electronics*, 2015.
- [104] Apache. Apache cassandra documentation. [Online]. Available: <http://cassandra.apache.org/doc/latest/>
- [105] R. Heckman, *The Data Abstraction Layer*. Wiley-IEEE Press, 2016.
- [106] B. Z. Farhad Soleimanian Gharehchopogh, Esmail Amini, “A three-layer architecture based approach for data access layer in the information systems production,” *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology*, 2013.
- [107] L. Z. Wei Zhang, “Creation and test of data access layer under object/relation mapping framework,” *Information Science and Technology*, 2012.
- [108] M. T. Liz Carver, “Human-computer interaction: the human and computer as a team in emergency management information systems,” *Communications of the ACM*, 2007.
- [109] InaSAFE. Inasafe. [Online]. Available: <http://inasafe.org/>
- [110] QGIS. Qgis. [Online]. Available: www.qgis.org/
- [111] E-GEOS. E-geos. [Online]. Available: <http://www.e-geos.it/>
- [112] C. Hongying, “Ogc web service interoperability based on svm,” *Computing, Control and Industrial Engineering*, 2010.
- [113] E. C. fp7. Eden end-user driven demo for cbrne. [Online]. Available: <https://www.eden-security-fp7.eu/>
- [114] Google. Google crisis response. [Online]. Available: <https://www.google.org/our-work/crisis-response/>
- [115] Google. Google public alerts. [Online]. Available: <https://www.google.org/publicalerts>
- [116] OASIS. Common alerting protocol version 1.2. [Online]. Available: <http://docs.oasis-open.org/emergency/cap/v1.2/CAP-v1.2-os.html>
- [117] Google. Google crisis map. [Online]. Available: <https://www.google.org/crisismap/>

REFERENCIAS

- [118] Google. Google person finder. [Online]. Available: <https://google.org/personfinder/>
- [119] Person finder interchange format specification. [Online]. Available: <http://zesty.ca/pfif/1.4/>
- [120] OGC. Sensor observation service. [Online]. Available: <http://www.opengeospatial.org/standards/sos>
- [121] OGC. Sensor model language. [Online]. Available: <http://www.opengeospatial.org/standards/sensorml>
- [122] OGC. Opendis transducer markup language (tml) encoding specification. [Online]. Available: <http://www.opengeospatial.org/standards/tml>
- [123] E. E. LTD. Open weather map. [Online]. Available: <https://openweathermap.org/>
- [124] E. Commission. Copernicus. [Online]. Available: <http://www.copernicus.eu/>
- [125] E. S. Agency. Sentinel. [Online]. Available: <https://sentinel.esa.int/>
- [126] E-GEOS. Evolution of copernicus services h2020. [Online]. Available: <http://eomag.eu/articles/3589/e-geos-a-copernicus-operational-hub-for-geospatial-services>
- [127] Rijkswaterstaat. Landelijk informatiesysteem water en overstromingen. [Online]. Available: <http://professional.basisinformatie-overstromingen.nl/liwo/>
- [128] E. Commission. European flood awareness system. [Online]. Available: <https://www.efas.eu/>
- [129] Thales. Thales research and technology. [Online]. Available: <https://www.thalesgroup.com/en/innovation/research-and-technology>
- [130] Saadian. Business to mobile. [Online]. Available: <http://www.saadian.com/b2m/>
- [131] UNOCHA. Global disaster alert and coordination system. [Online]. Available: <http://www.gdacs.org/>
- [132] UNOCHA. United nations office for the coordination of humanitarian affairs. [Online]. Available: <http://www.unocha.org/>

- [133] UNOCHA. Reliefweb. [Online]. Available: <http://reliefweb.int/>
- [134] Thales. Myriad. [Online]. Available: <http://www.predict-project.eu/myriad-0>
- [135] Thales. ne.on advance. [Online]. Available: <https://www.thalesgroup.com/en/spain/what-we-do-defence/innovation-prolab>
- [136] G. A. C. on Humanitarian Assistance, “A new business model for humanitarian assistance?” *International Alert*, 2009.
- [137] D. M. of Justice, “Summary of evaluation of criminal-law approach to honour-related violence,” 2010.
- [138] T. O. et al, “A collaborative information system architecture for process-based crisis management,” *Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems*, vol. 5179, 2008.
- [139] R. N. Romano N., Pick J., “A motivational model for technology-supported cross-organizational and cross-border collaboration,” *European Journal of Information Systems*, vol. 19, 2010.
- [140] P. C. P. Murad Akmanligil, “Strategies for global information systems development,” *Information & Management*, vol. 42, 2004.
- [141] R. S. M. Careem, C. Silva, “Sahana: Overview of a disaster management system,” *IEEE international conference on information and automation*, 2007.
- [142] M. J. Nitesh Bharosa, JinKyu Lee, “An activity theory analysis of boundary objects in cross-border information systems development for disaster management,” *Security Informatics*, 2012.
- [143] OpenID. Openid. [Online]. Available: <http://openid.net/>
- [144] Oauth. Oauth. [Online]. Available: <https://oauth.io>