

# RISING

**RISING: indoor localization and building maintenance using radio frequency Identification and inertial Navigation**



**Autores:** Josune Hernantes Apezetxea (Investigadora principal)

Nicolás Serrano

**Entidad subvencionada:** Tecnun-Universidad de Navarra

**Fechas de realización:** 2015-2016

**Palabras clave:** RFID, marcadores, seguridad, navegación inercial, awareness, mantenimiento, sistema de posicionamiento, edificios inteligentes



tecnun Universidad de Navarra



# Resumen

El proyecto RISING ha analizado la viabilidad de la utilización de la tecnología RFID con el objetivo de mejorar la seguridad de los bomberos en situaciones de emergencia en entornos cerrados o *indoor*. Las emergencias en entornos cerrados suponen un gran desafío ya que en ocasiones la visibilidad y las comunicaciones pueden ser limitadas.

RFID es una tecnología emergente de bajo coste que utiliza la comunicación a través de ondas de radio para identificar y rastrear objetos. Un receptor activo (el lector) envía una señal de radio frecuencia a un receptor denominado *tag* o etiqueta, que a su vez envía un mensaje con la información almacenada en estas etiquetas. Colocando estas etiquetas estratégicamente en un escenario se pueden utilizar para proporcionar información adicional a los bomberos como la localización de recursos o elementos peligrosos, mejorando así su capacidad de respuesta durante una emergencia.

El proyecto RISING se ha realizado en colaboración con las siguientes instituciones: Tecnun-Universidad de Navarra, Universidad de Roma y Campus BioMédico de Roma. Las tareas realizadas por Tecnun han consistido en primer lugar en la identificación de la información que los bomberos consideran útil para gestionar mejor una emergencia. Una vez identificada esta información, Tecnun ha diseñado y desarrollado un sistema de codificación y almacenamiento de la información en las etiquetas RFID ya que la información que puede almacenarse en estas etiquetas es reducida por su limitada capacidad de memoria. Por este motivo se ha diseñado una base de datos en la que además de almacenar la información contenida en las etiquetas RFID también se almacena información adicional para facilitar las tareas de mantenimiento y actualización de la información contenida en las etiquetas. Por último, se han definido una serie de políticas y procedimientos para la puesta en marcha y mantenimiento del sistema RISING, ya que la fiabilidad del sistema diseñado en este proyecto depende en gran medida de la correcta actualización de la información. El sistema debe tener en todo momento actualizada la información del estado de los recursos y de la ubicación de los materiales peligrosos para proporcionar al bombero una información correcta y fiable del entorno en caso de emergencia.

Los otros dos socios del proyecto han sido los encargados de implementar el sistema de posicionamiento en interiores mediante la aplicación de un algoritmo de navegación para peatones (Pedestrian Dead Reckoning) para lo que es necesario utilizar una unidad de medición inercial que los bomberos llevarán en la cintura. Los bomberos también llevarán un lector RFID, y un dispositivo inteligente (tablets o smartphones) con el que podrán visualizar la información almacenada en los tags RFID. Se ha desarrollado también una aplicación para dispositivos móviles que permite la visualización de esta información de forma sencilla e intuitiva.

# Metodología

Las actividades a desarrollar en este proyecto se han distribuido entre los socios en paquetes de trabajo que se detallan en el Anexo I.

Desde el punto de vista de la gestión del proyecto, durante la duración del mismo, se han organizado regularmente teleconferencias para realizar un seguimiento del proyecto. También se han celebrado dos reuniones presenciales en Roma en Octubre de 2015 y en Febrero de 2016 con el mismo objetivo.

En referencia a las tareas desarrolladas por Tecnun, desde el punto de vista técnico, en primer lugar, se llevó a cabo una revisión bibliográfica y un análisis de los proyectos existentes cuyo objetivo era incrementar la seguridad de los bomberos en situaciones de emergencia mediante el uso de nuevas tecnologías. Como resultado se identificaron las dificultades existentes en caso de emergencias dentro de entornos cerrados. Tras este análisis, Tecnun identificó una primera versión de la información que debía ser almacenada en los tags RFID. Para validar si esta información era la más apropiada, se llevó a cabo una encuesta online que se envió a una veintena de bomberos por ser estos los usuarios finales del sistema. También se realizaron entrevistas a dos bomberos. La encuesta está accesible en el siguiente link:

[https://docs.google.com/forms/d/16j7nssf-EthKemhsxQqfIXw9Qxf7-IRO45dDlpNSd0E/viewform?usp=send\\_form](https://docs.google.com/forms/d/16j7nssf-EthKemhsxQqfIXw9Qxf7-IRO45dDlpNSd0E/viewform?usp=send_form)

Una vez validada la información se procedió a diseñar un sistema de codificación para poder almacenar dicha información en los tags RFID, debido a la limitada capacidad de memoria de estos tags. La información almacenada en los tags está respaldada en una base de datos que además contiene información adicional para poder realizar las tareas de mantenimiento y actualización del sistema RISING.

El prototipo de la base de datos se ha realizado utilizando el software de código abierto MySQL. Para diseñar las tablas de la base de datos se ha utilizado un diagrama entidad-relación que posteriormente se ha implementado utilizando scripts de MySQL.

Por último, para la definición de los procedimientos de mantenimiento y actualización necesarios para garantizar un nivel adecuado de confianza en la información almacenada en las etiquetas RFID y en la base de datos, se han estudiado procedimientos de mantenimiento en áreas similares.

# Resultados

A continuación, se explicarán los resultados más relevantes obtenidos en los paquetes de trabajo liderados por Tecnun: WP1, WP2 y WP7.

## Diseño de la arquitectura del sistema

Se ha definido la arquitectura del sistema propuesto en proyecto RISING (Figura 1). Los bomberos podrán obtener la información almacenada en las etiquetas RFID mediante un lector RFID y visualizarla en una Tablet o Smartphone. La información que visualizarán los bomberos les ayudará a conocer la localización de recursos o posibles amenazas en el entorno. La información contenida en las etiquetas se mantendrá actualizada mediante unos procedimientos de mantenimiento. También se dispondrá de una base de datos que almacena además de la información contenida en las etiquetas, información adicional para facilitar las tareas de mantenimiento que serán llevadas a cabo por los operarios utilizando una tablet o portátil.



Figura 1: Arquitectura del sistema RISING

## Diseño de la base de datos

La memoria de las etiquetas RFID es limitada por lo que en primer lugar se ha identificado la información que los bomberos consideran más útil a la hora de gestionar una emergencia mediante una encuesta online y varias entrevistas a bomberos.

Una vez identificada esta información ha sido necesario definir un sistema de codificación para almacenar dicha información en las etiquetas RFID y en la base de datos. Este sistema de codificación se ha basado en el desarrollado por el proyecto REFIRE<sup>1</sup>. A continuación se mostrará la información que se almacena

<sup>1</sup> <http://www.refire.org/>

tanto en las etiquetas como en la base de datos. Se han mantenido los nombres de los campos en inglés para que se mantenga la relación con los campos que se muestran en la Figura 3.

La base de datos contiene la información de todos las etiquetas RFID que se han colocado en el entorno *indoor*, y en la misma base de datos se pueden almacenar diferentes sistemas RISING colocados en diferentes localizaciones a las que llamaremos *sites*. De esta forma se pueden gestionar diferentes sistemas RISING colocados en edificios o plantas distintos. Un *site* puede representar un edificio completo, diferentes edificios, una planta o un conjunto de plantas donde se ha instalado el sistema RISING.

Los campos que definen un *site* en la base de datos son:

- **Site id:** identificador para representar el edificio, planta o instalación.
- **Name:** nombre que describe el sitio.
- **Geographical coordinates:** información de latitud y longitud para definir dónde se encuentra localizado el *site*.
- **Creation date:** la fecha del registro del *site*. Este campo se utilizará como entrada al sistema y para desarrollar un control de seguridad.
- **Creation user:** Identificación del usuario para identificar quién ha creado el registro del *site*. Este campo se utilizará como entrada al sistema y para desarrollar un control de seguridad. Si no hay un control de seguridad, se almacenará el nombre del usuario.
- **Update user:** id del último usuario a cargo de la actualización de la información.
- **Update date:** la fecha de la última actualización de la información.
- **Map of the site** (opcional): archivo que incluye el plano de la planta o edificio.

En cada *site* se almacena la información de las etiquetas RFID instaladas en ese entorno, describiendo información general del tag (coordenadas geográficas, información sobre las actualizaciones) además de información relativa a la localización de recursos y de elementos peligrosos. Por lo tanto, para cada etiqueta RFID se almacenan los siguientes campos:

- **Site id:** es la identificación del *site* se ha descrito anteriormente.
- **EPC URI:** Código electrónico de la etiqueta. Ejemplo: urn: epc: id: sgtin: 0614141.112345.400. Esta información se utiliza para codificar los 14 bits definidos en la codificación del proyecto REFIRE.
- **Geographic coordinates:** posición geográfica absoluta de la etiqueta con la latitud, longitud y altitud. Esta información se utiliza para codificar los 91 bits definidos en la codificación REFIRE.
- **Lamp classification:** incluye el suelo, indicación de entresuelo, sala y lámpara. Esta información se utiliza para codificar los 22 bits en la codificación REFIRE.
- **Tag classification:** indica el tipo de etiqueta RFID (pasivo, activo o semipasivo). Esta información se utiliza para codificar los 2 bits definidos en la codificación REFIRE.

- **Accuracy:** potencia y la dirección del campo electromagnético. Esta información se utiliza para codificar los 8 bits definidos en la codificación REFIRE.
- **Creation user:** Identificación del usuario que ha creado el registro de la etiqueta. Este campo se utiliza como entrada al sistema y para desarrollar un control de seguridad. Si no hay un control de seguridad, se almacenará el nombre de usuario.
- **Creation date:** la fecha de creación del registro de las etiquetas. Este campo se utiliza como entrada al sistema y para desarrollar un control de seguridad.
- **Update user:** id del usuario indicando la identidad del último usuario responsable de actualizar la información.
- **Update date:** la fecha de la última actualización de la información. Esta información se utiliza para codificar los 15 bits de la clasificación REFIRE.
- **Verification user:** id de usuario, indicando la identidad del próximo usuario encargado de la próxima actualización de la información.
- **Verification date:** la fecha de la próxima actualización de la información.
- **Tag Identification bits:** el identificador proporcionado por el fabricante de la etiqueta. Se registra en la base de datos cuando se asigna la etiqueta física (12 bits).

Cada etiqueta RFID también contiene información acerca de los puntos de interés (POI-Points Of Interest), que hacen referencia a la localización de recursos o elementos peligrosos próximos a la ubicación de cada etiqueta RFID. Se han identificado los siguientes POIs aunque la lista puede extenderse a petición de los usuarios finales del sistema RISING:

<b>Recursos</b>	<b>Amenazas</b>
Salidas de emergencia	Biológicas
Mangueras	Gas tóxico
Extintores	Gas inflamable
Hachas	Energía
Gente	Radioactividad

Tabla 1: Recursos y amenazas que definen los POIs

Por lo tanto, para cada POI se almacenan los siguientes campos con información sobre su posición y tipo de recurso además de información necesaria para su actualización:

- **POI ID:** ID numérico para identificar el elemento de información que se guarda en la etiqueta.
- **Category:** la clasificación principal del elemento, es el tipo de POI. Ejemplos de categorías son: las salidas de emergencia, mangueras contra incendio, extintores, hachas, riesgos biológicos, gases tóxicos y gases inflamables. Esta información se utiliza para codificar 6 bits que serán almacenados en la etiqueta RFID. Permite 64 categorías diferentes.

- **Geographic coordinates:** posición geográfica absoluta del elemento con la latitud, longitud y altitud. Esta información permite calcular la ubicación relativa y para fines de mantenimiento.
- **Relative location:** La ubicación relativa mostrará si el elemento está cerca (a menos de 3 metros) o el lejos (3-7 metros) con respecto a la etiqueta. Además, también se definirá la posición relativa del objeto: detrás, abajo, izquierda y derecha. Por lo tanto, la posición de elemento se codificará de la siguiente manera: Aquí, cerca Izquierda, Izquierda lejos, cerca Derecha, Derecha Lejos, cerca frente, frente lejos, Atrás cerca, Atrás lejos. Esta información se utiliza para codificar los 4 bits que serán almacenados en la etiqueta RFID permitiendo 16 categorías diferentes.
- **Type of element:** una categoría puede constar de diferentes tipos de elementos. Por ejemplo, la categoría de gases inflamables incluye elementos diferentes, tales como acetileno, amoníaco, hidrógeno, propano, propileno y metano. Esta información se utiliza para codificar los 6 bits que serán almacenados en la etiqueta RFID, lo que permite 64 tipos diferentes.
- **Subtype of the presence of the element:** para una categoría de un elemento (ejemplo gases inflamables), el elemento puede estar presente en diferentes formas. Por ejemplo, para los gases inflamables que puede ser una tubería o un depósito. Esta información se utiliza para codificar los 2 bits que serán almacenados en la etiqueta RFID, lo que permite 4 subtipos diferentes.
- **Numeric value:** este número ofrece información del subtipo del elemento. Para un tubo se refiere al diámetro de la tubería, mientras que para un depósito es el volumen del depósito. A medida que la información se almacena en la etiqueta RFID, el valor almacenado es un código para un valor aproximado del valor real. Por ejemplo, de tuberías, los posibles valores de 0 a 7 corresponden a los diámetros: ½ pulgadas, 1 pulgada, 2, 4, 8, 16, 32, y 64. Esta información se utiliza para codificar los 4 bits que serán almacenados en la etiqueta RFID. Permite 16 valores diferentes.
- **Comments:** cualquier comentario adicional sobre las características del elemento.
- **Creation user:** Identificación del usuario para identificar quién ha creado el registro. Este campo se utiliza como entrada al sistema y para desarrollar un control de seguridad.
- **Creation date:** la fecha de la creación del registro de etiquetas. Este campo se utiliza como entrada al sistema y para desarrollar un control de seguridad.
- **Update user:** id de usuario indicando la identidad del último usuario responsable de actualizar la información.
- **Updated date:** la fecha de la última actualización de la información.
- **Verification user:** id de usuario indicando la identidad del próximo usuario encargado de la próxima actualización de la información.
- **Verification date:** la fecha de la próxima actualización de la información.

El prototipo de la base de datos se ha realizado utilizando el software de código abierto MySQL. La base de datos almacena también información necesaria para el mantenimiento y actualización de la información que contiene. Para diseñar



las tablas de la base de datos se ha utilizado un diagrama entidad-relacion para identificar las claves primarias de cada una de las tablas que definen la base de datos, tal y como se muestra en la Figura 3. Además, se han desarrollado los scripts necesarios para definir las tablas y campos de la base de datos y las instrucciones para crearlas en la base de datos *mysql*. Los sripts también contienen instrucciones de inserción de ejemplos de datos para la mejor comprensión de la utilización de cada tabla y campo.

### Sistema de codificación de las etiquetas RFID

La memoria de las etiquetas RFID es limitada por lo que ha sido necesario definir un sistema de codificación que permite almacenar la información de la base de datos relativa a cada etiqueta en cada una de las etiquetas RFID distribuidas en el entorno *indoor*. El sistema de codificación implementado sigue el estándar definido en el Proyecto REFIRE. En cada tag se almacena un mensaje de tamaño fijo (152 bits) para incluir información general del tag. A continuación, se utilizan 4 bits para especificar el número de POIs que están en el ámbito de esa etiqueta RFID y por último se utilizan 22 bits para representar la información de cada POI, de modo que esta última sección tendrá un tamaño variable de bits (Figura 2).

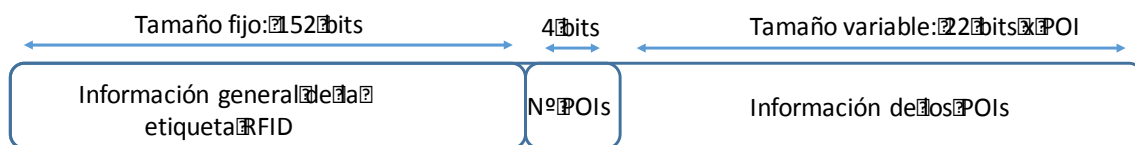


Figura 2: Sistema de codificación de la información almacenada en la etiqueta RFID

La distribución de los bits que contienen la información general de la etiqueta RFID es la siguiente:

Campo	Nº de Bits
EPC URI	14
Coordenadas geográficas	91
Lamp classification	22
Clasificación de la etiqueta - Tag classification	2
Fiabilidad - Accuracy	8
Fecha:	15
<b>Total</b>	<b>152</b>

Tabla 2: Número de bits de la información general de la etiqueta RFID



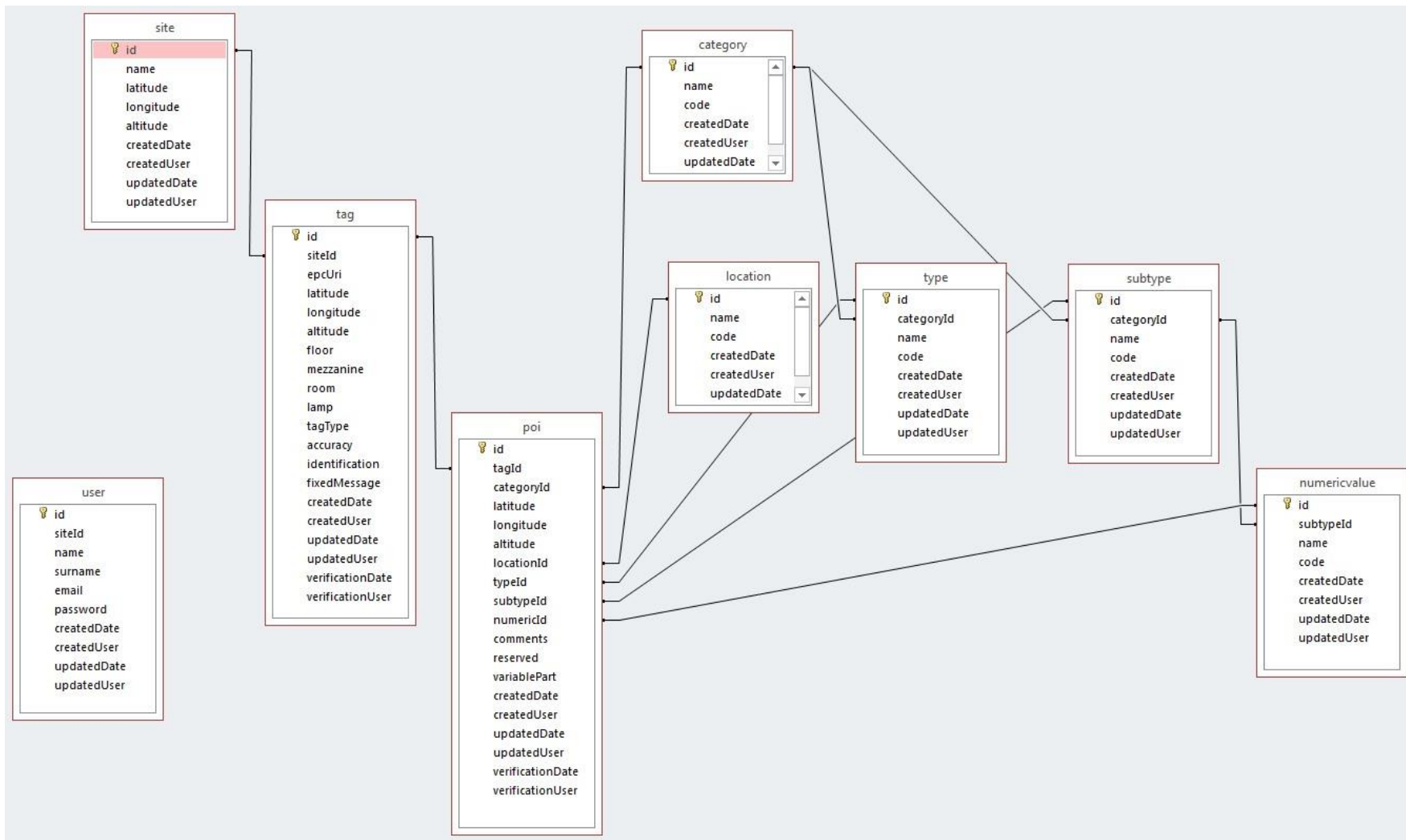


Figura 3: Modelo entidad-relación de la base de datos del sistema RISING

La información relativa a los POIs tiene un tamaño variable ya que dependerá de los elementos que se encuentren próximos a esta etiqueta. Para cada uno de los POIs se utilizarán 22 bits siguiendo el esquema que se muestra a continuación:

Campo	Nº Bits	Valores
<b>Categoría -Category</b>	6	64
<b>Localización relativa - Relative location</b>	4	16
<b>Tipo - Type</b>	6	64
<b>Subtipo - Subtype</b>	2	4
<b>Valor numérico - Numeric value</b>	4	16
<b>Total</b>	<b>22</b>	

Tabla 3: Número de bits que definen los POIs en la etiqueta RFID

En el Anexo II se incluye un ejemplo de la codificación de los POIs.

### Diseño de políticas de mantenimiento

La actualización de la información es crucial para garantizar la fiabilidad del sistema RISING. Por este motivo, se han definido políticas y procedimientos para la puesta en marcha y mantenimiento del sistema RISING.

El primer paso para la instalación del sistema RISING es la instalación física de las etiquetas RFID. Un lugar adecuado para su instalación son las luces de emergencia del edificio. Una vez instaladas, las etiquetas RFID deben ser testeadas para ver si pueden ser detectadas utilizando un lector RFID.

Una vez realizada la instalación física, se procede a almacenar la información relativa al sistema RISING en la base de datos y en cada una de las etiquetas RFID. Primero se guardará la información relativa al *site*, en segundo lugar se guardará la información general de cada etiqueta RFID y por último la información de los POIs.

Tal y como se puede observar en la Figura 3, cada uno de estos elementos contiene una serie de campos asociados a las tareas de mantenimiento que permiten almacenar información sobre el usuario que ha creado el registro, la fecha de creación, la fecha de actualización y el usuario a cargo de la siguiente actualización con la fecha prevista.

Cuando se realiza una nueva instalación del sistema RISING es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Definir los tipos de mantenimiento que se van a realizar de dicha instalación.
2. Registrar las etiquetas RFID que se revisarán en dicho mantenimiento
3. Registrar los POIs incluidos en dicha tarea de mantenimiento

Paso1: Definir los tipos de mantenimiento que se van a realizar de dicha instalación

Cuando se realiza una nueva instalación del sistema RISING es necesario definir los tipos de mantenimiento que se van a realizar de dicha instalación. Para ello se deben introducir la información correspondiente en los siguientes campos:

- **System maintenance:** este campo es un valor booleano. Si su valor es verdadero significa que el mantenimiento es obligatorio para que el sistema funcione correctamente. Si por el contrario el valor es falso, el mantenimiento no será obligatorio.
- **Description:** se describe el tipo de mantenimiento a realizar, por ejemplo: mantenimiento por ley, verificación cada seis meses, etc.
- **Period of recurrence:** define la unidad de tiempo (días, semanas, meses o años) para realizar las tareas de mantenimiento.
- **Number of periods between maintenance:** número de veces que la tarea de mantenimiento debe realizarse al cabo del año. Depende del tiempo de recurrencia.
- **Last maintenance:** fecha cuando se realizó la última tarea de mantenimiento.
- **Next maintenance:** fecha prevista para la siguiente tarea de mantenimiento.

Además de los campos anteriores, en la base de datos se añadirán los campos:

- **Site id.**
- **Maintenance type ID:** identificador pra definir el tipo de mantenimiento del Sistema.
- **Creation date:** fecha de creación del tipo de mantenimiento.
- **Creation user:** id del usuario que ha realizado el registro del tag.

Paso 2: Registrar las etiquetas RFID que se revisarán en dicho mantenimiento

El operario identificará las etiquetas RFID que deben ser testeadas y actualizadas en la tarea de mantenimiento seleccionada. Para ello se almacenarán los siguientes campos por cada tarea de mantenimiento definida:

- **Maintenance type tag ID:** identificador que identifica el registro.
- **Maintenance type ID:** identificador para conocer el tipo de mantenimiento.
- **Creation date:** fecha de la selección del tag.
- **Creation user:** id del usuario que ha realizado el registro del tag.

Paso 3: Registrar los POIs que se revisarán en dicho mantenimiento

Es necesario también identificar qué POIs deben incluirse en cada tarea de mantenimiento, por lo que se incluirán los siguientes campos para identificar el id del POI y la acción a realizar:

- **Element ID:** id para identificar el tipo de element.
- **Action to be performed:** ejemplos de acciones son: verificar, rellenar, etc.

Además, se incluirán estos campos para realizar un seguimiento de los mantenimientos realizados:

- **Maintenance type POI ID:** identificador que identifica el registro.
- **Maintenance type ID:** identificador para referirse al tipo de mantenimiento.
- **Creation date:** fecha de la selección del tag.
- **Creation user:** id del usuario que ha realizado el registro del tag.

Una vez almacenada en el sistema RISING la información relativa a las tareas de mantenimiento, el sistema es capaz de avisar al operario de las tareas de mantenimiento a realizar. Para llevar a cabo estas tareas, es necesario que el operario utilice un dispositivo que le permita leer y escribir información en las etiquetas RFID. Este dispositivo puede conectarse a internet o tener descargada la información de la base de datos. El operario debe aproximarse a las etiquetas RFID que se incluyen en el procedimiento de mantenimiento y realizar los siguientes pasos:

1. Leer la información de la etiqueta RFID y verificar que la información es correcta. Si no es correcta, el operario debe modificarla/actualizarla.
2. Para cada POI incluido en la etiqueta RFID y en el procedimiento de mantenimiento, el operario debe verificar la información de los POIs y llevar a cabo la acción descrita en el tipo de mantenimiento. El operario registrará si la acción ha sido completada. En caso de que el operario necesite escribir comentarios adicionales, los escribirá en el dispositivo. Si el dispositivo está conectado a internet, la información se guardará directamente en la base de datos. En cambio, si no hay conexión a internet la información se guardará en el dispositivo y posteriormente se actualizará en la base de datos cuando se conecte a internet.
3. Cuando el operario termina de revisar todos los POIs de cada etiqueta, debe actualizar la información en la etiqueta RFID correspondiente.

Por cada tarea de mantenimiento realizada, en la base de datos se guardará información adicional como:

- **Maintenance type ID:** id para identificar el tipo de mantenimiento.
- **Date:** fecha de la tarea de mantenimiento.
- **User:** ID del usuario que ha realizado la tarea de mantenimiento.
- Fecha de verificación e id del usuario que ha actualizado los tags o etiquetas.
- Fecha de verificación e id del usuario que ha actualizado los POIs.

También se actualizarán las fechas y usuarios para las próximas tareas de mantenimiento para cada etiqueta y POI en base a la información definida en cada procedimiento de mantenimiento.

## Utilidad Práctica de los resultados en relación con la prevención de riesgos laborales

Cualquiera que sea el origen de la emergencia, una respuesta rápida y efectiva puede reducir considerablemente sus consecuencias, así como evitar que se convierta en una emergencia mayor.

El proyecto RISING es una solución de vanguardia flexible y escalable que permite mejorar la seguridad de los trabajadores en situaciones de emergencia en entornos *indoor* con una inversión mínima. La solución que se propone en este proyecto permitirá a los bomberos disponer en tiempo real de información útil sobre el entorno en el que se encuentran. Esta información hace referencia a su ubicación dentro del edificio y la localización de recursos que puede utilizar para solventar la emergencia.

Además, la solución propuesta en este proyecto permite conocer en tiempo real los riesgos a los que se enfrentan los bomberos como por ejemplo la existencia de materiales peligrosos, reduciendo así su exposición a dichos riesgos. El sistema RISING también ayudará a reducir la desorientación dentro del edificio facilitando la localización de las posibles víctimas.

## Conclusiones finales y posibles recomendaciones

La respuesta a una situación de emergencia en un entorno indoor presenta dificultades añadidas a los bomberos, ya que en ocasiones estas emergencias se dan en áreas del edificio en las que las comunicaciones pueden verse afectadas. Es el caso de sótanos en los que la cobertura de móviles y la conexión a internet puede verse afectada, limitando de esta forma la comunicación entre los bomberos y dificultando su coordinación.

En estos entornos cerrados también puede ocurrir que los bomberos tengan que trabajar en un entorno con visibilidad reducida, como es el caso de un incendio en el que el humo dificulte la búsqueda de recursos como extintores o la detección de elementos peligrosos como tuberías de gas inflamable.

Desde un punto de vista tecnológico, el proyecto RISING representa una solución innovadora y escalable para los sistemas de posicionamiento en entornos cerrados (IPS- Indoor Positioning System). Mediante el uso de tablets o smartphones los bomberos pueden constantemente estar informados acerca de la ubicación de los recursos útiles para la gestión de la emergencia, así como de los elementos peligrosos del entorno.

La posibilidad de visualizar en dispositivos inteligentes mapas del entorno con información sobre la posición de los recursos contribuye a aumentar el conocimiento del entorno, así como contribuye a facilitar la actividad de los operarios durante las operaciones de mantenimiento del sistema.

Desde el punto de vista económico, el uso de sensores inerciales, etiquetas RFID y dispositivos inteligentes (tabletas, smartphones) presenta al proyecto RISING como una solución económica, ya que no requiere de infraestructuras ni instalaciones específicas. Los sensores inerciales y dispositivos inteligentes son económicos y son por lo general ya parte del equipo que utilizan los bomberos.

Por último, el proyecto RISING no requiere ningún conocimiento previo específico, por lo que puede ser utilizado también por personal sin experiencia en las tecnologías RFID.

## **Difusión y explotación de los resultados**

Los resultados preliminares del proyecto se presentaron en la conferencia TIEMS (The International Emergency Management Society) de 2015. En el anexo III se adjunta la primera página del artículo publicado.

A comienzos de Octubre 2016 se realizará la prueba piloto del sistema completo en el sótano hospital del campus bio-médico de Roma. Con los resultados obtenidos se escribirá por lo menos otro artículo para diseminar los resultados de este proyecto.

Además de las publicaciones científicas, se van a realizar presentaciones a las organizaciones subvencionadoras: Osalan y INAIL. También se mostrarán los resultados del proyecto a usuarios finales del sistema RISING, como los bomberos de la Diputación de Gipuzkoa. La fecha para estas presentaciones está todavía sin definir.

## Anexo I: Paquetes de trabajo del proyecto

Las actividades realizadas en este proyecto se han distribuido en paquetes de trabajo. Por cada paquete de trabajo se ha identificado también el socio que lo desarrolla y su duración.

**WP1 [Tecnun] (M1-M4): Definición del escenario.** En esta primera tarea liderada por Tecnun, se ha identificado la información que debe ser almacenada en los marcadores RFID; además de definirse la codificación de la información. Los datos almacenados por lo general incluirán: coordenadas de localización del personal y los objetos, localización de posibles recursos (tales como salidas de emergencia), puntos de interés, plantas de servicios en los alrededores del marcador, mapa del entorno.

**WP2 [Tecnun] (M2 - M6): Diseño e implementación de una base de datos.** Se ha diseñado una base de datos para recopilar la información identificada en el WP1. La base de datos incluye la información relacionada a las etiquetas RFID y su despliegue (ubicación geográfica) en el escenario real. El prototipo de la base de datos se ha realizado utilizando el software de código abierto MySQL. Para diseñar las tablas de la base de datos se ha utilizado un diagrama entidad-relaciona para identificar las claves primarias de cada una de las tablas que definen la base de datos.

**WP3 [Universidad de Roma] (M1 - M6): Implementación del sistema de posicionamiento en interiores.**

Se ha diseñado e implementado una interfaz software para la comunicación entre las unidades de medición inercial y los dispositivos inteligentes (es decir, tabletas, teléfonos inteligentes).

**WP4 [Campus BioMedico de Roma] (M1 - M6): Desarrollo e implementación de una aplicación para escribir información en los marcadores RFID.**

Para esta tarea se han utilizado los datos almacenados en la base de datos definidos en el WP2. Se ha desarrollado e implementado una interfaz de comunicación entre el lector RFID y dispositivos inteligentes como tablets y teléfonos.

**WP5 [Universidad de Roma y Campus BioMedico de Roma] (M2 - M9): Diseño e implementación de un algoritmo de localización**

Este algoritmo de localización es capaz de realizar la fusión de datos de los marcadores de las unidades de medición inerciales y RFID, con el fin de estimar la posición del usuario mediante un algoritmo matemático conocido como PDR (Pedestrian Dead Reckoning).

**WP6 [Campus BioMedico de Roma] (M2 - M9): Diseño e implementación de una interfaz de usuario para el dispositivo inteligente**

Esta interfaz proporciona un mapa a los bomberos con información sobre su posición actual, y la ubicación de recursos locales, materiales peligrosos, etc.



**WP7 [Tecnun] (M6 - M10): Diseño de políticas de mantenimiento**

Se han definido procedimientos de mantenimiento y actualización necesarios para garantizar un nivel adecuado de confianza en la información almacenada en las etiquetas RFID. La fiabilidad del sistema RISING depende de la exactitud de los datos almacenados y el correcto desempeño de los equipos en marcha.

**WP8 [Campus BioMedico de Roma, con el apoyo de todos los socios] (M7 - M12): Validación mediante una prueba piloto**

Se validará la viabilidad de la solución RISING través de una prueba piloto en un escenario real. La prueba piloto se llevará a cabo en el hospital general de Campus Bio-Medico de Roma, ubicado en el sur de Roma. Esta es una tarea que está en curso y que se realizará en Octubre de 2016.

## Anexo II: Ejemplo de codificación de los POIs

A continuación, se muestra la lista de las diferentes categorías de POIs que se han identificado en este Proyecto. Esta lista puede ampliarse en función de las necesidades de los usuarios finales del Sistema RISING. Siguiendo la estructura que define un POI que se muestra en la Tabla

Siguiendo la estructura utilizada para la descripción de un POI de los

Campo	Nº Bits	Valores
<b>Categoría -Category</b>	6	Emergency exit 000001 Fire hose 000010 Extinguisher 000011 Fire axe 000100 Biological 000101 Toxic gas 000110 Flammable gas 000111 Energy 001001 Radioactivity 001001 People 001010
<b>Localización relativa - Relative location</b>	4	here 0000 left close 0001 left far 0010 right close 0011 right far 0100 front close 0101 front far 0110 back close 0111 back far 1000
<b>Tipo - Type</b>	6	<b>Para el caso de un gas inflamable:</b> acetylene 000001 ammonia 000010 hydrogen 000011 propane 000100 propylene 000101 methane 000110
<b>Subtipo - Subtype</b>	2	<b>Para el subtipo de un gas inflamable (000111):</b> pipeline 01 deposit 10
<b>Valor numérico - Numeric value</b>	4	<b>Valores numéricos para el subtipo "pipeline" (01):</b> ½ inch 0001

		1 inch	0010
		2 inch	0011
		4 inch	0100
		8 inch	0101
		16 inch	0110
		32 inch	0111
		64 inch	1000
<b>Total</b>	<b>22</b>		

Ejemplo de un POI en una etiqueta RFID:

Campo	Bits	Representa
<b>Categoría</b>	000111	Gas inflamable
<b>Ubicación relativa</b>	0001	Left close
<b>Tipo</b>	000011	Hidrógeno
<b>Subtipo</b>	01	Pipeline
<b>Valor numérico</b>	0011	2 inches
Total	<b>22</b>	

## Anexo III: Artículo publicado sobre el proyecto

The International Emergency Management Society  
2015 Annual Conference, 30th September - 2nd October 2015, Rome, Italy



### RISING: RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION AND INERTIAL NAVIGATION FOR INDOOR LOCALIZATION IN EMERGENCY MANAGEMENT AND BUILDING MAINTENANCE

F. De Cillis<sup>1</sup>, J. Hernantes<sup>2</sup>, N. Serrano<sup>2</sup>, F. Inderst<sup>3</sup>, F. Pascucci<sup>3</sup>, R. Setola<sup>1</sup> and M. Tesei<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Università Campus Bio – Medico di Roma, Rome, Italy*

<sup>2</sup> *Tecnun – University of Navarra, San Sebastian, Spain*

<sup>3</sup> *Dept. of Engineering, Università degli Studi Roma Tre, Rome, Italy*

*Email: f.decillis@unicampus.it, jhernantes@tecnun.es, federica.inderst@uniroma3.it, federica.pascucci@uniroma3.it, r.setola@unicampus.it, m.tesei@unicampus.it*

#### ABSTRACT

In the last few years, several technologies have been introduced to improve personnel safety into the working environment during standard and emergency operations. According to this framework, the RISING (indoor localization and building maintenance using radio frequency identification and inertial navigation) project addresses this topic with a specific focus on emergency scenarios by exploiting Radio Frequency Identification (RFID) devices.

RFID is a low-cost technology that uses communication via radio waves to identify and track objects. Generally, RFID systems include an active receiver (the reader) that sends an RF signal to transponders (tags), which backscatters specific messages for items' identification/tracking. Preinstalled into the working environment, RFID tags can be used to store useful information that emergency operators, equipped with RFID readers, can easily retrieve and use to improve their situational awareness about unknown operating domains. Data stored into RFID tags can include: information on possible resources (e.g., emergency exits), potential risks and/or hazardous materials (e.g., biological hazard, toxic or flammable gases) in the surroundings. In emergency scenarios, first responders can use this information to be early warned about hazards and resources which helps to facilitate navigation and select evacuation paths. Moreover, the RFID system can be used in combination with inertial navigation as viable solution for supporting Indoor Positioning Systems (IPSs). To this end, in the RISING approach the raw data collected by a waist mounted Inertial Measurements Unit (IMU) are integrated with information retrieved from RFID tags (i.e. tag's geographical coordinates, altitude, floor, etc.) to provide a reliable long lasting localization estimate about user's position. To test the effectiveness and the feasibility of the RISING solution, a pilot test in a real use case scenario inside the Università Campus Bio-Medico di Roma General Hospital will be considered.

#### KEYWORDS:

EMERGENCY MANAGEMENT, SITUATIONAL AWARENESS, PERSONAL INDOOR NAVIGATION, BUILDING MAINTENANCE, INERTIAL NAVIGATION, RFID

#### 1. INTRODUCTION

The introduction of Internet of Things in society made possible the use of the connecting technologies to develop several solutions to improve the personnel safety into the working environment. The integration of existing technologies or approaches such as Mobile, Cloud and Virtual Reality applications (Marra et al. (2014)), Wi-Fi/ZigBee/Radio Frequency/Bluetooth Communication Protocols (Peng et al. (2014)), Near Field Communication technology, Big Data and Machine Learning algorithms (Jaselskis et al. (2014)), is today widely spread into different operating domains.

These technologies, that turn out to be extremely useful in standard conditions, are even crucial to better handle emergency situations. Whatever the origin of an emergency, a fast and effective response can indeed