





**Plataforma de monitoreo de  
recursos basada en gestión del  
conocimiento dentro de la  
industria minera**

**TESIS**

Que para obtener el grado de

**Maestro en Ingeniería de  
Software**

P r e s e n t a

*Manuel Alberto Chairez Alvarado*

*Director de Tesis*

*Edrisi Muñoz Mata*

Zacatecas, Zacatecas., 31 de julio de 2015

*A Naima y a Mazatzin con amor...*

## Agradecimientos

---

A mis padres, María de Lourdes Alvarado Gonzalez y Jose Manuel Chairez Ruelas. A mis hermanos, Jose Fabian Chairez Alvarado y Alejandra Chairez Alvarado. A mi novia Blanca Esthela Oliva Mora. A todos ellos infinitas gracias por creer en mí, por su apoyo incondicional, por su paciencia y por ser mi motivo.

A mi director de tesis Edrisi Muñoz Mata, por otorgarme la oportunidad de trabajar en esta investigación en calidad de igualdad, por su ayuda cabal y por alentarme.

A toda mi familia, a todos mis amigos cercanos y distantes, a todas las personas que han influido en mi pensamiento, por ser importantes en mi vida.

A la naturaleza, por ser.

Al apoyo otorgado por CONACyT mediante la beca de posgrado nacional.

La minería en México tiene presencia en 24 de las 32 entidades del país. Esta actividad se encuentra constantemente mejorando sus estrategias para aumentar su crecimiento y calidad. Uno de los objetivos primordiales de la minería es la optimización de los procesos de extracción y producción, considerando la minimización del riesgo que esta actividad implica a la seguridad y salud ocupacional del trabajador. Este documento presenta la integración entre diversas áreas científicas como ingeniería de software, ingeniería electrónica, gestión del conocimiento e ingeniería de procesos, para el desarrollo de una plataforma software, que permita, mediante RFID, monitorear recursos (humanos y equipo) para mejorar la seguridad y el desempeño dentro de la industria minera.

## Abstract

---

Mining in México has presence in 24 of the 32 states of the country. This activity is constantly improving its strategies to increase its growing and quality. One of the primary targets of mining is the optimization of the extraction and production processes, considering the minimization of the risk that this activity implies to the security and human health care of the worker. This paper expose the integration between different scientific areas like software engineering, electronic engineering, knowledge management and process engineering, to develop a software platform, that allows, using RFID, monitor resources (human and equipment) to improve safety and performance within mining.

**Contenido**

Capítulo 1. Antecedentes.....	10
1.1 Introducción.....	10
1.2 Planteamiento del problema .....	14
1.3 Objetivo .....	15
1.4 Objetivos específicos.....	15
1.4 Hipótesis .....	16
1.5 Motivación de la investigación.....	16
1.6 Resumen de capítulos .....	17
1.7 Marco Teórico .....	18
1.7.1 Preámbulo.....	18
1.7.2 Ingeniería de Software.....	19
1.7.3 Desarrollo de software con enfoque ágil .....	21
1.7.4 Aplicaciones Web.....	30
1.7.5 Sistemas monitor .....	34
1.7.6 Tecnología RFID .....	36
1.7.7 Gestión del conocimiento .....	42
1.7.8 Ontologías de conocimiento .....	48
1.7.9 Toma de decisiones .....	58
Capítulo 2. Estado del arte.....	62
2.1 Trabajos relacionados .....	62
2.2 Comparativa .....	72
2.3 Conclusiones del estado del arte.....	90
Capítulo 3. Metodología.....	92
3.1 Definición de arquitectura y metodología de desarrollo de software .....	92
3.2. Metodología para la integración de gestión de conocimiento a la plataforma .....	94
3.2.1. Transformar datos crudos en información relacional .....	95
3.2.2. Integrar la interfaz de programación de aplicaciones (API) RDF (marco de descripción de recursos) para PHP .....	97
Capítulo 4. Resultados.....	99
4.1 Concentrador de datos .....	99
4.2 Arquitectura de la plataforma .....	101
4.3 Funciones generales de la plataforma.....	105
4.4 Funciones de monitoreo de la plataforma.....	112
4.5 Funciones de gestión del conocimiento de la plataforma.....	116
Capítulo 5. Conclusiones.....	123
5.1 Retrospectiva de objetivos.....	123

5.2 Trabajo futuro.....	127
Referencias.....	129
Anexos.....	136
Anexo 1. Plantilla para el protocolo de revisión sistemática.....	136

---

Tabla 1. México en la producción mundial de minerales metálicos.....	11
Tabla 2. México en la producción mundial de minerales no metálicos.....	12
Tabla 3. Valor de las exportaciones que hace México respecto a minerales. ....	13
Tabla 4. Problemas recurrentes al adoptar un modelo de calidad rígido. No siempre las metodologías de desarrollo se adaptan al esquema de las organizaciones. En este análisis se despliegan algunos problemas encontrados en esta situación. ....	23
Tabla 5. Problemas comunes de los procesos definidos. Existen ciertas anomalías originadas por pensamientos cotidianos que surgen cuando se desarrolla software en base a procesos definidos. ....	25
Tabla 6. Elementos de SCRUM. Patrones esenciales que componen el núcleo del framework SCRUM. ....	27
Tabla 7. Rangos de frecuencia usados para aplicaciones RFID. ....	39
Tabla 8. Constitución de la gestión del conocimiento. De la recolección de “cosas” a la conexión de personas.....	44
Tabla 9. Categorías ontológicas. El trabajo sobre ontologías puede ser abstraído mediante estos cuatro grandes grupos.....	55
Tabla 10. Comparativa entre trabajos relacionados. Se detallan las características cumplidas por los trabajos en relación con las áreas contempladas en la presente investigación. El <i>ovalito negro</i> representa el cumplimiento del área/tecnología. El <i>ovalito blanco</i> representa que tiene similitud en cuanto al cumplimiento del área/tecnología, pero quizás mediante otra técnica, por ejemplo.....	73



Figura 1. Flujo de Scrum. Los pasos descritos en el apartado anterior pueden mapearse en esta imagen. ....	29
Figura 2. Vista general de la web 3.0. La web 3.0 extiende a las aplicaciones web 2.0 actuales usando tecnologías de web semántica y datos libres basados en grafos.....	33
Figura 3. Triple. En RDF una sentencia se compone de esta forma.....	51
Figura 4. Concentrador de datos e interfaz de control para monitoreo en mina. Primer prototipo funcional del concentrador.....	101
Figura 5. Arquitectura del sistema. Diseño conceptual de la plataforma de monitoreo. ....	103
Figura 6. Diseño conceptual de la plataforma. Segunda iteración de la arquitectura. ....	104
Figura 7. Despliegue de la plataforma. Pantalla de 22 pulgadas. ....	106
Figura 8. Despliegue de la plataforma en otro tamaño. La misma sección mostrada en la Figura 7, se ajusta automáticamente a un menor tamaño. ....	106
Figura 9. Plantillas de diseño. La plataforma tiene 9 temas de diseño distintos. ....	107
Figura 10. Creación de grupos. Corresponde a una de las subsecciones de la administración de grupos. ....	108
Figura 11. Vista de todos los usuarios. Los usuarios son listados con funciones de paginación. Es posible realizar búsquedas, las cuales se realizan sobre los campos nombre completo y nombre de usuario. ....	109
Figura 12. Alta de un concentrador. Vista mediante la cual se crea un concentrador en la plataforma.....	110
Figura 13. Datos adicionales en el alta de un recurso humano. Agregando enfermedades y/o alergias que la persona padezca.....	111
Figura 14. Alta de un acceso. Se crea un acceso, se selecciona una imagen referente a la posición del mismo y se asigna un concentrador a la posición correspondiente. ....	112
Figura 15. Secciones de un túnel. Al crear un túnel es posible añadir una o más secciones en las cuales se dividirá el mismo. ....	113
Figura 16. Posicionamiento de concentradores en una vista. Una vista se compone de uno o más concentradores localizados en algún punto de una imagen referente al área a monitorear. ....	114
Figura 17. Asignación de concentradores. En esta interfaz, los concentradores que no están asignados a otra sección, o bien posicionados en alguna vista o acceso, pueden ser asignados a las secciones de los tuneles.....	115
Figura 18. Monitor de acceso. Despliega la cantidad de recursos detectados al momento. Es posible consultar los datos de estos recursos. También muestra el registro de entradas y salidas por día y una alerta al detectar algo anómalo. Como una persona que ha entrado pero aún no ha salido cuando ya debería haberlo hecho.....	116
Figura 19. Vista tipo contenedor. Muestra los recursos detectados, así como los valores de alertas detectadas por los sensores de los concentradores. ....	117
Figura 20. Monitor tipo vista. Muestra los recursos detectados por los concentradores, y en caso de existir una alerta envía la advertencia correspondiente al usuario.....	118
Figura 21. Modelo RDF de alertas. En formato XML, se despliega un fragmento del modelo RDF generado para la persistencia de las alertas detectadas por los sensores. ....	120
Figura 22. Triple almacenado en el modelo RDF para descripción de procesos. Se almacenan datos como unidad de medida del avance, tasa de avance, tiempo, trabajadores involucrados, fecha. ....	121
Figura 23. Sentencia RDF de una situación. Se muestra la definición de un triple RDF que detalla una situación que causo malestares a ciertos trabajadores.....	122

## Capítulo 1. Antecedentes

---

### 1.1 Introducción

La utilización de recursos naturales ha propiciado diversos beneficios al hombre. Estos beneficios son reflejados en los diferentes procesos de producción y actividades cotidianas con el fin de cubrir necesidades de la sociedad.

La minería en México es, junto con la agricultura, la industria con mayor relación con comunidades y municipios. Tiene presencia en 24 de las 32 entidades del país. Sin embargo, en 2013 tuvo un impacto negativo en sus principales indicadores económicos debido a una tendencia descendente en el precio internacional de los metales. Además, la minería formal debe construir y operar minas y plantas de alta calidad y con un enfoque sustentable. Como resultado, las condiciones locales y globales han motivado a las empresas mineras a revisar sus estrategias de crecimiento para ser más eficientes [1].

El aporte de la industria minera actual en México oscila entre el 1.5% del producto interno bruto (PIB) del país. También representa una de las principales fuentes de empleo en las localidades rurales, principalmente en zonas afectadas por la emigración y la carencia de oportunidades. La minería tiene mayor presencia hacia el norte del país. México figura a nivel mundial como productor destacado de plata, bismuto, zinc, plomo, cobre, oro. Las inversiones privadas han mostrado un crecimiento considerable durante los últimos años. Hacia el año 2011 se registra un valor total de inversión de 5053 millones de dólares. Según datos de ProMéxico estas inversiones extranjeras han crecido un promedio anual de 20.9%. [65]

México figura entonces como un referente minero a nivel mundial. A continuación se presentan números concisos sobre la producción minera del país mexicano.

En la Tabla 1 se despliegan los datos de México como productor mundial de minerales metálicos, datos proporcionados por el INEGI [66].

**Tabla 1. México en la producción mundial de minerales metálicos.**

<b>Minerales metálicos</b>	<b>Producción</b>	<b>Lugar mundial</b>
	<i>( toneladas )</i>	
Bismuto	1 000	2°
Molibdeno	8 000	6°
Cadmio	1 300	6°
Plata	3 500	2°
	<i>( millones de toneladas )</i>	
Fierro	12	13°
	<i>( miles de toneladas )</i>	
Plomo	141	5°
Zinc	479	6°
Manganeso	170	8°
Cobre	247	12°

En la Tabla 2, se muestra el papel de México en la producción mundial de minerales no metálicos.

**Tabla 2. México en la producción mundial de minerales no metálicos.**

<b>Minerales no metálicos</b>	<b>Producción</b>	<b>Lugar mundial</b>
	<i>(miles de toneladas)</i>	
Fluorita	1 000	2°
Barita	140	6°
Grafito	5	6°
Yeso	5 800	6°
Feldespato	440	11°
Azufre	1 700	13°
	<i>(toneladas)</i>	
Diatomita	120	5°

En la Tabla 3, se proporcionan los datos sobre el valor de las exportaciones que hace México.

Tabla 3. Valor de las exportaciones que hace México respecto a minerales.

Producto	Miles de pesos	Principales países de destino
<b>Minerales metálicos</b>		
<i>Metales preciosos</i>		
Plata	34 464 721	<b>EE.UU.</b>
<i>Metales industriales</i>		
Cobre	2 505 156	<b>EE.UU.</b>
Zinc	2 331 293	<b>EE.UU.</b>
Plomo	1 110 662	<b>Brasil</b>
Fierro	226 221	<b>Hong Kong</b>
Manganeso	32 166	<b>EE.UU.</b>
<b>Minerales no metálicos</b>		
Azufre	386 301	<b>EE.UU.</b>
Sal	1 310 049	<b>Japón</b>
Fluorita	634 487	<b>EE.UU.</b>
Yeso	82 077	<b>EE.UU.</b>
Barita	20 695	<b>EE.UU.</b>

Por otra parte uno de los principales objetivos de la industria minera es la disminución del riesgo que de manera innata esta actividad conlleva. En algunas ocasiones el ambiente de trabajo no es el apropiado para que los trabajadores desarrollen esta actividad industrial de manera segura.

En 2006, murieron 65 trabajadores tras una explosión en una mina de carbón en Coahuila; la causa probable, según autopsias, fue por asfixia y no por calcinación. En mayo de 2011, una explosión de gas metano acabó con la vida de 14 obreros que quedaron atrapados en el interior de un pozo de carbón. En agosto de 2012, también en Coahuila, murieron 6 mineros tras ser aplastados por un derrumbe originado por la formación de una bolsa de gas. [67]

## 1.2 Planteamiento del problema

A pesar de los avances en tecnología la industria minera continúa presentando carencias respecto a la seguridad que se otorga a la integridad de sus trabajadores. No siempre se utilizan herramientas automatizadas o se refinan los procesos implicados en la producción.

Los trabajadores involucrados en los procesos de extracción en la minería, se encuentran expuestos a un riesgo constante (peligro inminente) durante el desempeño de su labor. Esto es: derrumbes, caídas, atropellos, choques, etc. Así como a factores dañinos para la salud (peligro a largo plazo) como son: inhalación de gases, variaciones en la cantidad y calidad de oxígeno, exposición a sustancias causantes de toxicidad, por citar algunos ejemplos. [67]

Los obreros representan el núcleo de funcionamiento y producción de la minería. Sin embargo, al ser México un expositor de los recursos minerales a la inversión extranjera, pierde el control sobre la seguridad y salud que se otorga al trabajador.

El desarrollo de dispositivos hardware y herramientas software que provean un mecanismo para incrementar la seguridad en la minería, está limitado por el desaprovechamiento de la capacidad intelectual existente en el país.

### **1.3 Objetivo**

Desarrollar una plataforma software que permita ayudar a los responsables de los protocolos de seguridad en la industria minera en el proceso de toma de decisiones. Esto con el fin de incrementar la seguridad y garantizar la salud de los trabajadores, mediante funciones de monitoreo de los diversos recursos (humanos, físicos y materiales) involucrados en los procesos de extracción y producción. Este objetivo se sustenta en la interacción e integración de diversas áreas de conocimiento, como ingeniería de software, gestión del conocimiento e ingeniería electrónica.

### **1.4 Objetivos específicos**

Se plantean los siguientes objetivos específicos para dar cumplimiento tanto al objetivo general como al desarrollo adecuado del trabajo de tesis:

- Delimitar el alcance primordial de la investigación.
- Desglosar los conceptos encontrados en el alcance para conformar y enriquecer el marco teórico.
- Desarrollar la plataforma de monitoreo a través de un proceso de desarrollo ágil.
- Establecer un estado del arte para encontrar herramientas software que realizan funciones similares al núcleo funcional de la plataforma de monitoreo referente en la presente investigación.
- Robustecer la plataforma software mediante un mecanismo de interacción con gestión de conocimiento con el fin de proveer funciones para facilitar el proceso de toma de decisiones.

## **1.4 Hipótesis**

Mediante el desarrollo de una plataforma software robusta se mejorará la tarea de toma de decisiones enfocadas en la seguridad y salud del trabajador dentro de la industria minera, basándose en áreas como gestión del conocimiento, ingeniería de software, ingeniería electrónica y mejora de procesos.

## **1.5 Motivación de la investigación**

Hoy en día la tecnología tiene un alcance y varias aplicaciones que se usan para mejorar y facilitar las actividades que el hombre desarrolla. Diversas disciplinas como ingeniería de software, ingeniería electrónica, gestión del conocimiento, ingeniería de procesos, son algunas áreas que integradas pueden ayudar al desarrollo y mejora de los actuales procesos. El presente trabajo realiza una integración de las áreas científicas antes mencionadas con el objetivo de mejorar el desempeño y la seguridad en la industria minera. Las principales tareas a realizar en esta propuesta se basan en el monitoreo de diferentes recursos involucrados en los procesos mineros, mediante tecnología de Identificación por Radio Frecuencia (RFID por sus siglas en inglés). Esto con el fin de proveer información de calidad en tiempo real o con el tiempo más rápido de respuesta, para prevenir situaciones de riesgo y contingencia que pongan en peligro la integridad del trabajador. Este trabajo propone que las funciones de monitoreo se realicen a través de la interacción entre el componente electrónico denominado “concentrador de datos” o hardware y la plataforma de monitoreo de recursos o software. La principal tarea del concentrador es reunir los datos de los recursos (humanos, físicos -como maquinaria-, y materiales) detectados por los sensores, así como datos de variables críticas para la seguridad. La plataforma software de monitoreo tiene



como tarea la gestión de datos, aplicando distintas funcionalidades que resultan en información de calidad para fines específicos de toma de decisiones en el control y monitoreo.

Este software servirá como una plataforma de soporte para la toma de decisiones respecto a la mejora de los procesos, mientras que la actividad y bienestar del recurso humano es la prioridad. De este modo se proveerá una interfaz de usuario gráfica, que actúe como medio virtual útil y amigable para la industria minera.

## **1.6 Resumen de capítulos**

Esta tesis se organiza como sigue. En el Capítulo 1 se plantean los conceptos que definen el motivo de la investigación y el consecuente desarrollo de la plataforma de monitoreo. También se presentan las bases teóricas de las áreas involucradas en el desarrollo del trabajo. En el Capítulo 2 se realiza el análisis del estado del arte, así como la comparativa de los trabajos enfocados en sistemas de control y monitoreo mediante tecnología RFID. El Capítulo 3 presenta la metodología seguida para el desarrollo de la plataforma de monitoreo. Por otra parte, el Capítulo 4 presenta los resultados alcanzados, describiendo las características de la plataforma. Finalmente, para concluir, se analiza el cumplimiento de los objetivos y el trabajo por realizar en el Capítulo 5.

## **1.7 Marco Teórico**

### **1.7.1 Preámbulo**

Parte fundamental del proceso de investigación es el sustento teórico. Innovadores desarrollos prácticos requieren de un marco literario que proporcione la base para la aplicación formal del conocimiento adquirido. De este modo, como menciona Reidle [2], el científico puede observar, relacionar y atribuir sentido a los acontecimientos que puede recordar, imaginar, comparar, diferenciar, integrar. Y con ello ubicarlos en su perspectiva adecuada.

A continuación se desglosa la investigación bibliográfica inherente al desarrollo del presente trabajo. Los temas contenidos en este marco teórico son: i) Ingeniería de software, ii) Desarrollo de software con enfoque ágil, iii) Aplicaciones web, iv) Sistemas monitor, vi) Tecnología RFID, vii) Gestión del conocimiento, viii) Ontologías de conocimiento, ix) Toma de decisiones.

Esta teoría es de importancia tanto para el investigador, como para cualquier lector del trabajo de tesis. Para el autor representan la base teórica que fundamenta el desarrollo práctico. También delimitan el alcance de la investigación y las áreas de conocimiento involucradas. Para el lector, estos temas son el contexto que sirve para entender la motivación de la investigación, los conceptos complejos del desarrollo y los resultados producidos. El orden en que se presentan estos temas está relacionado con la secuencia en que fueron siendo integradas estas áreas en la investigación.

La teoría científica se conforma de una serie de proposiciones lógicamente interrelacionadas que empíricamente tienen sentido. Con estas aseveraciones

se conforma el marco teórico o conceptual. Se espera que este marco teórico proporcione un adecuado entendimiento de las variables involucradas en la investigación.

### **1.7.2 Ingeniería de Software**

Según la definición otorgada por Pressman, la ingeniería de software es una disciplina que comprende todos los aspectos relacionados con la producción de software, desde etapas tempranas como es la especificación de requerimientos, hasta etapas maduras del software como es el mantenimiento del mismo [3]. Es posible enriquecer esta definición con el concepto planteado en el glosario de términos del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE por sus siglas en inglés): “Consiste en la aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable al desarrollo, operación y mantenimiento del software [4]”. El software puede desarrollarse de manera caótica, y quizás ese software sea funcional y óptimo; sin embargo, un entorno de desarrollo de software, compuesto por el hardware, software y firmware, utilizado para desempeñar un esfuerzo de desarrollo, es lo que otorga el título de ingeniería de software. Algunos elementos que componen un entorno de desarrollo de software son: i) equipo computacional, ii) compiladores, iii) ensambladores, iv) sistemas operativos, v) depuradores, vi) simuladores, vii) emuladores, viii) herramientas para la ejecución de pruebas, ix) herramientas para documentación y x) sistemas de gestión de bases de datos. Por otra parte, el hecho de contar con un entorno de desarrollo de software ideal, no es garantía de que existirá ingeniería de software de manera formal, ya que el éxito de esta disciplina mantiene una estrecha relación y dependencia con un factor crítico: un buen ingeniero de software. Este último, como menciona Pressman, debe adoptar un enfoque sistemático y organizado

en su forma de trabajar con el objetivo de obtener calidad en los productos que construye [3].

Tal como es abordado en [4]: un producto de software es el conjunto completo de programas computacionales, procedimientos, datos y posible documentación asociada que es entregado a un usuario.

Para la construcción de un producto de software se sigue siempre un proceso. Ya sea que este sea informal o formal, dependiendo de los términos bajo el cual el software fue requerido, así como de las costumbres propias del ingeniero de software. Como es mostrado por Pressman [3], “un proceso del software es un conjunto de actividades y resultados asociados que producen un producto de software”. La producción de software esta indiscutiblemente asociada con dos factores: calidad y proceso. La calidad y el proceso mantienen una estrecha relación, ya que la obtención de calidad depende en gran parte del proceso utilizado para garantizar la misma. El aseguramiento de la calidad es incluso una sub-disciplina dentro de la ingeniería del software. El aseguramiento de la calidad es un patrón planeado y sistemático de todas las acciones necesarias para proveer la confianza adecuada que determine que un producto es conforme a los requerimientos técnicos establecidos [4].

Es posible corroborar la mencionada relación (proceso – calidad) según la definición de Pressman [5]: “un proceso de software es una estructura para las actividades, acciones y tareas que se requieren a fin de construir software de alta calidad”. La ingeniería de software se encuentra expuesta a una evolución impredecible. Las herramientas, las tecnologías, el hardware, los sistemas requeridos, cambian al ritmo del crecimiento global. Garantizar la calidad en los productos desarrollados debe ser fundamental en la mente de los ingenieros de software. Los equipos de desarrollo deben adoptar procesos que se ajusten a su dinámica de trabajo. Y la dinámica de trabajo debe ajustarse a

la necesidad de cambios en el proceso con el fin de avalar el desarrollo continuo y constante. El proceso es importante para dar estabilidad, control y organización a una actividad que puede volverse caótica si se descontrola. Sin embargo, el proceso de ingeniería de software debe adecuarse a los adelantos actuales, sugiere Pressman [5]: “un enfoque moderno de ingeniería de software debe ser ágil”.

### **1.7.3 Desarrollo de software con enfoque ágil**

La cita por Anaya en [6]: “el desarrollo de software ha sido considerado tanto un arte como una ciencia” establece un punto de partida que proporciona una idea, un tanto ambigua, sobre cómo debe abordarse el desarrollo de software en la actualidad. Ciencia, en el sentido de la aplicación de prácticas de ingeniería que permitan evitar el desarrollo caótico y paulatinamente permitan mejorar el proceso en sí. Arte, dado que es una disciplina que constantemente refleja en la liberación de sus productos dotes de ingenio orientados a satisfacer ciertas necesidades, esto es, software a la medida. Ningún proceso es panacea. Háblese de proceso en cualquier disciplina, y, en ingeniería de software, la frase no podría ser más cierta. Cada ingeniero, cada equipo de desarrollo, cada organización, se debatiría en sesiones infinitas intentando esclarecer las razones que den como resultado el decreto del “mejor proceso”.

La ingeniería de software es un área de conocimiento compleja. Requiere ser evolutiva y ser inherente al cambio y a la adaptación. Cita Anaya: “Las características naturales del producto como maleabilidad, intangibilidad, subjetividad y naturaleza discreta, unidas a las condiciones del contexto, como evolución de la tecnología informática, relaciones interpersonales complejas e indefinidas y dinámica permanente del negocio, imponen una complejidad

particular a esta disciplina que la diferencia de las otras áreas de la ingeniería [6]”. Estos factores del producto, sumados al proceso, al recurso humano involucrado y a la tecnología comprendida, resultan en una difícil clarificación del método apropiado para abordar el desarrollo de cierto software.

En el área de conocimiento Construcción del software, del cuerpo de SWEBOK, se insta a que deben considerarse los siguientes principios: minimizar la complejidad, anticiparse al cambio, construir para verificar y seguir estándares. Por otra parte, dentro del mismo cuerpo de conocimiento pero en el área de Calidad del software, se reconoce la importancia que tiene hoy en día establecer mecanismos para evaluar la calidad del producto en sus fases intermedias, contrario a realizarlo sobre el producto final [6]. La sugerencia de estas buenas prácticas puede ser pensada como una causa para considerar la adopción de un método de desarrollo ágil. Los métodos ágiles son aquellos que surgen como alternativa a las metodologías formales como CMMI o PMI, las cuales se consideran pesadas y rígidas, por su carácter normativo y saturado de una fuerte dependencia a planificaciones detalladas previas al desarrollo [7].

El software es transversal en el mundo actual. Los dirigentes de toda organización, empresa, institución, piensan en software (o deberían) cuando la palabra optimización pivota entre sus procesos de producción. Sin embargo, existe un problema recurrente entre estas organizaciones al tratar de adoptar una metodología de desarrollo. La jerarquía de mando tiene una influencia inconmensurable en el fracaso obtenido al tratar de adoptar y adaptar un proceso de desarrollo formal. Esto se debe a que la dinámica de crecimiento de la organización exige formalizaciones y certificaciones. Muchas de ellas pueden ser alcanzadas al instar la institucionalización de una metodología de desarrollo de software formal. Sin embargo, la fuerza laboral del ingeniero de

software y la premisa por mantener la habilidad y el ingenio, son ignoradas. La adopción de modelos de calidad que no siempre son adaptables a todas las organizaciones, produce, irónicamente, productos de mala calidad. Generalmente porque esta adopción responde a un fin particular, en lugar de hacerlo hacia un esfuerzo integrado. Anaya, profundiza en [6] sobre algunos problemas generados por la situación mencionada, en la Tabla 4 se despliega un análisis al respecto:

**Tabla 4. Problemas recurrentes al adoptar un modelo de calidad rígido.** No siempre las metodologías de desarrollo se adaptan al esquema de las organizaciones. En este análisis se despliegan algunos problemas encontrados en esta situación.

Problema	Síntoma
Los esfuerzos se concentran en la definición de procesos más orientados hacia la producción de documentos que hacia la definición de arquitectura a través de modelos.	Los desarrolladores perciben el modelo de calidad como una imposición de diligenciamiento de formatos que los distrae del trabajo productivo y que no agrega valor a su trabajo diario.
El modelo de calidad representa una propuesta rígida de procesos, indicadores y documentos.	Puede resultar pesado cuando se trata de proyectos pequeños o de complejidad baja.
Las buenas prácticas se desinstitucionalizan.	Las buenas prácticas quedan a expensas del juicio del desarrollador, quedando en manos del mismo el éxito o fracaso de un componente, modulo, o incluso un proyecto.
Adopción de modelos obsoletos que siguen la dinámica de ciclo de vida en cascada. El cual ofrece poca flexibilidad para la construcción progresiva de la solución y no favorece la interacción con el usuario.	La incertidumbre del usuario crece al no verse involucrado en el progreso del software. El software obtiene un alto riesgo de ser un fracaso al evaluarse su eficiencia y efectividad hasta el término del desarrollo.
Los ingenieros se muestran renuentes al cambio de paradigma de desarrollo al encontrarlo demasiado complejo o tedioso.	Es probable que la nueva aproximación de desarrollo en realidad no se adapte a la dinámica de trabajo del ingeniero. Se desmoralizan las habilidades del desarrollador. No se le otorga al

	proceso la formalidad debida.
Algunas metodologías de desarrollo basadas en iteraciones otorgan demasiado poder al cliente para establecer la prioridad del desarrollo de los componentes.	El impacto negativo en la arquitectura general del sistema crece.
La calidad en algunas metodologías robustas se delega a la realización de pruebas en etapas finales del desarrollo, por lo que no se revisan artefactos clave en etapas intermedias.	Los productos resultan defectuosos, se incrementan los costos de corrección de errores. El cliente está descontento.

En esencia desarrollar software es un arte intelectual. Infinidad de procesos y metodologías pueden ser útiles para cierto tipo de software y en otro contexto similar pueden ser totalmente ineficientes. Las metodologías ágiles pueden ser una respuesta asequible al mundo tecnológico actual, en constante cambio. Schwaber considera que “los materiales que se usan para crear un producto software (final) son extremadamente volátiles: requerimientos de usuario para un programa que los usuarios aún no ven, interoperabilidad de otras señales de programa con el programa en cuestión, e interacción entre los organismos más complejos del planeta: personas [8]”. Si a estos problemas se añade que los procesos definidos comúnmente usados, acierta Beedle, presentan comúnmente las anomalías mostradas en la Tabla 5, su adopción es puesta en duda.



**Tabla 5. Problemas comunes de los procesos definidos.** Existen ciertas anomalías originadas por pensamientos cotidianos que surgen cuando se desarrolla software en base a procesos definidos.

<b>Pensamiento común</b>	<b>Realidad</b>
Es posible dar seguimiento al progreso con “porcentajes de completitud”.	Metas no terminadas tienen un alto grado de incertidumbre.
El cliente sabe lo que quiere y puede definirlo precisa y acertadamente desde el principio del proyecto.	El cliente no sabe lo que quiere hasta que “lo ve”. Es entonces cuando solicita evolucionar el producto.
Los planes a largo plazo pueden ser precisos.	El futuro es menos predecible cuanto más lejos se intente proyectar. Es necesario reorientar la marcha.
El equipo siempre puede completar su trabajo a través de un proceso definido.	El equipo debe trabajar oportunamente en un modo auto-organizado para hacer las cosas.
Las evaluaciones individuales son una métrica certera sobre la efectividad de los miembros del equipo.	O todos tienen éxito o todos fracasan. Las evaluaciones individuales no aportan valor.
La trazabilidad puede ser alcanzada creando varios documentos concurrentemente.	La trazabilidad incluso en equipos pequeños es casi siempre imposible.
Las diversas partes del sistema pueden ser desarrolladas de manera independiente y después pueden ser integradas y testeadas.	La integración y las pruebas son difíciles y se vuelven aún más a medida que el sistema crece y estas tareas deben ser realizadas día con día.
El equipo y el cliente pueden comunicarse a través de la documentación.	Los documentos deben ser interpretados. Las dudas y preguntas aumentan a medida que lo hace el contenido del documento.
El gestor del proyecto puede estimar y reasignar el trabajo de otras personas y aun así predecir con exactitud la finalización del proyecto.	Solo los desarrolladores son conscientes acerca de nuevas tareas y nuevas estimaciones y conocen su ritmo de trabajo, y solamente midiendo su desempeño colectivo es que se puede saber que metas pueden alcanzar.
Las personas que trabajan en equipos grandes son igual de productivos.	Los equipos pequeños son mucho más productivos.
Las personas no aplazan las	La mayoría de las personas aplazan sus

tareas.	actividades. Casi todo se realiza a último momento.
Los seres humanos recuerdan siempre en lo que trabajaron previamente.	Los seres humanos pierden el enfoque al pasar el tiempo.
La capacidad de un equipo es igual a la suma de las habilidades de los miembros del equipo.	La cooperación y la compartición de conocimiento hacen que la productividad de un equipo no sea lineal. “Todos nosotros somos más inteligentes que cualquiera de nosotros y que la suma de nosotros”.
Las personas disfrutan trabajar en el aislamiento y son más productivos.	La mayoría de las personas se deprimen y pierden el entusiasmo al trabajar de manera aislada.
Las personas leen la documentación técnica.	Las personas prefieren las conversaciones.
El progreso del equipo puede ser medido mediante reportes de actividades semanales.	El estatus del equipo es más útil si se monitorea diariamente. Así, los miembros del equipo se ayudan unos a otros y comunican cambios.
El flujo es independiente de la calidad.	El flujo es proporcional a la calidad.
Entre más detallados sean, los planes se vuelven mejores.	Ninguna cantidad de planificación por adelantado puede predecir el futuro.

Las aseveraciones presentadas en la Tabla 2 son el resultado de historias de éxito del enfoque ágil [9]: Martine Devos al aplicar el paradigma en el gobierno de Bélgica o Beedle al asesorar a la consultora de servicios de recursos humanos William M. Mercer. El paradigma de desarrollo Ágil, aunque no nuevo, es relativamente joven. Nace durante la creación del Manifiesto Ágil, desarrollado en 2001 [8]. El enfoque ágil es:

- Una producción de negocio y una filosofía de desarrollo que conduce a prácticas específicas.
- Una filosofía de desarrollo de software que conduce a prácticas específicas como SCRUM.

SCRUM es un framework general basado en control empírico para producir resultados con el mayor valor de negocio en la menor cantidad de tiempo posible, a través de un equipo que se auto-organiza, aprende y se mejora a sí mismo. Menciona Beedle, SCRUM es una vía para implementar la filosofía ágil [9]. El manifiesto ágil que da vida a SCRUM, se compone de los siguientes decretos:

- Individuos e interacciones por encima de procesos y herramientas.
- Software funcional sobre documentación comprehensiva.
- Colaboración con el cliente en lugar de negociación de contratos.
- Responder al cambio por encima de seguir un plan.

Beck et al. [7]

En la Tabla 6 se muestran los patrones esenciales del framework Scrum.

**Tabla 6. Elementos de SCRUM.** Patrones esenciales que componen el núcleo del framework SCRUM.

<b>Patrón</b>	<b>Elementos</b>
Artefactos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Product backlog.</li> <li>• Sprint backlog.</li> <li>• Sprint burndowns.</li> <li>• Scrum board.</li> </ul>
Roles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Product owner.</li> <li>• ScrumMaster.</li> <li>• Team.</li> </ul>
Tiempo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sprint.</li> <li>• Day.</li> </ul>
Reuniones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Backlog meetings.</li> <li>• Sprint planning meeting.</li> <li>• Daily scrums.</li> <li>• Sprint review meeting.</li> <li>• Retrospective.</li> <li>• Refinement.</li> </ul>
Ingeniería	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Layered testing.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integration.</li> </ul>
Social / Medio ambiente / Enjambre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Scrum values.</li> <li>• Scrum BA elements.</li> <li>• Open workspace.</li> <li>• Spontaneous pairing.</li> <li>• Mentor-apprentice.</li> </ul>

Es preferible mantener el nombre de los elementos de SCRUM en la lengua original en que fueron nombrados. Esto facilita la implementación del framework, cuando sea necesario consultar información en los materiales didácticos que especifican el modo de ejecución del paradigma. De manera sintetizada SCRUM se pone en práctica del siguiente modo [9]:

1. El ScrumMaster (experto en SCRUM) apoyado por los Stakeholders (cualquier individuo clave en el proyecto) crea el Product Backlog (Los Product Backlog Items equivalen a los requerimientos de usuario emergentes).
  - a. Se definen.
  - b. Se priorizan.
    - i. Se les cataloga por color (si es necesario).
    - ii. Se les cataloga por tamaño.
2. El ScrumTeam (equipo de desarrollo) lleva a cabo el Script Planning (planeación del script). Se seleccionan los product backlog ítems a desarrollarse en el sprint, en base al tiempo y dificultad de los mismos, así como a la priorización realizada con anterioridad. Usualmente un sprint tiene una duración de 2 a 4 semanas en horas laborales.
3. Se continúa con el Sprint Execution (desarrollo del sprint). Se realiza una junta diaria de no más de 15 minutos (Daily Scrum) para evaluar:
  - a. ¿Qué hizo cada miembro?

- b. ¿En qué trabajó cada miembro?
- c. Pendientes e impedimentos.
- d. Nuevas estimaciones.

El ScrumBoard (tablero donde se organizan los product backlog ítems) y la gráfica SprintBurnDown (gráfica para el control de avance) son elementos de apoyo en esta fase.

- 4. Al finalizar el sprint se realiza el SprintReview (reunión para evaluar “¿Qué se hizo bien?”).
- 5. Se realiza la tarea Retrospective. ¿Qué se puede mejorar?
- 6. Se desarrolla el elemento Refinement. Redirigir el trabajo si es necesario. Implementar nuevas tácticas. Volver a priorizar los product backlog ítems.

La explicación descrita con anterioridad se puede observar en la Figura 1.

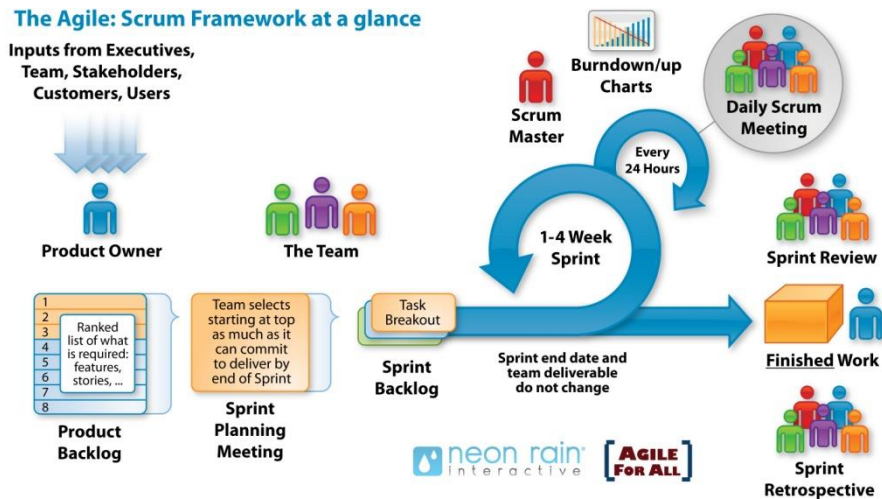


Figura 1. Flujo de Scrum. Los pasos descritos en el apartado anterior pueden mapearse en esta imagen.

### 1.7.4 Aplicaciones Web

La universalidad del software avanza conforme el mundo crece, como un ente social en general. La población, las instituciones privadas, los órganos gubernamentales, el comercio, la economía, la seguridad militar, es decir, infinidad de ramas de contexto organizacional, requieren grandes avances en materia computacional. Con ello, la humanidad incrementa su propia necesidad de permanecer en línea (internet). Según indicadores de desarrollo del banco mundial [11], hacia 2009 el 27.11% de la población del mundo eran usuarios de internet, valor incrementado en 3.13 unidades porcentuales desde 2008. Tan solo en México, hacia finales de 2014, se tenía registro de 43.46 usuarios de internet por cada 100 personas [12]. Más que un dato estadístico es un hecho por sentido común: la humanidad vuela hacia el internet de las cosas.

Con el auge de la red mundial (web), nacen nuevas tecnologías basadas en software, como las aplicaciones web. Una aplicación web es un programa o conjunto de programas cuyo objetivo es ayudar al usuario de un ordenador para procesar una tarea específica [13]. Esta tarea específica, por obviedad, se desempeña en la web. Las aplicaciones web permiten a los usuarios interactuar con datos contenidos en un servidor web. El servidor tiene la función de recibir y responder las peticiones del usuario desde la aplicación a través de un navegador.

Las aplicaciones web han revolucionado el internet debido al enriquecimiento de contenido que propician. Así, el contenido en internet se ha vuelto escalable, dejando de lado (o en discontinuación) los sitios con contenido estático. El nacimiento de la era de las aplicaciones web se remonta al año 1987, con el surgimiento del lenguaje de programación Perl, inventado por

Larry Wall. Sin embargo, el verdadero despegue de las aplicaciones viene con la salida del lenguaje de programación PHP en 1995, puesto a disposición de la comunidad de desarrolladores por Rasmus Lerdorf. Posterior a ello, y a la fecha, el desarrollo de aplicaciones web permanece en constante evolución, tecnologías como Javascript vienen a cambiar el enfoque de dinamismo y peticiones asíncronas [13]. Con ello, las aplicaciones web universalizan su campo de acción, y se adentran en los servidores de toda organización interesada en la optimización de sus tareas, en la catalogación e integración transversal de datos, y/o en la automatización de funciones.

Las aplicaciones web pueden ser embajadoras de la llamada web 2.0. En 2004, en una conferencia sobre web 2.0 el concepto de web como plataforma fue mencionado por primera vez por John Battelle y Tim O'Reilly [13]. Codina expresa en [14] que la web 2.0 puede representarse con los siguientes componentes principales:

- Contenidos creados por los usuarios (prosumidores).
- Redes sociales.
- Aplicaciones en línea.
- Herramientas de colaboración.

Probablemente, sin los cambios que la web 2.0 aportó, la web no tendría hoy día el alcance “universal” que de hecho tiene.

A finales de la década de los noventa, surge un cambio en la web más complejo y profundo que la web 2.0: la Web Semántica. Impulsado por Tim Berners-Lee, director de W3 (World Wide Web Consortium), el proyecto denominado Web Semántica ha avanzado poco a aproximadamente diez años de su lanzamiento, al menos, en relación a sus objetivos iniciales. En contra parte, ha propiciado el desarrollo de gran cantidad de normas, tecnologías y

lenguajes, algunas de ellas influyen de manera significativa en la web actual, aunque pasen más desapercibidas que la web 2.0. Codina [14] identifica los siguientes componentes como los más importantes para la web semántica:

- La web vista como una gran base de datos.
- Metadatos y lógica formal.
- Ontologías.
- Agentes de usuario y sistemas informáticos capaces de efectuar inferencias.

“El objetivo principal de la web semántica consistió en desarrollar una serie de tecnologías que permitieran a los ordenadores, a través del uso de agentes de usuarios parecidos a los navegadores actuales, no solo entender el contenido de las páginas web, sino además efectuar razonamientos sobre el mismo”.

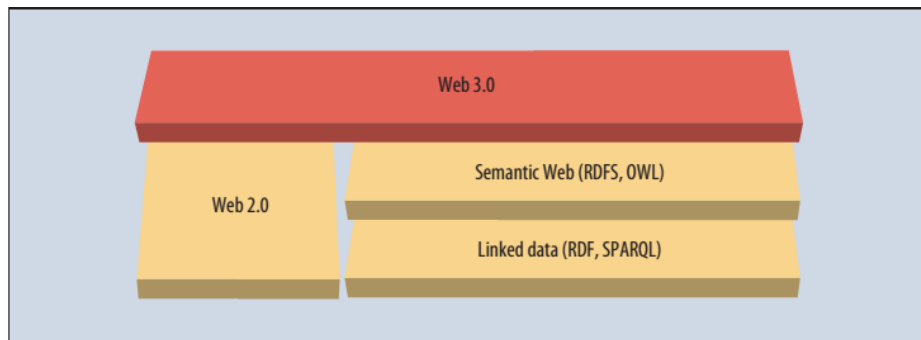
Ahora, parecen existir fundamentos para pensar en una generación posterior a la web 2.0 y a la web semántica: la web 3.0. Un artículo publicado en 2005 por Phil Wainwright, es quizás la primera mención de esta nueva generación de la web, centrada principalmente en las aplicaciones de empresa.

Hendler invita a pensar en [15] que la web 3.0 puede ser vista esencialmente como tecnologías de web semántica integradas con, o empoderando, aplicaciones web a gran escala. Por otra parte Codina [14] propone las siguientes características de la web 3.0:

- Computación en la nube y vinculación de datos y aplicaciones. Significa que cada vez existan más servicios de información capaces de unificar datos de diversas fuentes en una respuesta. La vinculación de aplicaciones consiste en utilizar diversos programas para obtener nuevas aplicaciones.



- Agentes de usuario (como en la web semántica). Es un modelo hipotético de un programa que sería capaz de actuar en nombre de un usuario humano, entender sus necesidades de información y de gestión, y solucionarlas.
- Robustecimiento de ancho de banda. Significa que facilitaría todo tipo de aplicaciones multimedia.
- Ubicuidad de la web. La web estará en toda clase de dispositivos móviles, vehículos, electrodomésticos, aparatos de uso cotidiano.



**Figura 2. Vista general de la web 3.0.** La web 3.0 extiende a las aplicaciones web 2.0 actuales usando tecnologías de web semántica y datos libres basados en grafos.

Como puede apreciarse en la Figura 2 [15], la base de las aplicaciones web 3.0 reside en el Marco de descripción de recursos RDF (Resource Description Framework por sus siglas en inglés) al proveer medios para vincular datos de múltiples sitios web o bases de datos. Con el lenguaje de consulta SPARQL (estándar parecido a SQL pero útil para consultar datos RDF), las aplicaciones pueden usar almacenamientos nativos RDF basados en grafos y extraer datos RDF de bases de datos tradicionales [15]. Una vez que los datos están conforme a RDF, el uso de URI's (Uniform Resource Identifiers) para fusionar y mapear datos de diferentes recursos facilita el desarrollo de

aplicaciones web híbridadas (mashups). El esquema RDF y el Lenguaje de consulta web OWL (Web Ontology Language por sus siglas en inglés) proveen la habilidad para inferir relaciones entre datos de diferentes aplicaciones o de diferentes partes de la misma aplicación.

El futuro de las aplicaciones web, aunque incierto (dada la constante evolución de las generaciones web) se percibe potente. Software en línea capaz de realizar inferencias o razonamientos con un mínimo de supervisión humana. Teniendo como fin fundamental la producción de información cualitativa y cuantitativa de interés para los usuarios finales, o bien para otra aplicación en la nube.

### **1.7.5 Sistemas monitor**

Conforme al diccionario de Oxford, un monitor es aquel que permite observar o seguir algo. Y la acción de monitorear o monitorizar es visualizar el desarrollo de una acción o un suceso a través de uno o varios monitores.

La acción que conlleva la palabra monitorear tiene diversos campos de aplicación. Un monitor basado en computadora es quizás el ejemplo más claro y común. Quizás absoluto. En términos informáticos, puede tratarse de un monitor de sistema o bien de un sistema de monitoreo, que en términos prácticos no refieren la misma tecnología.

Un monitor de sistema es un componente hardware o software utilizado para monitorear recursos y rendimiento en un sistema computacional [15]. En [16] se refiere que un monitor de sistema es un proceso dentro de un sistema distribuido diseñado para recolectar y almacenar datos de estado.

Los monitores de software son los más comunes, en ocasiones como parte del motor de un widget. Estos sistemas de monitoreo son a menudo usados para dar seguimiento a los recursos del sistema, tal como uso y frecuencia de CPU, o la cantidad de RAM libre. También son usados para desplegar elementos como espacio de almacenamiento disponible en uno o más discos duros, la temperatura del CPU y de otros componentes importantes, así como información de la red incluyendo la dirección IP del sistema y las tasas actuales de carga y descarga. Otras posibles pantallas pueden incluir: la fecha y hora, disponibilidad del sistema, nombre de la computadora, nombre de usuario, velocidad de ventiladores o los voltajes que están siendo provistos por la fuente de poder. Menos frecuentes se encuentran los sistemas basados en hardware monitoreando información similar. Habitualmente estos ocupan una o más bahías de disco en el frente de la caja de computadora, así como una interface directa con el sistema hardware o bien conectarlo a un sistema software de recolección de datos vía USB. En ambos enfoques para recolectar datos, el sistema de monitoreo despliega la información en una pantalla. Algunos sistemas de monitoreo basados en hardware también permiten el control directo de la velocidad de los ventiladores, permitiendo al usuario personalizar rápidamente el enfriamiento en el sistema [15].

Por otra parte existen los sistemas de monitoreo. Para entender el concepto, un monitor de sistema puede ser visto como un software diseñado para “observar” a otro software -o quizás hardware- de cierto sistema, por lo general incluyente. Un sistema de monitoreo, por otra parte, puede representar un software utilizado para monitorizar cualquier elemento que pueda ser “observado” respecto a cierto protocolo, y mediante ciertos sensores, con el fin de seguir las acciones en torno a ese elemento, y generar datos referentes a tales operaciones.

Los sistemas de monitoreo, son utilizados en la sociedad actual con variados propósitos, aunque unificando un objetivo: crear sistemas de supervisión con el fin de optimizar las funciones. Algunos propósitos pueden ser:

- Incrementar la seguridad del personal de una organización (recursos humanos).
- Rastrear la ubicación de recursos físicos (como vehículos, maquinaria o herramienta).
- Vigilar la operación de sistemas mecánicos o hidráulicos.
- Controlar el acceso de personal a las instituciones.
- Realizar tareas de inteligencia militar.
- Desplegar actividades de espionaje.
- Mejorar el desempeño de la industria.
- Fungir como vigilantes autónomos.

Idealmente, un sistema de monitoreo debería permitir a los directivos tener certeza de la seguridad de su organización y las personas involucradas en los procesos, así como permitir mejorar el desempeño de los mismos a través de la recolección y análisis de los datos monitorizados.

### **1.7.6 Tecnología RFID**

La identificación por radiofrecuencia (RFID por sus siglas en inglés) se originó en las investigaciones realizadas durante la segunda guerra mundial [19] por diversas naciones. Roberts define la tecnología como un sistema de identificación de proximidad electromagnética y transacción de datos [20], puntualizando una descripción compleja. Es decir, se trata de un sistema de identificación a distancia, que tiene como predecesora a la tecnología de

código de barras, con la diferencia de que RFID no requiere una línea de visión para detectar elementos [18]. Esto significa que la tecnología de código de barras requiere que el código y el escáner estén en una línea directa de lectura, y los elementos tienen que ser movidos físicamente contra el escáner para recolectar los datos [19]. Para algunos [20] RFID es visto como el reemplazo inevitable de los códigos de barras.

Momentos históricos de la tecnología RFID según la investigación de Roberts [20]:

- Uno de los artículos pioneros explorando RFID es el trabajo “Communication by Means of Reflected Power” publicado por Harry Stockman en 1948.
- En los años 50’s hubo una exploración teórica de técnicas RFID con varios artículos científicos y de investigación que fueron publicados.
- En los años 60’s varios investigadores desarrollaron sistemas prototipo.
  - Sistemas antirrobo en supermercados. Este fue el primer uso comercial de RFID, y el más difundido.
- En los años 70’s se presenta un gran interés en RFID por parte de investigadores, desarrolladores e instituciones académicas, como el laboratorio científico de Los Álamos, o la Fundación del Instituto Sueco de Microondas. Principalmente para tareas de etiquetado de animales.
- En los años 80’s se extiende su uso con fines de seguimiento de animales en Europa: Italia, Francia, España, Portugal y Noruega se equipan con RFID.
- En los 90’s se adopta la tecnología en los Estados Unidos para el cobro de peaje de vehículos. En Europa se desarrolla la tecnología para cobros de peaje, aplicaciones ferroviarias y control de acceso.

Paulatinamente, sistemas de peaje por RFID y aplicaciones ferroviarias aparecen también en varios países como Argentina, Australia, Brasil, China, México, Nueva Zelanda, Sudáfrica, Singapur, Tailandia, entre otros.

- En el siglo XXI se desarrolla la tecnología ampliamente en todo el orbe. Surgen estándares. La tecnología RFID es observable en la vida cotidiana.

Un sistema RFID típicamente comprende:

- Un dispositivo RFID (tag).
- Un lector de tags con una antena y un transceptor.
- Un sistema huésped o la conexión a un sistema empresarial.

Roberts indica [20] que los dispositivos RFID caen en dos categorías generales, aquellos con una fuente de energía (batería) y aquellos que no la tienen, es decir activos y pasivos [18]. Un dispositivo RFID que transmite activamente a un lector es conocido como transponder (TRANSMitter/resPONDER). Los tags activos son típicamente dispositivos de lectura/escritura, mientras que los tags pasivos son generalmente de “solo lectura”.

Nambiar señala que en esencia [19], el sistema facilita la identificación automática a través de la combinación de tags (etiquetas) y lectores. Los tags almacenan y transmiten datos a los lectores usando ondas de radio. Los lectores recolectan datos de los diferentes tags y los retransmiten a un servidor para un análisis y procesamiento más profundo. El método más común de identificación utilizado en RFID consiste en asociar el tag único a una persona u objeto [20]. El sistema cumple los propósitos de identificación, monitoreo, autenticación y alerta a través de este intercambio de datos entre el tag y el

lector. Los sistemas RFID pueden discernir muchas etiquetas diferentes localizadas en la misma área general sin requerir asistencia humana [18]. De manera similar Roberts identifica en [20] que RFID representa una mejora respecto a los códigos de barras en términos de:

- Comunicación a proximidad no óptica.
- Densidad de información.
- Habilidad de comunicación bilateral.

Aunado a estas ventajas Want [18] refiere que los tags (etiquetas) RFID soportan un conjunto más amplio de IDs (identificadores) únicos que los códigos de barras y pueden incorporar datos adicionales tales como fabricante, tipo de producto, e incluso medir factores del ambiente como temperatura.

En la Tabla 7 se despliegan los rangos de frecuencia que son generalmente usados para aplicaciones RFID.

**Tabla 7. Rangos de frecuencia usados para aplicaciones RFID.**

<b>Banda de frecuencia</b>	<b>Características</b>	<b>Aplicaciones</b>
Bajo. 100 - 500 kHz.	Rango de lectura corto a medio. La velocidad de lectura es baja. Económica.	Control de acceso. Identificación animal. Control de inventario. Inmovilizador de autos.
Intermedio. 10 – 15 MHz.	Rango de lectura corto a medio. Potencialmente económico. Velocidad de lectura media.	Control de acceso. Tarjetas inteligentes. Control de librería.
Alto. 850 – 950 MHz.	Rango de lectura amplio. Alta velocidad de lectura.	Monitoreo de vagones de tren.

2.4 – 5.8 GHz.	Línea de visión requerida. Costoso.	Sistemas de recolección de peaje. Seguimiento de contenedores. Seguimiento de vehículos.
----------------	--	--

Los dispositivos RFID pueden ser clasificados en cuatro categorías respecto a su uso:

- Vigilancia de artículos electrónicos. Su uso más común es en tiendas de venta al por menor como un dispositivo antirrobo.
- Captura de datos portátil. Algunos dispositivos son combinados con sensores para registrar, por ejemplo, temperatura, movimiento sísmico, radiación.
- Sistemas en red. Se caracterizan por lectores de posición fija y son usados para registrar el movimiento de los objetos etiquetados.
- Sistemas de posicionamiento. Vehículos, animales e incluso personas son etiquetados y el sistema provee la locación automática y puede proveer también soporte de navegación.

Nambiar lista en [19] ejemplos de aplicaciones de la tecnología RFID:

- Las implementaciones de los sistemas RFID en cadenas de suministro son un desarrollo reciente.
- Sistema de identificación basado en RFID para facilitar la rápida y fácil localización de automóviles en un patio de embarque de una planta de ensamblaje de automóviles.
- Mejorar la ejecución de inventarios en una compañía de manufactura LCD usando un sistema basado en RFID para la actualización automática del inventario en la cadena de suministro.



- Sistema de seguimiento de datos de manufactura basado en RFID que facilite la recolección rápida de datos en base a tiempo real en una planta de manufactura.
- Sistema de ejecución de manufactura basado en RFID para una compañía textil que provea información en tiempo real acerca de la producción, transfiriendo así la toma de decisiones al piso de venta.
- Mejorar los sistemas de control de tráfico utilizando esta tecnología.
- Utilizar sensores RFID para monitorear a través de comunicación inalámbrica, tasas del corazón de pacientes cardíacos, para identificar pacientes candidatos a cirugía.
- Implementar sensores RFID en robots móviles con el objetivo de ayudarlos con la navegación, proveyéndole así la información necesaria a través de redes de comunicación inalámbrica.
- Sistemas de posicionamiento global combinados con etiquetas RFID para supervisar los componentes que llegan a un sitio de construcción.

Mientras que Want postula tres ejemplos desde su perspectiva en [18]:

- Una aplicación de ejemplo sería tener la posibilidad de colocar tu teléfono cerca de un tag RFID adjunto a una señal de sitio de taxis, y tu teléfono llamaría al coordinador de la compañía de taxis para solicitar el servicio a esa locación.
- Otra aplicación comercial de los sistemas RFID es leer, y cobrar, todos los artículos contenidos en un carro de supermercado común, al momento que es empujado a través de un pasillo de pago instrumentado.
- Otra aplicación de la detección RFID es en relación a los productos perecederos. Artículos como carne, fruta, productos de consumo diario, no deben exceder ciertas temperaturas críticas durante su transportación

o no serían seguros para su consumo. Un sensor de temperatura RFID puede identificar los artículos y garantizar que permanezcan en un rango de temperatura adecuado.

### **1.7.7 Gestión del conocimiento**

El conocimiento se manifiesta en variadas formas que van de lo físico a lo intangible. Existe conocimiento almacenado en grandes volúmenes de papel, tal como lo existe en grandes centros de almacenamiento de datos digitales, así como gran cantidad de conocimiento alojado en la mente de las personas. El conocimiento crece en el contexto de la humanidad, y con este crecimiento aumenta la necesidad de gestionarlo, así como la complejidad que esta tarea conlleva.

El aprendizaje significativo está ligado directamente al modo en que la información es organizada y transmitida. El desarrollo tecnológico ha sido un detonante en el crecimiento del conocimiento global. Cita Barragán en [21] que “la sociedad del Conocimiento se caracteriza por una gran aceleración en la creación, acumulación, distribución y aprovechamiento de la información y del conocimiento, así como el desarrollo de las tecnologías que lo han hecho posible, en particular las de la información y la comunicación”. Rescatando de la caracterización anterior: distribución y aprovechamiento del conocimiento, como un objetivo hipotético de la gestión del conocimiento, se especula la meta organizacional que este término puede llegar a cubrir en tareas de clasificación de información.

Surgido aproximadamente en 1990, la gestión del conocimiento es un concepto que básicamente significa organizar la información y conocimiento de una organización holísticamente [22]. Barragán plantea [21] que la gestión

del conocimiento ha surgido como una disciplina que centra su objetivo en generar, compartir y aprovechar el conocimiento existente en un espacio determinado para dar solución a necesidades y propiciar el desarrollo.

Zapata et al., establece el concepto de conocimiento como una disciplina moderna cercana a la inteligencia artificial, cuyo objetivo es extraer, articular y computarizar el conocimiento de un experto [23]. También se puede referir a un grupo de expertos en un trabajo común, o de material derivado de ciertas funciones de uno o más expertos, o de información cuantitativa y cualitativa de procesos autónomos, etcétera. Koenig refiere en [22] una definición aportada por el grupo Gartner como la más frecuentemente citada:

“La gestión del conocimiento es una disciplina que promueve un enfoque integrado para identificar, capturar, evaluar, recuperar y compartir todos los activos de información de una empresa. Estos activos incluyen bases de datos, documentos, políticas, procedimientos así como conocimientos y experiencia (no capturados previamente) de los trabajadores.”

Así, se observa que uno de los beneficios en los cuales se enfoca la gestión del conocimiento, es en la reutilización catalogada de la información para promover el aumento de la experiencia conjunta. Esta promoción del conocimiento propicia el desarrollo de diversos factores clave para el crecimiento, como lo es el factor económico. Como Barragán opina, los elementos clave para desarrollar una economía basada en el conocimiento y el aprendizaje no solo consiste en desarrollar tecnologías, si no en propiciar que las organizaciones y sus integrantes aumenten la eficiencia de sus capacidades de adquisición, generación, difusión y uso de conocimiento con el propósito de contribuir al crecimiento económico de un país [21]. Sin embargo, este conocimiento también se encuentra íntimamente relacionado con la cultura personal de las personas, así como con las prácticas establecidas en las

organizaciones, por lo cual implementar tareas de gestión de conocimiento se vuelve una misión difusa.

En la Tabla 8 se despliega un gráfico usado por los consultores de gestión del conocimiento de IBM en un intento por establecer la constitución de esta disciplina.

**Tabla 8. Constitución de la gestión del conocimiento.** De la recolección de “cosas” a la conexión de personas.

	RECOLECTAR (COSAS) Y CODIFICACIÓN.	CONECTAR (PERSONAS) Y PERSONALIZACIÓN-
<b>EXPLOTAR.</b>  INFORMACIÓN DIRIGIDA Y BUSQUEDA DE CONOCIMIENTO.	<b>COSECHAR.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bases de datos, internas y externas.</li> <li>• Arquitectura de contenidos.</li> <li>• Apoyo de servicios de información (capacitación requerida).</li> <li>• Mejores prácticas de minería de datos / lecciones aprendidas / análisis posterior de acciones.</li> </ul>	<b>APROVECHAR.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunidad y aprendizaje.</li> <li>• Directorios, secciones amarillas (localizadores experimentados).</li> <li>• Hallazgos y herramientas facilitadoras. Trabajo en equipo.</li> <li>• Equipos de respuesta.</li> </ul>
<b>EXPLORAR.</b>  BUENA FORTUNA Y NAVEGACIÓN	<b>CAZAR.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apoyo cultural.</li> <li>• Perfiles actuales de sensibilización y bases de datos.</li> <li>• Selección de elementos para</li> </ul>	<b>HIPOTETIZAR.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apoyo cultural.</li> <li>• Espacios – librerías y salas (físicas y virtuales), apoyo cultural, trabajo en equipo.</li> </ul>

	<p>propósitos emergentes.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejores prácticas de minería de datos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asistencia de viajes y reuniones.</li> </ul>
--	--	---

La transición expuesta en la Tabla 8 es un problema que muchas organizaciones comienzan por enfrentar hoy día. La acumulación excesiva de información no es conocimiento. Es quizás, junto al aprendizaje organizacional retenido por cada persona, experiencia congelada. Barragán define de manera formal la gestión del conocimiento como la “habilidad individual o colectiva para generar, difundir, compartir y utilizar tanto el conocimiento tácito como el explícito a partir de la asimilación de la información que se transfiere en forma de conocimiento y se transforma en experiencia de organizaciones o individuos; convirtiéndose así en una herramienta de aprendizaje útil que permite la aplicación del conocimiento para aportar valor dentro de una organización, economía o sociedad” [21].

Una caracterización útil y generalmente usada para describir conocimiento es la siguiente [22]:

- Explícito. Información y conocimiento que se establece en forma tangible.
- Implícito. Información o conocimiento que no se establece en forma tangible pero puede transformarse en explícito.
- Tácito. Información o conocimiento que tendría gran dificultad operativa para establecerlo de forma tangible.

La gestión del conocimiento se encuentra constituida operacionalmente por las siguientes bases [22]:

1. Bases de datos de lecciones aprendidas.  
Son bases de datos que intentan capturar y hacer accesible el conocimiento que ha sido obtenido operacionalmente y típicamente no ha sido capturado en un medio fijo. En el contexto de la gestión del conocimiento, hace énfasis en capturar el conocimiento que esta embebido en las personas y hacerlo explícito. “Lecciones aprendidas” es la frase característica más común en las etapas tempranas del desarrollo de gestión del conocimiento.
2. Localización de expertos.  
Consiste en identificar y localizar a aquellas personas dentro de la organización que tienen el conocimiento de cierta área en particular.
3. Comunidades de práctica (CoPs).  
Son grupos de personas con intereses en común que se reúnen en persona o de manera virtual para contar historias, compartir y discutir problemas y oportunidades, discutir las mejores prácticas y hablar sobre las lecciones aprendidas.

Los pilares fundamentales de la gestión del conocimiento centran el soporte que proporcionan en una tarea simple: comunicación. Todo se basa en la compartición de información, y tecnológicamente hablando, en un efectivo mecanismo para almacenarla y caracterizarla.

Koenig [22], propone las siguientes etapas que conlleva el desarrollo de gestión del conocimiento:

1. Primera etapa. Tecnologías de la información.  
Consiste en llevar el capital intelectual hacia un medio transversal para compartir información. Por ejemplo: llevar el capital intelectual

hacia el internet. Es decir, consiste en la tecnología necesaria para comenzar a compartir las lecciones aprendidas.

2. Segunda etapa. Recursos humanos y cultura corporativa.

Surge cuando se vuelve aparente que desarrollar simplemente nueva tecnología no es suficiente para permitir la compartición de información y conocimiento. Dimensiones culturales y humanas deben ser abordadas. Esta etapa involucra cambios en la cultura corporativa con el objetivo de promover la compartición de información de manera profunda.

3. Tercera etapa. Taxonomía y gestión de contenidos.

Se centra en la importancia de los contenidos, de su accesible recuperación y de la ordenación, descripción y estructura de los mismos. Es decir, que importancia tendrían las lecciones aprendidas si los interesados no pueden encontrarlas. Consiste en gestión de contenidos de manera empresarial, así como clasificación u ordenación de las cosas en base a características comunes.

A la gestión del conocimiento concierne la representación, organización, adquisición, creación, uso y evolución del conocimiento en sus variadas formas; estas tareas exigen tecnología para su administración, sin embargo, para que sea efectiva es necesario entender como las personas y organizaciones utilizan el conocimiento. Las tecnologías de la información han ampliado la potencia de las fuentes por las cuales se produce el conocimiento. Y sin embargo, es la misma ciencia de la información la que tiene que lidiar con los preceptos que hacen que esta producción masiva de información sea considerada conocimiento. Jurisica et al., menciona [24] que las ciencias de la información actuales, ya son capaces de proporcionar muchas de las bases de la gestión de conocimiento. La era digital le ha dado un giro al gran contenido de información sitiado en versiones impresas. Los

documentos hoy en día pueden ser sumamente grandes, incluso para ser considerados volúmenes o librerías de material; pero de manera más importante, pueden ser arbitrariamente pequeños, por ejemplo párrafos, fragmentos de texto, video o parte del, clips de audio, etc. Así, Jurisica acierta al decir que las labores sobre el conocimiento se basan en los medios digitales.

Con el robustecimiento de los elementos hardware crece la velocidad de procesamiento de información. Y para las personas interesadas en esa información, resulta fundamental contar con tecnologías igual de potentes para procesarla, de modo que su utilidad sea confiable. Gran variedad de técnicas para representar y gestionar conocimiento codificado han surgido de diversas áreas de las ciencias de la computación, por ejemplo: inteligencia artificial, bases de datos, ingeniería de software, sistemas de información [24].

### **1.7.8 Ontologías de conocimiento**

En ciencias de la computación, la identificación de los conceptos correctos para modelar un mundo sobre el cual alguien querría realizar operaciones de gestión del conocimiento ha venido a ser conocido como ontología [24]. Zapata aclara en su estudio [23] que el termino ontología es propio de la filosofía y la define como una especificación explícita y formal de una conceptualización compartida, por otra parte Jurisica menciona [24] que la ontología es una rama de la filosofía que se ocupa del estudio de todo lo que existe. Barchini et. Al. [25] define a la ontología, tan antigua como la filosofía, como “la ciencia de lo que es, de los tipos y estructuras de objetos, propiedades, eventos, procesos y relaciones en cada área de la realidad”.



Muñoz [68] provee la definición de ontología como la integración de conocimiento de diferentes representaciones del mismo conjunto de conocimiento a diferentes niveles de formalización.

Dentro de las ramas científicas de la computación, las ontologías se presentan en una variedad de formas, desde lexicones (conjunto de palabras que conforman una variante lingüística) hasta diccionarios y tesauros (términos usados para representar conceptos), incluso teorías lógicas de primer orden. Las ontologías son útiles porque facilitan la estandarización de los términos utilizados para representar conocimiento acerca de un dominio, y cuando una ontología es considerada como formalizada, puede soportar mecanismos de inferencia de datos. Las aplicaciones son universales. Tal como la filosofía se apoya de la ontología para estudiar al ser, las ciencias de la computación pueden apoyarse de ontologías para definir cualquier dominio. Al contar con las propiedades que caracterizan a un dominio, este puede ser estudiado y evolucionado. Como Jurisica puntualiza [24], esta ventaja computacional (provista por las ontologías) es claramente útil para gestionar conocimiento, especialmente cuando se está lidiando con grandes volúmenes de información. Barchini et al., refiere en [25] que las ontologías “se usan generalmente para especificar y comunicar el conocimiento de un dominio de una manera genérica y son muy útiles para estructurar y definir el significado de los términos”. Un dominio de aplicación puede ser descrito por un conjunto de conceptos primitivos. Estos conceptos, junto a sus significados, definen una ontología. En la disciplina de los sistemas de información, se considera a la ontología como “un artefacto de software (o lenguaje formal) diseñado para un conjunto específico de usos y ambientes computacionales”.

Jurisica sugiere en [24] que un diseñador de ontologías debe proveer respuestas a preguntas como las siguientes:

- ¿Tienen las entidades algunas propiedades esenciales?
- ¿Afecta a la identidad un cambio de partes (propiedades)?
- ¿Cuándo una entidad cuenta como una?

Para representar el conocimiento una ontología precisa de los siguientes componentes: conceptos, relaciones, funciones, instancias y axiomas [25]. Ives et al., sugiere en su estudio [26] que las lógicas descriptivas usadas para definir ontologías son un conjunto diferente (en contraste a los formalismos de bases de datos) que permite enriquecer la especificación de clases y relaciones (aunque computacionalmente hablando este conjunto es menos tratable).

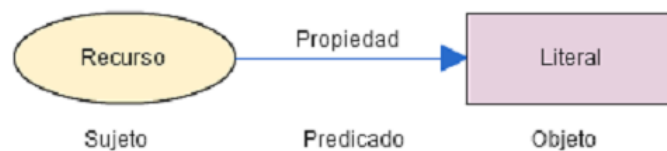
A continuación se definen los elementos principales de un modelo ontológico [68]:

- Conceptos o clases. Conjuntos de objetos del dominio. Son las ideas base de la descripción del conocimiento a formalizar. Son descritas por medio de propiedades. Pueden existir también clases hija o subclases y clases padre o superclases. Una clase puede representar: objetos físicos, conceptos, funciones, procedimientos, es decir, cualquier elemento de la realidad -o no- que pueda ser abstraído mediante un conjunto de atributos.
- Instancias o individuos. Objetos del dominio. Son instancias de clases que se alojan en la ontología.
- Taxonomía. Refiere la interacción entre los conceptos del dominio. Es la estructura de la ontología. (puede ser entendido mediante el concepto -en inglés, por su origen- “is a”, es decir “es un”).
- Propiedades o relaciones. Atributos de los conceptos o clases. Pueden contener diferentes tipos de constantes, restricciones, especificaciones, especializaciones, etc.

- Función. Es una relación especial, en la cual un elemento  $n$  tiene una relación única para otros elementos anteriores  $n - 1$ . Por ejemplo: *Perteneciente\_a* o bien *Amortización\_de* o *Involucrado\_en*.
- Triples o sentencias. Son relaciones compuestas por medio de un sujeto, un predicado y un objeto, en RDF.
  - El sujeto representa un recurso RDF (como una clase, por ejemplo) dentro de la taxonomía.
  - El predicado representa una propiedad.
  - El objeto es el valor de la propiedad (llamado literal en RDF). Por ejemplo una instancia de clase.

En la Figura 3 se muestra la estructura de un triple.

- Axiomas. Son formulas expresadas en lógica de primer orden. En la ontología se usan para:
  - Modelar sentencias verdaderas.
  - Definir términos.
  - Corregir y verificar información.
  - Generar teoremas sobre las relaciones que deben cumplirse entre los elementos de la ontología.
  - Definir el significado de términos (semántica).
  - Realizar inferencias de conocimiento que no están explícitamente en la taxonomía de la ontología.



**Figura 3. Triple.** En RDF una sentencia se compone de esta forma.

Los siguientes conceptos fungen como preliminares para la gestión de ontologías [26], [27]:

- RDF (Resource Description Framework por sus siglas en ingles). Preliminar a la definición tenemos que un recurso es algo que puede ser identificable. Es decir, es una entidad. RDF es un estándar para descripción de recursos cuyos datos pueden ser representados mediante XML. Un documento RDF está compuesto por un conjunto de sentencias o triples. Es posible pensar en RDF como un grafo, esto es, un conjunto de nodos y vértices.
- OWL. Es un lenguaje de marcado semántico utilizado para publicar y compartir ontologías en la WWW. Fue desarrollado como una extensión de vocabulario de RDF. OWL tiene tres sub-lenguajes en crecimiento:
  - OWL Lite. No es lo suficientemente expresivo para muchas aplicaciones.
  - OWL DL. DL representa descripción lógica. Provee alta expresividad al tiempo que mantiene trazabilidad computacional.
  - OWL Full. Es el sub-lenguaje más expresivo pero no provee garantías computacionales.

La representación estandarizada de las ontologías OWL en RDF, consiste en tuplas de sujeto-objeto-predicado [26].

- Lógica de descripción. Representa el conocimiento en términos de objetos, conceptos y roles.
  - Los objetos corresponden a constantes,
  - los conceptos a predicados unarios,
  - y los roles a predicados binarios en lógica de primer orden.

En la lógica descriptiva la información de sistemas es almacenada en una base de conocimiento, la cual es un conjunto de axiomas, dividido en dos partes:

- TBox. Describe la terminología relacionando conceptos y roles.
- ABox. Contiene las aserciones acerca de los objetos. Relaciona los objetos con los conceptos y roles.
- Tareas de inferencia. Los algoritmos de inferencia extraen conocimiento explícito de una base de conocimiento dada. Las tareas de razonamiento estándar incluyen:
  - Subsunción. Usada para crear jerarquía de clases.
  - Consistencia. “Una base de conocimiento es inconsistente, si se sabe que una clase  $c$  es subsumida por el concepto de fondo  $\perp$  y contiene una instancia”.
  - Verificación de instancias. “Si  $c1$  es subsumida por  $c2$ , todas las instancias de  $c1$  serán también instancias de  $c2$ ”.

Las ontologías de conocimiento son un elemento en auge, como soporte a los sistemas software. Por ejemplo, el beneficio que ofrecen para la resolución de inferencias mediante lógica descriptiva, las convierte en un aliado de las variables que intervienen en el proceso de toma de decisiones mediante una herramienta software. Se habla pues, que una inferencia provee conocimiento explícito de una ontología al inferir el conocimiento implícito en la taxonomía de la misma. Los sistemas software, pueden optimizar este tipo de tareas al automatizar la lógica de primer orden. Esto puede llevarse a cabo a través de un intermediario (lenguaje) entre la ontología y las funciones software.

A continuación se presentan algunos lenguajes de consulta comunes dentro del marco de las ontologías [27]:

- SPARQL (acrónimo para SPARQL Protocol and RDF Query Language). Es un lenguaje para consulta RDF utilizado para consultar e inferir datos ontológicos en un conjunto que contenga relaciones. Es orientado a datos, es decir, es capaz de consultar información contenida en modelos pero no de realizar inferencias de conocimiento sobre el mismo, si no únicamente inferencia de datos.
- Sesame RDF Query Language (SeRQL). Es un lenguaje de consulta RDF derivado. Esto es, reutiliza la experiencia encontrada en el diseño e implementación de otros lenguajes de consulta. Basa su sintaxis en la esencia de RDF: una colección de nodos y aristas puede representar una trayectoria.
- Temporal Ontology Querying Language (TOQL). Es un lenguaje de consulta de alto nivel que trata a las ontologías casi como bases de datos relacionales. Es utilizado en ontologías dinámicas o temporales para representar información evolutiva conforme al tiempo. Considera a cada entidad como un elemento que tiende a ser un evento con un inicio y un final. TOQL soporta operadores temporales a diferencia de SeRQL y SPARQL permitiendo realizar consultas como sentencias SQL involucrando tiempo y conceptos ontológicos de alto nivel que pueden presentar variaciones en el espacio temporal. La sintaxis de TOQL tiene una estructura SELECT-FROM-WHERE, bien conocida en SQL.

Barchini et al., sugiere en [25] que las ontologías de conocimiento como soporte en los sistemas de información sirven para:

- Facilitar la comunicación entre los actores implicados en la construcción de los sistemas.
- Permitir el reúso de conocimiento de un dominio.

- Facilitar la recuperación, integración e interoperabilidad entre fuentes de conocimiento heterogéneas.
- Proveer una base para la representación del conocimiento del dominio y ayudar a identificar las categorías semánticas del dominio.

En la Tabla 9 se extienden las categorías ontológicas mostradas por Jurisica [24] para clasificar el trabajo en ontologías, con un ejemplo de su aplicación a un dominio de interés.

**Tabla 9. Categorías ontológicas.** El trabajo sobre ontologías puede ser abstraído mediante estos cuatro grandes grupos.

<b>Categoría</b>	<b>Características</b>	<b>Ejemplo</b>
Estática	Describe aspectos estáticos del mundo, es decir: las cosas que existen, sus atributos y sus relaciones. De acuerdo a su enfoque el mundo está poblado de entidades que están dotadas de una identidad única e inmutable, un ciclo de vida, un conjunto de atributos, y relaciones con otras entidades.	Una ontología estática para describir y analizar el mundo físico, para crear sistemas de información geográfica.
Dinámica	Describe aspectos cambiantes del mundo. Como conceptos típicos primitivos incluye: estado, transición de estado y proceso. Requiere información temporal para describir mundos dinámicos. El concepto de causalidad está altamente relacionado ya que impone restricciones existentes en	Una ontología dinámica para inferir decisiones en cierto estado particular del tratamiento de un paciente en un hospital, por ejemplo: Si un evento A causa un evento B y A ha sido observado, puede esperarse la ocurrencia de B. (Si un paciente desarrolla insuficiencia de glóbulos rojos sanos, se espera que pueda desarrollar anemia).

	los eventos.	
Intencional	Abarca el mundo de motivaciones, propósitos, metas, creencias, alternativas, opciones. Los conceptos típicos que incluye: asuntos, metas, apoyos, negaciones, sub-meta-de, agente, etc. Permite realidades alternas para ser expresadas y razonadas. Estudia el concepto de agentes teniendo creencias y objetivos y siendo capaces de realizar acciones.	Una ontología intencional para cubrir objetivos de un software respecto a rendimiento, capturando argumentos de pros y contras, y las consecuentes decisiones que resulten de ello.
Social	Cubre entornos sociales, estructuras organizacionales o redes cambiantes de alianzas e interdependencias. Son caracterizadas en términos de conceptos como: actor, posición, rol, autoridad, compromiso. Son de interés para la inteligencia artificial distribuida.	Crear un modelo social ontológico que provea respuestas sobre el comportamiento, acciones, decisiones, etc., de los elementos de una organización. Por ejemplo: ¿Por qué un ingeniero mecánico prefiere laborar bajo un sueldo fijo en lugar de trabajar en base a comisiones?

Barchini et al., puntualiza en [25] la siguiente clasificación de ontologías:

- Ontologías de alto nivel o genéricas. Describen conceptos muy generales independientes de un dominio particular, por ejemplo: espacio, tiempo, materia, objeto, acción.
- Ontologías de dominio y ontologías de tarea. Describen, respectivamente, el vocabulario relacionado a un dominio genérico (medicina por ejemplo) o una tarea genérica (por ejemplo: diagnostico),



mediante la especialización de los términos introducidos por la ontología de alto nivel.

- Ontologías de aplicación. Frecuentemente son especializaciones de ambas ontologías: de alto nivel y de dominio, ya que describen conceptos que dependen tanto de un dominio como de una tarea en particular.
- Ontologías terminológicas. Son usadas para unificar vocabularios en un campo determinado.
- Ontologías de la información. Ofrecen un marco para el almacenamiento estandarizado de información.
- Ontologías de modelado de conocimiento. Especifican conceptualización de conocimiento y están ajustadas al uso particular del conocimiento descrito.

Muñoz [68] describe brevemente algunas metodologías para construir ontologías de conocimiento:

- Empresa Virtual Toronto (TOVE por sus siglas en inglés) es un modelo empresarial deductivo, una extensión de un modelo empresarial genérico. El grupo TOVE desarrolla un enfoque metodológico para la construcción de un modelo empresarial basado en la definición de: escenarios de motivación, preguntas de competencia informal, especificación de terminología, especificación de axiomas, teoremas de completitud
- “Methontology”. Provee soporte para el ciclo completo de desarrollo de ontologías. Identifica las siguientes actividades en el desarrollo: especificación, adquisición de conocimiento, conceptualización, integración, implementación, evaluación, documentación.

- Metodología basada en “SENSUS”. Usa un enfoque de “arriba hacia abajo” para derivar ontologías de dominio específico de ontologías gigantes y su dependiente semi-aplicación.
- Metodología “On-To-Knowledge”. Incluye la identificación de metas que deberían ser alcanzadas por herramientas de gestión de conocimiento y está basado en un análisis de escenarios de uso. Los pasos propuestos por la metodología son: i) Patada inicial, cuestiones de competencia específica son identificadas, ontologías potencialmente reusables son estudiadas, y un primer borrador de la ontología es construido. ii) Refinamiento, donde una ontología madura, orientada a la aplicación, es producida. iii) Evaluación, donde las cuestiones de competencia y requerimientos son revisadas, y la ontología es probada en el entorno de la aplicación, y mantenimiento de la ontología.

### **1.7.9 Toma de decisiones**

Cada organización manifiesta la necesidad de tomar decisiones con la premisa de obtener un beneficio. Idealmente se busca que este beneficio sea de ámbito organizacional, grupal. Las variables que mantienen estable la función de la gerencia deben ser afectadas en la menor medida posible. En consecuencia, debe optimizarse el desempeño de la totalidad de trabajadores en la jerarquía (vertical u horizontal), en términos laborales y emocionales. A pesar de que no siempre se obtiene un resultado favorable, una decisión tomada representa un cambio que permite a las organizaciones madurar. Aunque adelantarse a un mecanismo o bien, un proceso de toma de decisiones formal o definido, no es del todo fácil para cada organización. Belohlavek postula que “una decisión fue tomada cuando fue implementada” [28]. Sin embargo, la correcta implementación de una decisión, desde su concepción hasta su ejecución

representa una trayectoria que no todas las organizaciones pueden llevar a cabo, no están dispuestas a ello, o simplemente no había sido considerada. A esta complejidad inherente se suma el hecho de que toda decisión organizacional predispone de facto un cambio homogéneo en el pensamiento de los miembros entorno a la decisión, su causa y sus posibles o probables consecuencias.

El pensamiento de los individuos es la materia prima que da soporte al proceso de toma de decisiones. Belohlavek sugiere en [28] que a medida que evolucione el pensamiento de una persona se incrementará su velocidad de acción hacia las decisiones y expone los siguientes tipos de pensamiento:

- i. Pensamiento analógico. Es aquel en el que prevalecen las creencias personales y las necesidades. Lo que lleva a la indecisión. Su velocidad es nula.
- ii. Pensamiento operativo. Requiere realizar estudios técnicos y analíticos para definir el problema y la posible solución. Su velocidad es 1, por especificar una cantidad.
- iii. Pensamiento analítico. Permite focalizar los estudios técnico-analíticos operativos. Su velocidad de acción es el doble que el pensamiento operativo.
- iv. Pensamiento sistémico o científico. Focaliza una operación específica sobre la base de una hipótesis. Reduce el costo de la preparación de la toma de decisiones. Su velocidad es el doble que la del pensamiento analítico.
- v. Pensamiento conceptual. Provee la estructura ontológica que soporta a la operación. Permite definir los impulsores esenciales de la solución. Duplica la velocidad del pensamiento sistémico.

Las ontologías de conocimiento pueden ser implementadas para generar mecanismos de soporte a la toma de decisiones. Las ontologías de conocimiento son generalizadas en el pensamiento conceptual. La conceptualización de un dominio específico provee un conjunto de conceptos y sus relaciones que dan pauta al reuso de la información con el objetivo de proponer mejoras y dar soporte a decisiones. Ramírez observa a las ontologías [29] como un mecanismo para convertir el conocimiento tácito de los miembros de una organización en conocimiento explícito y representarlo a través de los conceptos que lo conforman así como sus relaciones. A pesar de que existen herramientas, como la minería de datos, que permiten analizar grandes volúmenes de información relevante, a un grado que permita utilizarlos en la toma de decisiones, oscila el problema de que estos procesos producen modelos de comportamiento en lugar de conocimiento semánticamente estructurado.

Corniel et al., desarrolla en su estudio [30] un modelo ontológico para dar soporte a la toma de decisiones en el proceso de selección de estudios superiores en Venezuela, Corniel et al., resalta la utilidad que brinda el enfoque ontológico y la web semántica al resolver este problema. Las ontologías como posibles sistemas para representar el conocimiento contenido en las páginas web, comenzaron a tener importancia desde el momento en que se incrementó la necesidad de buscar y recuperar información. El consorcio de la Red Informática Mundial (WWW por sus siglas en inglés) impulsó entonces el proyecto de la web semántica [29]. Tal como Corniel et al., refiere en su estudio [30], acerca de los problemas que presentaba una página que el gobierno venezolano tenía disponible para los aspirantes a educación media superior. Como herramienta de apoyo para tomar la decisión de que profesión cursar presentaba un diseño y funciones muy básicas. Se presentan problemáticas similares en sitios web de todo el mundo:

- Maneja descripciones puramente sintácticas.
- El uso de los servicios debe hacerse manualmente.
- No se realiza un marcado semántico del uso de los servicios.
- Es de carácter informacional o centrada en documentos (páginas estáticas).

Algunos problemas de este tipo de contenidos web son los siguientes:

- Existe resistencia a utilizar tales herramientas por parte de los usuarios.
- No generan información de calidad.
- No evolucionan la información.
- No son útiles como marco para el proceso de toma decisiones.

Un software con miras a un enfoque ontológico, por otra parte, ofrece los siguientes beneficios al desarrollo efectivo de la toma decisiones [29]:

- i. Los conceptos y sus relaciones, así como las instancias, permiten representar conocimiento tácito.
- ii. Las funciones ayudan a describir los pasos para desarrollar un proceso.
- iii. Los axiomas permiten hacer inferencias (deducciones).

Así, frente al problema de generar páginas web centradas en documentos y dinamizada únicamente mediante referencias cruzadas (lo que las incapacita para la gestión de información compleja), surge como parte de la solución, la representación de la información mediante la tecnología semántica, la cual se sustenta en el paradigma ontológico, para crear, descubrir y procesar conocimiento, mismo que es sumamente útil para llevar a cabo la toma de decisiones.

## Capítulo 2. Estado del arte

---

### 2.1 Trabajos relacionados

El curso natural de la humanidad y su desenvolvimiento en el ámbito social, laboral y personal, de la mano con el constante avance de la tecnología, la ha llevado a conceptos como la computación pervasiva u ubicua, y el internet de las cosas. Esto, con el objetivo de hacer más eficientes, desde las tareas cotidianas hasta las actividades más complejas que las personas desempeñan.

En la industria, el desarrollo de sistemas es una constante en la mejora continua de los procesos. Sistemas electrónicos o computacionales, mecánicos o hidráulicos, tienen la misión de solventar la eficacia de la producción, así como facilitar la labor del trabajador, garantizando su seguridad durante la misma. También otros sectores, como el educativo, el de gestión de la salud, el de marketing, el de construcción, buscan mejorar sus procesos de atención y/o trabajo mediante herramientas informáticas.

El potencial que ofrecen tecnologías como el software, diversos tipos de sensores, tecnología RFID, gestión del conocimiento y/o implementación de ontologías, al ser combinadas para desarrollar sistemas híbridos que habiliten funciones de monitoreo y seguridad, están siendo consideradas por diversos sectores de la industria, la educación, el marketing, los cuidados de la salud, entre otros.

Diversos trabajos actuales [34], [40], [43], están trabajando en el desarrollo de sistemas, que cumplan funciones de monitoreo de pacientes con condiciones de salud, con el objetivo principal de proveer (a los gestores de la salud) un mecanismo de respuesta rápida ante situaciones que pongan en riesgo la vida.

Otros desarrollos se encuentran integrando tecnologías RFID con sistemas software en el sector de manufactura, con objetivos como: localizar recursos materiales, mejorar la eficiencia de las cadenas de suministro y de los tiempos de producción, apoyar al proceso de toma de decisiones, detectar perturbaciones, entre otros [31], [37], [38]. Investigadores centran sus estudios en el área de la construcción, para la implementación de sitios de obra inteligentes -con tecnologías RFID o simulación de modelos 3D- [44], [45] para mejorar la productividad y la seguridad, así como mejorar la comunicación, facilitar el trabajo en equipo y apoyar a la gerencia y operación en la toma de decisiones. Otros estudios están habilitando e integrando tecnologías de seguimiento mediante RFID, diversos sensores para detección de anomalías en los parámetros de salud cotidianos (como temperatura, ritmo cardíaco), ontologías de contexto y sistemas de información para desarrollar herramientas que permitan incrementar el cuidado de los niños en el entorno escolar y del hogar [36], [41], [46]. Nakahara et al, propone y desarrolla [32] un sistema de recolección de datos basado en RFID y una base de datos secuencial para extraer patrones que permitan distinguir clientes de alto valor en tiendas departamentales. Por otra parte, Stavropoulos et al, crea, instancia e implementa una ontología de conocimiento en la Universidad Helénica [33] con el objetivo de proveer automatización y ahorro de energía (en edificios inteligentes). Un sistema de gestión de registros individuales, sustentado con tarjetas de seguimiento RFID y dispositivos móviles para alcance en campo, es desarrollado por Zalzala et al, para solventar el problema de que muchas clínicas y centros de salud en áreas rurales y barrios bajos en india (y otros lugares) tienen un registro y gestión de pacientes limitado o inexistente [42]. Badpa et al, ofrecen una propuesta [39] que subraya la utilidad de tecnologías como RFID y gestión del conocimiento para crear un sistema de gestión de desastres naturales con el objetivo de minimizar el número de damnificados proveyendo, por ejemplo, mecanismos útiles para la localización de víctimas

mediante tags RFID. Díaz et al, proponen en [35] una solución basada en sistemas de información y RFID, para crear una red de cuatro elementos inteligentes: i) id para vehículos, ii) licencia de conducir, iii) placa vehicular, iv) sistema de información; con el fin de incrementar la seguridad en el tráfico de la ciudad y determinar, en caso necesario, si un vehículo está circulando dentro de los parámetros legales.

Es un hecho que el sector industrial es uno de los principales motores de la economía mundial. Sin embargo, en muchos de los casos no lleva aunado a su crecimiento el incremento de las tecnologías para sustentar sus procesos productivos y de seguridad laboral. Por ejemplo en [31] se aborda el problema de que la industria de manufactura del vestir carece de información en tiempo real para monitorear el desempeño de la producción y se puntualiza la importancia que tiene la gestión de recursos. Chen et al, opina [37] que la computación ubica puede ser combinada con sistemas de información para crear sistemas distribuidos libremente acoplados e invocados para cumplir con tareas complejas de manufactura. Y dentro de este tipo de tareas complejas, la gestión de recursos recae, dado que generalmente es una tarea que es administrada (únicamente) con la experiencia de las personas. Lee et al, postula [31] que una cantidad de recursos insuficientes retrasa el ciclo de producción; mientras que recursos en exceso aumentan los costes de inventario. Es por ello que resulta una decisión crítica determinar la cantidad apropiada de recursos materiales y de maquinaria, y consecuentemente, de recursos humanos. La trazabilidad de los procesos es de suma importancia también, y la industria de manufactura busca (o debería) concentrar sus esfuerzos en desarrollar mecanismos automatizados para la mejora continua de los procesos. La tecnología RFID puede ser utilizada no solo para funciones de rastreo, sino también, al ser combinada con otras técnicas de inteligencia artificial, para mejorar la inteligencia humana asociada. Muchas



manufacturas encuentran en la tecnología RFID la ayuda para mejorar el monitoreo de la producción y gestión de la operación de seguimiento de activos, así como la administración de materia prima para controlar las cadenas de suministro o bien la administración del ciclo de vida de los productos [38]. El propósito de Chen et al es mejorar [37] la trazabilidad y visibilidad de los procesos de fabricación masiva personalizados mediante un framework basado en agentes que utiliza ontologías y tecnología RFID para monitorear y controlar el flujo de producción dinámica y también para mejorar la trazabilidad y visibilidad de los procesos. Así aplica un caso de estudio en una compañía de manufactura de bicicletas para demostrar como el framework beneficia la producción en tiempo y forma (“just in time”). Y es que, los avances en RFID han posibilitado obtener una amplia variedad de información de lecturas RFID de tags colocados en equipo, dispositivos de transporte y personas; con este pretexto ingenieril Hu et al, desarrolla [38] un sistema online de monitoreo basado en lecturas RFID en tiempo real, capaz de predecir el estatus del sistema de manufactura mediante técnicas matemáticas rigurosas para la construcción de eventos, predicción de estados y detección de perturbaciones. Por otra parte, pero de manera similar en su sistema, Lee et al, rastrea [31] las operaciones de producción de acuerdo al movimiento de materiales mediante los tags RFID. Y dado que integra conocimiento experto en forma de reglas de lógica difusa, el número de recursos necesarios para producción es determinado de acuerdo a este conocimiento almacenado en el sistema. Al tiempo que garantiza la mejora continúa del mismo, mediante el refinamiento de la lógica difusa.

El internet de las cosas es el resultado de los esfuerzos para proveer conectividad e inteligencia, para convertir dispositivos pequeños y cosas comunes en objetos inteligentes. Estos objetos inteligentes presentan altas capacidades para integrar y transferir datos enriquecidos de sensores de

ambiente, estacionamiento, actividades, comportamientos y dispositivos clínicos de salud móvil y de vivienda asistida. Estos enormes y enriquecidos datos es lo que define el BigData [40]. En el contexto de los cuidados de la salud, muchos ancianos tienen múltiples condiciones (como ataques al corazón, problemas en el cerebro, presión alta) y monitorear tales condiciones de salud requiere diferentes tipos de sensores (como electrocardiogramas – EEG-, electroencefalogramas -EEG-, electromiogramas -EM-), y en su momento enviar una alerta a una oficina remota de cuidados de la salud, si algún valor de algún parámetro está más allá de los rangos normales. Como: pulso cardíaco, niveles de oxígeno en la sangre, presión sanguínea [34]. De manera análoga Jara et al, centra su trabajo [40] en las áreas de la salud móvil y salud personal. Al integrar dispositivos clínicos en el entorno del paciente, habilitará nuevos servicios con las capacidades de predecir anomalías de salud en tiempo real, enviar alertas, recordatorios y ofrecer retroalimentación enriquecida al paciente, misma que lo ayudará y motivará a apegarse al tratamiento y seguir un estilo de vida saludable. En semejanza Catarinucci et al, identifica [43] que con la necesidad de optimizar los sistemas de bienestar, existe una gran demanda por nuevas soluciones tecnológicas, capaces de dar soporte remoto y proactivo al cuidado de la salud. Bajo las necesidades antes mencionadas, surgen desarrollos innovadores que intentan solventar de manera automatizada el cuidado de la vida humana. Hu et al, trabaja [43] en una plataforma software/hardware de sensor de red inalámbrico para el monitoreo de pacientes con múltiples condiciones. Integra sensores ECG/EEG/EM en una tarjeta RFID a través de un chip de interfaz programable, llamado Psoc, el cual transmite los parámetros con características bio-señal. Este sistema tiene impacto en la enfermería/cuidado de ancianos en casa y otras aplicaciones móviles de monitoreo de pacientes. Jara desarrolla [40] con sus colaboradores una arquitectura y plataforma de adquisición y gestión de conocimiento compuesta por una parte, de una puerta

de entrada (Gateway) y un dispositivo personal, para la integración de dispositivos clínicos, transmisión inalámbrica de continuos signos vitales a través de 6LoWPAN, e identificación de pacientes a través de RFID. Por otra parte es complementada por un modelo de datos y un modelo de pre-procesamiento llamado YOAPY, el cual analiza datos de los sensores a nivel de dispositivos personales con el objetivo de detectar anomalías. Finalmente, respecto a este apartado, Catarinucci y su equipo de investigación establecen [43] su propuesta de infraestructura consciente del contexto para monitoreo pervasivo y ubicuo de escenarios heterogéneos relacionados con la salud humana. Alimentada por sensores de nodos inalámbricos basados en RFID. El software está basado en una arquitectura de propósito general explotando tres aspectos clave de implementación: i) Representación ontológica, ii) Paradigma multi-agente, iii) Lógica basada en reglas.

El rubro de la construcción es un área de oportunidad para la implementación de sistemas de monitoreo basados en RFID, tecnologías de la información y ontologías. Así lo expone Ghazali al rescatar de su estudio [44] que RFID puede ser considerada una tecnología de innovación con el potencial para ofrecer nuevas oportunidades a las compañías de construcción para mejorar la comunicación, facilitar el trabajo en equipo, mejorar las habilidades para la administración de la información. Respecto a las ontologías, al ser universales gracias a su adaptabilidad al contexto, Catarinucci et al, opina [43] que representan una técnica ampliamente adoptada para recolectar y administrar datos en sistemas pervasivos conscientes de contexto, al proveer un modo formal y compatible de organizar conocimiento desde un punto de vista semántico. Hammad et al, opina [45] que el reto de asegurar la seguridad y alcanzar la productividad deseable es una de las prioridades de la industria de la construcción. Abordar esas cuestiones requiere mecanismos robustos para, en el sitio de obra, capturar datos en tiempo real, procesar información y

tomar decisiones. Ghazali, resalta [44] las ventajas que ofrece un sistema RFID para mejorar la trazabilidad de los documentos del proyecto en tiempo real, así como el control y seguimiento del material en la cadena de suministro entre diversas compañías involucradas en una obra. Así, en el escenario estudiado los autores destacan las siguientes características de su desarrollo: i) Etiquetas RFID pasivas adjuntas a cada documento del proyecto, ii) lectores RFID posicionados en lugares estratégicos de las oficinas y el sitio de construcción, iii) un middleware RFID en forma de una aplicación basada en web, a través de la cual se permite el seguimiento de los elementos RFID, iv) servidor central para dar soporte a acceso remoto a los participantes del proyecto, v) tags pasivos RFID adjuntos a los materiales comprados, vi) lectores RFID montados en sitios clave de las compañía, así como a vehículos de transporte de material, vii) cartas de identificación RFID para cada miembro del proyecto. De otro modo, Hammad et al, gira su investigación [45] en torno al concepto de sitios de construcción inteligentes; donde trabajadores, equipo y materiales son continuamente rastreados, y la información recolectada es procesada (lo más cercano a tiempo real) para actualizar un modelo de diseño 3D y simular las próximas tareas, así como para proveer guías de navegación y advertencias de seguridad en caso de colisiones potenciales. Esto, a través de: i) Caso de estudio para evitar la colisión entre grúas, ii) Caso de estudio para representar el escenario en el cual el modelo propuesto ayudará a los gestores a responder efectivamente a un accidente imprevisto mediante RFID (por ejemplo cuando una colisión sea inminente, se detiene una excavadora debido a la proximidad con otra máquina), iii) caso de estudio para evitar conflictos de programación. Esto es, que la labor de una maquina no se vea en conflicto con otra máquina en la misma zona de trabajo.

El cuidado de los niños es un tema que debería concernir a todas las personas. Representan el eje de la estabilidad emocional de la sociedad (sería ideal que esta afirmación fuera universal) y son también el desarrollo y flujo de conocimiento futuro. Según un estudio [36] (Corea) sobre la seguridad y accidentes en niños menores de 14 años, de acuerdo a sexo, edad, temporada y locación, la tasa de accidentes que ocurren fuera de casa (como en la escuela) es de 38.7%, mientras que la tasa de accidentes dentro del hogar es de 61.9%. Mientras que Álvarez et al, introduce [41], que a los padres y familiares les gustaría saber cada nuevo detalle del desarrollo psicomotor y social, así como estado de salud, de los niños menores de 3 años. Esto, debido a la vida acelerada (de la mayoría de la sociedad hoy día) que causa que la interacción con los hijos no siempre pueda ser continua, y se debe confiar en maestros y familiares, implicando la necesidad de preguntar a estas terceras personas acerca de la actividad del niño durante el tiempo de cuidado. El estudio [46] justifica su desarrollo proponiendo que los campus deben proveer a los niños de educación especial con actividades diversas para su desarrollo, y la seguridad en el campus es fundamental para toda la educación. Resalta también que, el objetivo de la seguridad en el campus debe ser identificar un incidente y resolverlo efectivamente y en tiempo real, antes que el mismo evolucione a una crisis. Con este antecedente, de manera similar Jeon presenta [36] un sistema para alertar sobre situaciones de riesgo para niños, aplicando información de contexto (recolectada de una red en el hogar) a una ontología con capacidad de inferencias. Fueron usados sensores y tecnología RFID para la configuración de la red en el hogar, para obtener los datos crudos y convertirlos en información de contexto; mientras que OWL es usado para proveer las inferencias. Finalmente, Jeon desarrolla un caso de estudio [36] que involucró el entorno de una niña de 5 años en una sala común, con un calentador habitual encendido. La temperatura del calentador fue de 65° a una distancia de 40cm, esto representa el umbral de una situación de peligro. El

RFID cercano al calentador detecta la presencia y distancia de la persona, además, los sensores recolectan datos como temperatura corporal de la niña y el pulso; se alerta al tutor antes que el niño entre en peligro inminente. Detectando otra área de oportunidad en el mismo contexto, Álvarez et al, desarrolla [41] una memoria prostética basada en “memorias de objetos digitales” aplicada a internet de las cosas, usando tags NFC colocados en la ropa de los niños (1 a 3 años), así como aplicaciones móviles y un servidor central para almacenar la información ontologizada. Con el objetivo de que el niño sea un elemento del paradigma de la web de las cosas, en el cual toda la información concerniente a su educación, comportamiento, e incluso posicionamiento puede ser gestionada. Li et al, por su parte, desarrolla [46] un sistema distribuido multi-agente combinando tecnología RFID con una ontología. Esta dirigido a dar soporte a gestión dinámica de campus-seguro para niños de educación especial. Se introduce a este propósito que los transponders RFID pueden gestionar grandes cantidades de datos, proveyendo a las escuelas mayor capacidad de gestión de información y de análisis; mientras que la construcción de ontologías basada en conocimiento sistemático crece en importancia a medida que el monto de información se acumula.

El marketing también pivota entre las aplicaciones de tecnologías como RFID y sistemas de información avanzados. No existen modelos de marketing que puedan identificar a clientes potenciales. Partiendo de ello, Nakahara et al, implementa [32] el uso de las rutas de compra (resultantes del monitoreo del comportamiento de los clientes en tiendas departamentales mediante RFID) usando la secuencia de visita y el tiempo transcurrido en cada zona, y con herramientas como el algoritmo LCMseq y bases de datos secuenciales, determinar grupos de clientes potenciales y aquellos que no lo son.

La inteligencia ambiental, que refiere entornos con computadoras embebidas circundantes al usuario para apoyarlo a cumplir sus necesidades, percibe a las ontologías como un medio para su implementación, Stavropoulos introduce la ontología BONSAI [33] para ser usada en el entorno de edificio inteligentes de la Universidad Helénica en Grecia, y de otras plataformas AmI (Advanced Metering Infrastructure). La taxonomía BONSAI incluye conceptos para describir servicios, funcionalidad en el sistema, hardware existente y conocimiento del contexto. Se extiende y beneficia de otras ontologías existentes pero también agrega las clases necesarias para modelar suficientemente cada aspecto de sistemas de edificios inteligentes orientados a servicios.

Zalzala et al, con la solución sistemática RFID ITRM (Individual Tracking and Records Management) mejora [42] la gestión de la salud para pacientes que radican en comunidades que presentan un crecimiento excesivo (como en la India), o que son de bajos recursos o tienen acceso a pocas posibilidades. Presentan en su propuesta, lo que el autor de esta tesis considera, un modo de utopía en cuestión de atención a la salud, alcanzado a través de herramientas puramente de tecnologías de información. Esto para el rastreo y seguimiento del historial médico de los pacientes.

Basándose en la experiencia de diferentes desastres, particularmente terremotos en Irán, Badpa et al, asume [39] que uno de los principales problemas es la falta de un sistema de identificación exacto y eficiente mediante el cual las víctimas, especialmente aquellas bajo los escombros puedan ser identificados. Concluye que la gestión de desastres puede tener valor añadido al proponer un modelo de sistema de gestión de conocimiento para tratar carencias importantes.

En un futuro las grandes ciudades alrededor del mundo contarán con sistemas de monitoreo en tiempo real del tráfico, usando (posiblemente) tags RFID en los vehículos, licencias de conducir o placas, Díaz et al, propone [35] un sistema completo de información de tráfico para mejorar la seguridad y generar conocimiento acerca del historial de vehículos y/o personas que se desplazan en las ciudades, así como introducir inteligencia de negocios en el sistema de información de tráfico para ayudar a las personas a tomar decisiones que mejoren el desempeño de los centros de monitoreo.

## 2.2 Comparativa

La gran cantidad de desarrollo científico y tecnológico presupone el preámbulo que motiva el análisis comparativo entre los trabajos que presentan alguna similitud con la investigación fundamental en esta tesis, de alguna forma, en cierta área de estudio o a través de una o más características. Dieciséis fueron los estudios seleccionados como resultado de la revisión sistemática, para proceder al proceso de extracción de información. El criterio final para la selección de los estudios, fue que los mismos presentarán al menos alguna de las siguientes combinaciones de áreas/tecnologías que están implícita o explícitamente involucradas en esta tesis:

- Ingeniería de software, Monitoreo y RFID.
- Ingeniería de software, Ontología o Gestión del conocimiento y RFID.
- Ingeniería de software, RFID y gestión de la salud humana.
- Ingeniería de software, sensores y seguridad.
- Ontología o Gestión del conocimiento y sistemas inteligentes.
- Computación ubicua o pervasiva.



Los trabajos que tratasen parte o la totalidad de las combinaciones anteriores son de interés académico para el investigador de este desarrollo sinérgico. Representan motivación, retroalimentación, competencia y desarrollo global en el contexto de este trabajo. En la Tabla 10 se listan los trabajos seleccionados, con un conjunto de características para su objetiva comparación.

**Tabla 10. Comparativa entre trabajos relacionados.** Se detallan las características cumplidas por los trabajos en relación con las áreas contempladas en la presente investigación. El *ovalo negro* representa el cumplimiento del área/tecnología. El *ovalo blanco* representa que tiene similitud en cuanto al cumplimiento del área/tecnología, pero quizás mediante otra técnica, por ejemplo.

Trabajo	Software / Sistema / Aplicación	Funciones de Monitoreo	Ontología / Gestión del conocimiento	RFID	Tipo y orientación	Características
<p><i>1.- Using Ontology and RFID Technology to Develop an Agent-Based System for Campus-Safety Management</i></p> <p><b>Origen:</b> Li et al, Taiwan, 2014</p>	•	•	•	•	<p>Sistema y caso de estudio.</p> <p>Campus para estudiantes de educación especial. Cuidados de la salud y seguridad escolar.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪El sistema puede proveer a los administradores del campus y a los padres con información en tiempo real, ayudándolos a responder al estatus de los estudiantes.</li> <li>▪El sistema utiliza técnicas de inteligencia artificial para aprender y automatizar ciertos procesos.</li> <li>▪Servicio de gestión de seguimiento a estudiantes (entró a clase o no).</li> <li>▪Servicio de advertencia de áreas peligrosas.</li> <li>▪Servicio de monitoreo de temperatura.</li> <li>▪Registro de tiempo de estudiantes en áreas de descanso.</li> <li>▪Servicio de pase de lista en autobús a través de RFID.</li> <li>▪Uso de ontologías para establecer la compartición de conocimiento entre agentes. OWL es exportado al entorno de desarrollo Java Eclipse IDE, y una API de Jena es usada para la consulta de entidades. La herramienta Jess es usada para el razonamiento basado en reglas.</li> <li>▪Caso de estudio: Escuela de educación especial Tainan en Taiwán. 100 tags distribuidos y 30 pruebas de integración para dos tipos de redes probadas.</li> </ul>

Trabajo	Software / Sistema / Aplicación	Funciones de Monitoreo	Ontología / Gestión del conocimiento	RFID	Tipo y orientación	Características
<p><i>2.- Design of child's safety management system based on ontology using context information of home network.</i></p> <p><b>Origen:</b> Jeon et al, Korea, 2010</p>	•	•	•	•	<p>Sistema.</p> <p>Seguridad para el entorno de infantes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪Propone un sistema de gestión de seguridad para niños basado en reconocimiento de situaciones usando una red de hogar.</li> <li>▪El sistema adquiere y reconoce los datos de la situación entorno al niño, determina si está en peligro y notifica la situación al vigilante.</li> <li>▪El contexto se compone de posición del niño, pulso del niño, temperatura del niño, locaciones peligrosas, temperaturas peligrosas, humedad peligrosa.</li> <li>▪La posición del niño es informada a través de RFID.</li> <li>▪El pulso o la temperatura son recibidos a través de sensores; y es entregado al framework OSGi( Open Services Gateway Initiative). De aquí será usado para ser un dato base en tecnología consciente del contexto.</li> <li>▪Es una propuesta de configuración de sistema.</li> <li>▪El sistema propuesto provee servicios que alertan sobre un niño en peligro usando inferencia de información situacional en el framework OSGi.</li> <li>▪Caso de estudio: Hogar. Experimento con el entorno de una niña de 5 años.</li> </ul>

Trabajo	Software / Sistema / Aplicación	Funciones de Monitoreo	Ontología / Gestión del conocimiento	RFID	Tipo y orientación	Características
<p><b>3.- Prosthetic Memory: Object Memories and Security for Children</b></p> <p><b>Origen:</b> Álvarez et al, España, 2012</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ NFC (Near Field Communication)</li> </ul>	<p>Modelo.</p> <p>Cuidados de la salud y supervisión. Protección y desarrollo del infante.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪Infraestructura propuesta para capturar información de manera distribuida (móviles) pero que es organizada, almacenada y aprovechada en un web server centralizado.</li> <li>▪Este desarrollo utiliza una ontología OWL para elementos contenidos de la memoria incluyendo salud, desarrollo psicomotor, lugares y personas que interactúan con el chico.</li> <li>▪Enfocado a niños de 1 a 3 años. Eventos de tipo activo. Objetivo: crear una memoria protética.</li> <li>▪El tag NFC estará camuflado en la ropa del niño.</li> <li>▪A través del sistema será posible: consultar acerca de alergias o enfermedades, revisar la última locación de interacción con el niño y las interacciones con su entorno social, detectar anomalías cognitivas, revisar las actividades en el jardín de niños.</li> <li>▪Solo personal autorizado tiene acceso a la información del niño.</li> <li>▪El sistema es útil para detectar problemas educacionales en etapas tempranas.</li> <li>▪Caso de estudio: No aplica.</li> </ul>

Trabajo	Software / Sistema / Aplicación	Funciones de Monitoreo	Ontología / Gestión del conocimiento	RFID	Tipo y orientación	Características
<p><i>4.- A RFID-based Resource Allocation System for garment manufacturing.</i></p> <p><b>Origen:</b> Lee et al, Hong Kong, 2013</p>	•	•	○	•	<p>Sistema monitor.</p> <p>Incremento de la productividad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪Consta de 2 módulos. Módulo de captura de datos y módulo de soporte a las decisiones, para realizar las funciones de captura de datos en tiempo real, y para sugerir planes de localización de recursos, respectivamente.</li> <li>▪Base de datos centralizada ligada con otras bases de datos como WMS (Warehouse Management System), ERP (Enterprise Resource Planning), CRM (Customer Relationship Management) mediante XML.</li> <li>▪Módulo de soporte a decisiones para sugerir planes mediante un motor de inferencia basado en lógica difusa (cambios en la cantidad de mesas de difusión o en las máquinas de corte).</li> <li>▪Reglas difusas evaluadas continuamente.</li> <li>▪Los tags RFID son agregados a los documentos de producción y a los manojos de materia prima.</li> <li>▪Es decir, se visualizan las operaciones actuales de producción.</li> <li>▪Máquina de herramientas de lógica difusa en MATLAB.</li> <li>▪Visor de reglas difusas y gráficas para detectar reglas responsables de discontinuidad.</li> <li>▪Número de recursos requeridos es determinado de acuerdo al conocimiento experto almacenado.</li> <li>▪Manufactura. Prendas de vestir. 3 meses evaluación de reglas difusas.</li> </ul>

Trabajo	Software / Sistema / Aplicación	Funciones de Monitoreo	Ontología / Gestión del conocimiento	RFID	Tipo y orientación	Características
<p><i>5.- Development of an agent-based system for manufacturing control and coordination with ontology and RFID technology</i></p> <p><b>Origen:</b> Chen et al, Taiwan, 2009</p>	<p>○ Prototipo</p>	<p>●</p>	<p>●</p>	<p>●</p>	<p>Prototipo de sistema, incluyendo componentes software y hardware.</p> <p>Mejorar la trazabilidad de los procesos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪Framework para coordinación de cadenas de suministros de manufactura de bicicletas basado en agentes, utilizando tags RFID como conectores físicos que integran los objetos físicos (materia prima) y las aplicaciones empresariales, así como ontología para una comunicación efectiva entre agentes.</li> <li>▪Lectores RFID en puntos estratégicos y tags RFID adjuntos a una posición apropiada en el cuadro de bicicleta.</li> <li>▪RFID Middleware.</li> <li>▪Procesa dos tipos de eventos RFID de manera separada. Uno involucra procesos de maquinaria u operaciones de ensamblaje. El otro tipo gestiona procesos de eventos más simples, como entradas/salidas de buffer en una estación de trabajo.</li> <li>▪El sistema prototipo es usado para proveer seguimiento y trazabilidad en tiempo real de proceso de manufactura.</li> <li>▪Caso de estudio: . Compañía de manufactura de bicicletas en Taiwán.</li> </ul>

Trabajo	Software / Sistema / Aplicación	Funciones de Monitoreo	Ontología / Gestión del conocimiento	RFID	Tipo y orientación	Características
<p><i>6.- Discrete-Event Shop-Floor Monitoring System in RFID-Enabled Manufacturing</i></p> <p><b>Origen:</b> Hu et al, EUA, 2014</p>	•	•		•	<p>Sistema de monitoreo de producción.</p> <p>Predicción de estados y perturbaciones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪Se desarrolla un sistema de monitoreo de piso de tienda basado en eventos discretos para entornos habilitados RFID usando modelos matemáticos rigurosos.</li> <li>▪Modelo oculto de markov HMM desarrollado para predecir el estado de confianza de los sistemas de manufactura y detectar perturbaciones.</li> <li>▪Un Discrete Event observer, construye eventos complejos de los eventos simples y de los datos de eventos históricos almacenados en la base de datos.</li> <li>▪Detecta eventos perturbatorios como: descomposturas de maquinaria, falla en herramientas, fallas de transporte, ausencia inesperada de partes requeridas o de materia prima, trabajadores ausentes, y mal desempeño de máquinas o de trabajadores.</li> <li>▪Una máquina de estados finitos modelo las transiciones nominales entre los estados de evolución del sistema.</li> <li>▪Caso de estudio: Industria de partes para maquinaria precisa.</li> </ul>

Trabajo	Software / Sistema / Aplicación	Funciones de Monitoreo	Ontología / Gestión del conocimiento	RFID	Tipo y orientación	Características
<p><b>7.- RFID Sensor-Tags Feeding a Context-Aware Rule-Based Healthcare Monitoring System</b></p> <p><b>Origen:</b> Catarinucci et al, Italia, 2012</p>	•	•	•	•	<p>Sistema.</p> <p>Cuidados de la salud.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪Se desarrolló un framework de propósito general, esto es un sistema orientado a contexto fácil de configurar. Usando interfaces de usuario graficas acordes, expertos de dominio y usuarios configurando datos de entrada y extendiendo la ontología si es necesario.</li> <li>▪Se conforma de un conjunto de sensores, esparcidos a través de diferentes locaciones físicas, recolectando datos de medición crudos y heterogéneos. Entonces, una infraestructura computacional distribuida elabora datos burdos y los transfiere a los usuarios finales o a unidades de procesamiento más complejas.</li> <li>▪El núcleo de todo el sistema es el componente de notificación de alertas, responsable de: detectar eventos de alarma, seleccionar las entidades de monitoreo mejor adaptadas para gestionar el evento de alarma cuando este ocurra, enviar datos a la entidad de monitoreo cuando se necesite.</li> <li>▪Agentes implementados usando JADE (java agent development environment).</li> <li>▪La ontología fue creada usando la herramienta Protegé, codificada en OWL. El dominio de conocimiento basado en reglas fue implementado con Jess.</li> <li>▪Caso de estudio: Dos escenarios de aplicación de cuidados de salud de la vida real.</li> </ul>



Trabajo	Software / Sistema / Aplicación	Funciones de Monitoreo	Ontología / Gestión del conocimiento	RFID	Tipo y orientación	Características
<p><b>8.- Congestion-Aware, Loss-Resilient Bio-Monitoring Sensor Networking for Mobile Health Applications.</b></p> <p><b>Origen:</b> Xiao et al, EUA, 2009</p>	•	•		•	<p>Software y es un enfoque (arquitectura).</p> <p>Respuesta efectiva a pacientes con condiciones de salud.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪Se construye un dispositivo RFID propio.</li> <li>▪El diseño de la placa de sensores para ECG (electrocardiograma) fue asistido por el equipo CodeBlue de la universidad de Harvard. Compatible con el estándar 3-Lead ECG para sistemas de monitoreo.</li> <li>▪Se diseñó una plataforma de sensores EEG (electroencefalograma) inalámbrica, portable y de bajo costo.</li> <li>▪Se propone el uso de dos tipos de lectores RFID: UHF (Ultra high frequency) para la trazabilidad de pacientes cardíacos. Lectores HF (High frequency) para la gestión de la toma medicamentos.</li> <li>▪El centro de monitoreo puede extraer cualquier dato de los sensores y visualizarlo en una interfaz amigable.</li> <li>▪Se usa una base de datos que contiene ruidos típicos en grabaciones ECG y una base de datos usada para estudiar los diferentes tipos de arritmias.</li> <li>▪Se ha construido una base de datos médica con los datos RFID recolectados.</li> <li>▪Advertencias en casos de sobredosis o ingesta de medicamento erróneo.</li> <li>▪Caso de estudio: asilo de ancianos.</li> </ul>

Trabajo	Software / Sistema / Aplicación	Funciones de Monitoreo	Ontología / Gestión del conocimiento	RFID	Tipo y orientación	Características
<p>9.- <i>Knowledge acquisition and management architecture for mobile and personal Health environments based on the Internet of Things</i></p> <p>Origen: Jara et al, España, 2012</p>		•	•	•	<p>Arquitectura.</p> <p>Cuidados de la salud. Respuesta ante anomalías, prevención de bajas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪Presenta una arquitectura de adquisición de conocimiento, que integra y transfiere datos enriquecidos de dispositivos clínicos a los sistemas de información.</li> <li>▪Integración de dispositivos clínicos con la infraestructura tele-salud de información y conocimiento empresarial. Compuesta, por una parte, de la plataforma de portal de acceso, llamada Monere, localizada en la casa del paciente para proveer conectividad global y capacidad de gestión. Por otra parte, del módulo Movital, que se enfoca en la integración de dispositivos para propósito medico de diferentes proveedores.</li> <li>▪Funciones administrativas para la reducción de errores médicos, detección de fallas, gestión remota de dispositivos, y pre procesamiento de los datos recolectados.</li> <li>▪Integración con sistemas como: registro personal electrónico (cuidado de la salud asistida). Monitoreo pro-activo y alertas. Diagnostico remoto.</li> <li>▪Usa 6LoWPAN como protocolo para transmisión de datos.</li> <li>▪Caso de estudio: no aplica.</li> </ul>

Trabajo	Software / Sistema / Aplicación	Funciones de Monitoreo	Ontología / Gestión del conocimiento	RFID	Tipo y orientación	Características
<p><i>10.- Towards the smart construction site: improving productivity and Safety of construction projects using multi-agent systems, real-time Simulation and automated machine control</i></p> <p><b>Origen:</b> Hammad et al, Canada, 2012</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>	<p>Caso de estudio</p> <p>Mejorar la productividad y seguridad de proyectos robustos de construcción</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪El enfoque propuesto está basado en una aplicación integrativa de arquitectura multi-agente y simulación en tiempo real en proyectos de construcción equipados con AMC (automated machine control) para impulsar la productividad y la seguridad.</li> <li>▪Se asume que todas las maquinas estarán equipadas con GPS, para seguir continuamente su posición espacial y su orientación relativa.</li> <li>▪Algoritmos apropiados para planeación de rutas.</li> <li>▪Los agentes son los encargados de gestionar la gran cantidad de datos recolectados para transformarlos en información útil para la toma de decisiones.</li> <li>▪Consiste básicamente en proveer simulaciones en tiempo real sobre sitios de construcción, con el objetivo de planear rutas, ciclos de trabajo, evitar colisiones mediante alertas, re-planear procedimientos de trabajo, etc.</li> <li>▪Simulación 3D.</li> <li>▪Calcula productividad y duración de procesos de construcción.</li> <li>▪Caso de estudio: no aplica.</li> </ul>

Trabajo	Software / Sistema / Aplicación	Funciones de Monitoreo	Ontología / Gestión del conocimiento	RFID	Tipo y orientación	Características
<p><i>11.- The Potential of RFID as an Enabler of Knowledge Management and Collaboration for the Procurement Cycle in the Construction Industry</i></p> <p><b>Origen:</b> Ghazali et al, Canada, 2012</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>	<p>Es un estudio.</p> <p>Construcción. Seguimiento y control de material y documentos de proyecto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪Se obtuvieron datos de la industria a través de tres fuentes, las cuales fueron analizadas a fondo y validadas iterativamente de manera cruzada durante un periodo de 2 años.</li> <li>▪El ciclo de adquisiciones involucra la colaboración de varias disciplinas y departamentos de cuatro compañías.</li> <li>▪Un escenario RFID como solución al flujo de información y documentos y al flujo de materiales.</li> <li>▪Identificar, monitorear y seguir cualquier contrato, diseño, documento de gestión de proyecto, ya sea electrónico o copia física. Permitiendo dar seguimiento a versiones y metadatos de cada documento.</li> <li>▪Cartas de identificación RFID para cada miembro del proyecto.</li> <li>▪Lectores RFID posicionados en lugares estratégicos de las oficinas, el sitio de construcción y vehículos de transporte de material.</li> <li>▪Un middleware RFID en forma de una aplicación basada en web.</li> <li>▪Tags pasivos RFID adjuntos a los materiales comprados.</li> <li>▪Caso de estudio: estudio empírico, 4 compañías participantes.</li> </ul>

Trabajo	Software / Sistema / Aplicación	Funciones de Monitoreo	Ontología / Gestión del conocimiento	RFID	Tipo y orientación	Características
<p><i>12.-Analyzing consumers' shopping behavior using RFID data and pattern mining.</i></p> <p><b>Origen:</b> Nakahara et al, Japón, 2012</p>	•	•	•	•	<p>Sistema de análisis de comportamiento de clientes.</p> <p>Marketing.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪Tag en el carrito de compras.</li> <li>▪Intenta clarificar el proceso de compra de cada cliente (individual).</li> <li>▪Proponer un framework para adquirir conocimiento relacionado al comportamiento de compra del cliente.</li> <li>▪Las zonas de productos son “vistas” como elementos en una posición de coordenadas X, Y para expresar la secuencia de visita.</li> <li>▪Propone modelos que puedan clarificar la relación entre las secuencias de visita de las zonas de productos y el comportamiento de compra, y validar su utilidad.</li> <li>▪Utiliza el algoritmo LCM (Linear time Closed itemset Miner) el cual puede rápidamente enumerar patrones secuenciales frecuentes de una base de datos secuencial.</li> <li>▪Para distinguir a los clientes potenciales de los que no lo son se construyen modelos discriminatorios. (15 en total).</li> <li>▪Caso de prueba. Súper-mercado Japón. 7000 clientes.</li> </ul>

Trabajo	Software / Sistema / Aplicación	Funciones de Monitoreo	Ontología / Gestión del conocimiento	RFID	Tipo y orientación	Características
<p><i>13.- RFID Individual Tracking and Records Management - Solutions for Slum Communities</i></p> <p><b>Origen:</b> Zalzala et al, India, 2015</p>	●	○		●	<p>Software clínico.</p> <p>Cuidados de la salud. Comunidades de barrios bajos/pobres/crecimiento excesivo</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sistema de gestión de registros individuales, sustentando con tarjetas de seguimiento RFID y dispositivos móviles para alcance en campo.</li> <li>▪ El dispositivo de lectura móvil RFID está protegido por contraseña o por biométricos.</li> <li>▪ Registro de pacientes, registro de visita, consulta y seguimiento y administración.</li> <li>▪ El principal servidor activo está localizado en Ahmedabad, India, con un servidor de réplica en la nube localizado en Dubai. SQL 2008 R2.</li> <li>▪ Las tarjetas de identificación RFID son impresas usando una impresora especializada y un software ligado al SQL de la oficina.</li> <li>▪ El sistema tiene la facilidad de permitir con el cumplimiento HL7 mientras se interconecta con otros sistemas de cuidados de la salud a través del software IGUANA HL7.</li> <li>▪ El software está basado en Microsoft Dynamics NAV (amigabilidad).</li> <li>▪ Códigos definidos por el usuario son usados para síntomas, medicaciones y diagnósticos.</li> <li>▪ Permiten la entrada rápida con el mínimo de escritura.</li> <li>▪ Flexibilidad para dispositivos móviles, actualmente: Windows mobile 6, android, IOS, Windows 8/RT.</li> <li>▪ Se creó una aplicación analítica con un modelo computacional inteligente usando el Business Intelligence Studio Management de SQL Server.</li> <li>▪ Caso de estudio: clínica en Ahmedabad, India.</li> </ul>

Trabajo	Software / Sistema / Aplicación	Funciones de Monitoreo	Ontología / Gestión del conocimiento	RFID	Tipo y orientación	Características
<p><i>14.- Effects of Knowledge Management System in disaster Management through RFID technology Realization</i></p> <p><b>Origen:</b> Badpa et al, Malaysia, Sudafrica, 2013</p>		•	•	•	<p>Modelo propuesto.</p> <p>Desastres naturales. Salvar vidas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪Se sugiere un sistema de gestión de conocimiento para gestión de desastres por medio de tecnología RFID utilizado en coordinación con ORACLE con un sistema de red dedicado.</li> <li>▪Debido a la tipificación y compartición de conocimiento un modelo de sistema de gestión de conocimiento es propuesto.</li> <li>▪Al aplicar un sistema de gestión de conocimiento en organizaciones para gestión de desastres, los objetivos son: <ul style="list-style-type: none"> <li>•Identificar conocimiento tácito (conocimiento local).</li> <li>-Convertir conocimiento tácito en explícito.</li> <li>-Computarizar el conocimiento explícito.</li> <li>-Integrar conocimiento científico y local.</li> </ul> </li> <li>▪Se considera la inclusión de un centro coordinador de emergencias.</li> <li>▪Un modelo conceptual es propuesto a la sociedad que se encuentra bajo impactos de desastre serios.</li> <li>▪Ventajas: <ul style="list-style-type: none"> <li>-Proveer información a los gestores para que puedan tomar decisiones en tiempo y forma respecto a la prevención de desastres.</li> <li>-Estimación confiable y rápida de la severidad, tamaño, nivel y gravedad del desastre.</li> <li>-Conocer la locación exacta de las víctimas.</li> </ul> </li> <li>▪Caso de estudio: no aplica.</li> </ul>

Trabajo	Software / Sistema / Aplicación	Funciones de Monitoreo	Ontología / Gestión del conocimiento	RFID	Tipo y orientación	Características
<p><b>15.- BOnSAI: a Smart Building Ontology for Ambient Intelligence.</b></p> <p><b>Origen:</b> Stavropoulos et al, Grecia, 2012</p>			<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>		<p>Ontología para Edificios inteligentes.</p> <p>Automatización y ahorro de energía.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪La ontología se enfoca principalmente en la discriminación entre el sensor y el rol actuador de dispositivos y servicios, en edificios inteligentes y su funcionalidad correspondiente.</li> <li>▪La ontología BONSAI es diseñada para habilitar la visión de inteligencia ambiental en sistemas pervasivos a gran escala orientados a servicios.</li> <li>▪El método ingenieril usado fue la guía Ontología 101.</li> <li>▪BONSAI fue implementada en OWL en Protegé.</li> </ul> <p>Incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Conceptos relacionados al hardware que deben soportar conciencia de energía, funcionalidad y orientación a servicios en el sistema..</li> <li>-La clase servicio de BONSAI es la más significativa para aplicaciones ambientales orientadas a servicio.</li> <li>-Soporta el modelado de propiedades QoS en distintas formas, para soportar soluciones optimizadas en composición de servicios o selección de servicios, por ejemplo.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪La instancia de BONSAI que modela la implementación inteligente fue realizada en una taxonomía separada para asegurar que la ontología BONSAI siga siendo de propósito general, para que otros puedan usarla.</li> <li>▪Caso de estudio: Universidad Helénica.</li> </ul>



Trabajo	Software / Sistema / Aplicación	Funciones de Monitoreo	Ontología / Gestión del conocimiento	RFID	Tipo y orientación	Características
<p><b>16.- Creating Traffic Knowledge System in Mexico: Applying RFID to Prevent the Vandalism</b></p> <p><b>Origen:</b> Diaz et al, México, 2010</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>	<p>Propuesta.</p> <p>Seguridad en tránsito.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪El objetivo es proveer una solución basada en sistemas de información y RFID, para crear una red de cuatro elementos: id inteligente para vehículos, licencia de conducir inteligente, placa vehicular inteligente, sistema de información inteligente.</li> <li>▪El TIS (Sistema de información de tráfico) será un sistema de información estratégico que soportará la generación de escenarios y simulaciones en tiempo real, explotando información provista a través de la tecnología RFID embebida en vehículos, licencias de conducir y placas.</li> <li>▪Mediante CAR-ID es posible asignar una identidad a un vehículo durante su fabricación.</li> <li>▪Con la triangulación propuesta es posible determinar si un vehículo está circulando en condiciones legales.</li> <li>▪Monitorear en tiempo real la identidad y locación del vehículo. Antenas posicionadas estratégicamente en lugares importantes de la ciudad.</li> <li>▪El TIS operará en colaboración con un mecanismo de inteligencia de negocios.</li> <li>▪El TIS tendrá muchos componentes que pueden interactuar en tiempo real para compartir e integrar información de múltiples bases de datos como: policía local, FBI, interpol, bases de datos de vehículos robados, departamentos de tránsito.</li> </ul> <p>Caso de estudio: no aplica.</p>

### 2.3 Conclusiones del estado del arte

La revisión sistemática para el establecimiento del estado del arte (y consecuentemente de la práctica, al enfocarse el autor en estudios que abordaran herramientas informáticas) en primera instancia pretendía descubrir aquellos que respondieran a la siguiente pregunta de investigación:

“¿Qué trabajos y/o desarrollos existen en el mundo sobre plataformas software de monitoreo de recursos mediante RFID, que utilicen gestión del conocimiento para aportar datos para la toma de decisiones y mejora de procesos dentro de la industria minera?”

Sin embargo, durante la conducción de la revisión, debieron ajustarse los términos de búsqueda derivados de la pregunta, al no encontrar trabajos con los términos y/o áreas involucradas en el presente estudio. Esto, a la vez que representa una enorme área de oportunidad (*dado que la presente investigación parece ser de los primeros trabajos en el sector objetivo – minería- y con las áreas científicas involucradas*) también representó la excusa para expandir el campo de visión de la revisión sistemática. Así, el sector, el tipo de lector a proximidad, los objetivos del monitoreo y otros parámetros fueron ampliados para producir una pregunta de investigación más objetiva:

¿Qué trabajos y/o desarrollos existen en el mundo sobre plataformas software para monitoreo de recursos mediante RFID (u otra tecnología similar), en beneficio de la seguridad y la salud de las personas y/o de la productividad y el desempeño de las funciones laborales o cotidianas y que (preferentemente pero no determinadamente) utilicen alguna

forma de gestión de conocimiento o implementación de ontologías para aportar datos para la toma de decisiones y la mejora de los procesos?

Por medio de esta modificación de enfoque, fue que se logró detectar (como se ha mencionado en el apartado 3.1) plataformas para monitoreo de recursos en beneficio de la seguridad, salud, desempeño y producción en diversos sectores:

- Primero. 60 estudios potencialmente candidatos a extraer información.
- Segundo. 29 estudios seleccionados.
- Tercero. 16 estudios evaluados.

De cada uno de los estudios es posible afirmar que, a la vez que muestran una clara relación en términos de los objetivos (nobles) buscados en esta investigación, también muestran un parcial desapego al tratar ya sea: i) diferentes tecnologías de información, ii) diferente sector, iii) diferentes mecanismos para la administración de conocimiento, iv) diferente enfoque práctico.

## Capítulo 3. Metodología

---

### 3.1 Definición de arquitectura y metodología de desarrollo de software

La importancia del enfoque de desarrollo ágil está en constante crecimiento; promete diversos beneficios que muchas organizaciones quieren alcanzar: desarrollo más rápido y eficiente en ciclos cortos, liberación continua de software funcional, retroalimentación rápida del cliente, adaptación a los cambios, etc., [55]. Dada la naturaleza de este proyecto, misma que sigue un curso incremental respecto a la elección de los requisitos, se opta por utilizar una adaptación de SCRUM como framework de desarrollo para la construcción de la plataforma. SCRUM refleja en su implementación los principios del manifiesto ágil. El manifiesto ágil, publicado en 2001, transfiere los principios fundamentales de las “líneas de producción” hacia el desarrollo de software [7].

Para el desarrollo de la plataforma se usa una adaptación de la metodología Scrum en su versión “standard” en primera instancia, realizando ajustes acorde a la totalidad de los integrantes del equipo. Por lo que, los roles: Product Owner, ScrumMaster y Equipo de desarrollo son adoptados por el autor del presente trabajo. Agregando los roles auxiliares: Manager, adoptado por el director del trabajo de tesis; Stakeholders, rol adoptado por el equipo encargado de la construcción de los concentradores.

Las historias de usuario son redactadas, editadas, priorizadas y/o reorganizadas en el Product Backlog acorde al resultado de las reuniones con el Manager y los Stakeholders suscitadas al finalizar un Sprint. Las historias

de usuario pueden implicar decisiones de arquitectura complejas que suelen ser fundamentales.

Para satisfacer atributos de calidad en el desarrollo ágil, tal como comentan Weitzel et al., es difícil encontrar un enfoque que provea una guía suficientemente detallada para llevar a cabo tal tarea [55]. Por ello, se sugieren las siguientes actividades para tratar las historias de usuario que merezcan un análisis sobre decisiones de arquitectura:

- Redactar formalmente la historia de usuario.
- Agregar la historia de usuario al product backlog.
- Someter a análisis la historia de usuario entre el equipo de desarrollo.
- Si se considera que la historia de usuario necesita un análisis más exhaustivo para identificar atributos de calidad y/o decisiones de arquitectura, añadir una señalización a la misma, así como un valor que pondere la posible dificultad que estas decisiones impliquen; de modo que estos distintivos funjan como variables al momento de elegir historias de usuario para un sprint.
- Utilizar el método QAW, Quality Attribute Workshop [57] para redactar un escenario que satisfaga el atributo de calidad que fue tentativamente detectado en la historia de usuario.
- El equipo de desarrollo puede analizar nuevamente la historia de usuario junto con el escenario redactado.
- El equipo de desarrollo puede considerar a la historia con: 1. Alta complejidad, 2. Media complejidad, 3. Baja complejidad, respecto a sus aspectos arquitectónicos, para que tengan efecto al elegir historias de usuario para un sprint.

- Dependiendo de la complejidad y ponderación que representa la historia de usuario, el equipo puede optar por alguna de estas opciones:
  - Derivar tareas para generar el diseño de la arquitectura, mapeando los pasos del método ADD, Attribute Driven Design [56] hacia una o más historias de usuario.
  - Añadir esfuerzo extra y notas necesarias (como un atributo de calidad que debe ser estimado) a la historia de usuario, de modo que las actividades para investigar e implementar alguna táctica, patrón arquitectónico, framework, etc., que satisfaga estas consideraciones, sean tomadas en cuenta al estimar el esfuerzo de dicha historia de usuario.

### **3.2. Metodología para la integración de gestión de conocimiento a la plataforma**

Los involucrados en la producción de conocimiento, entienden que las tecnologías han facilitado y fomentado la obtención y aprovechamiento de la información. Este crecimiento de la información se acelera a una escala similar al desarrollo de la tecnología. Aunque la gran cantidad o exceso de información no es necesariamente conocimiento. O quizás lo es, conocimiento burdo. Mismo que requiere ser evolucionado hacia otro estado/formato/propósito, para ser considerado conocimiento favorable para la experiencia conjunta.

En el desarrollo que atañe a esta tesis son consideradas las siguientes actividades referentes a la organización de la información con el propósito de madurar la gestión de conocimiento:

### 3.2.1. Transformar datos crudos en información relacional

Los datos crudos provienen del concentrador de datos e interfaz de control para monitoreo en mina (en adelante mencionado como concentrador). El concentrador es un aparato con capacidad de conexión para dos antenas RFID, cinco sensores de salida y tiene la función de detectar mediante las antenas RFID conectadas al mismo, variables como: paso de personal, equipo y vehículos (recursos humanos, materiales y físicos, respectivamente), que tengan una etiqueta (tag) RFID añadido; y mediante los sensores puede detectar diversos factores como temperatura, humedad, gases tóxicos, calidad del aire, por ejemplo. (En la sección 4.1 de este documento se encuentra información más detallada del concentrador electrónico).

El concentrador es la principal fuente de datos. El método seguido para llevar estos datos desde su fuente hasta una forma que represente información explícita para el usuario es el siguiente:

1. Las antenas RFID integradas en el concentrador detectan un tag dentro de su alcance -este tag tiene asociado un identificador alfanumérico único- o bien, alguno de los sensores en el concentrador presenta un nivel anómalo en sus variables de medición.
2. Utilizando una lógica de registros (log, para su mejor entendimiento en el área de software) basada en intercambio de temas (topic exchange, para su mejor entendimiento en el concepto de intermediarios de mensajes (message bróker)) el concentrador publica un mensaje -mediante protocolo MQTT- a un topic específico (por ejemplo TAGS\_RFID en el caso de recursos o ALERTA en el caso de los sensores) que incluye datos como: tag detectado, hora de la detección, o bien el identificador del sensor que detecta un nivel anómalo, así como el valor del mismo.

3. Se implementa un servidor “message broker” que se encarga básicamente de recibir, aceptar y transferir mensajes. Este servidor tiene activo un complemento (plugin) MQTT para interceptar los mensajes publicados por el concentrador.
4. Diversos agentes que representan “clientes MQTT” se encargan de obtener los mensajes del servidor referido en el punto anterior. Estos clientes son scripts que se ejecutan como programas residentes o en segundo plano, y tienen la función de “romper” los mensajes y ejecutar las sentencias necesarias para transferir los datos al repositorio relacional de la plataforma.
5. En la plataforma se implementan módulos que permiten:
  - 5.2. Crear vistas para el monitoreo de los recursos detectados, siguiendo una lógica de túneles que se componen de una o más secciones.
  - 5.3. Crear vistas para el monitoreo de los recursos detectados, siguiendo una lógica de imagen superior. Es decir, los concentradores son posicionados –virtualmente- en una imagen que es cargada por el usuario, la cual puede ser una vista satelital, topográfica, o tan simple como el usuario prefiera.
  - 5.4. Una vez creadas las vistas, es posible desplegar las pantallas monitor que muestran –virtualmente- los concentradores distribuidos a través de la mina, así como los recursos que cada uno de ellos está detectando prácticamente en tiempo real.
  - 5.5. En los monitores, también son desplegadas las alertas que son detectadas por los concentradores, destacando el sensor que presenta el nivel anómalo, así como el valor correspondiente.
6. Así, los datos crudos son transformados en conocimiento que es abstraído visualmente por los usuarios a través de las pantallas



monitor, al tiempo que este conocimiento está siendo catalogado en el repositorio central de la plataforma.

### **3.2.2. Integrar la interfaz de programación de aplicaciones (API) RDF (marco de descripción de recursos) para PHP**

RAP API para PHP [69], se integra a la plataforma como un paquete de software, mediante el cual es posible acercar una aplicación hacia el concepto de la web semántica y la definición de modelos de conocimiento mediante triples (traducidas en el contexto del API como sentencias RDF). Se contemplan las siguientes actividades:

1. Incluir el paquete de RAP API a nivel de los agentes software encargados de interceptar los mensajes provenientes del concentrador.
2. Crear funciones PHP mediante las cuales sea posible almacenar triples o sentencias RDF en un modelo específico para generar histórico de conocimiento acerca de:
  - 2.2. Alertas detectadas por los concentradores; modelando los respectivos datos de interés (sensor, valor del sensor, túnel, sección, etc.) hacia literales relacionadas a un recurso.
  - 2.3. Información sobre procesos, almacenando por ejemplo: nombre del proceso, descripción, personal involucrado, duración del proceso, tasa de avance, etc.
  - 2.4. Información sobre situaciones relacionadas a factores -como la calidad del aire- dentro de los túneles de la mina. Almacenando por ejemplo: identificador de la situación, tiempo en minutos que duró la situación, calidad del aire detectada, trabajadores involucrados, trabajadores afectados, fecha, etc.

3. Utilizar este conocimiento para traducirlo en funciones específicas dentro de la plataforma como prevención ante alertas, optimización de los procesos, identificar zonas de riesgo, etc.

## Capítulo 4. Resultados

---

En esta sección se abordan los resultados evidentes derivados de esta investigación y del desarrollo del software “plataforma de monitoreo”. Estos resultados, corresponden en cierto modo a la validación del motivo de la investigación.

### 4.1 Concentrador de datos

El concentrador de datos e interfaz de control para monitoreo en mina (en adelante mencionado como concentrador) es un aparato con capacidad de conexión para dos antenas RFID, cinco sensores de salida; conexión para lámpara, conexión para semáforo de señalización, una salida de relevador auxiliar e interfaces de comunicación vía ZigBee® y/o fibra óptica. El concentrador cuenta con un sistema de procesamiento embebido, que se encarga de la gestión de la información generada por sí mismo, así como la gestión de comandos externos recibidos a través de la comunicación antes mencionada.

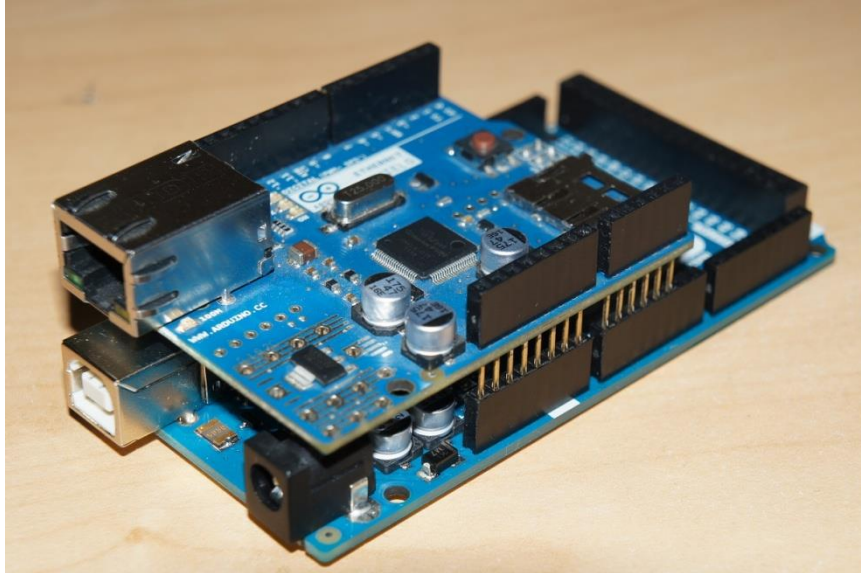
El concentrador tiene la capacidad de detectar mediante las antenas RFID conectadas al mismo, variables como: paso de personal, equipo y vehículos. Cada etiqueta (**tag**) detectada se almacena en la memoria no volátil, junto con una marca de hora y minuto en que fue detectada. El concentrador se encarga de controlar la electrónica de acoplamiento y adquisición de datos provenientes de los sensores a las entradas de los convertidores analógico-digital (ADC); el sistema de procesamiento tiene la capacidad de proveer las

señales de control para la conversión de los convertidores ADC y recibirá los valores digitalizados de las salidas de los sensores. Estos datos se comparan con las referencias internas programadas para saber si el sensor detecta un nivel anómalo en su variable de medición, en caso de que se detecte un nivel anómalo, debajo del *mínimo permitido* o un valor por arriba del *máximo permitido*, se genera una alarma especificando el sensor y la anomalía que presenta.

El sistema de procesamiento se encarga de dar servicio a los comandos que llegan mediante la electrónica de comunicación. Algunos ejemplos de estos comandos son:

- Ajustar la iluminación de las lámparas conectadas al concentrador.
- Establecer el estado del semáforo en verde, amarillo o rojo.
- Establecer los niveles mínimos y máximos para los sensores.
- Solicitud de datos sobre tags detectados.

El concentrador permite hacer más eficiente la detección de diversos recursos (humanos, móviles, materiales), la localización y rescate de los mismos en caso de emergencias, así como mejorar los tiempos de reacción ante siniestros. En la Figura 4 se observa el primer prototipo funcional del concentrador:



**Figura 4. Concentrador de datos e interfaz de control para monitoreo en mina.** Primer prototipo funcional del concentrador.

## 4.2 Arquitectura de la plataforma

En la Figura 5 se presenta el diseño conceptual de la plataforma de monitoreo de recursos. En los siguientes párrafos serán descritos de manera breve los componentes que integran su arquitectura, y una breve justificación.

Como **framework** de desarrollo se utiliza **Laravel 4.0** sobre **PHP 5** (acrónimo recursivo para Hipertext Preprocessor) lenguaje de código abierto de propósito general para desarrollo web [58]. Se utiliza Laravel por ser un proyecto de código libre, accesible pero potente, que provee herramientas de gran alcance necesarias para desarrollar aplicaciones grandes y robustas [59]; además Laravel implementa el patrón **MVC, Modelo-Vista-Controlador** (Model View Controller en inglés), el cual permite separar el modelo del

dominio, la presentación y las acciones basadas en las entradas del usuario en tres clases separadas. Se elige este patrón de diseño al ser fundamental para separar la lógica de negocio de la lógica de presentación, lo cual produce código mantenible y escalable, y los componentes pueden ser aislados para la ejecución de pruebas. Por ejemplo *el modelo* que no depende de la vista ni del controlador [60].

Como **sistema de almacenamiento de datos** se utiliza **SQLite**, librería de software que implementa un motor de base datos SQL autónomo, transaccional, sin servidor y sin requerimientos de configuración [61], características factibles por las cuales fue elegido, así como para cumplir con el atributo de portabilidad.

Como sistema de gestión de mensajes **MQTT** publicados por el concentrador se utiliza el **middleware RabbitMQ** con el plugin **MQTT** (en inglés Message Queue Telemetry Transport) propio del software. RabbitMQ es integrado por ser robusto, relativamente fácil de usar, tiene soporte para diversas plataformas y es de código abierto [62]. MQTT es un protocolo de conectividad M2M, maquina a máquina (en inglés, machine to machine) útil para conexiones con locaciones remotas [63], el protocolo es implementado por el concentrador para publicar los eventos detectados.

Para generar los **scripts** que se encargan de **recibir y emitir mensajes MQTT** mediante la técnica de **topics** (recibir mensajes basados en un patrón para su identificación) se utiliza el **framework SAM**, mensajería asíncrona simple (en inglés, Simple Asynchronous Messaging) como una **extensión** de PHP que permite enviar y recibir mensajes a sistemas middleware de mensajería y encolamiento [64]. Se usa SAM pues provee esta funcionalidad a través de una interfaz de software, relativamente simple y fácil de adaptar. El **concentrador de datos** tiene la capacidad de detectar **tags RFID** (portados

por algún recurso humano o material) y consecuentemente publicar cada detección como un mensaje que puede ser interceptado por el **broker RabbitMQ**, para su posterior gestión en la lógica de la plataforma. En la Figura 5 se puede apreciar el diseño (actual) de la plataforma.

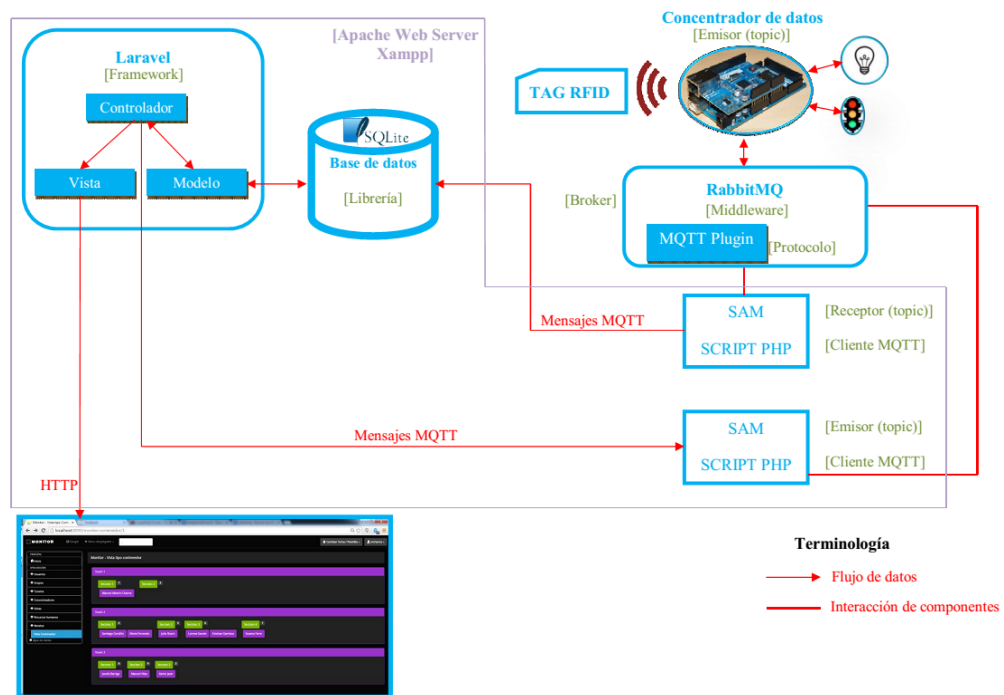


Figura 5. Arquitectura del sistema. Diseño conceptual de la plataforma de monitoreo.

Con el objetivo de integrar funciones de gestión de conocimiento, se integra **RAP** (antes mencionado en el apartado 3.2.2) en el diseño conceptual de la arquitectura. RAP es un paquete software para analizar, consultar, manipular y serializar modelos RDF. Es un proyecto “open source” y es prácticamente la única API para PHP, en su clase. Como se observa en la Figura 6, los scripts RAP se integran a la arquitectura a nivel de los scripts SAM. Por una parte como un mecanismo adyacente al script receptor, que se encarga de canalizar los mensajes de alerta de los sensores, al tiempo que enriquece la información

del modelo RDF creado exclusivamente para tal propósito. Por otra parte, se crean scripts que permiten a la plataforma almacenar información acerca de i) histórico de situaciones de riesgo y ii) datos sobre rendimiento y duración de procesos. Para estos dos últimos casos, también se crea un modelo RDF exclusivo, respectivamente.

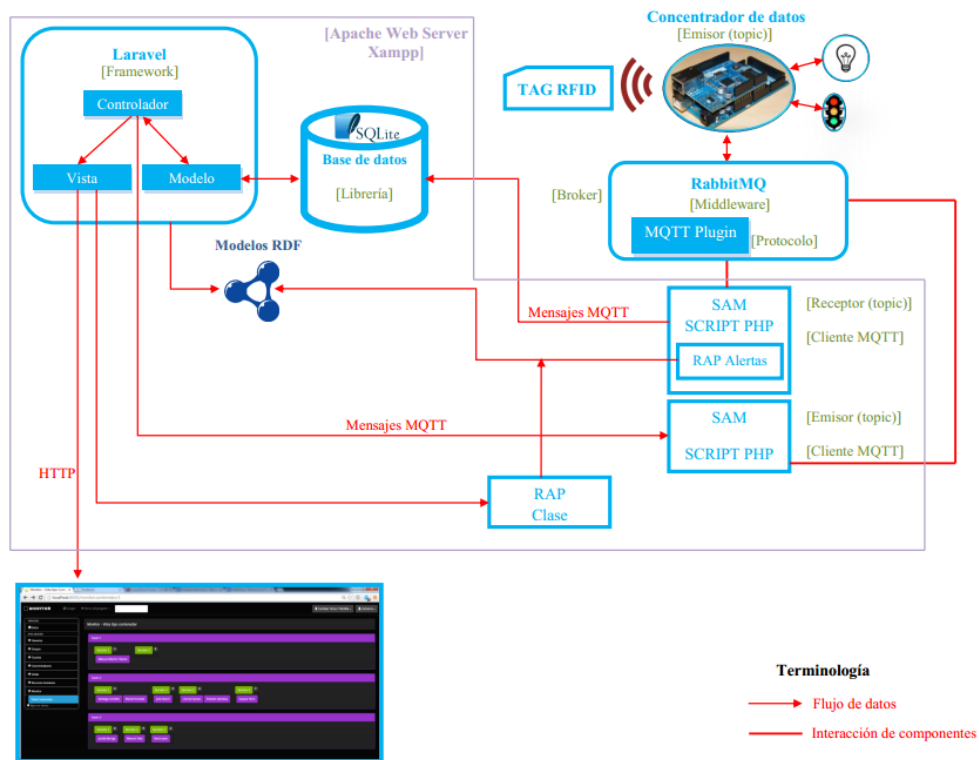


Figura 6. Diseño conceptual de la plataforma. Segunda iteración de la arquitectura.



### 4.3 Funciones generales de la plataforma

La plataforma de monitoreo de recursos, es un software web que presenta las siguientes características funcionales, respecto a su dominio de seguridad:

1. Autenticación de usuarios mediante filtros. Estos filtros permiten proteger rutas y acciones de accesos no autorizados.
2. Encriptación de usuarios y contraseñas mediante funciones “hash”, usando la función de derivación de claves Bcrypt.
3. Verificación de la autenticación de un usuario cuando intenta realizar ciertas funciones.
4. Inclusión de cookies para que la plataforma “recuerde” a los usuarios indefinidamente hasta que el mismo se desconecte manualmente.
5. Posibilidad de desactivar el permiso de acceso a uno o más usuarios.
6. Validación de credenciales del usuario sin necesidad de autenticarlo. Esto resulta útil para definir permisos en la aplicación.
7. Desconectar a un usuario en caso de alguna acción indebida o inesperada.
8. Servicios de encriptación AES-256.

Respecto al dominio de aplicación, las características funcionales que al momento tiene la plataforma son:

1. Diseño web responsivo. Básicamente significa la adaptabilidad que una página web tiene para adaptar el despliegue de su diseño a diferentes dispositivos: equipo de cómputo, tabletas, celulares. Véase las Figuras 7 y 8.

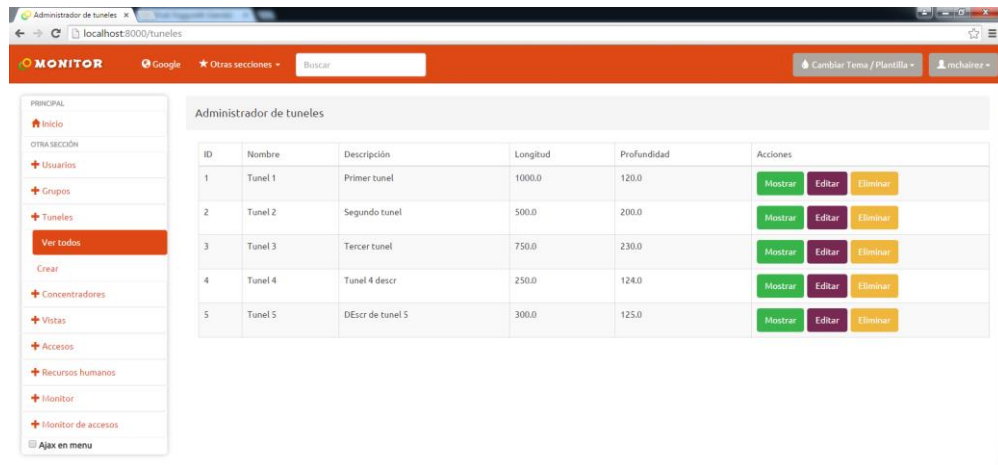


Figura 7. Despliegue de la plataforma. Pantalla de 22 pulgadas.

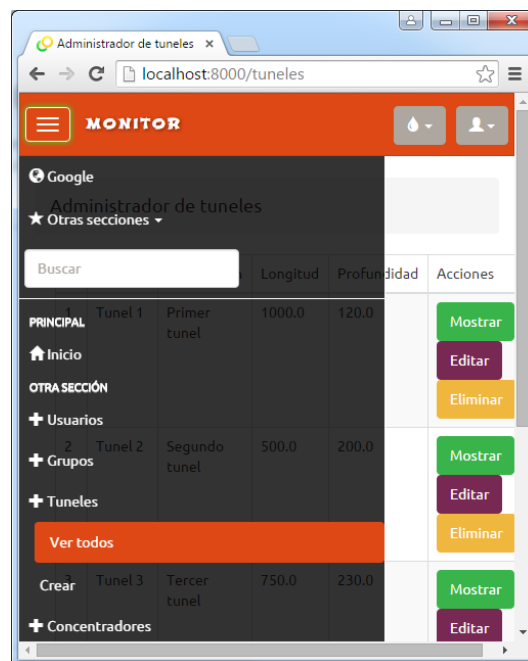
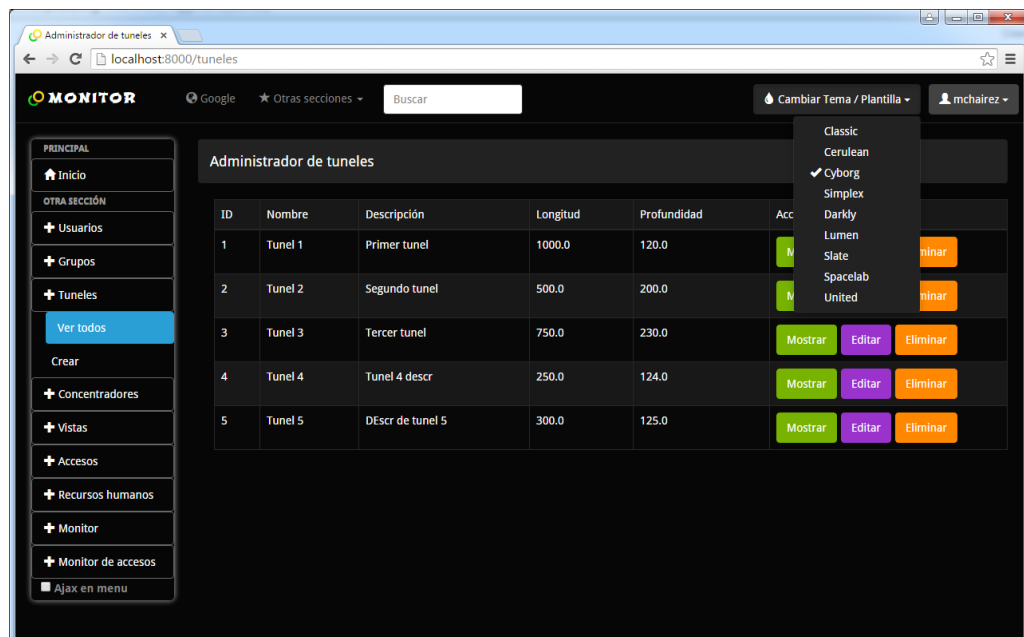


Figura 8. Despliegue de la plataforma en otro tamaño. La misma sección mostrada en la Figura 7, se ajusta automáticamente a un menor tamaño.

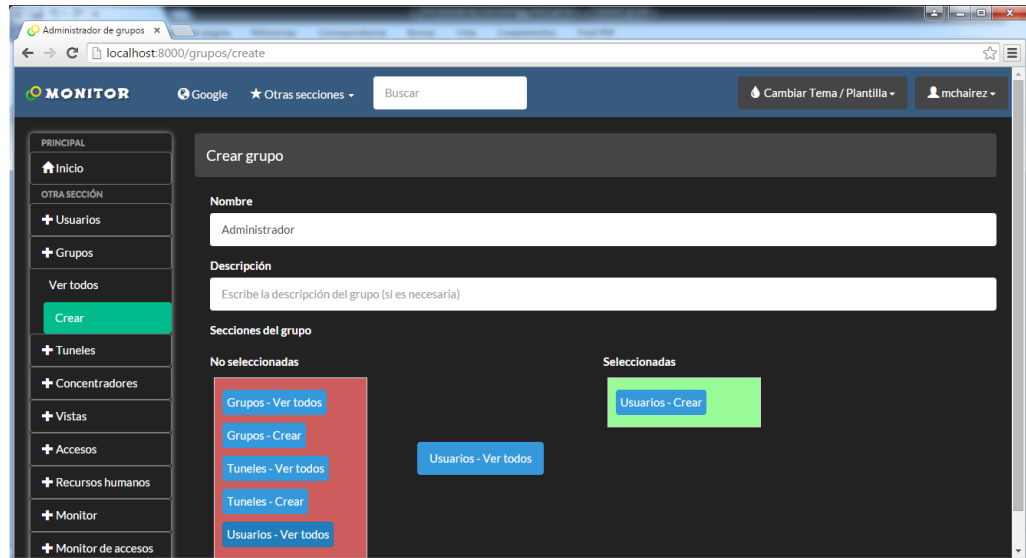
2. Diversos temas de presentación. La plataforma tiene la capacidad de cambiar su diseño a 9 plantillas diferentes con solo seleccionar la

opción de un menú desplegable. El diseño puede cambiar para la totalidad de la aplicación, o bien, seleccionar diferentes formatos para diferentes secciones. Véase la Figura 9.



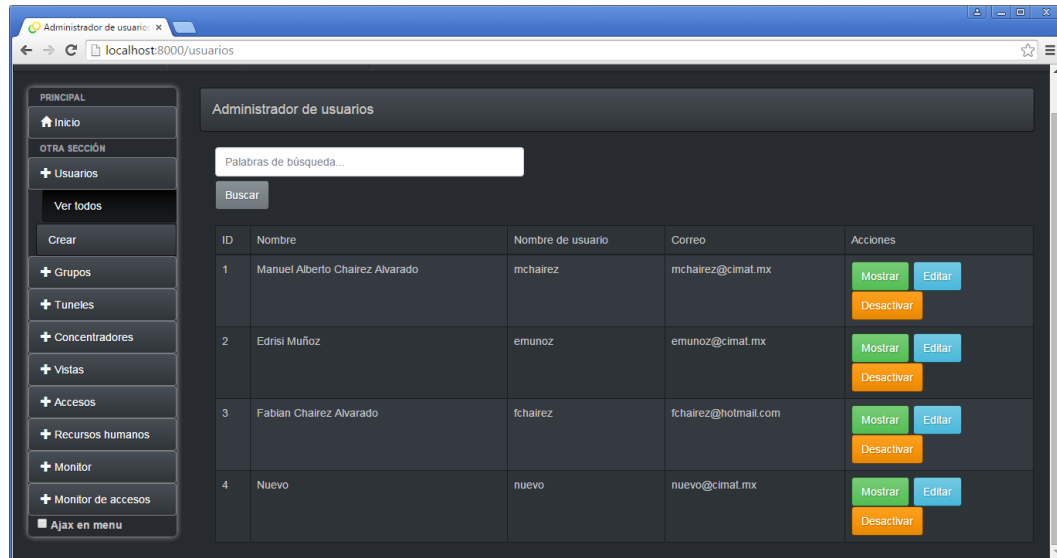
**Figura 9. Plantillas de diseño.** La plataforma tiene 9 temas de diseño distintos.

3. Administración de grupos. Mediante esta sección es posible realizar la creación, consulta, actualización y eliminación (CRUD, por sus siglas en inglés) de grupos de usuarios. Los grupos sirven para añadir privilegios a los mismos. Estos privilegios se traducen en secciones a las cuales tendrán acceso los usuarios de cierto grupo. Un grupo puede tener uno o más privilegios. Un usuario puede pertenecer a un solo grupo. Véase la Figura 10.



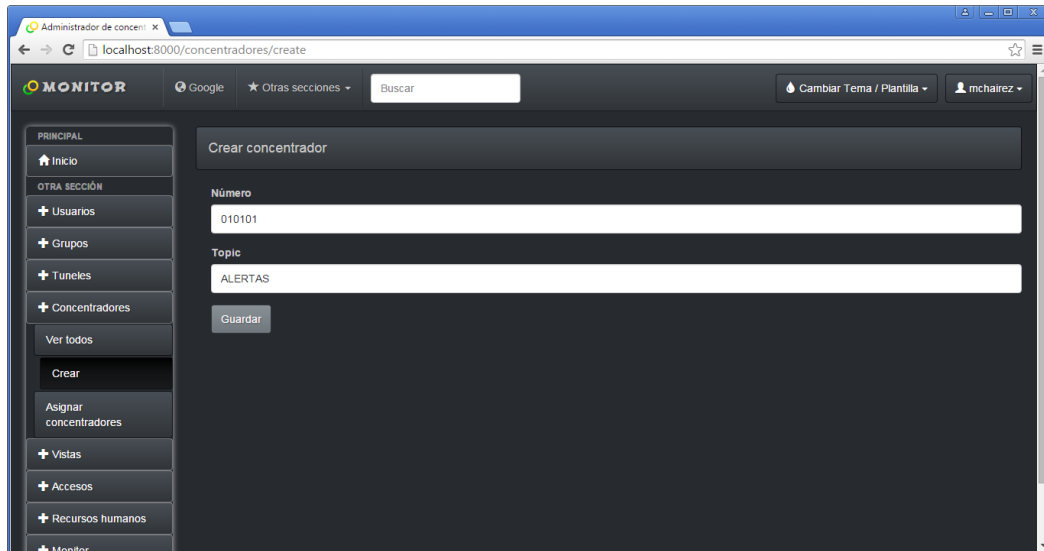
**Figura 10. Creación de grupos.** Corresponde a una de las subsecciones de la administración de grupos.

4. Administración de usuarios. Mediante los módulos contenidos en esta sección es posible realizar el CRUD de usuarios. Cada uno de estos usuarios, al encontrarse activo, puede autenticarse en la plataforma. El usuario tendrá permiso de acceder a las secciones relacionadas al grupo al que pertenece. Un usuario súper administrador, tendrá la posibilidad de desactivar usuarios en caso de ser necesario. La eliminación de los usuarios es una “baja lógica”. Es decir, no se borran los registros de la base de datos físicamente, por cuestiones de seguridad e integridad de la información. Véase la Figura 11 donde se muestra el despliegue de todos los usuarios, así como las acciones disponibles a estos registros.



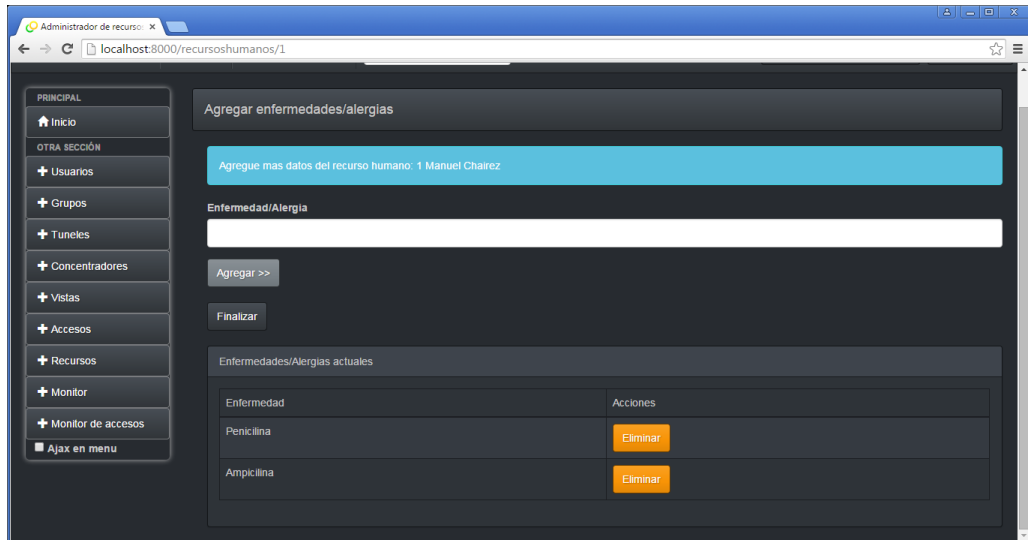
**Figura 11. Vista de todos los usuarios.** Los usuarios son listados con funciones de paginación. Es posible realizar búsquedas, las cuales se realizan sobre los campos nombre completo y nombre de usuario.

5. Administración de concentradores. A través de esta sección es posible realizar acciones de CRUD acerca de los concentradores de datos. Estos concentradores de datos se distribuyen en las instalaciones de la mina y/o de la planta para la detección de personal (recursos humanos), recursos físicos y materiales. Su inclusión en la plataforma (de manera virtual) es con el objetivo de asignarlos a cierta sección de un túnel, o bien relacionarlos a alguna vista de monitor (La funcionalidad de asignación se detalla en la sección 4.4). Cada concentrador publica sus mensajes hacia un canal específico (topic, en el concepto de “message broker”). Véase la Figura 12.



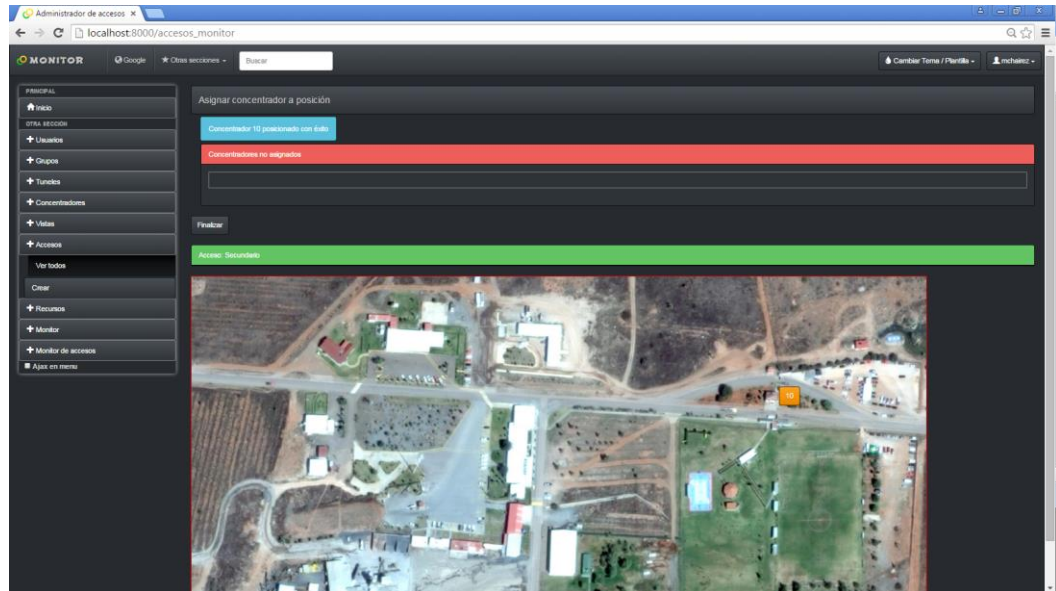
**Figura 12. Alta de un concentrador.** Vista mediante la cual se crea un concentrador en la plataforma.

6. Administración de recursos. En este módulo es posible dar de alta, consultar, actualizar o eliminar los recursos involucrados en los procesos de la mina. Estos recursos corresponden al personal (humanos), maquinaria y vehículos de transporte (físicos) y herramientas o materia prima (materiales). En el caso de los recursos humanos es posible añadir tanto datos generales como datos de consideración médica, por ejemplo: tipo de sangre, alergias, enfermedades crónicas, etc. Véase la Figura 13.



**Figura 13. Datos adicionales en el alta de un recurso humano.** Agregando enfermedades y/o alergias que la persona padezca.

7. Administración de accesos. Es posible crear uno o más accesos a través de esta sección. Al crear un acceso se selecciona una imagen como referencia de la posición del mismo en la mina. Lo ideal es que esta imagen sea un tipo de vista satelital. A cada acceso es posible asignarle un concentrador, el cual monitoreará la entrada y salida de personal y/o visitantes. En un menú se muestran los concentradores que no están asignados en otra locación. Para posicionar el acceso solo es necesario “arrastrar y soltar” (drag & drop) un elemento -que muestra el número de concentrador- hacia la posición deseada sobre la imagen previamente cargada en un paso anterior. Esta imagen con el concentrador posicionado, corresponderá a una vista de monitoreo. Véase la Figura 14.



**Figura 14. Alta de un acceso.** Se crea un acceso, se selecciona una imagen referente a la posición del mismo y se asigna un concentrador a la posición correspondiente.

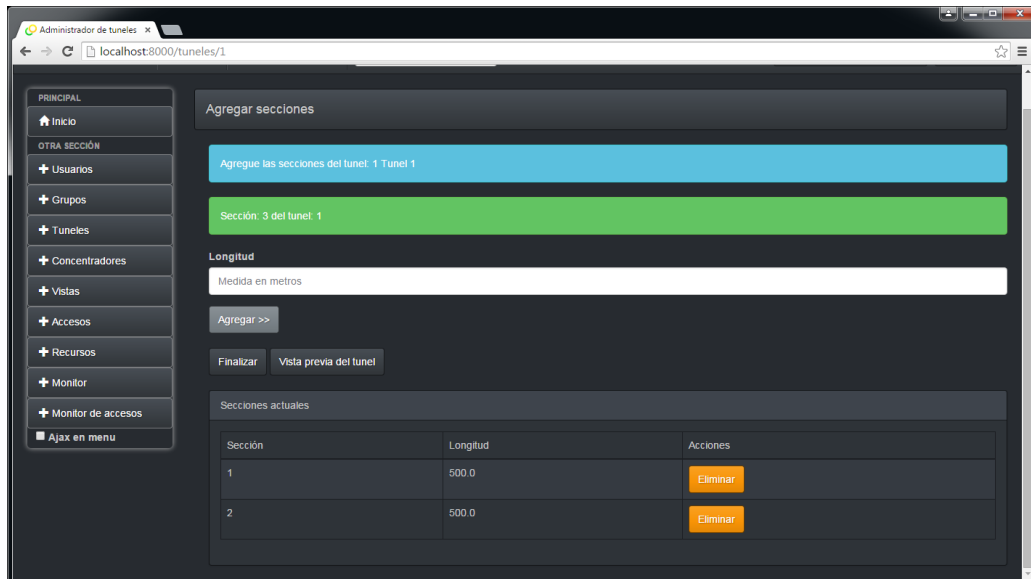
#### 4.4 Funciones de monitoreo de la plataforma

En este apartado se explican los módulos del sistema relacionados con las funcionalidades de monitoreo. Al momento la plataforma gestiona tres características monitor generales: i) lógica de túneles y secciones, ii) lógica de vistas, iii) monitor de accesos. Las particularidades de cada una de ellas se detallan a continuación.

1. Administración de túneles. Permite realizar operaciones CRUD sobre entidades de túnel. Los túneles corresponden al área subterránea donde se realizan los procesos de extracción. Cada túnel se divide en una o más secciones. Cada sección puede contener uno o más concentradores de datos. Al túnel se le especifican datos como

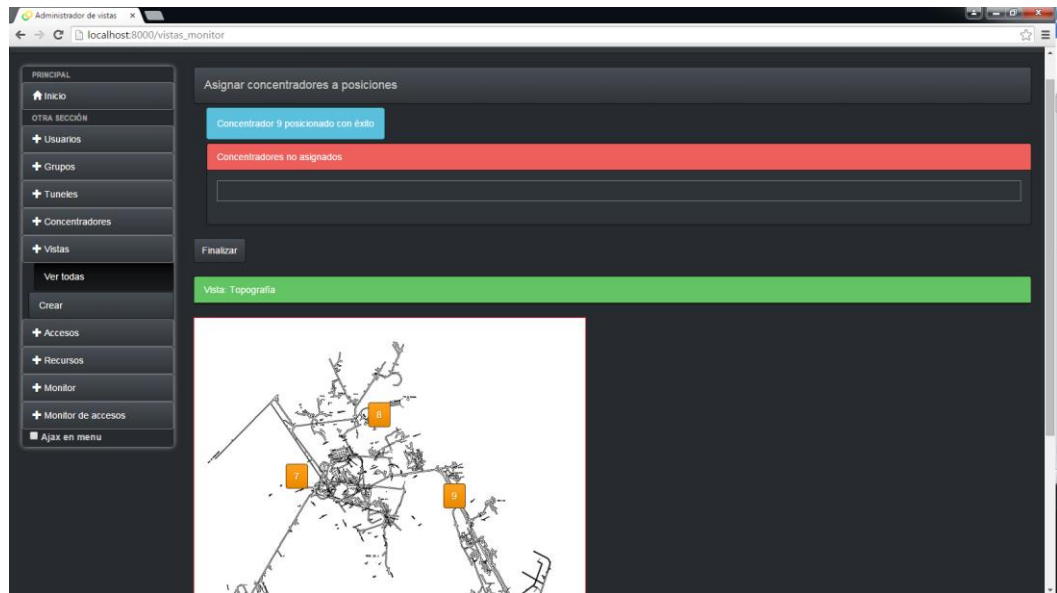


longitud y profundidad promedio. Las secciones tienen también cierta longitud. Véase la Figura 15.



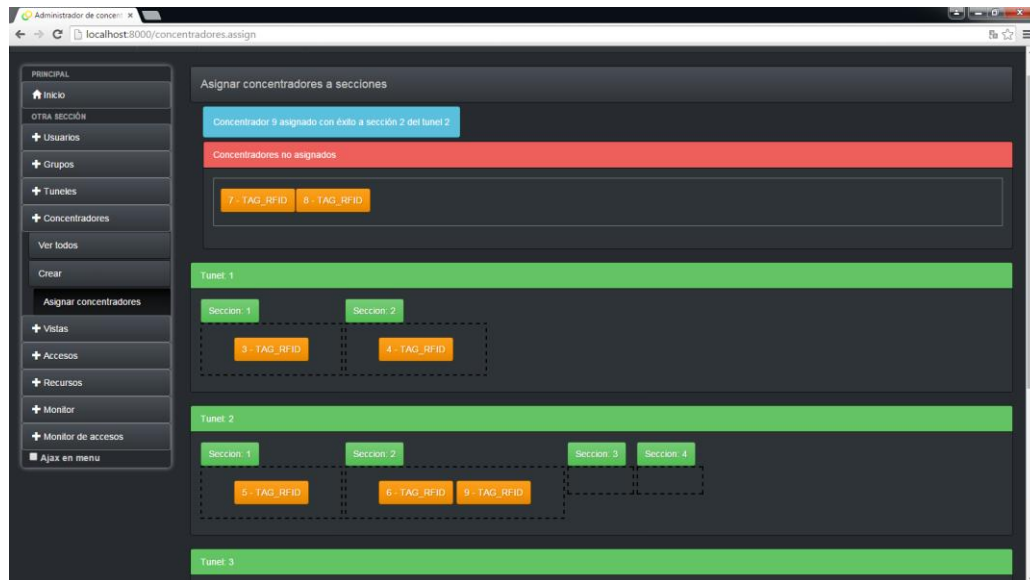
**Figura 15. Secciones de un túnel.** Al crear un túnel es posible añadir una o más secciones en las cuales se dividirá el mismo.

2. Administración de vistas. A través de esta sección es posible crear y administrar vistas de monitor. La idea central consiste en que una vista estará conformada por una imagen en perspectiva superior del área a monitorear. Por ejemplo un acercamiento de una imagen satelital. Esta imagen puede ser tan simple o compleja como el usuario prefiera. Sobre la imagen serán posicionados los concentradores de datos en su sitio correspondiente (mediante drag & drop de un elemento html). Véase la Figura 16.



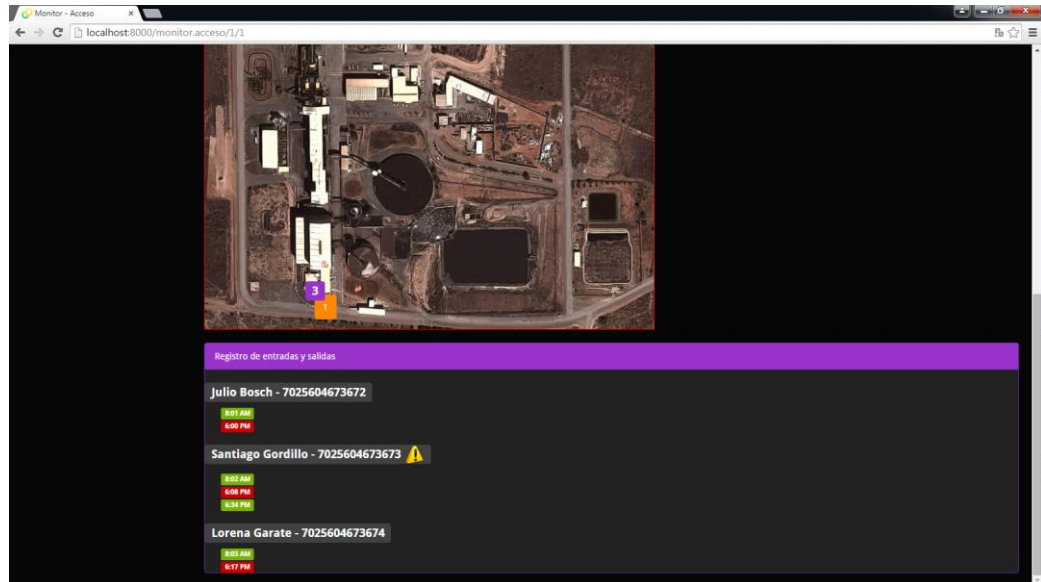
**Figura 16. Posicionamiento de concentradores en una vista.** Una vista se compone de uno o más concentradores localizados en algún punto de una imagen referente al área a monitorear.

3. Asignación de concentradores. En este módulo de la plataforma, el usuario puede asignar uno o más concentradores a las secciones de los túneles. En un contenedor se muestran los concentradores que no están asignados. Para asignar un concentrador a una posición el usuario solo debe “arrastrar” el elemento html desde el panel correspondiente y “soltar” el mismo en la sección elegida. Véase la Figura 17.



**Figura 17. Asignación de concentradores.** En esta interfaz, los concentradores que no están asignados a otra sección, o bien posicionados en alguna vista o acceso, pueden ser asignados a las secciones de los tuneles.

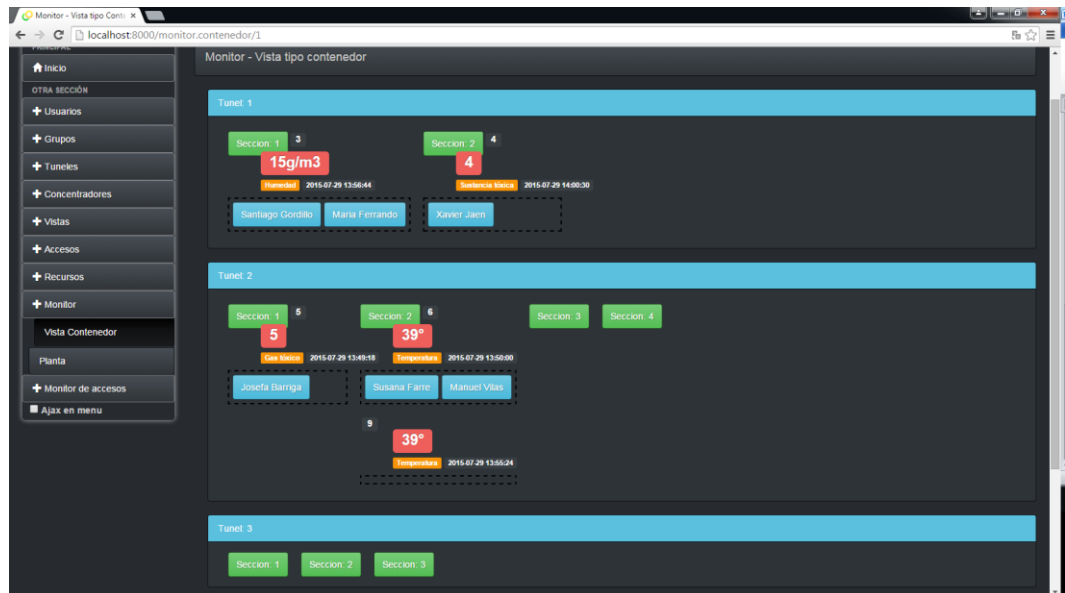
4. Monitor de accesos. Estas interfaces permiten monitorear la entrada y salida de personal en el (los) punto(s) de acceso. También es posible consultar el registro de entradas y salidas actual, o bien, realizar la consulta del mismo en algún día específico. Véase la Figura 18.



**Figura 18. Monitor de acceso.** Despliega la cantidad de recursos detectados al momento. Es posible consultar los datos de estos recursos. También muestra el registro de entradas y salidas por día y una alerta al detectar algo anómalo. Como una persona que ha entrado pero aún no ha salido cuando ya debería haberlo hecho.

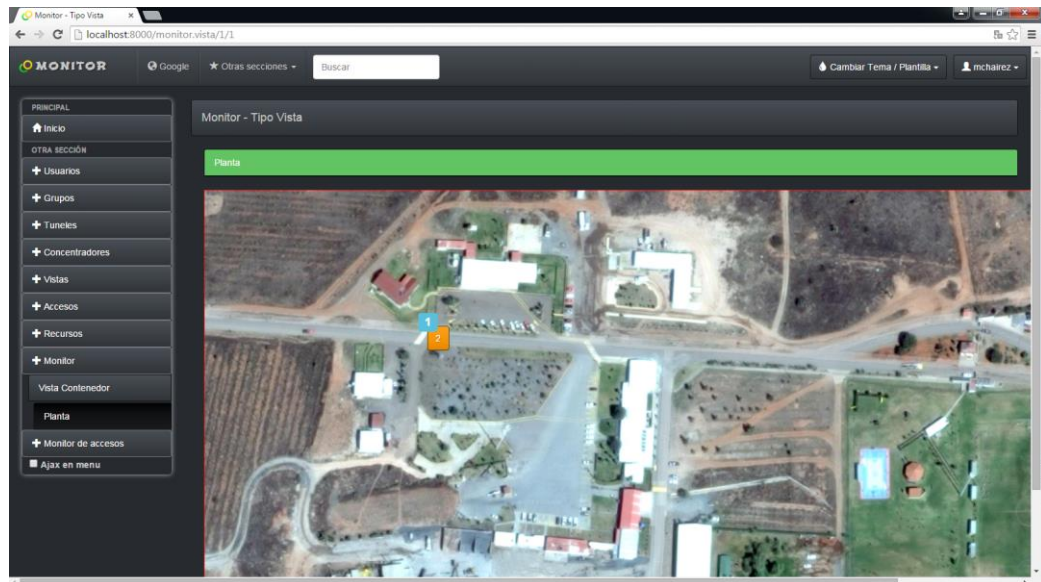
#### 4.5 Funciones de gestión del conocimiento de la plataforma

1. Monitor tipo contenedor. Esta función de monitoreo corresponde a la lógica de túneles y secciones. Se despliega una vista bastante similar a la usada para asignar los concentradores. Con la diferencia que ahora la vista estará mostrando los recursos que están siendo detectados por los concentradores. Es posible acceder a los datos de los recursos detectados. También se despliegan las alertas –gestionadas a través de la creación de modelos por el paquete RAP- en caso de existir en alguna sección donde el concentrador está colocado y se ha detectado una valor anómalo por alguno de sus sensores. Véase la Figura 19.



**Figura 19. Vista tipo contenedor.** Muestra los recursos detectados, así como los valores de alertas detectadas por los sensores de los concentradores.

2. Monitor tipo vista. Esta función de monitoreo corresponde a la lógica de vistas (una imagen superior con un conjunto de concentradores distribuidos sobre la misma). Al igual que el monitor descrito en el punto anterior esta vista estará mostrando los recursos detectados por los concentradores, y en caso de existir una alerta, gestionada a través de los modelos RDF, desplegará el distintivo adecuado para que el usuario tome la acción pertinente. Como sacar al personal de esa sección, o enviar un equipo de rescate. Véase la Figura 20.



**Figura 20. Monitor tipo vista.** Muestra los recursos detectados por los concentradores, y en caso de existir una alerta envía la advertencia correspondiente al usuario.

3. Modelo RDF para alertas. Utilizando el paquete de software RAP, se crean ficheros PHP que implementan el API de la librería mencionada. Estos scripts permiten almacenar los datos sobre las alertas detectadas por los sensores de los concentradores. La información se persiste en un modelo de conocimiento RDF. De este modo, se mantiene un histórico de datos burdos transformados en contingencias, a través de un formato orientado a la definición de modelos de conocimiento. El modelo RDF permite a gestores de conocimiento catalogar la información. Esta información es utilizada con propósitos de respuesta oportuna, por ejemplo el despliegue de mensajes precautorios. También permite realizar consultas que ayuden en la toma de decisiones, ya que el histórico de alertas, también puede ser visto como la experiencia conjunta sobre situaciones de riesgo desde la perspectiva de seguridad ocupacional.

De este modo, es posible inferir situaciones futuras que puedan poner en riesgo la integridad de los trabajadores. Por ejemplo, un suceso repetitivo, como puede ser la liberación de gases tóxicos en cierta sección de cierto túnel. En la Figura 21 se muestra un fragmento del modelo de conocimiento RDF para alertas, serializado en XML; uno de los posibles formatos de lectura –para usuarios y máquinas- de modelos conocimiento.

```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
2 <!-- Generated by RdfSerializer.php from RDF RAP.
3 # http://www.wiwiss.fu-berlin.de/suhl/bizer/rdfapi/index.html !-->
4
5 <rdf:RDF
6   xml:base="C:/xampp/htdocs/monitor/app/rap/alertas.rdf#"
7   xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
8   xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
9   xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
10  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
11  xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/"
12  xmlns:dcterms="http://purl.org/dc/terms/"
13  xmlns:vcard="http://www.w3.org/2001/vcard-rdf/3.0#"
14  xmlns:ns1="http://www.monitor.com/myVocabulary/"
15
16
17 <rdf:Description rdf:about="http://www.monitor.com/alerta57.html">
18   <ns1:creator>Concentrador4</ns1:creator>
19   <ns1:id>57</ns1:id>
20   <ns1:sensor>Gas tóxico</ns1:sensor>
21   <ns1:value>5</ns1:value>
22   <ns1:unit_of_measure>gt</ns1:unit_of_measure>
23   <ns1:tunnel>Tunel 1</ns1:tunnel>
24   <ns1:section>2</ns1:section>
25   <ns1:vista><![CDATA[]]></ns1:vista>
26   <ns1:date>2015-07-29 11:03:46</ns1:date>
27 </rdf:Description>
28
29 <rdf:Description rdf:about="http://www.monitor.com/alerta58.html">
30   <ns1:creator>Concentrador9</ns1:creator>
31   <ns1:id>58</ns1:id>
32   <ns1:sensor>Temperatura</ns1:sensor>
33   <ns1:value>43</ns1:value>
34   <ns1:unit_of_measure>°</ns1:unit_of_measure>
35   <ns1:tunnel>Tunel 5</ns1:tunnel>
36   <ns1:section>3</ns1:section>
37   <ns1:vista>1</ns1:vista>
38   <ns1:date>2015-07-29 14:16:51</ns1:date>
39 </rdf:Description>
40
41 <rdf:Description rdf:about="http://www.monitor.com/alerta58.html">
42   <ns1:creator>Concentrador11</ns1:creator>

```

**Figura 21. Modelo RDF de alertas.** En formato XML, se despliega un fragmento del modelo RDF generado para la persistencia de las alertas detectadas por los sensores.

4. Modelo RDF para procesos. Tal como se menciona en el punto anterior, también se crea un modelo RDF pero orientado a la persistencia de datos sobre procesos. En la Figura 22 se observa un ejemplo de un proceso almacenado en el modelo, que describe el avance realizado en una tarea de perforación en cierto túnel. Este modelo permite madurar conocimiento acerca de las tareas



desempeñadas por los trabajadores. Esto con el objetivo de determinar mecanismos para incrementar la eficiencia de las actividades laborales. Por ejemplo: rotación de personal, determinación de las secciones con mayor avance, determinación de los túneles que mayor tiempo involucran en cierta labor, etc.

```

procesos.rdf
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
2 <!-- Generated by RdfSerializer.php from RDF RAP.
3 # http://www.wiwiss.fu-berlin.de/suhl/bizer/rdfapi/index.html !-->
4
5 <rdf:RDF
6   xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
7   xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
8   xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
9   xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
10  xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/"
11  xmlns:dcterms="http://purl.org/dc/terms/"
12  xmlns:vcard="http://www.w3.org/2001/vcard-rdf/3.0#"
13  xmlns:ns1="http://www.monitor.com/myVocabulary/">
14
15  <rdf:Description rdf:about="http://www.monitor.com/proceso_Perforacion.html">
16    <ns1:creator>Manuel Chairez</ns1:creator>
17    <ns1:description>Perforación en la sección 22 del tunel 3</ns1:description>
18    <ns1:unit_of_measure>Metros</ns1:unit_of_measure>
19    <ns1:feedrate>18</ns1:feedrate>
20    <ns1:duration_in_minutes>360</ns1:duration_in_minutes>
21    <ns1:worker>Pablo Ramirez</ns1:worker>
22    <ns1:colaborator>Hugo Lopez</ns1:colaborator>
23    <ns1:colaborator>Luis Renteria</ns1:colaborator>
24    <ns1:date>2015-08-06 13:36:01</ns1:date>
25  </rdf:Description>
26
27 </rdf:RDF>
28
29

```

**Figura 22. Triple almacenado en el modelo RDF para descripción de procesos.** Se almacenan datos como unidad de medida del avance, tasa de avance, tiempo, trabajadores involucrados, fecha.

5. Modelo RDF para situaciones. Finalmente, se crea otro modelo RDF en el cual se almacenan situaciones que han puesto en riesgo la salud y/o seguridad ocupacional de uno o más trabajadores. Este histórico se mantiene para satisfacer mecanismos de inferencia, que permitan

anteponerse a cierta situación. Por ejemplo, véase que en la Figura 23 se describe una situación que detalla el tiempo al cual -con cierta calidad de aire- tres trabajadores vieron afectadas sus funciones vitales. Se especifica también, el túnel y la sección de la situación. En una situación futura, algún usuario involucrado en cuestiones de seguridad, puede tomar la decisión de evacuar de cierta zona al personal ahí localizado, cuando el sistema le notifique que la situación se acerca a los parámetros de una situación similar previa, misma que causó malestares a los trabajadores.

```
situations.rdf
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
2 <!-- Generated by RdfSerializer.php from RDF RAP.
3 # http://www.wiwiss.fu-berlin.de/suhl/bizer/rdffapi/index.html !-->
4
5 <rdf:RDF
6   xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
7   xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
8   xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
9   xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
10  xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/"
11  xmlns:dcterms="http://purl.org/dc/terms/"
12  xmlns:vcard="http://www.w3.org/2001/vcard-rdf/3.0#"
13  xmlns:ns1="http://www.monitor.com/myVocabulary/"
14
15  <rdf:Description rdf:about="http://www.monitor.com/situation_1.html">
16    <ns1:creator>Manuel Chairez</ns1:creator>
17    <ns1:description>Una calidad de aire de 158 IMECA afectó la labor de PR, HL, LR después de estar en
18    <ns1:time_in_minutes>240</ns1:time_in_minutes>
19    <ns1:air_Quality>158</ns1:air_Quality>
20    <ns1:worker>Pablo Ramirez</ns1:worker>
21    <ns1:another_affected_worker>Hugo Lopez</ns1:another_affected_worker>
22    <ns1:another_affected_worker>Luis Renteria</ns1:another_affected_worker>
23    <ns1:tunnel>Tunel 1</ns1:tunnel>
24    <ns1:section>2</ns1:section>
25    <ns1:date>2015-08-06 12:24:03</ns1:date>
26  </rdf:Description>
27
28 </rdf:RDF>
29
```

**Figura 23. Sentencia RDF de una situación.** Se muestra la definición de un triple RDF que detalla una situación que causo malestares a ciertos trabajadores.

## Capítulo 5. Conclusiones

---

En el presente capítulo se plantean las conclusiones de la investigación desde la perspectiva de los objetivos, del desarrollo realizado y del trabajo futuro. Estas conclusiones intentan ofrecer al lector un nuevo paradigma de salud y seguridad ocupacional, en auge.

### 5.1 Retrospectiva de objetivos

Conforme al objetivo general de la investigación (apartado 1.3), se crea una colaboración sinérgica entre áreas científicas como ingeniería de software, ingeniería electrónica y gestión de conocimiento, para producir el software **plataforma de monitoreo**. La ingeniería de software provee el medio para la construcción de la plataforma mediante un paradigma de desarrollo formal. La ingeniería electrónica permite la construcción del concentrador de datos, capaz de detectar recursos mediante RFID y de obtener parámetros a través de los sensores de datos. La gestión del conocimiento permite la organización de la información cruda proveniente de los sensores, así como la producción de modelos de conocimiento para fomentar el crecimiento de la experiencia organizacional, acerca de alertas, procesos y situaciones. Así, el sistema visto en su totalidad (es decir, desde la electrónica, pasando por la organización de la información, hasta los elementos visuales en el software) permite a los usuarios desempeñar funciones de monitoreo beneficiando la salud y la seguridad de los obreros en la minería. La plataforma de monitoreo se postula como un proyecto/producto potencial que permite a la industria minera, no solo cumplir con funciones de monitoreo de recursos, si no ir más allá, al

encontrar un beneficio de humanidad. Esto debido a que permite responder con más eficiencia ante los incidentes. Por ejemplo, al saber con exactitud que tags RFID se encuentran en una sección incomunicada de algún túnel. Y no solo esto, si no saber cuáles son los datos generales de las personas a las que pertenecen esos tags. Y aún más, consultar datos como tipo de sangre, padecimientos médicos, alergias a ciertos medicamentos, etc. Ergo, en una situación de este tipo, los responsables de seguridad podrán enviar un equipo de rescate más eficiente, en lugar del ya persistente caso de catástrofe en minería, en el cual no se sabe al menos la cantidad exacta de personas en un área afectada, por mencionar un ejemplo. Otro beneficio es que la plataforma permite anticiparse a situaciones de riesgo, por ejemplo al gestionar umbrales de seguridad en los sensores. Para muestra, quizás un sensor de humedad o temperatura está por salir del umbral, las alertas gestionadas mediante un modelo de conocimiento permiten desplegar en la plataforma la alarma correspondiente; el responsable de seguridad en turno, podría sacar del área a los trabajadores antes de que entren en situación de riesgo por deshidratación. Otro ejemplo pudiera ser que cierto trabajador se encuentra laborando en un área donde la calidad del aire no es la más óptima. Al existir un modelo de conocimiento donde se almacenan situaciones de riesgo previas (*Juan Perez sufrió un desmayo al laborar 5 horas seguidas en un área con un índice de calidad de aire de 120*) a través de la plataforma el centro de seguridad puede tomar la decisión de evacuar del área al trabajador, antes de que llegue a un valor similar al de las situaciones previas.

Al momento la plataforma permite seguir dos lógicas de monitoreo. La primera se basa en la creación de túneles y secciones. Así como la asignación de los concentradores a las secciones, para producir una vista tipo paneles. En estos contenedores se despliegan los recursos y/o alarmas detectadas en cierta sección. La segunda lógica, está basada en vistas, que de una manera sencilla

se traduce en la utilización de una imagen en perspectiva superior del área a monitorear (por ejemplo la planta de la mina). A esta imagen se le colocan de manera virtual los concentradores en la posición en que fueron instalados físicamente respecto a la imagen/mapa. Así se observa un plano más real del área observada y se proporciona una idea más clara acerca de la localización física de los recursos.

Referente a la investigación teórica y práctica llevada a través del proceso de revisión sistemática, la cual permite establecer un marco teórico conciso, mismo que sirve para delimitar el contexto y alcance –actual- del trabajo. La creación de un protocolo de revisión sistemática propio, también facilita el establecimiento del estado del arte de manera precisa (Anexo 1). En términos de esta tesis y al finalizar la revisión sistemática, se seleccionan finalmente un total de 16 trabajos relacionados. Asimilando todos ellos funciones de monitoreo principalmente mediante RFID, y con el objetivo de beneficiar a las personas en situaciones laborales o cotidianas. Y se diferencian de este trabajo, principalmente en el sector de aplicación, en las áreas científicas involucradas y en el avance mismo de sus investigaciones (algunas son prototipos, otras propuestas, otras ya en operación).

Respecto al paradigma de desarrollo utilizado, es decir, una adaptación de SCRUM, se observa viable y efectivo como un framework de desarrollo ágil. Permite robustecer la plataforma conforme las necesidades e ideas surgen, al tiempo que proporciona control sobre el desarrollo mismo. Así mismo, integrar actividades de métodos como QAW y ADD para la definición de arquitectura, durante la creación de historias de usuario (requerimientos) solventa un diseño iterativo de la arquitectura de la plataforma. Este diseño está sujeto a cambios y a futuras reestructuraciones, y con un impacto aceptable.

En términos de la gestión de conocimiento, la plataforma cuenta con funciones para la creación de modelos de conocimiento. Estos modelos tienen como objetivo crear un histórico de la experiencia organizacional. También son utilizados para inferir datos. Por ejemplo el modelo que se enriquece con las alertas detectadas por los sensores de cada concentrador. Almacenando datos como fecha de la alerta, túnel y sección de la misma o bien su localización respecto a cierta vista, así como el sensor y el valor detectado que levantó la alerta. Estas alertas son desplegadas en tiempo real en las interfaces de monitoreo. También está el modelo de conocimiento para almacenar situaciones de riesgo. En las cuales se describe una anomalía en el ambiente de trabajo que afectó las funciones de uno o más trabajadores. Gestiona otros datos como el túnel y la sección donde ocurrió, la fecha y el tiempo transcurrido hasta que la situación causó estragos al personal. Estas situaciones de riesgo permiten inferir situaciones futuras, con el objetivo de anticiparse a ellas para garantizar la seguridad del obrero. Por otra parte se crea un modelo de conocimiento para la persistencia de procesos. Estos tienen una forma de descripción a modo de tarea. La cual incluye campos genéricos para tasas de avance y la unidad de medida respectiva (*18 metros de perforación*, por ejemplo). También almacena la duración de la tarea, el trabajador responsable, colaboradores involucrados y el área donde se desempeñó la misma (túnel y sección por ejemplo). Este modelo de conocimiento representa una base de experiencia sobre la eficiencia en las tareas, con el objetivo de analizarlas a través de la consulta de datos para que posteriormente los responsables de la toma de decisiones puedan mejorarlas.

La plataforma se define como un software en evolución. Es robusto y escalable. La plataforma puede ser adaptada (con previos ajustes) a otros sectores que de manera similar requieran una lógica de monitoreo orientada a la salud y seguridad de las personas.

## 5.2 Trabajo futuro

Sería poco preciso definir determinantemente las características de la siguiente evolución de la plataforma. En gran medida es debido a que su mayor crecimiento vendrá cuando la plataforma tenga la oportunidad de desempeñarse en un entorno formal de una mina en operación. Sin embargo, algunas de las tareas futuras que el autor detecta pueden ser las siguientes:

- Robustecer la plataforma mediante funciones para la definición de tareas, actividades, roles, turnos, responsabilidades, tiempos, respecto a los procesos de extracción y producción.
- Añadir otros tipos de interfaces de monitoreo. Por ejemplo: vistas similares a las que se observan en los centros de control de trenes subterráneos, o vistas de seguimiento sobre cierto personal, o sobre cierta maquinaria.
- Crear funcionalidades para consulta y reporte de datos específicos.
- Crear una API propia para la gestión del conocimiento basada en PHP. Esto con el objetivo de no depender de un paquete externo (ahora se usa la librería RAP) que pueda en algún punto quedarse sin mantenimiento. Y también, con la intención de robustecer dicha API con la ayuda de expertos en gestión de conocimiento, para el beneficio de la comunidad científica inmiscuida en tal área.
- Adaptar la plataforma para generar una versión genérica de la misma que pueda aplicarse a cualquier sector que involucre RFID, monitoreo, seguridad y salud de las personas.
- Acordar la instalación formal de la plataforma en un entorno real de mina, con el fin de robustecer el software, mediante los

requerimientos y necesidades que de su ejecución, pruebas y del análisis de los involucrados resulten.



---

## Referencias

- [1] CAMIME. Situación de la minería mexicana en 2013, Informe anual [online]. México: CAMIME, 2014. Consultado el 1 de agosto de 2014  
Disponible en:  
<https://camimex.org.mx/index.php/secciones1/publicaciones/informe-anual/informe-anual-2014/>
- [2] L. M. Reidl-martínez, “Marco conceptual en el proceso de investigación,” vol. 1, no. 3, pp. 146–151, 2012.
- [3] I. Somerville, “Introducción”, en Ingeniería del Software, Pearson Educación: Madrid, 2005, pp. 6–16.
- [4] IEEE, “IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology (IEEE Std 610.12-1990). Los Alamitos,” *CA IEEE Comput. Soc.*, vol. 121990, 1990.
- [5] R. Presman, “Modelos del proceso”, en Ingeniería de software un enfoque práctico, McGraw Hill: México, 2006, pp 26-54
- [6] R. Anaya, “Una visión de la enseñanza de la ingeniería de software como apoyo a las empresas de software,” *Rev. Univ. Eafit*, vol. 42, no. 141, pp. 60–76, 2006.
- [7] K. Beck, M. Beedle, A. Van Bennekum, A. Cockburn, W. Cunningham, M. Fowler, J. Grenning, J. Highsmith, A. Hunt, R. Jeffries, J. Kern, B. Marick, R. C. Martin, S. Mellor, K. Schwaber, J. Sutherland, and D. Thomas, “Agile Manifesto, Software Development”, 2001.
- [8] K. Schwaber and M. Beedle, *Agile Project Management with Scrum*, no. Cmm. 2001, p. 158.
- [9] *Curso de Certificación SCRUM Master “CSM”*, Manual, SCRUM México, México D.F., 2014
- [10] Is2200 community, Agile Methods Of Software Development [online], 2013. Consultado el 2 de febrero de 2015. Disponible en:

<https://eternalsunshineoftheismind.wordpress.com/2013/02/04/agile-methods-of-software-development-2/>

[11] Google Public Data, Usuarios de internet como porcentaje de la población [online], 2009. Consultado el 2 de febrero de 2015. Disponible en: [http://www.google.com/publicdata/explore?ds=wb-wdi&met=sp\\_pop\\_totl&idim=country:MEX&dl=es&hl=es&q=poblacion+mexico#!ctype=l&strail=false&bcs=d&nselm=h&met\\_y=it\\_net\\_user\\_p2&scale\\_y=lin&ind\\_y=false&rdim=country&ifdim=country&tdim=true&tstart=638172000000&tend=1237788000000&hl=es&dl=es&ind=false](http://www.google.com/publicdata/explore?ds=wb-wdi&met=sp_pop_totl&idim=country:MEX&dl=es&hl=es&q=poblacion+mexico#!ctype=l&strail=false&bcs=d&nselm=h&met_y=it_net_user_p2&scale_y=lin&ind_y=false&rdim=country&ifdim=country&tdim=true&tstart=638172000000&tend=1237788000000&hl=es&dl=es&ind=false)

[12] Banco Mundial, Usuarios de Internet (por cada 100 personas) [online], 2015. Consultado el 2 de febrero de 2015. Disponible en: <http://datos.bancomundial.org/indicador/IT.NET.USER.P2>

[13] Rafael Barzanallana, Historia del desarrollo de aplicaciones web [online], 2012. Consultado el 2 de febrero de 2015. Disponible en: <http://www.um.es/docencia/barzana/DIVULGACION/INFORMATICA/Historia-desarrollo-aplicaciones-web.html>

[14] C. Lluis, “¿ Web 2 . 0 , Web 3 . 0 o Web Semántica ? : El impacto en los sistemas de información de la Web,” *Revista*, p. 16, 2009.

[15] J. Hendler, “Web 3.0 emerging,” *Computer (Long Beach Calif.)*, vol. 42, no. January, pp. 111–113, 2009.

[16] Wikipedia, System Monitor [online], 2014. Consultado el 3 de febrero de 2015. Disponible en: [http://en.wikipedia.org/wiki/System\\_monitor](http://en.wikipedia.org/wiki/System_monitor)

[17] Wikipedia, System Monitoring [online], 2014. Consultado el 3 de febrero de 2015. Disponible en: [http://en.wikipedia.org/wiki/System\\_monitoring](http://en.wikipedia.org/wiki/System_monitoring)

[18] R. Want, “An introduction to RFID technology,” *IEEE Pervasive Comput.*, vol. 5, pp. 25–33, 2006.

[19] A. N. Nambiar, “RFID technology: A review of its applications,” *Proc. World Congr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 2, pp. 1253–1259, 2009.

- [20] C. Roberts, "Radio frequency identification (RFID)," *Comput. Secur.*, vol. 25, no. 1, pp. 18–26, 2006.
- [21] A. Barragán Ocaña, "An approach to taxonomy of knowledge management models," *Intang. Cap.*, vol. 5, no. 1, pp. 65–101, 2009.
- [22] M. Koenig, What is KM? Knowledge Management Explained [online], 2012. Consultado el 6 de febrero de 2015. Disponible en: <http://www.kmworld.com/Articles/Editorial/What-Is-.../What-is-KM-Knowledge-Management-Explained-82405.aspx>
- [23] G. L. Giraldo and G. a U. Giraldo, "Las Ontologías En La Ingeniería De Software : Un Acercamiento De Dos Grandes Áreas Del Ontologies in Software Engineering : Approaching Two Great Knowledge Areas," vol. 9, no. 16, pp. 91–99, 2010.
- [24] I. Jurisica, J. Mylopoulos, and E. Yu, "Ontologies for Knowledge Management: An Information Systems Perspective," *Knowl. Inf. Syst.*, vol. 6, no. 4, pp. 380–401, 2004.
- [25] G. Barchini, M. Álvarez, and S. Herrera, "SISTEMAS DE INFORMACIÓN: NUEVOS ESCENARIOS BASADOS EN ONTOLOGÍAS INFORMATION SYSTEMS: NEW ONTOLOGY-BASED SCENARIOS," *J. Inf. Syst. Technol. Manag.*, vol. 3, no. 1, p. 15, 2006.
- [26] Z. G. Ives and S. Auer, "Integrating Ontologies and Relational Data Integrating Ontologies and Relational Data," no. November, 2007.
- [27] J. E. Gaytán, "Administración del Conocimiento en Mejora de Procesos de Desarrollo de Software : Integración de las Ontologías de Six Sigma , CMMI-DEV v . 1 . 3 y SWEBOK 2004", CIMAT, 2014.
- [28] Peter Belohlavek, Ontología de la velocidad interna de toma de decisiones [online], 2011. Consultado el 15 de febrero de 2015. Disponible en: <http://unicist.org/ucu-es/ontologia-de-la-velocidad-interna-de-toma-de-decisiones/>
- [29] Z. Ramírez Céspedes, "Las ontologías como herramienta en la Gestión del Conocimiento Ontologies as a Knowledge Management Tool," 2006.

- [30] M. . Corniel, L. . Ramos, A. M. . Borges, L. . Contreras, and R. . Gil, “Ontological model as support for decision making in study opportunities [Modelo ontológico como apoyo a la toma de decisiones en oportunidades de estudio],” *Rev. la Fac. Ing.*, vol. 25, no. 3, pp. 29–37, 2010.
- [31] C. K. H. Lee, K. L. Choy, G. T. S. Ho, and K. M. Y. Law, “A RFID-based Resource Allocation System for garment manufacturing,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 40, no. 2, pp. 784–799, 2013.
- [32] T. Nakahara and K. Yada, “Analyzing consumers’ shopping behavior using RFID data and pattern mining,” *Adv. Data Anal. Classif.*, vol. 6, no. 4, pp. 355–365, 2012.
- [33] T. G. Stavropoulos, D. Vrakas, D. Vlachava, and N. Bassiliades, “BOOnSAI: A smart building ontology for ambient intelligence,” *Proc. 2nd Int. Conf. Web Intell. Min. Semant. - WIMS '12*, p. 1, 2012.
- [34] F. Hu, Y. Xiao, and Q. Hao, “Congestion-aware, loss-resilient bio-monitoring sensor networking for mobile health applications,” *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 27, no. 4, pp. 450–465, 2009.
- [35] J. Diaz, F. Diaz, V. Diaz, and S. Diaz, “Creating Traffic Knowledge System in Mexico : Applying RFID to Prevent the Vandalism,” pp. 2042–2050, 2010.
- [36] H.-K. Jeon, J.-H. Lee, K.-W. Rim, and Y.-J. Park, “Design of child’s safety management system based on ontology using context information of home network,” 2007.
- [37] R. S. Chen and M. (Arthur) Tu, “Development of an agent-based system for manufacturing control and coordination with ontology and RFID technology,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 36, no. 4, pp. 7581–7593, 2009.
- [38] J. Hu, F. L. Lewis, O. P. Gan, G. H. Phua, and L. L. Aw, “Discrete-Event Shop-Floor Monitoring System in RFID-Enabled Manufacturing,” vol. 61, no. 12, pp. 7083–7091, 2014.
- [39] A. Badpa, B. Yavar, M. Shakiba, and M. J. Singh, “Effects of Knowledge Management System in Disaster Management through RFID Technology Realization,” *Procedia Technol.*, vol. 11, no. Icteei, pp. 785–793, 2013.

- [40] A. J. Jara, M. A. Zamora, and A. F. Skarmeta, "Knowledge Acquisition and Management Architecture for Mobile and Personal Health Environments Based on the Internet of Things," *Trust. Secur. Priv. Comput. Commun. (TrustCom), 2012 IEEE 11th Int. Conf.*, pp. 1811–1818, 2012.
- [41] J. Álvarez, L. Soria, J. Ortega, and I. Cuadrado, "Prosthetic Memory: Object Memories and Security for Children," pp. 1175–1178, 2012.
- [42] A. Zalzalá, V. Strettle, S. Chia, and L. Zalzalá, "RFID Individual Tracking and Records Management: Solution for slum communities," no. March, pp. 45–55, 2015.
- [43] L. Catarinucci, R. Colella, A. Esposito, L. Tarricone, and M. Zappatore, "RFID sensor-tags feeding a context-aware rule-based healthcare monitoring system," *J. Med. Syst.*, vol. 36, no. 6, pp. 3435–3449, 2012.
- [44] Y. El Ghazali, É. Lefebvre, and L. a. Lefebvre, "The potential of RFID as an enabler of knowledge management and collaboration for the procurement cycle in the construction industry," *J. Technol. Manag. Innov.*, vol. 7, no. 4, pp. 81–102, 2012.
- [45] A. Hammad, V. Faridaddin, Z. Cheng, M. Mohammed, and D. Ahmad, "TOWARDS THE SMART CONSTRUCTION SITE: IMPROVING PRODUCTIVITY AND SAFETY OF CONSTRUCTION PROJECTS USING MULTI-AGENT SYSTEMS, REAL-TIME SIMULATION AND AUTOMATED MACHINE CONTROL," *Proc. 2012 Winter Simul. Conf.*, pp. 0–1, 2012.
- [46] J. P. Li, C. W. Hsu, C. L. Huang, G. J. Horng, and S. T. Cheng, "Using Ontology and RFID Technology to Develop an Agent-Based System for Campus-Safety Management," *Wirel. Pers. Commun.*, pp. 1483–1510, 2014.
- [47] P. Mian, T. Conte, A. Natali, J. Biolchini, and G. Travassos, "A systematic review process for software engineering," *Proc. 2nd Exp. Softw. Eng. Lat. Am. Work. (ESELAW' 05), Brazil*, 2005.
- [48] B. A. Kitchenham, T. Dybå, and M. Jørgensen, "Evidence-based Software Engineering," 2004.
- [49] B. Kitchenham and S. Charters, "Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering," *Engineering*, vol. 2, p. 1051, 2007.

- [50] R. Española, “Española de Calidad e Ingeniería del Software,” pp. 3–21, 2012.
- [51] T. Dybå, V. Kampenes By, and D. I. K. Sjøberg, “A systematic review of statistical power in software engineering experiments,” *Inf. Softw. Technol.*, vol. 48, no. 8, pp. 745–755, 2006.
- [52] M. Jørgensen and M. J. Shepperd, “A Systematic Review of Software Development Cost Estimation Studies,” vol. 33, no. 1, pp. 33–53, 2007.
- [53] A. Groseclose, “The PBE Group's MineBoss 2.0 and solutions,” [online], 2013. Consultado el 4 de febrero de 2015. Disponible en: [https://www.youtube.com/watch?feature=player\\_embedded&v=salawy2FAyg](https://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=salawy2FAyg)
- [54] CIMAT A.C., Biblioteca – Recursos electrónicos, [online], 2013. Consultado el 9 de marzo de 2015. Disponible en: [http://www.cimat.mx/es/Recursos\\_Electronicos](http://www.cimat.mx/es/Recursos_Electronicos)
- [55] B. Weitzel, D. Rost and M. Scheffe, “Sustaining Agility through Architecture: Experiences from a Joint Research and Development Laboratory”. *Software Architecture (WICSA)*, pp. 53–56, 2014
- [56] SEI, Attribute-Driven Design Method [online]. Consultado el 1 de agosto de 2014. Disponible en: <http://www.sei.cmu.edu/architecture/tools/define/add.cfm>
- [57] SEI, Quality Attribute Workshop [online]. Consultado el 1 de agosto de 2014. Disponible en: <http://www.sei.cmu.edu/architecture/tools/establish/qaw.cfm>
- [58] PHP, What is PHP? [online]. Consultado el 16 de febrero de 2015. Disponible en: <http://php.net/manual/en/intro-what-is.php>
- [59] Laravel, Laravel Documentation, [online]. Consultado el 16 de febrero de 2015. Disponible en: <http://laravel.com/docs/4.2>
- [60] MSDN Patterns & Practices, Model-View-Controller [online]. Consultado el 17 de febrero de 2015. Disponible en: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ff649643.aspx>
- [61] SQLite Consortium, SQLite Welcome [online]. Consultado el 18 de febrero de 2015. Disponible en: <http://www.sqlite.org/>

- [62] Pivotal, What can Rabbit do for you? [online]. Consultado el 19 de febrero de 2015. Disponible en: <http://www.rabbitmq.com/features.html>
- [63] MQTT.org., MQTT [online]. Consultado el 19 de febrero de 2015. Disponible en: <http://mqtt.org/>
- [64] PECL Repository, SAM [online]. Consultado el 19 de febrero de 2015. Disponible en: <http://pecl.php.net/package/sam>
- [65] A. Espinosa, La importancia económica de la minería en México y las reformas fiscales para la industria [online], 2013. Consultado el 5 de mayo de 2015. Disponible en: <http://www.contorno.org.mx/articulos/documento/887/la-importancia-economica-de-la-mineria-en-mexico-y-las-reformas-fiscales-para-la-industria>
- [66] INEGI, Minería [online], 2010. Consultado el 5 de mayo de 2015. Disponible en: <http://cuentame.inegi.org.mx/economia/secundario/mineria/default.aspx?tema=E>
- [67] CNN Expansión, 5 desastres recientes de la minería en México [online], 2014. Disponible en: <http://www.cnnexpansion.com/negocios/2014/08/27/desastres-recientes-en-la-mineria-de-mexico>
- [68] E. Muñoz, “Knowledge management technology for integrated decision support systems in process industries” Tesis, *Esc. Tècnica Super. d’Enginyeria Ind. Barcelona Univ. Politècnica Catalunya*, 2011.
- [69] D. Westphal, C. Bizer, RDF API for PHP, Documentation, 2004, Disponible en : <http://wifo5-03.informatik.uni-mannheim.de/bizer/rdfapi/tests.html>

## **Anexos**

---

### **Anexo 1. Plantilla para el protocolo de revisión sistemática.**

#### **1. Planeación**

##### **1.1. Definición del protocolo de revisión**

Estructuración del plan base para llevar a cabo la revisión.

###### **1.1.1. Planteamiento del problema**

¿Que se pretende resolver con la investigación? O bien ¿Qué justifica la investigación? O por último ¿Qué motiva la investigación?

###### **1.1.2. Título de la investigación**

Título utilizado en el proyecto de investigación (tesis, artículo, poster).

###### **1.1.3. Palabras clave**

Keywords, utilizadas en el abstract de la tesis o artículo.

###### **1.1.4. Enfoque y objetivos de la revisión**

Que datos objetivos o subjetivos se pretenden obtener con la revisión; o bien, que objetivos particulares son trazados para conducir la revisión.

###### **1.1.5. Datos iniciales**

Qué es lo que ya se sabe sobre la investigación



### **1.1.6. Formulación de pregunta**

Transformación del planteamiento del problema en una pregunta clara, concisa y precisa.

### **1.1.7. Selección de idiomas**

En que idiomas se pretenden realizar las búsquedas.

### **1.1.8. Generación de cadena de búsqueda**

Frase a utilizar en la consulta de los motores de búsqueda.

#### **1.1.8.1. Selección de términos**

Derivados del análisis objetivo sobre la pregunta de investigación.

#### **1.1.8.2. Cadena de búsqueda**

Acomodo de los términos seleccionados en una cadena lógica de búsqueda.

#### **1.1.8.3. Variantes gramaticales**

Reacomodo de la cadena de búsqueda a la variante gramatical según los idiomas contemplados.

#### **1.1.8.4. Operadores booleanos**

Combinación de la (s) cadena (s) de búsqueda derivada (s) con los operadores lógicos AND, OR, NOT, según el criterio ingenieril del investigador con miras a obtener los mejores resultados de búsqueda. Ejemplo: Por sentido común los términos coche, color, rojo, negro, autopista x, contemplados

a buscar: “¿este color de automóviles se observa en una autopista x?”, serían más efectivos para realizar una búsqueda con el siguiente acomodo con operadores booleanos: coche AND (color rojo OR color verde) AND autopista x, que de esta forma: coche AND rojo OR verde and autopista x and color.

#### **1.1.8.5. Selección de frases lógicas**

Frase o frases seleccionadas para utilizar en la búsqueda.

### **1.2. Selección de fuentes**

#### **1.2.1. Fuentes digitales a consultar**

Listar recursos digitales de información científica y tecnológica en donde se pretenden buscar los estudios previos.

##### **1.2.1.1. Criterio de selección**

Características que hacen a una fuente candidata para la revisión.

##### **1.2.1.2. Método de búsqueda**

Por ejemplo, si será manual o automatizado.

#### **1.2.2. Tipos de documentos deseados**

Formatos específicos de los documentos deseados.

#### **1.2.3. Método**

Que método se seguirá para seleccionar una fuente. Por ejemplo: análisis de título, abstract y palabras clave.

## **2. Ejecución**

### **2.1. Criterios de inclusión**

Aspectos particulares por los cuales se considerará un estudio.

### **2.2. Criterios de exclusión**

Aspectos particulares por los cuales se descartará un estudio.

### **2.3. Selección de estudios**

#### **2.3.1. Identificación**

Todos los resultados positivos de las búsquedas con las cadenas lógicas, y los criterios definidos.

#### **2.3.2. Selección**

Estudios catalogados como potencialmente útiles luego de aplicar los criterios de inclusión y exclusión.

#### **2.3.3. Evaluación**

Estudios seleccionados luego de profundizar en cada uno de ellos.

## **3. Resultados**

### **3.1. Extracción de información**

#### **3.1.1. Tabla para recopilar datos**

Obtener datos de cada uno de los estudios derivados de la evaluación.

A continuación se despliega un formato de tabla sugerido para la extracción de información.

<b>Título</b>	
---------------	--

<b>Fuente</b>	
<b>Tipo de fuente</b>	
<b>Fecha</b>	
<b>Autores</b>	
<b>Abstract</b>	
<b>Keywords</b>	
<b>Síntesis de los objetivos</b>	
<b>Síntesis de las conclusiones</b>	
<b>Resultados objetivos</b>	
<b>Resultados</b>	
<b>País de aplicación</b>	
<b>Validación de la propuesta</b>	
<b>Factores de éxito</b>	
<b>Resultados subjetivos</b>	
<b>Abstracción e interpretación personal</b>	
<b>Información adicional solicitada/buscada</b>	

### 3.2. Síntesis de los artículos

#### 3.2.1. Redacción de resultados finales

En base a cada una de las tablas generadas se redactan los resultados manteniendo un enfoque hacia la propia investigación.

#### 3.2.2. Tabla comparativa

De acuerdo a los objetivos de la investigación, reflejar ventajas, carencias, avances, de los estudios con respecto al estudio propio de la investigación.

(Nota: no se genera plantilla para esta tabla, debido a que su contenido debe variar de acuerdo a los objetivos que la propia investigación y el autor estén buscando y a partir de ahí comparar con el resto de estudios previos).

