

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

Manuel Alberto Chairez Alvarado
Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT) Unidad
Zacatecas
manuel.chairez@cimat.mx

Edrisi Muñoz Mata
Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT) Unidad
Zacatecas
emunoz@cimat.mx

Resumen: La minería en México tiene presencia en 24 de las 32 entidades del país. Esta actividad se encuentra constantemente revisando sus estrategias de 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 el desempeño y la seguridad dentro de la industria minera.

Palabras clave: Minería, Ingeniería de Software, RFID, Gestión del conocimiento, Monitoreo, Procesos, Seguridad, Salud.

Resource monitoring platform based on knowledge management within mining

Abstract: Mining in México has presence in 24 of the 32 states of the country. This activity is constantly reviewing its growing and quality strategies. 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 performance and safety within mining.

Keywords: Mining, Software engineering, RFID, Knowledge management, Monitor, Processes, Safety, Health.

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. La minería formal debe construir y operar minas y plantas de alta calidad y con un enfoque sustentable. 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. Como resultado las condiciones locales y globales han motivado a las empresas mineras a revisar sus estrategias de crecimiento para ser más eficientes (CAMIME, 2014).

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.

El artículo sigue la siguiente estructura: La sección 2 expone la justificación del presente desarrollo; en la sección 3 se presenta la conceptualización inicial del trabajo; el apartado 4 describe brevemente el concentrador electrónico utilizado para la transmisión de datos detectados por los sensores; desde la sección 5 se aborda la descripción de los elementos principales para construir la base de la plataforma, como es: la metodología, la definición de arquitectura y la contextualización de las primeras vistas de monitoreo; finalmente en los apartados 6 y 7 se definen las conclusiones y el trabajo por realizar, respectivamente.

2. Justificación

Actualmente la tecnología tiene un alcance y aplicaciones que se usan para mejorar 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 de esta propuesta se basan en el monitoreo de diferentes recursos involucrados en los procesos mineros, con el fin de proveer información de calidad para prevenir situaciones de riesgo y contingencia que pongan en peligro la integridad del trabajador. Este trabajo tiene como objetivo el desarrollo de una plataforma de software que permita garantizar la salud y seguridad del trabajador, así como la minimización de los riesgos mediante funciones de

monitoreo en los procesos de extracción minera. Estas funciones de monitoreo se realizan 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 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.

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

3. Conceptualización inicial

A continuación se muestran los principales conceptos utilizados en este trabajo como base para el desarrollo y cumplimiento de los objetivos planteados en las secciones anteriores:

- **Fuentes de información.** Contemplan las actividades de análisis del dominio, tareas de modelado y diferentes secciones informáticas que permiten obtener información de calidad sobre los recursos. En esta información se incluyen:
 - Datos de los recursos humanos, físicos y materiales.
 - Datos de las funciones laborales.
 - Datos de los estándares de salud y seguridad.
 - Datos de la topografía.
 - Datos de los procesos.

- Datos de los mecanismos para la toma de decisiones.
- **Monitoreo de recursos y contingencias.** Conlleva al desarrollo de un motor de interacción entre una interfaz gráfica y los diversos concentradores de datos instalados en el proceso de extracción minera (dentro de los túneles de una mina) y en el proceso de producción minera (en la superficie y planta de producción). Esta interfaz es capaz de proveer:
 - Datos de respuesta ante contingencias (por ejemplo derrumbes en secciones de túneles):
 - Que recursos humanos se encuentran en la sección afectada.
 - Información y datos generales de los diferentes recursos humanos, por ejemplo: peso, estatura, tipo de sangre, teléfonos de emergencia, alergias a medicamentos, etc.
 - Información en tiempo real de la ubicación de los recursos a través de la topografía de la mina.
- **Seguridad y salud.** Desde esta perspectiva la plataforma contempla funciones que permiten analizar el medio ambiente de trabajo garantizando salud y seguridad para los recursos humanos. Esta funcionalidad se obtiene mediante la integración de diferentes estándares de salud y seguridad industrial. Por ejemplo:
 - El tiempo óptimo que un recurso humano debe permanecer en las diferentes secciones del proceso de extracción tomando en cuenta variables como: niveles de oxígeno, exposición a gases, protección de la vista, protección de la piel, etcétera.
 - Posteriormente esta plataforma debe responder mediante acciones concretas a diferentes situaciones de riesgo. Algunas acciones concretas contemplan:
 - Rutas de evacuación.
 - Establecimiento de áreas de seguridad.
 - Módulos de atención de salud, entre otros.
- **Mejora de procesos de toma de decisiones.** A través del modelo de conocimiento esta plataforma provee información de las actividades mineras. Como resultado se considera la inclusión de sugerencias para la toma de decisiones con la finalidad de mejorar la ejecución de los procesos:

- Análisis de los procesos con respecto a: tiempos, distancias, recursos involucrados, resultados, problemáticas, etc.
- Acciones concretas que soporten la mejora de los procesos: creación de grupos de trabajo, utilización de maquinarias, planificación de tareas, etc.
- **Tecnología de la información.** Este punto contempla todas las tareas de desarrollo de software que soporten las actividades de monitoreo y control con respecto a lo establecido. Por ejemplo:
 - Interfaces para gestión de la salud del trabajador.
 - Interfaces para administración de políticas de seguridad (reglas, estándares y protocolos.
 - Interfaz para consulta de niveles de contaminación y alarmas de contingencia.

4. 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 1 se observa el primer prototipo funcional del concentrador:

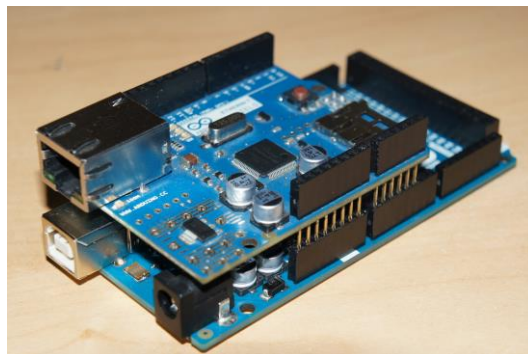


Figura 1. Prototipo funcional del concentrador de datos.

5. Desarrollo de la plataforma

5.1 Metodología ágil

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., (Weitzel, Rost, & Scheffe, 2014). Dada la naturaleza de este proyecto, misma que sigue un curso incremental respecto a la elección de los requisitos, se opta por utilizar 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 (Beck et al., 2001).

Para el desarrollo de la plataforma se usa 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 principal 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, Rost y Scheffe (Weitzel et al., 2014), es difícil encontrar un enfoque que provea una guía suficientemente detallada para llevar a cabo tal tarea.

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 (SEI, 2014) 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 (SEI, 2014) 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 comenzar a desarrollar dicha historia de usuario.

5.2 Definición de arquitectura de software

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 (PHP, 2014); Se utiliza Laravel por ser un proyecto de código libre, accesible pero potente, proveyendo herramientas de gran alcance necesarias para desarrollar aplicaciones grandes y robustas (Laravel, 2014), 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 (MSDN Patterns & Practices, 2014). 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 (SQLite Consortium, 2014), características 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 (Pivotal, 2014). MQTT es un protocolo de conectividad M2M, maquina a máquina (en inglés, machine to machine) útil para conexiones con locaciones remotas (MQTT ORG., 2014), 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 (PECL Repository, 2014).

Se usa SAM pues provee esta funcionalidad a través de una interfaz de software simple. 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 Figura 2 se puede apreciar el diseño conceptual (actual) de la plataforma.

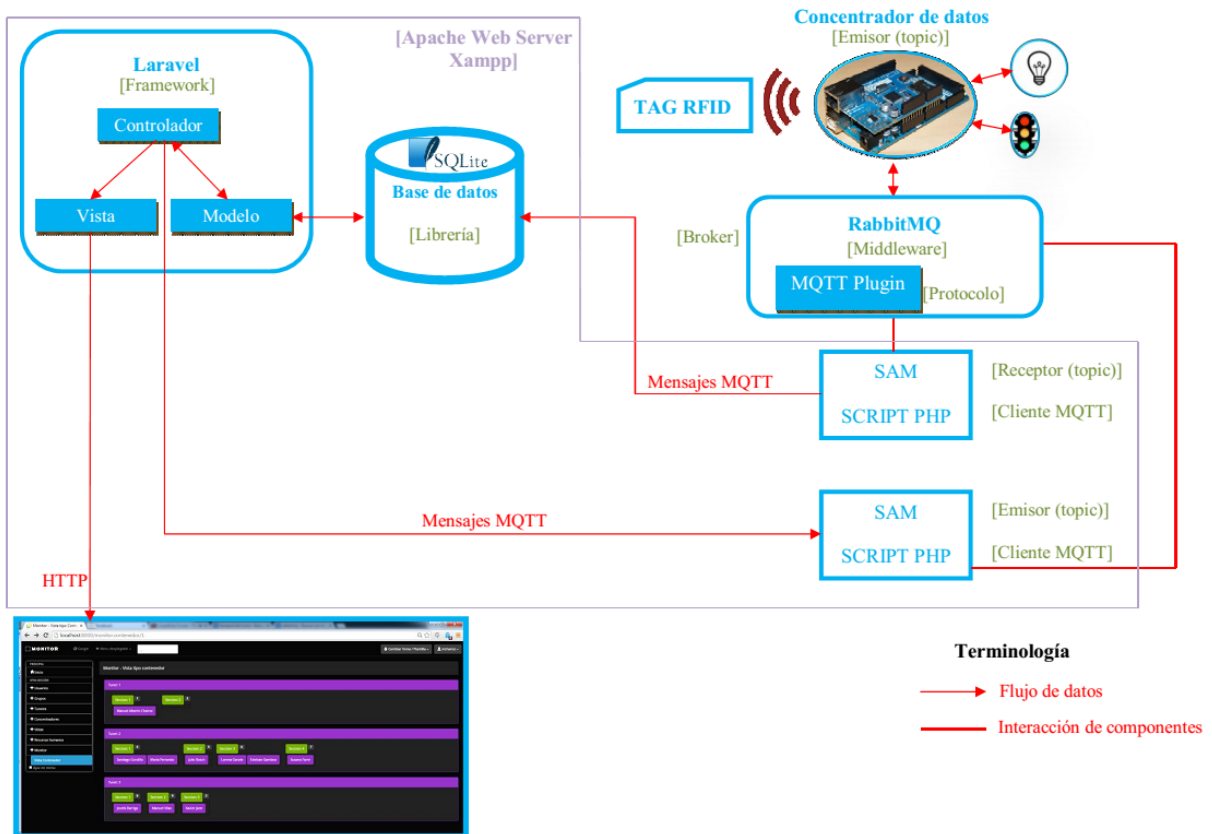


Figura 2. Diagrama de diseño conceptual de la aplicación. Vista general de la arquitectura.

5.3 Vista del monitor con lógica de túneles

La primera presentación visual del monitor se compone de:

- Un módulo que permite administrar (CRUD: crear, leer, actualizar y eliminar, por sus siglas en inglés) los concentradores. Cuenta con datos como: identificador del concentrador, topic al cual publica.
- Un módulo de administración que permite crear “n” túneles con datos como: nombre, longitud, profundidad promedio, etc. Para cada túnel, es posible agregar “n” secciones consecutivas, especificando la longitud correspondiente de cada una de ellas.
- Un módulo que permite asignar uno o más concentradores a cada sección, con una interfaz intuitiva que implementa la característica “drag and drop”.
- En la Figura 3 se presenta el despliegue de este tipo de vista del monitor, las secciones con concentrador(es) asignado(s) muestran el nombre del tag que ha sido detectado y que se encuentra ligado a un recurso. Es posible navegar desde tal elemento hacia el despliegue de los datos del recurso.

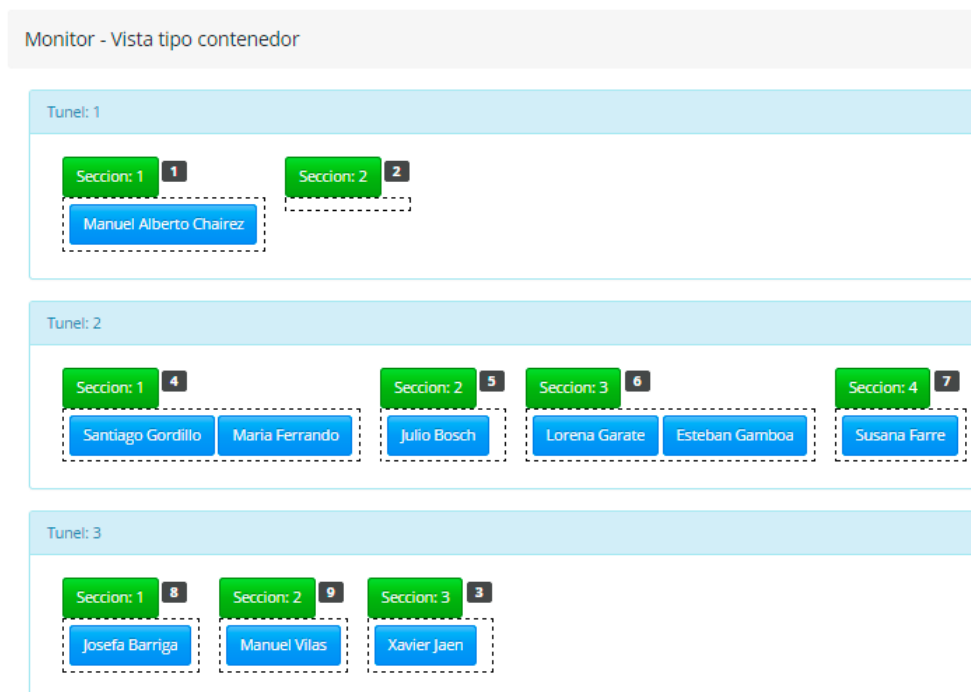


Figura 3. Vista tipo contenedor del monitor.

5.4 Vista del monitor con lógica de posicionamiento

Consta de un módulo que permite crear y administrar tantas vistas como el usuario requiera. Al crear la vista el usuario selecciona una imagen para utilizarse como fondo de la misma. Posteriormente es posible sobreponer de manera interactiva los concentradores en cualquier posición en la imagen, mediante la característica “arrastrar y soltar”. Cada una de las vistas creadas representa un enlace a interfaz de monitoreo en el menú principal. Al abrir una vista automáticamente comienza la función de monitoreo, permitiendo visualizar cada concentrador así como los recursos que han sido detectados mediante el uso de etiquetas. Además, es posible desplegar la información detallada de los recursos haciendo click sobre ellos. La Figura 4 muestra la imagen satelital de una mina, así como los concentradores que han sido añadidos.



Figura 4. Vista tipo posicionamiento de concentradores.

6. Conclusiones

El potencial de las tecnologías de la información, así como la madurez evolutiva de diversas áreas científicas y la interacción sinérgica de las mismas en el presente trabajo, proveen los medios para el desarrollo de la plataforma de gestión de recursos en la industria minera, con principal atención en la disminución de riesgos y la creación de un ambiente seguro de trabajo. La plataforma se postula con grandes oportunidades de escalabilidad, maduración y evolución que sean planteadas como estrategias para hacer más eficiente a la industria minera. La integración de otras áreas de investigación y tácticas de mejora, propicia la transformación de la plataforma haciéndola adaptable a diversos sectores de la industria.

7. Trabajo Futuro

7.1 Integración de modelo ontológico

Mediante el modelado de una ontología de conocimiento inherente al dominio de la industria minera, se robustece la plataforma de monitoreo. En el contexto de la computación y las ciencias de la información, una ontología define un conjunto de primitivas de representación con las cuales se modela un dominio de conocimiento. Estas primitivas representacionales son típicamente clases, atributos y relaciones (Gruber, 2009). La gestión de este conocimiento se lleva a cabo utilizando el software Protegé para el modelado. Una vez compuesta la ontología de conocimiento, se integra con la plataforma de monitoreo como una representación del modelado de datos en un nivel de abstracción por encima del diseño relacional. La ontología crea la posibilidad de utilizar un lenguaje de consulta como SPARQL (acrónimo para Protocol and RFD Query Language) para gestionar el conocimiento y proveer datos específicos para la toma de decisiones (W3.org, 2008).

Además se considera el desarrollo de actividades de análisis, recolección y modelado de datos para cumplir con las siguientes tareas fundamentales:

- Integración de ingeniería de procesos.
- Integración de estándares de salud ocupacional y seguridad.
- Inferencia de datos.
- Mecanismos automatizados para la toma de decisiones.

Agradecimientos

El apoyo otorgado por parte del CONACYT:

Título: Sistema modular de seguridad y monitoreo con infraestructura de bajo costo para la industria minera

Referencias

Cámara minera de México (CAMIME), *Situación de la minería mexicana en 2013, Informe anual 2014*. Consultado el 01 de agosto de 2014 en: <https://camimex.org.mx/index.php/secciones1/publicaciones/informe-anual/informe-anual-2014/>

Gruber, J. (2009). *Ontology*. *Encyclopedia of Database Systems*. Consultado el 18 de diciembre de 2014 en: <http://tomgruber.org/writing/ontology-definition-2007.htm>

Laravel. *Laravel Documentation*. Consultado el 15 de diciembre de 2014 en: <http://laravel.com/docs/4.2>

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.

Mario R. Barbacci et al, 2003, *Quality Attribute Workshops (QAWs), Third Edition*

MQTT.org. Consultado el 15 de diciembre de 2014 en: <http://mqtt.org/>

MSDN Patterns & Practices. Model-View-Controller. Consultado el 15 de diciembre de 2014 en: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ff649643.aspx>

PECL Repository. SAM. Consultado el 15 de diciembre de 2014 en: <http://pecl.php.net/package/sam>

PHP. What is PHP?. Consultado el 15 de diciembre de 2014 en: <http://php.net/manual/en/intro-what-is.php>

Pivotal. What can Rabbit do for you?. Consultado el 15 de diciembre de 2014 en: <http://www.rabbitmq.com/features.html>

SEI, Attribute-Driven Design Method. Consultado el 01 de agosto de 2014 en: <http://www.sei.cmu.edu/architecture/tools/define/add.cfm>

SEI, Quality Attribute Workshop. Consultado el 01 de agosto de 2014 en: <http://www.sei.cmu.edu/architecture/tools/establish/qaw.cfm>

SQLite Consortium. SQLite Welcome. Consultado el 15 de diciembre de 2014 en: <http://www.sqlite.org/>

Weitzel, B., Rost, D., & Scheffe, M. (2014). Sustaining Agility through Architecture: Experiences from a Joint Research and Development Laboratory. *Software Architecture (WICSA), ...*, 53–56. doi:10.1109/WICSA.2014.38

W3.org. (2008). SPARQL Query Language for RDF. Consultado el 18 de diciembre de 2014 en: <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>

Notas biográficas:



Manuel Alberto Chairez Alvarado Ingeniero en Sistemas Computacionales, egresado del Instituto Tecnológico de Zacatecas (ITZ), actualmente estudia la Maestría en Ingeniería del Software en el Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT) Unidad Zacatecas. Previo a esto ha laborado en la industria, en primera instancia como Ingeniero de Software contratado como outsourcing por la empresa Quarksoft, donde desempeño tareas de análisis, modelado y construcción de componentes

para sistemas institucionales para el sector gobierno. Laboró como asociado e ingeniero de software en la empresa Exodis, creada por el mismo y otros 4 socios, donde se dieron a la tarea de desarrollar sistemas tipo ventana aplicación, sitios web estáticos y dinámicos y consultoría para el sector comercial. Posteriormente labora como ingeniero de software para la Suprema Corte de Justicia de la Nación, donde desarrolla sistemas tipo ventana aplicación, sistemas web y componentes diversos para otros sistemas institucionales.



Edrisi Muñoz Mata Ingeniero industrial con especialidad en manufactura y Maestro en ciencias en ingeniería industrial con especialidad en calidad por el Instituto tecnológico de Orizaba (ITO) de México. Doctor en filosofía en ingeniería de procesos químicos por la Universidad Politécnica (UPC) de Cataluña de España. Su área de investigación principal es la gestión del conocimiento mediante el desarrollo de modelos ontológicos, sistemas de soporte a las decisiones en distintas áreas de proceso y optimización de procesos mediante el uso de modelos analíticos rigurosos. Actualmente es investigador asociado del Centro de Investigación en Matemáticas A.C. (CIMAT) de México, así como investigador invitado en el Centro de procesos y medio ambiente en la UPC. Su participación compete diferentes proyectos de investigación mexicanos y europeos. Participa en la publicación de diferentes artículos en revistas internacionales indexadas, así como en distintos congresos internacionales de renombre. Última publicación: Edrisi Muñoz, Elisabet Capón-García, José Miguel Laínez, Antonio Espuña, Luis Puigjaner, Integration of enterprise levels based on an ontological framework, Chemical Engineering Research and Design, Volume 91, Issue 8, August 2013, Pages 1542-1556, ISSN 0263-8762.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 2.5 México.