

Trabajo Multidisciplinario dirigido por la
Ingeniería de Sistemas.
Caso de Estudio Sistema de Tratamiento de Información y
representación del comportamiento de Contaminantes
Generados en un Tiradero de Residuos Sólidos

Citlalih Yollohtli Alejandra Gutiérrez Estrada

Instituto Tecnológico de Toluca

citlalihg@ittoluca.edu.mx

Guadalupe Macedo Miranda

Instituto Tecnológico de Toluca

macedomiranda@yahoo.com

Sergio Díaz Zagal

Instituto Tecnológico de Toluca

sdiaz@ittoluca.edu.mx

Resumen

En el Instituto Tecnológico de Toluca (ITT), muchos son los esfuerzos que se han hecho en relación al trabajo colaborativo y el fortalecimiento del conocimiento tecnológico, lo que ha permitido la creación de grupos multidisciplinarios de trabajo e investigación, hasta la formación de cuerpos académicos. Sin embargo, las necesidades sociales y el problema del medio ambiente han llevado a estos cuerpos académicos a trabajar con otros externos, creando una red de colaboración (redes o grupos de trabajo e investigación).

Bajo este contexto, Profesores-Investigadores del ITT de áreas como Ingeniería Ambiental y Sistemas Computacionales, en colaboración con Profesores-Investigadores de la Universidad Tecnológica del Valle de Toluca (UTVT), crearon una red de cuerpos académicos, dispuesta a obtener logros y fortalecer sus capacidades científicas.

Este trabajo de investigación ha sido desarrollado por el cuerpo académico de sistemas computacionales siguiendo las recomendaciones y formalidades de la Ingeniería de Sistemas (IS), en colaboración con el cuerpo académico de Ingeniería Ambiental del ITT y de la UTVT, enfocado al análisis y modelado de un Sistema de Software para generar un prototipo virtual y los diagramas de ingeniería, útiles en el desarrollo, la implementación y primeras aproximaciones experimentales del Software.

Los resultados obtenidos han permitido formalizar y documentar el trabajo, generando información que integra el **conocimiento y la experiencia** de forma innovadora **hasta** alcanzar un objetivo, **concreto y cuantificado**.

Palabras clave: Trabajo colaborativo, Ingeniería de Sistemas, Análisis, Modelado, Software.

Introducción

Los proyectos colaborativos permiten que los participantes sumen esfuerzos, competencias y habilidades mediante una serie de interacciones que les permiten alcanzar juntos un objetivo común. Con el propósito de apoyar el trabajo colaborativo, la Ingeniería de Sistemas (IS) propone los procedimientos y formalidades [1], [2].

La IS se encarga de la comprensión, el análisis, el modelado, el diseño, la integración, el mejoramiento y la solución de problemas complejos, con grupos multidisciplinarios. Se apoya en herramientas como las matemáticas, el modelado formal, la investigación, la dinámica de sistemas y la simulación.

Los especialistas en Ingeniería de Sistemas invierten en el desarrollo e investigación de **sistemas innovadores** con el propósito de aumentar la eficiencia de sistemas existentes. Para ello se apoyan de áreas como la **computación, la informática, la electrónica, la química, entre otras, así como de la** explotación de nuevas tecnologías.

Actualmente los especialistas en Ingeniería de Sistemas hacen uso de metodologías para trabajar por etapas, en equipo y en un entorno multidisciplinario, lo que permite comprender un problema general e identificar los indicadores que cumplan con un objetivo común al encausar una solución integral. Esta formalidad permite abrir nuevas posibilidades de innovación de procesos, de mejoramiento en los resultados y de aprendizaje organizacional [3].

Muchos son los esfuerzos que se han hecho en relación al trabajo colaborativo y el fortalecimiento del conocimiento tecnológico, permitiendo la creación de redes o grupos de trabajo e investigación, que fomenten la creación de proyectos institucionales de investigación y desarrollo, enfocados a desarrollar infraestructura científica y tecnológica para aprovechar el potencial de la biodiversidad y los recursos multidisciplinarios. Bajo este contexto, Profesores-Investigadores del Instituto Tecnológico de Toluca de áreas como Química Ambiental y Sistemas Computacionales en colaboración con Profesores-Investigadores de la UTVT han creado un grupo de investigación que propendan a obtener logros y se fortalezcan de capacidades científicas.

El proyecto ha sido enfocado al desarrollo e investigación de un sistema innovador entre los tres cuerpos académicos que conforman una red,-siguiendo las recomendaciones de la

Ingeniería de Sistemas. Este artículo trata de un Sistema de Software que integra información útil para el tratamiento y representación del comportamiento de contaminantes generados en un tiradero de residuos sólidos [4].

El sistema integra la guía de cumplimiento de la NOM-083-SEMARNAT-2003 [5], dónde se reporta que la mayoría de los sitios de disposición final de residuos (basura) en el país, aun siendo catalogados como sitios controlados, no cumplen con las condiciones para evitar la contaminación de suelos y de los acuíferos, debido a la producción y migración de lixiviados. Dependiendo de los tipos de suelo encontrados, es posible que se incorporen contaminantes presentes en los lixiviados a las corrientes subterráneas de agua, originándose alteraciones en la calidad de la misma, lo que ocasiona que no pueda ser utilizada para el suministro humano.

El trabajo de investigación en este primer periodo ha sido enfocado al análisis y modelado del Sistema de Software, lo que ha permitido estudiar y definir las características más importantes del software antes de su concepción, al considerar las relaciones funcionales y arquitectónicas y al integrarlas como un conjunto, para generar un prototipo virtual y los diagramas de ingeniería, útiles para el desarrollo, la implementación y las pruebas del Software.

TRABAJO SIMILAR

Muchos son los trabajos que se realizan de manera cooperativa y colaborativa, para generar productos innovadores. Como su nombre lo indica, el trabajo cooperativo debe llegar a un resultado consensuado en donde haya existido el aporte y respaldo de todo un grupo de trabajo en todas las actividades realizadas, mientras el trabajo colaborativo es aquel donde un proyecto multidisciplinario se divide en varias áreas y son los diferentes

integrantes los que hacen aportes puntuales, que luego se conjugan y consolidan en un informe final, que integra la descripción y el modelado de los diagramas de ingeniería, así como un prototipo virtual que permita validar cómo será diseñado y desarrollado el producto físico final. Lo anterior se realiza haciendo uso de las metodologías y los procesos recomendados por la Ingeniería de Sistemas.

Ejemplo del trabajo colaborativo es el proyecto montado para diseñar el avión Airbus A380, considerado el avión de pasajeros más grande del mundo, fue un ejemplo gigantesco de trabajo colaborativo dividido con en punto de vista y diseños de personas especialistas [6].

Para la realización del Airbus 380, se invitaron a cuatro equipos de diseñadores e ingenieros, Aérospatiale, Deutsche Aerospace AG, British Aerospace y CASA, con el objetivo de proponer diseños innovadores en cuanto a nuevas formas y tecnologías. Las secciones estructurales de mayor porte del Airbus A380, se construyeron en Francia, Alemania, España y el Reino Unido. Para su ensamblaje fueron llevadas a la sala de montaje de Toulouse Francia. Los componentes del A380 fueron proporcionados por diversos proveedores, destacando Rolls-Royce, SAFRAN, United Technologies, General Electric y Goodrich.

Cabe señalar que fueron diversos los problemas que se afrontaron en el desarrollo del Airbus A380, como el sobrepeso, evacuar la aeronave en el tiempo que establece la ley, superar los impedimentos operacionales por los que el avión no podía aterrizar en la mayoría de los aeropuertos. Así como cumplir con los plazos de entrega tan estrictos y sujetos a fuertes penalizaciones en caso de retraso en la entrega.

No obstante tanto esfuerzo se vio compensado y resultó ser todo un reto de ingeniería aeronáutica que hoy en día es una realidad.

METODOLOGÍA

En este trabajo colaborativo se dividieron las actividades siguiendo dos tendencias entre los cuerpos académicos:

- El grupo que enfatizó en las técnicas matemáticas y analíticas del problema general, con especial atención en las etapas del ciclo de vida del sistema. Este grupo se encargó principalmente del desarrollo de los algoritmos y de generar una propuesta que provee una solución computacional, a partir de los datos proporcionados por los especialistas en Ingeniería Ambiental.
- El segundo grupo (más heterogéneo), consideró los aspectos cualitativos del problema y del entorno dónde se ubica el problema, con igual interés en todas las etapas de la metodología. Este grupo incluyó técnicas cuantitativas, modelos, e interpretación de la información.

El proceso de desarrollo del sistema de software para el tratamiento de información y representación del comportamiento de contaminantes generados en un tiradero de residuos sólidos, es un trabajo multidisciplinario dirigido por la Ingeniería de Sistemas, que requirió de un conjunto de conceptos, una metodología y de un lenguaje propio. El proceso conocido también como ciclo de vida del software, comprende cuatro grandes fases: análisis, diseño, desarrollo e implementación, como se observa en la Figura 1 [7], [8].

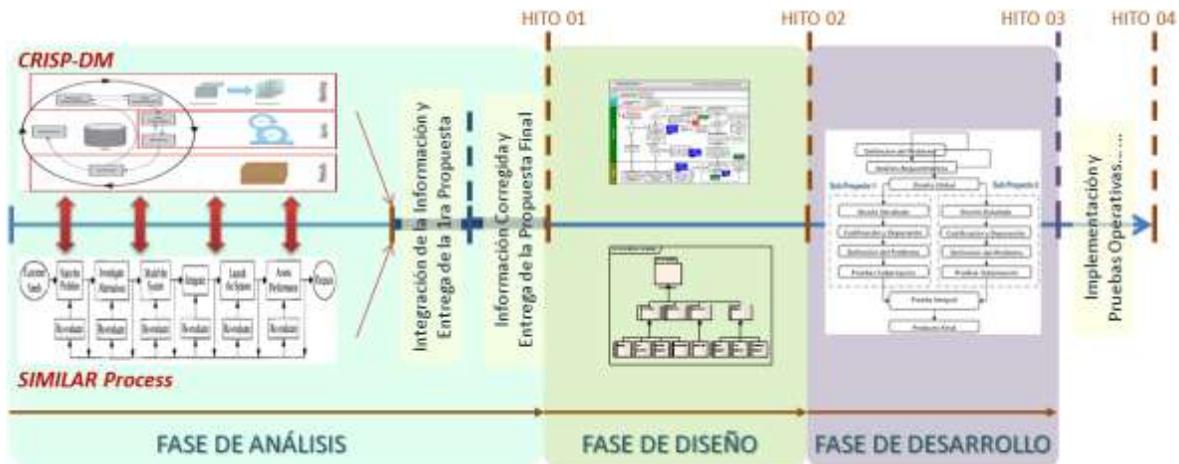


Fig. 1. Ciclo de vida del Software.

Como ya fue mencionado en la Introducción, **en este primer periodo el trabajo ha sido enfocado únicamente al análisis y modelado del Sistema de Software. Así, el análisis** permitió definir el alcance del proyecto y desarrollar los procesos de negocio. En el diseño se definió un plan del proyecto, se especificaron las características y se fundamentó la arquitectura, mediante el diseño de los diagramas de ingeniería y el prototipo virtual. En el desarrollo será concebido el software para efectuar las **primeras aproximaciones experimentales, finalmente en la implementación se realizarán las pruebas finales del software y será posible transferir el software a los usuarios, con el propósito de ser verificado y validado.**

CASO PRÁCTICO

El Estado de México cuenta con rellenos sanitarios ubicados en Atizapán de Zaragoza, Tlalnepantla, Ecatepec, San Antonio la Isla, Xonacatlán y Zinacantepec. De éstos, sólo se reportan 5 rellenos de tierra controlados, el resto de los sitios de disposición son sitios no controlados, a menudo a cielo abierto, barrancas o socavones, por lo que no se tiene un registro oficial de los mismos. La mayoría de estos sitios no cumplen con las especificaciones de un relleno sanitario dadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-083-

SEMARNAT-2003, constituyéndose en fuentes de generación de lixiviados, potenciales contaminantes del agua subterránea del Valle de Toluca [4].

En el municipio de Mexicaltzingo se encuentra un sitio de disposición final que no cuenta con las características de un relleno sanitario como se establece en la Norma Oficial Mexicana, mencionada anteriormente, y esto representa un problema importante para la comunidad y para el gobierno, ya que éste no ha tomado medidas adecuadas para la clausura o remediación del sitio; lo cual potencialmente puede ocasionar la contaminación del suelo, agua y aire. Dicho tiradero comenzó a ser utilizado como tal a partir de 1985 y era antiguamente una mina de arena. En este sitio se han depositado 185,600 m³ de residuos cubriendo un área de 23,200 m².

La red ITIATI (Innovación Tecnológica en Ingeniería Ambiental y Tratamiento de la Información) [4] realiza un estudio relacionado a la estimación de la vulnerabilidad del agua subterránea en el Valle de Toluca, particularmente en el pozo de abastecimiento de agua potable del municipio de Mexicaltzingo debido a la filtración de lixiviados generados en el tiradero de residuos sólidos urbanos que se encuentra en ese municipio (Ver la Figura 2 y la Figura 3).

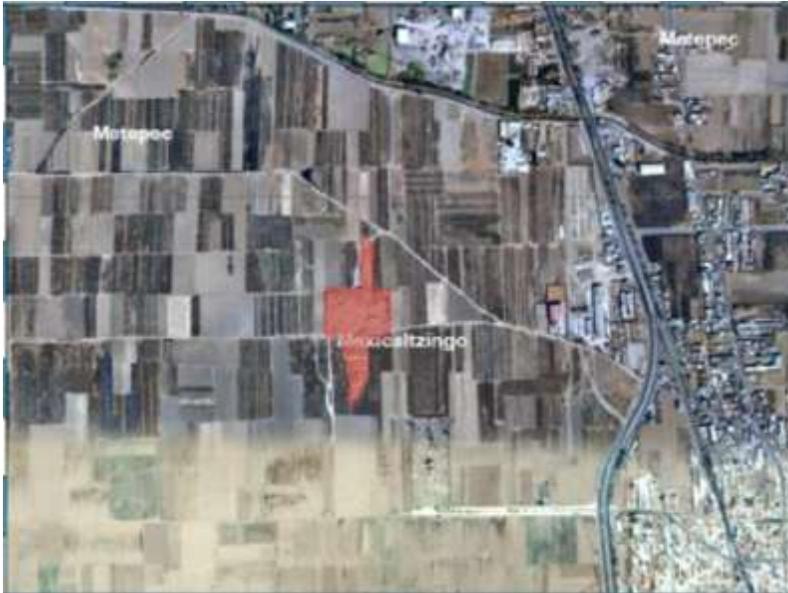


Fig. 2. Ubicación del vertedero de residuos sólidos urbanos del municipio de Mexicaltzingo [4].

Este proceso se compone de etapas que van desde la selección del lugar específico, donde se realizarán perforaciones para la toma de muestras (suelo y agua), pasando por pruebas realizadas a las muestras, hasta obtener datos como conductividad hidráulica del suelo, perfil estratigráfico del mismo, y la tendencia que presentan sustancias potencialmente tóxicas de llegar hasta el pozo de abastecimiento de agua.

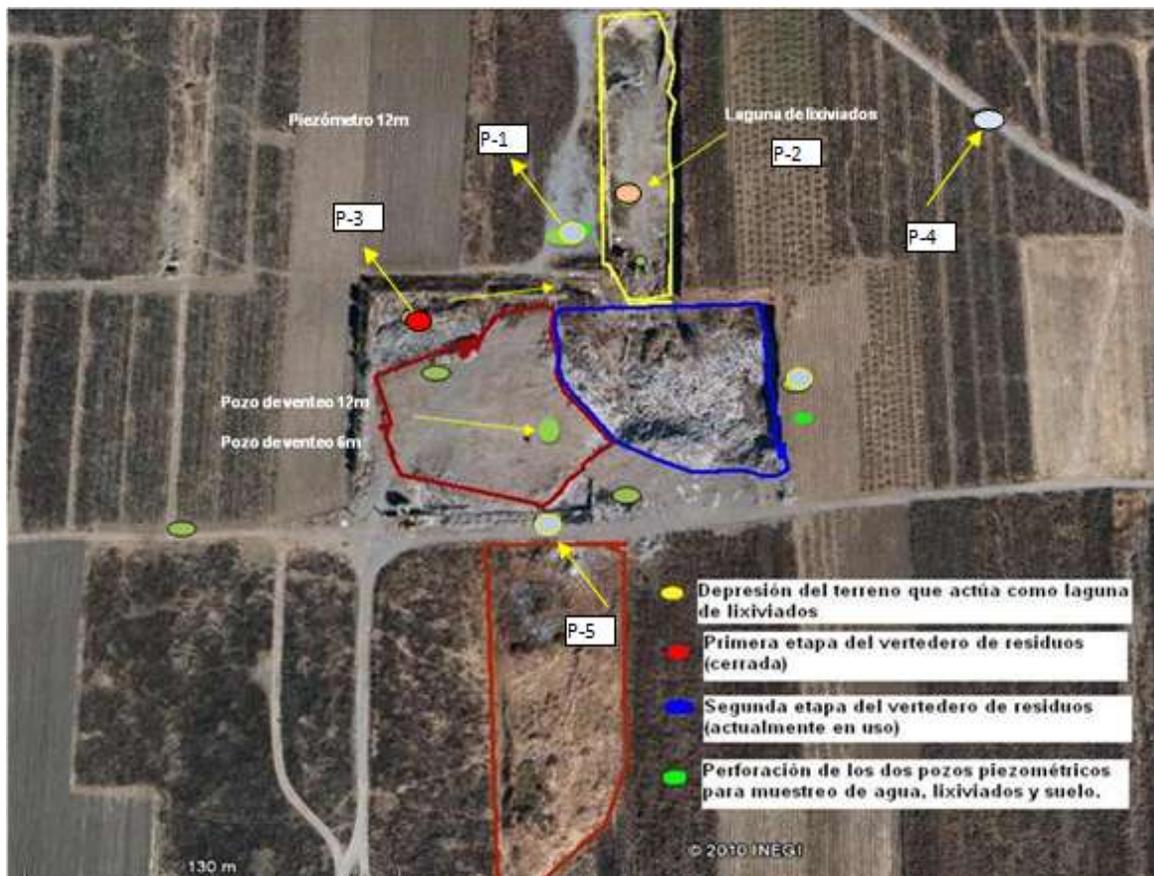


Fig. 3. Vertedero de residuos sólidos urbanos del municipio de Mexicaltzingo [4].

Este trabajo hasta el día de hoy se realiza de forma manual, lo que lo vuelve un proceso tedioso, tardado y poco práctico. Como solución se planteó agilizar el proceso y verificar las tendencias con el diseño de un Sistema de Software, útil como herramienta de apoyo en el diagnóstico.

El Sistema para la Estimación y Tratamiento de Variables en los Lixiviados permitirá procesar los datos obtenidos en los estudios realizados, para una mejor visualización e interpretación de la información. Los resultados obtenidos con el Sistema permitirán a los expertos interpretar la información y verificar las tendencias que presentan sustancias

potencialmente tóxicas. A continuación se detalla el proceso de ciclo de vida del software, descrito anteriormente en la Metodología.

1^{ERA} FASE: ANÁLISIS

Esta fase inició con entrevistas, cuestionarios y algunas visitas de campo, con la finalidad de buscar y organizar toda la información posible en torno al problema sobre el que se trabaja. En esta etapa destacaron los requerimientos definidos por los dos cuerpos académicos en el ámbito de Ingeniería Ambiental, además, se busca que con el apoyo del *Sistema de Tratamiento de Información y representación del comportamiento de Contaminantes Generados en un Tiradero de Residuos Sólidos*, se realicen las tareas de forma sistemática.

Los integrantes de la red proporcionaron los siguientes documentos, con los cuales se estudiaron entre otras cosas, las etapas que conforman el proyecto y de cuántos procesos se componen.

- **Muestreos de pozos.**
 - Se miden parámetros como pH, temperatura y concentración de determinados elementos.
 - Se realizan en los diferentes pozos ubicados en el tiradero de residuos sólidos del municipio de Mexicaltzingo, así como en la laguna de lixiviados, ubicada en el mismo lugar.
 - Dichos muestreos fueron realizados durante el periodo junio-diciembre 2012.

- **Tesis**
 - "Evaluación de la atenuación natural del Lixiviado incorporado en la zona no saturada subyacente al vertedero de RSM del municipio de Mexicaltzingo", realizada en junio-2011.
 - "Determinación del perfil estratigráfico y flujos hidrodinámicos del tiradero de residuos sólidos municipales del municipio de San Mateo Mexicaltzingo. México", realizada en junio-2011.

- **Informes del proyecto**
 - 5º informe técnico del proyecto: "Vulnerabilidad del agua subterránea del valle de Toluca asociada a la presencia de sitios de disposición final de residuos", presentado en septiembre-2011.
 - 6º informe técnico del proyecto: "Vulnerabilidad del agua subterránea del valle de Toluca asociada a la presencia de sitios de disposición final de residuos", presentado en noviembre-2011.

- **Resumen del proyecto**
 - Resumen del proyecto: "Aplicación de tecnologías para la identificación, tratamiento y representación del comportamiento de contaminantes generados en un tiradero de residuos sólidos", elaborado en febrero-2012.

- **Descripción del proyecto**
 - Descripción del proyecto: "Aplicación de tecnologías para la identificación, tratamiento y representación del comportamiento de contaminantes generados en un tiradero de residuos sólidos" de la red ITIATI, elaborado en febrero-2012.

- **Guía de cumplimiento de la NOM-083-SEMARNAT-2003**
 - Reporta la mayoría de los sitios de disposición final de residuos (basura) en el país, catalogados como sitios controlados, que no cumplen con las condiciones para evitar la contaminación de suelos y de los acuíferos, debido a la producción y migración de lixiviados.

Procesos de Negocio Identificados

En esta fase se detalla una lista ordenada de los procesos que se efectúan por la red de colaboración ITIATI (Investigación en Tecnología Ambiental y Tratamiento de la Información) dentro del proyecto “Vulnerabilidad del agua subterránea del Valle de Toluca asociada a la presencia de sitios de disposición final de residuos”.

La información proporcionada por los integrantes de la red, permitió visualizar y validar cuatro procesos de negocio. Los procesos de negocio son un conjunto de tareas relacionadas lógicamente y llevadas a cabo para lograr un resultado definido. En este proyecto los procesos de negocio inician con el muestreo de los tiraderos de residuos sólidos. Según el esquema de la Figura 4, los procesos uno, dos y cuatro son realizados de manera repetitiva cada que se efectúa un muestreo en campo, sólo el proceso tres se realiza por única vez.

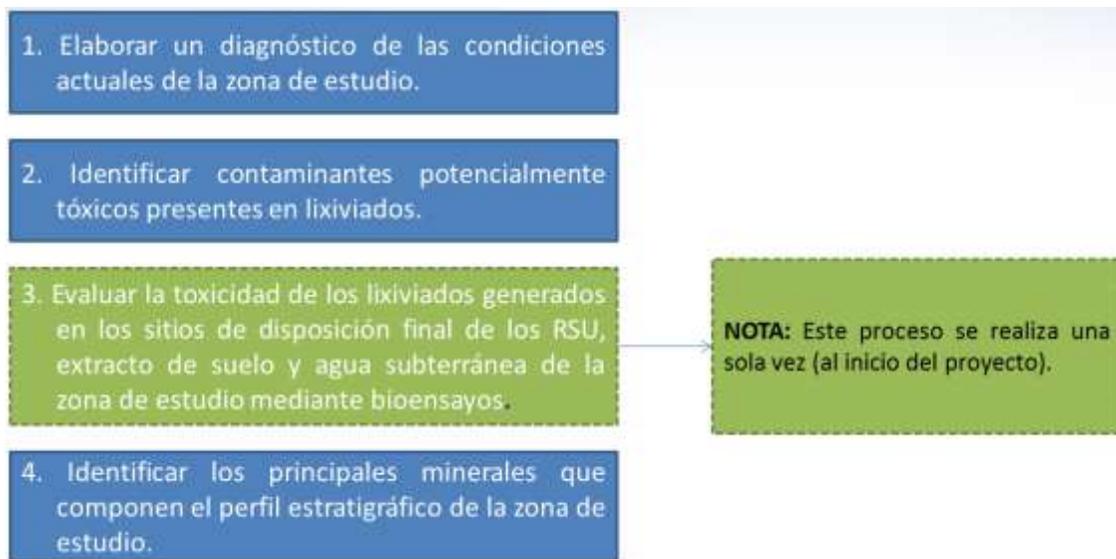


Fig. 4. Procesos de Negocio.

Productos Generados

Como resultado de esta fase, la información fue integrada como una primera versión en el formato de Especificación de Requisitos de Software, según el estándar de la IEEE-830. IEEE Std. 830-1998 [9]. Este documento consta de tres secciones. La primera sección está integrada por la introducción y una visión general de la especificación de recursos del sistema. En la segunda sección se realiza una descripción general del sistema con el fin de conocer las principales funciones que el sistema debe realizar, los datos asociados y los factores, restricciones, supuestos y dependencias que afectan al desarrollo, sin entrar en excesivos detalles. Por último, la tercera sección define detalladamente los requisitos que debe satisfacer el sistema.

Otro resultado importante de esta fase consistió en identificar el valor de los procesos de negocio. Para lograr este propósito, se analizaron y definieron tres aspectos que dan valor y permiten proponer un sistema que incluya la Innovación de los procesos, la Innovación Tecnológica y la Innovación del Producto [10].

Esta fase cumplió con el objetivo de integrar las herramientas de software utilizadas (o similares) y proponer el diseño de un sistema que muestre el riesgo de contaminación del agua subterránea del municipio de Mexicaltzingo, debido a la presencia de sustancias altamente contaminantes, generadas por el tiradero de residuos sólidos urbanos del mismo municipio, facilitando la visualización e interpretación de los datos obtenidos

2^A FASE: DISEÑO

Esta fase consistió en representar el modelo de los procesos de negocios descritos anteriormente en diversos diagramas, utilizando la nomenclatura de BPMN [11] y el software Bizagi Process Modeler. Por cuestión de espacio sólo se indican los esquemas de dos procesos, Figura 6 y Figura 7.

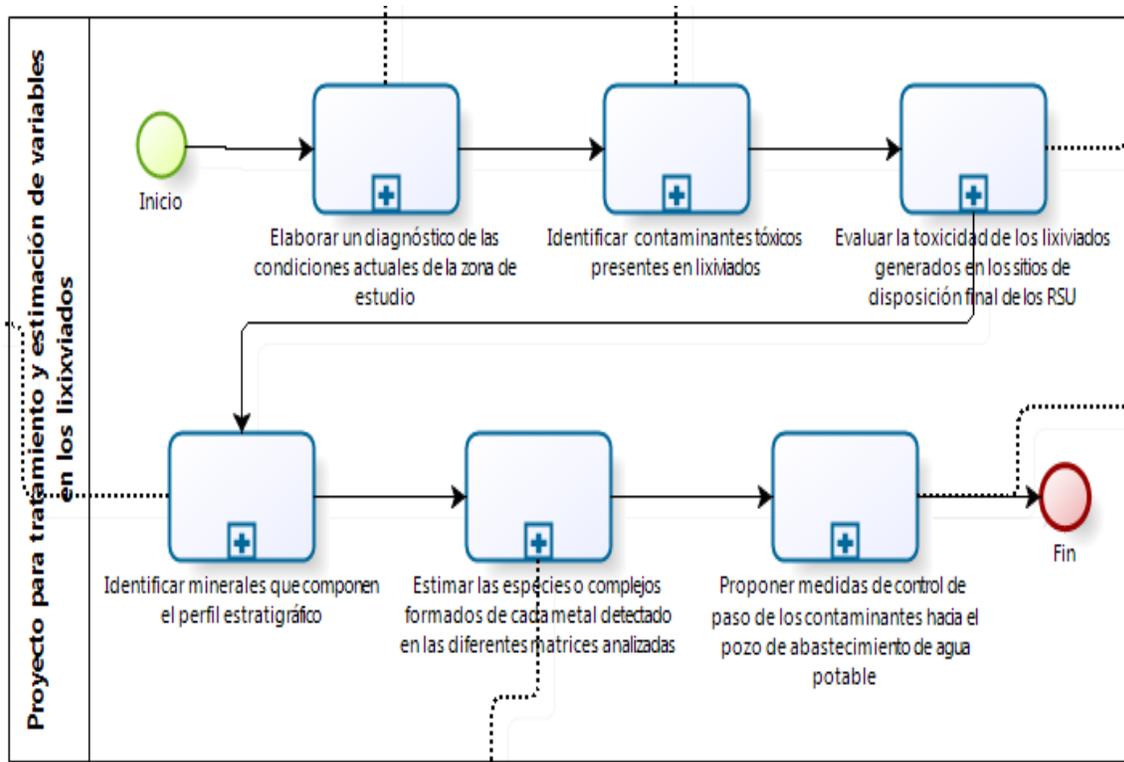


Fig. 6. Procesos del proyecto.

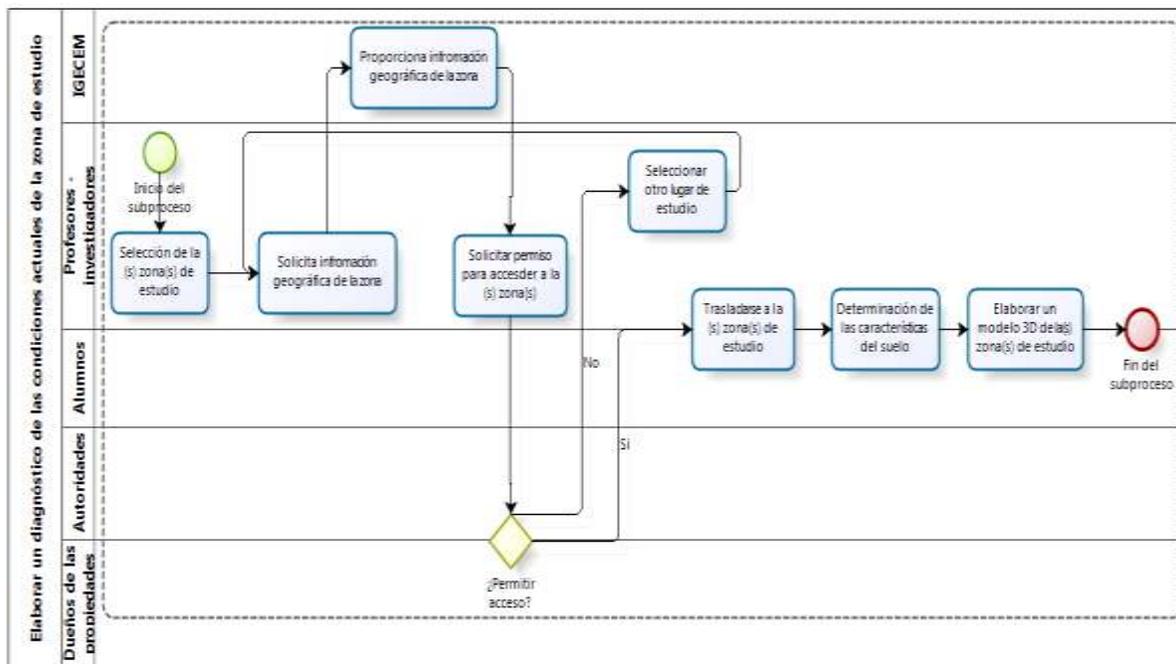


Fig. 7. Procesos del proyecto.

Cada proceso de Negocio se describe en una plantilla de manera detallada. En la Tabla 1 se observa un ejemplo de esta descripción.

Tabla 1. Plantilla del Proceso 1.

PN01	Determinar el tipo de suelo y sus condiciones, así como el flujo de agua subterránea.
Versión	Versión 2 (12/02/2013)
Autores	Gabriela <u>Lizeth</u> Ortega Domínguez (ITT). Aurea Isabel Rosas Limón (ITT). Dra. Citlalih Y. A. Gutiérrez Estrada (ITT). Dr. Sergio Díaz Zagal (ITT). Dra. Guadalupe Macedo Miranda (ITT).
Fuentes	Innovación Tecnológica en Ingeniería Ambiental y Tratamiento de la Información (Red ITIATI) (Instituto Tecnológico de Toluca)
Objetivos Asociados	----
Requisitos Asociados	STEVL-220 Módulos de <u>Surfer</u> .
Descripción	Elaborar un diagnóstico de las condiciones actuales de la zona de estudio con base en información documentada y su verificación en campo.
Importancia	Importante
Urgencia	Importante
Estado	Pendiente de validación (PV)
Comentarios	No hay (NA)

La siguiente actividad consistió en modelar y listar los requisitos del sistema, descritos por los usuarios. El resultado se observa en la Tabla 2 y el esquema de la Figura 8.

Tabla 2. Listado de requerimientos.

ID	Requerimiento	Descripción
STEVL-100	Documentación	Documentación en la que se estará basado el software
STEVL-110	Reportes	Reportes del proyecto "Vulnerabilidad del agua subterránea del Valle de Toluca asociada a la presencia de sitios de disposición final de residuos [Gómez y Macedo, 2011]"
STEVL-120	Informes técnicos	Informes técnicos del proyecto "Vulnerabilidad del agua subterránea del Valle de Toluca asociada a la presencia de sitios de disposición final de residuos [Gómez y Macedo, 2011]"
STEVL-110U120	Manual de usuario	Con la documentación presentada se elaborará un manual de usuario que permita comprender los fundamentos y funcionamiento del software
STEVL-200	Módulos del software utilizado actualmente	Módulos necesarios de diferentes tipos de software que integrarán el sistema
STEVL-210	Datos de entrada	Datos que necesitan los módulos de distintos tipos de software para su funcionamiento
STEVL-220	Módulos de Surfer	Módulos del software Surfer que se integrarán al sistema para obtener información acerca del terreno
STEVL-230	Módulos de Visual Help	Módulos del software Visual Help que se integrarán al sistema para obtener información acerca del terreno.

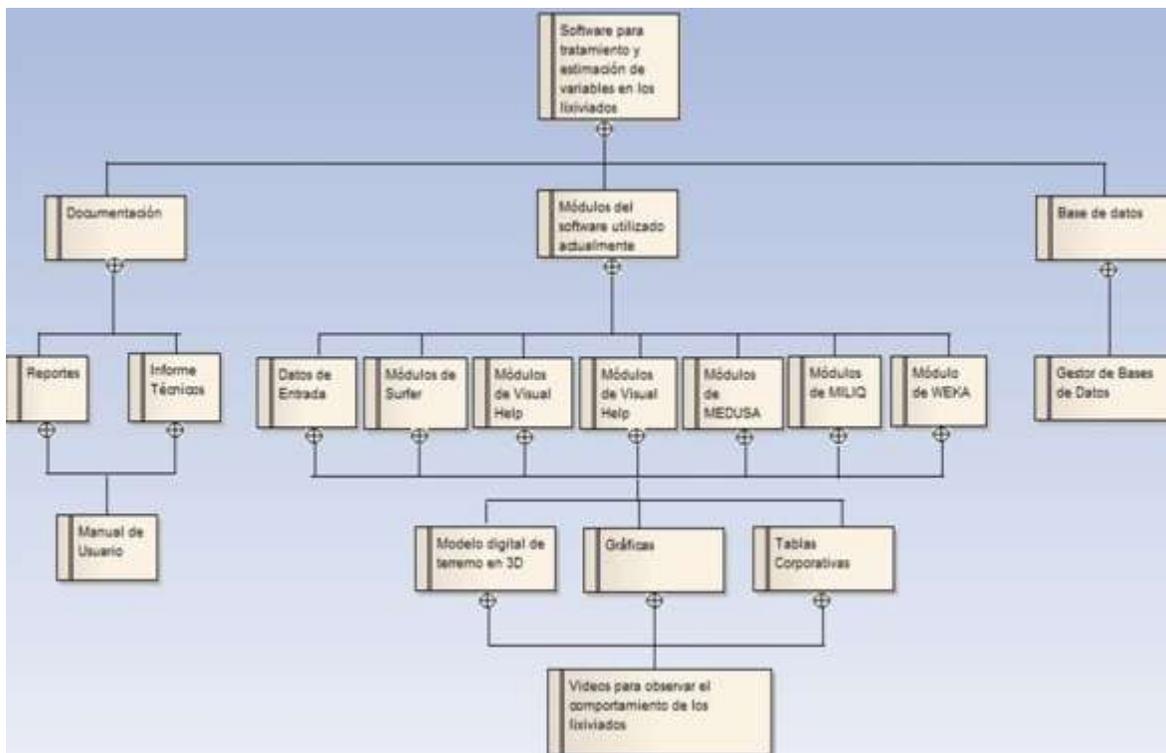


Fig. 8. Diagrama de Requerimientos

El diagrama de Requerimientos de la Figura 8 se realizó utilizando la nomenclatura de SysML [12] y haciendo uso del software Bizagi Process Modeler.

Prototipo Virtual

El Grupo en red trabajó el análisis de un software específico haciendo uso de la Minería de Datos, para la búsqueda de relaciones entre los datos obtenidos en la migración de los contaminantes generados por los Lixiviados, este trabajo va a permitir hacer análisis y representaciones gráficas relacionando la conexión y el comportamiento entre los diferentes contaminantes, para lograr una mayor comprensión del fenómeno.

Como resultado de esta fase se propusieron tres módulos para el desarrollo del Sistema de Software, éstos quedaron integrados por el Módulo para el modelado del terreno en 3D, el Módulo para determinar la clase de textura del suelo y el Módulo para determinar la conductividad hidráulica. La información fue validada por la red integrada por los tres cuerpos académicos en la última versión en el formato de Especificación de Requisitos de Software, según el estándar de la IEEE-830. IEEE Std. 830-1998.

A continuación se detallan brevemente las interfaces que integran la propuesta del *Sistema de Tratamiento de Información y representación del comportamiento de Contaminantes Generados en un Tiradero de Residuos Sólidos*.

La Figura 9 muestra la interfaz inicial del software. En la parte superior izquierda se localizará el logo y a la derecha se encuentran los botones que direccionarán al usuario a otras ventanas según el trabajo a realizar.



Interfaz A

Interfaz B

Interfaz C

Fig. 9. Interfaces que integrarán al Sistema de Software (Módulo 1).

Una vez conscientes de la utilidad de este sistema, el grupo en red eligió una solución para efectuar el tratamiento de información (fuente del conocimiento y de innovación) que más se adaptara a los objetivos del trabajo de investigación.

El Tratamiento de datos comporta posibilidades de reelaboración, de modificación de los datos y de intercambio. Consiste en un proceso técnico automatizado, que permite el almacenamiento, grabación, conservación, elaboración y modificación de datos. La Figura 10, muestra las interfaces A, B y C para la creación de un archivo en la modelación del terreno en 3D, en la parte superior se muestran las pestañas de archivo y los módulos para el tratamiento de los datos. Se divide en secciones: proyecto, flujo de la simulación, transporte de la simulación, y unidades.



Interfaz A

Interfaz B

Interfaz C

Fig. 10. Interfaces que integrarán al Sistema de Software (Módulo 2).

Finalmente, la Figura 11 presenta las interfaces del módulo 3, que sirvieron para proponer de qué manera será determinada la conductividad hidráulica.



Interfaz A

Interfaz B

Interfaz C

Fig. 11. Interfaces que integrarán al Sistema de Software (Módulo 2).

3^{ERA} FASE: DESARROLLO

Muchos son los riesgos que se no se prevén en el trabajo colaborativo, debido a la inexperiencia o a problemas relacionados al entorno o aspecto laboral. Por ejemplo en el proyecto aquí descrito hubo un atraso relacionado al recurso financiero, otorgado a dos

de los tres cuerpos académicos del grupo en red, lo que ocasionó un atraso en las Fases de Desarrollo e Implementación, que actualmente se encuentran en un 50% de avance.

La Fase de Desarrollo permitirá concebir el prototipo físico del sistema, que ayudará a crear el instrumental necesario para que a lo largo del proyecto quede un registro de lo que interesa evaluar, tanto del proceso de participación en el grupo en RED, como del producto de software requerido.

4^A FASE: IMPLEMENTACIÓN

En esta última fase, cada producto generado por los cuerpos académicos deberá tener por objetivo llegar a uno o más resultados, que deben ser explícitos para que los participantes los puedan visualizar y así organizar tanto individual como colectivamente las tareas que ayudarán a conseguirlos.

En la fase de Implementación se parte del resultado obtenido en la etapa de Diseño, con el propósito de realizar el sistema en términos de componentes, es decir, ficheros de código fuente, scripts, ficheros de código binario, ejecutables y similares.

Finalmente será necesario integrar en el sistema de software la adquisición de datos para obtener las ventajas de: flexibilidad de procesamiento, posibilidad de realizar tareas en tiempo real o en análisis posteriores, gran capacidad de almacenamiento, rápido acceso a la información y toma de decisión, posibilidad de emular una gran cantidad de dispositivos de medición, activar varios instrumentos al mismo tiempo, y facilidad de automatización. Esto será posible haciendo pruebas para el tratamiento de la información (datos), mediante el uso de técnicas de Inteligencia Artificial (IA) [13], [14], [15].

Conclusión

El trabajo en colaboración que sigue la estructura y las formalidades de la Ingeniería de Sistemas ha permitido generar una sinergia que posibilita obtener resultados que van más allá de lo esperado, por ejemplo:

- Al tratarse de una red de cuerpos académicos compuesta de personas expertas en temáticas diferentes, cada una hizo un aporte particular, logrando que el grupo incrementara su aprendizaje al compartir conocimiento, experiencias y puntos de vista.
- Satisfacer una necesidad social, al aportar nuevas ideas y tomar una decisión grupal para solucionar un problema común.
- Cumplir con una responsabilidad mutua compartida.

No obstante el trabajo en red, también presentó algunas dificultades, entre las cuales destacaron:

- Dificultad para coordinar las labores del grupo, por la diversidad en las formas de pensar, capacidades, disposición para trabajar, responsabilidad, entre otros factores y luego orientarlos hacia un mismo objetivo.
- Diferencias en las formas de pensar, puede llevar a discusiones que dividan al grupo.
- Al cometer errores, nadie quiso asumirlos de forma particular.
- Al no prever la entrega a tiempo de recursos financieros, el grupo en red tuvo complicaciones para efectuar a tiempo la entrega final del prototipo físico del sistema de software.

Bibliografía

- [1] Gutiérrez Estrada C. & Díaz Zagal S. (2010). Methodology to associate the Product Design and Project Management processes in a common platform. The 2010 IEEE International Conference on Information Reuse and Integration - IEEE IRI-2010, Las Vegas, Nevada, USA, pp. 108-122.
- [2] Gutiérrez C. (2007). Méthodes et Outils de la Conception Système couplée à la Conduite de Projet. Thèse de Doctorat. LESIA-INSA. Toulouse France.
- [3] Gutiérrez Estrada C., Díaz Zagal S., Cruz Reyes R., Rivera Alemán J. J., Moreno R. E., Hernández B. S., Rodríguez Guido D., Lemus González R. (2013). "Systems Engineering as a critical tool in mobile robots simulation". International Journal of Combinatorial Optimization Problems and Informatics. IJCOPI.ORG.Vol. 4, No 1: Jan-April 2013. pp. 25-38. ISSN: 2007-1558.México.
- [4] **Gómez B. Guillermina, Macedo M. Guadalupe. (2011). Vulnerabilidad del agua subterránea del Valle de Toluca Asociada a la presencia de sitios de disposición final de residuos. Sexto informe técnico. UTVT, ITT, UAEM.**
- [5] **NOM-083-SEMARNAT-2003.** (2003). [On line]. Disponible: **www.profepa.gob.mx/innovaportal/.../nom-083-semarnat-2003.pdf**.
- [6] Airbus an EADS Company. (2013). © Airbus S.A.S. 2013. [On line]. Disponible: <http://www.airbus.com/aircraftfamilies/passengeraircraft/a380family/>
- [7] Sommerville I. (2011). Software Engineering (9th Edition). Pearson Addison-Wesley. United States Of America.
- [8] Pressman R. (2005). Software Engineering: A Practitioner's Approach, Mc Graw Hill.
- [9] The Institute of Electrical and Electronics Engineers. (1998). Inc. IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications. Approved 25 June 1998. IEEE-SA Standards Board. Disponible: <http://www.standards.ieee.org/findstds/standard/830-1998.html>
- [10] Ahmed Pervaiz K., Shepherd Charles D., Ramos Garza L., Ramos Garza C. (2012)

Administración de la Innovación. Primera Edición. ISBN: 978-607-32-0855-0.
Pearson Educación, México.

- [11] White S. A., Miers D. BPMN. (2009). Guía de Referencia y Modelado. Disponible:
<http://www.youblisher.com/p/288327-BPMN-2-0-Manual-de-Referencia-y-Guia-Practica-Spanish-Edition/>
- [12] Friedenthal S., Moore A., Steines R. (2006). OMG Systems Modeling Language (OMG SysML™) Tutorial. Object Management Group. Disponible:
<http://eng.umd.edu/~austin/enes489p/lecture-resources/SysML-Friedenthal-Tutorial-INCOSE2006.pdf>
- [13] Pérez, M., Pérez, N., Méndez, S., García, A., Gálvez, M.P., Quincoses, V., Liberatori, H., Fiorito, B., Lassere, C. (2007). Construcción y Validación del cuestionario: Métrica de calidad de credibilidad e interacción de cursos de tele-formación. TE&ET Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación Tecnológica, Vol. 2 p.p 30-38.
- [14] Witten I. H., Frank E., Frank E. (2011). Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques, Third Edition (The Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems) Elsevier.
- [15] Stuart R., Norvig P. (2010). Artificial Intelligence: A Modern Approach (3rd Edition). Pearson Education Inc. New Jersey.