



Entramado

ISSN: 1900-3803

comunicacion.ayc.1@gmail.com

Universidad Libre

Colombia

Ramírez-Leal, Jenny Carolina; Monsalve-Durango, Elkin Aníbal; Lozano-Sandoval, Gabriel; Osorio-Jiménez, Leidy Viviana

Sistema de información WEB para la administración del recurso hídrico superficial de la cuenca del río La Vieja, en Colombia

Entramado, vol. 10, núm. 1, enero-junio, 2014, pp. 324-338

Universidad Libre

Cali, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=265431574020>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# SISTEMA DE INFORMACIÓN WEB PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL DE LA CUENCA DEL RÍO LA VIEJA, EN COLOMBIA<sup>1</sup>

WEB-BASED INFORMATION SYSTEM FOR THE MANAGEMENT OF THE SURFACE WATER RESOURCES IN THE LA VIEJA RIVER BASIN IN COLOMBIA

SISTEMA DE INFORMAÇÃO WEB PARA A ADMINISTRAÇÃO DO RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL DA BACIA DO RIO LA VIEJA NA COLÔMBIA

## Jenny Carolina Ramírez-Leal

Magíster en Ingeniería. Ingeniera de Sistemas y Computación. Profesora del Programa de Ingeniería de Sistemas y Computación, Facultad de Ingeniería, Universidad del Quindío. Investigadores Asociados Grupo CIDERA. Quindío - Colombia  
jcramirez@uniquindio.edu.co

## Elkin Aníbal Monsalve-Durango

Magíster en Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Ingeniero Civil. Profesor del Programa de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad del Quindío. Investigadores Asociados Grupo CIDERA. Quindío - Colombia  
cidera@uniquindio.edu.co

## Gabriel Lozano-Sandoval

Magíster en Planificación y Gestión en Recursos Hídricos. Magíster en Ingeniería Civil (MIC) énfasis en Ingeniería Ambiental. Ingeniero Civil. Profesor del Programa de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad del Quindío. Investigadores Asociados Grupo CIDERA. Quindío - Colombia  
galozano@uniquindio.edu.co

## Leidy Viviana Osorio-Jiménez

Estudiante de último semestre de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad del Quindío, Auxiliar de investigación en el Grupo de Investigación CIDERA. Quindío - Colombia  
lvoj90@gmail.com

## RESUMEN

Este trabajo presenta el desarrollo de una herramienta Web georreferenciada a través de la API de Google Maps, para administrar los recursos hídricos superficiales de la cuenca del río La Vieja en Colombia. Esto con el fin de crear un sistema de integración de información de fácil acceso, que ofrezca a las personas datos reales y actuales acerca del estado de los recursos hídricos en la cuenca del río La Vieja, para futuras consultas e investigaciones. Esta aplicación Web se llevó a cabo a través de la metodología ágil SCRUM y la metodología Mpiua, que integradas permitieron un desarrollo evolutivo e incremental, donde se involucró al usuario activamente al momento de incorporar aspectos de usabilidad y accesibilidad. Así mismo, se hizo uso de

la arquitectura MVC para obtener un producto más escalable con abstracción de datos, código entendible, intercomunicación entre componentes y control de los recursos del servidor. Finalmente, se obtuvo la implementación de la herramienta Web HidroQuindío, que permite administrar la información de las estaciones de monitoreo, fuentes hídricas, entes territoriales, fuentes de captación y estructuras de conducción de apoyo a la toma de decisiones alrededor de la cuenca.

## PALABRAS CLAVE

*Administración hídrica, cuenca del río La Vieja, gestión de la información, hidroinformática, oferta y demanda hídrica, sistema de información Web*

## ABSTRACT

*This work presents the development of a web-based tool georeferenced through the API of Google Maps to administer the surface water resources in the basin of the La Vieja river in Colombia. This is for the purpose of creating an easy-to-access information collection system, which would offer people real and current data about the status of the water resources in the La Vieja river basin, for future queries and research. The development of this web-based application was carried out using SCRUM agile methodology and Mpiua methodology, which, when integrated, made it possible to carry out evolutional and incremental development, where users were actively involved at the time of incorporating aspects of usability and accessibility. Likewise, MVC architecture was used to obtain a more upgradable product with: data abstraction, easy-to-understand code, intercommunication between components, and control of server resources. Finally, the HidroQuindío web-based tool was implemented. This made it possible to administer information of the monitoring stations, water sources, regional entities, water intake sources, and piping structures to support decision making around the water basin.*

## KEYWORDS

*Water management. La Vieja river basin. Information Management. Water information management. Water supply and demand. Web-based information system.*

## Introducción

La cuenca del río La Vieja integra tres departamentos: Risaralda, Quindío y Valle del Cauca, y como sistema hídrico cuenta con gran cantidad de fuentes superficiales que recorren el territorio y suministran agua a diferentes usuarios de la zona hasta drenar al río La Vieja; considerado uno de los principales tributarios del río Cauca, eje fluvial del occidente colombiano, asiento de poblaciones y polo de desarrollo agroindustrial.

En esta cuenca, de trascendental importancia, uno de los principales desafíos que enfrenta el sector hídrico (oferta y demanda) es integrar la información proveniente de diversas instituciones, entes y organizaciones relacionadas con este recurso.

En la actualidad existen aplicativos web que permiten administrar y visualizar los recursos hídricos en una determinada cuenca; entre algunos de ellos se tiene: la implementación del Sistema de Información del Agua

## RESUMO

*Esse trabalho apresenta o desenvolvimento de uma ferramenta Web georreferenciada através da APP do Google Maps, para administrar os recursos hídricos superficiais da bacia do rio La Vieja na Colômbia. Isto com o objetivo de criar um sistema de integração de informação de acesso fácil que ofereça às pessoas dados reais e atuais acerca do estado dos recursos hídricos na bacia do rio La Vieja, para futuras consultas e investigações. O desenvolvimento desse aplicativo Web foi efetuado através da metodologia ágil SCRUM e da metodologia Mpiua, que integradas permitiram um desenvolvimento evolutivo e incremental, onde se o usuário foi envolvido ativamente no momento de incorporar aspectos de usabilidade e acessibilidade. Além disso, se usou a arquitetura MVC, para obter um produto mais escalonável com: abstração de dados, código de compreensão, intercomunicação entre componentes e controle dos recursos do servidor. Finalmente, foi obtida a implementação da ferramenta Web HidroQuindío, que permite administrar a informação das estações de monitoração, fontes hídricas, autoridades locais, fontes de captação e estruturas de condução de apoio à tomada de decisões em torno da bacia.*

## PALAVRAS-CHAVE

*Administração hídrica, bacia do rio La Vieja, gestão de informação, hidroinformática, oferta e demanda hídrica, sistema de informação Web.*

Subterránea en Internet (SIAS-WEB) (IGME, 2005), cuya aplicación es al ámbito de la Comunidad Autónoma de Andalucía; el Sistema de información geográfica integral del Litoral (Almazán, 2009); el HidroSIG 4.0 (UNAL, 2009), donde se pueden realizar estimaciones y análisis de variables hidrológicas, climáticas y geomorfológicas para la planificación y cuantificación del recurso hídrico; y a nivel local se cuenta con SIG-QUINDÍO (Gobernación del Quindío, Instituto Geográfico Agustín Codazzi y CRQ, 2009), el cual es un visor geográfico de metadatos, mapoteca y administración de documentación en el departamento del Quindío. Estos aplicativos son de libre acceso al público, y permiten, desde diferentes temáticas, contribuir a la toma de decisiones en lo que se refiere a la administración del agua; pero no integran de manera concreta datos e información de oferta y demanda hídrica superficial.

Este problema de desintegración, acceso y privacidad de los datos, ha evidenciado poco soporte para la toma de decisiones que se dan en la administración de este recurso; de tal forma que se facilite la sostenibilidad

de la oferta del agua para los asentamientos humanos, sectores energéticos, agrícolas, pecuarios y piscícolas, por mencionar algunos (García, Monsalve, Lozano, 2011).

Se hace necesaria entonces la elaboración de un sistema de información georreferenciado de consulta pública, que ofrezca disponibilidad, integridad, accesibilidad y administración de los datos de la cuenca del río La Vieja.

El documento está organizado de la siguiente manera: en la sección 1 se presentarán los datos de la cuenca del río La Vieja. La sección 2 se ocupará de la metodología utilizada para el desarrollo del sistema de información. En la sección 3 se describirá el sistema de información Web realizado. En la sección 4 se mostrarán los resultados obtenidos y la discusión de los mismos. En la sección 5 se presentan las conclusiones. Finalmente, los trabajos futuros y la bibliografía.

## 1. Cuenca del río La Vieja

Esta cuenca se ubica en jurisdicción de los departamentos del Quindío, Risaralda y Valle del Cauca. Comprende una superficie total de 2,880.14 km<sup>2</sup> correspondiéndole el 68% al Quindío (1.961,83 km<sup>2</sup>), el 10% al Risaralda (298,86 km<sup>2</sup>) y el 22% al Valle del Cauca (619,45 km<sup>2</sup>) (CRQ, 2008). Geográficamente se enmarca dentro de las coordenadas: 4° 04' y 4° 49' de latitud Norte y 75° 24' y 75° 57' de longitud Oeste. En cuanto a la población, se estima que en la cuenca habitan alrededor de 1.140.378 personas, correspondiéndole al Quindío el 53% del total, y al Valle y Risaralda el 19% y 27%, respectivamente; distribuidos en 21 municipios (CRQ, 2008).

La Figura 1 presenta el área de la cuenca del río La Vieja, en relación con los departamentos de Risaralda, Quindío y Valle del Cauca. (Ver Figura 1).

Hidrológicamente la cuenca presenta tres zonas diferenciadas por la forma como aportan agua. La primera corresponde al paisaje de montaña, donde las aguas escurren desde la cordillera Occidental a los ríos Quindío y Barragán. La segunda al paisaje de piedemonte donde se generan numerosas corrientes que drenan en sentido oriente-occidente hasta tributar al río La Vieja. La tercera se localiza en la parte occidental y está conformada por corrientes de agua que drenan de manera directa a La Vieja y conforman pequeños valles (CRQ, 2008).

Figura 1. Cuenca del río La Vieja

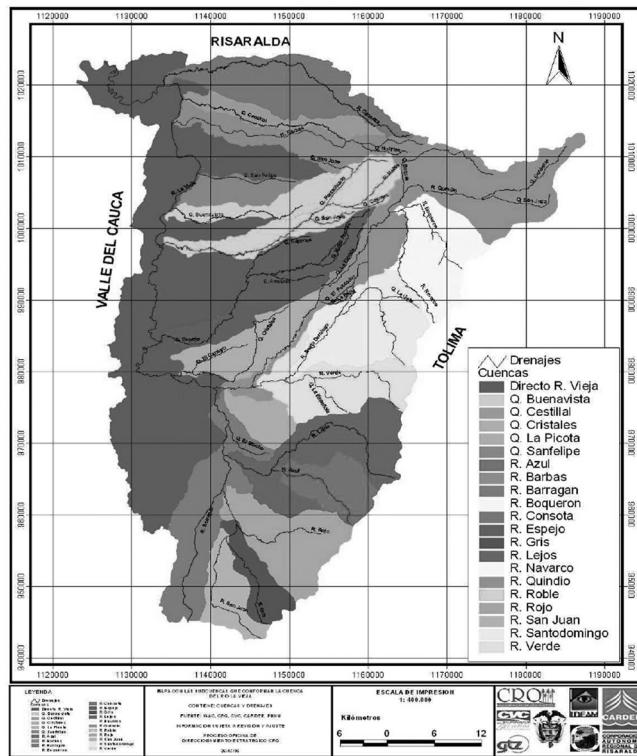


Fuente: Imagen adaptada de CRQ (2012)

El sistema hídrico de la cuenca del río La Vieja, el cual se observa en la Figura 2, presenta algunas fuentes de interés como lo son: río Otún, río Consota, río Barbas, río Roble, río Quindío, río Espejo, río Navarco, río Santo Domingo, río Verde, Quebrada La Picota, río Lejos, río Barran, río Gris, quebrada Buenavista y quebrada Cristales, entre otros; todos ellos son fuente de suministro de agua para diferentes sectores ubicados en la zona, para cumplir actividades domésticas, agropecuarias, industriales y generación de energía, entre otros. El uso de este recurso ha causado el deterioro de la calidad y la cantidad en la mayoría de las fuentes hídricas (García y Obregón, 2011).

Este sistema hídrico contiene infraestructura física como captaciones, aprovechamientos hidráulicos, estaciones hidrometeorológicas, vertimientos y/o retornos. En esta zona se ubican además diferentes estaciones de monitoreo y registro de datos climatológicos, de cantidad y calidad de agua, administradas por entidades como el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFÉ), Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER), Corporación Autónoma Regional de Quindío (CRQ) y Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), los cuales serán tratados en el sistema propuesto.

Figura 2. Sistema hidrático superficial en la Cuenca del río La Vieja



Fuente: Equipo operativo SIG-CRC (CRQ, 2008).

## 2. Metodología

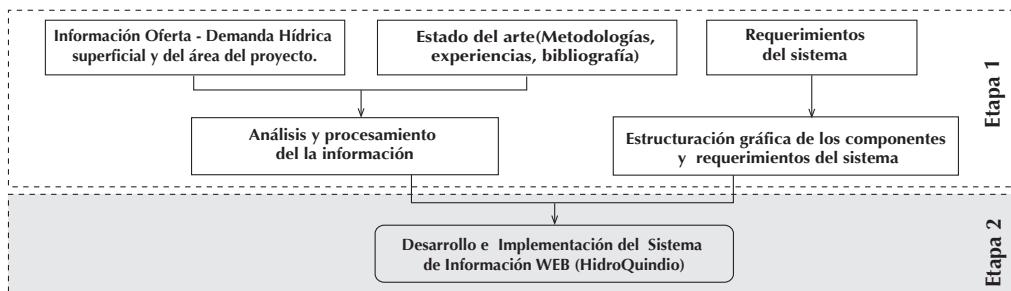
El desarrollo del sistema de información WEB para la gestión del recurso hídrico superficial en la cuenca del río La Vieja comprende dos etapas descritas en la Figura 3.

La primera etapa, comprende el proceso del manejo de información de oferta-demanda hídrica superficial en

la zona de estudio como: departamentos, municipios, veredas, cuencas, entes territoriales, fuentes hídricas, afluentes, estaciones de monitoreo, captaciones, estructuras de conducción, aprovechamientos, retornos y normatividad; análisis de información; construcción de componentes y el establecimiento de los requerimientos del sistema desde la perspectiva hídrica.

No se hablará cuantitativamente de estos componentes debido a que este aplicativo es adaptable a la cantidad

Figura 3. Esquema Metodológico



Fuente: Diseño propio

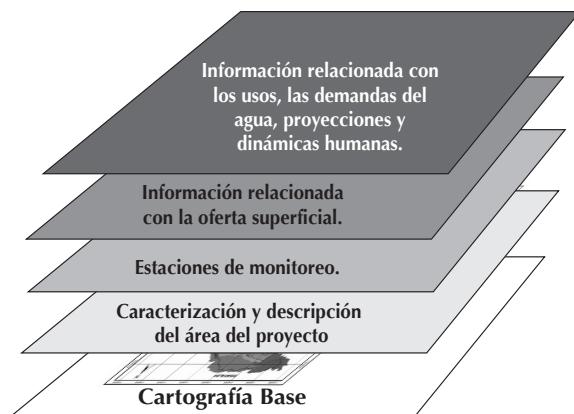
de información que el administrador suministre al sistema; para tal caso, el administrador puede crear en cualquier momento afluentes, estaciones de monitoreo, captaciones, estructuras de conducción, por mencionar algunos, georreferenciándolas en la API de Google Maps, a través de la asignación de sus coordenadas. La segunda etapa comprende el desarrollo del sistema Web georreferenciado.

En la primera etapa, fue necesario levantar la información base cartográfica, de oferta y demanda hídrica superficial (ver Figura 4), con el fin de establecer los requerimientos del sistema WEB.

En esta etapa fueron definidos los siguientes componentes: las subcuencas con los departamentos y municipios que la integran, las estaciones de monitoreo de variables climatológicas, precipitación, caudal y calidad de agua, con sus diferentes características y registros; las fuentes hídricas con su respectiva caracterización, oferta, usos del agua y calidad, entre otros aspectos. Por último, el componente de usuarios, donde se establecen sus características, la infraestructura establecida, demandas de agua, concesiones, y permisos de vertimientos entre otros aspectos.

Cada uno de los componentes identificados de manera jerárquica se esquematizó en elipses asociadas entre ellas, que denotan la composición de los componentes y sus características, que conforman la cuenca del río

Figura 4. Levantamiento de la información base de oferta y demanda hídrica superficial.



Fuente: Diseño propio

La Vieja; hay que notar que existen elipses vacías que denotan otras características que no fueron especificadas por efectos de espacio, como se ve en la Figura 5. En la segunda etapa del proyecto, se diseñó e implementó el sistema de información WEB, a través de la metodología ágil SCRUM (Canós, Letelier, & Penadés, 2003) y la metodología Mpiua (Granollers, 2004).

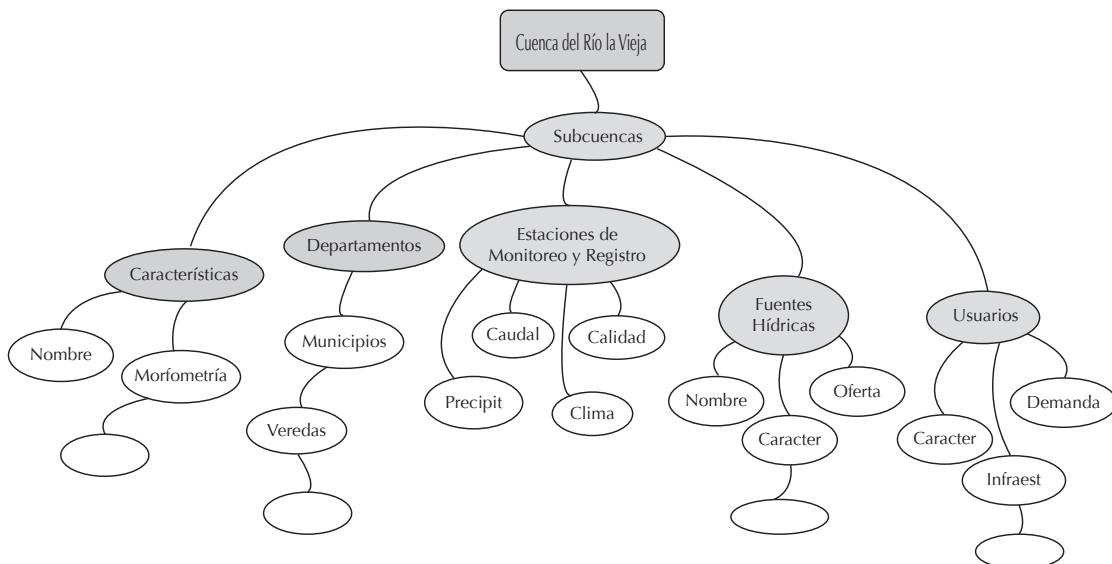
Cada metodología se incorporó con un propósito específico y fue seleccionada respecto a las demás metodologías después de realizar un estudio minucioso que permitió conocer sus ventajas. La metodología Mpiua fue seleccionada por su organización conceptual, por ser un método iterativo, flexible y sencillo; de fácil adaptación al modelo mental de los equipos multidisciplinares (Méndez, Jiménez, Collazos, Granollers, González, 2008), (Meler, 2005). Del mismo modo, la metodología SCRUM fue seleccionada como proceso de desarrollo ya que permite una gestión continua de las expectativas del cliente, resultados anticipados, motivación constante entre los participantes, retorno de inversión, mitigación de riesgos, flexibilidad, adaptación y alineamiento entre cliente y equipo (Sutherland y Schwaber, 2007).

La metodología Mpiua fue incorporada en las etapas de diseño y prototipo de la interfaz gráfica de usuarios GUI, debido a su enfoque en aspectos de usabilidad y accesibilidad. Durante el uso de la metodología Mpiua, se desarrollaron prototipos continuos de la GUI, con el fin de realizar pruebas de aceptación con el usuario, validando de esta forma la funcionalidad y la navegación del sistema por parte de los usuarios, e indagando nuevos aspectos relacionados con la interfaz como posición de contenido, textos y colores propios del negocio.

Fue incorporada al proyecto la metodología ágil SCRUM, por ser flexible y aceptar los cambios presentados durante todo el proceso de desarrollo (Nazareno, Leone, y Gonnet, 2013). Además, fue útil, ya que mostraba entregas funcionales en cada iteración, permitiendo que el grupo de trabajo en general conociera y evaluara los avances del proyecto; para obtener así, rápida retroalimentación e incorporación de nuevas necesidades (Sutherland y Schwaber, 2007).

Cabe resaltar que antes de iniciar cada iteración, se determinaba la meta a alcanzar, teniendo en cuenta la prioridad del negocio y la cantidad de trabajo que el equipo de desarrollo podía tomar, determinando este factor, la duración del Sprint. Haciendo uso de la metodología SCRUM (González, Nolasco, Espino y Rodríguez, 2010), (Canós, Letelier, & Penadés, 2003) se

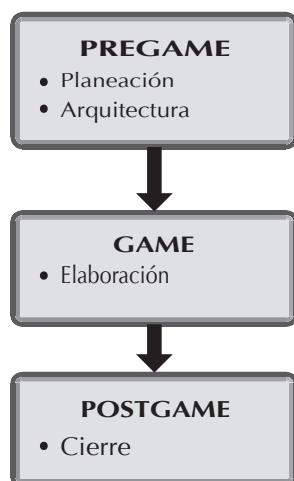
Figura 5. Esquema sistemático de los componentes y requerimientos del sistema WEB



Fuente: Diseño propio

llevaron a cabo tres fases: **pregame**, **game** y **postgame** (Mendes, Estévez, Fillotran, 2010) como se evidencia en la Figura 6. Para cada una de estas fases se creaban los artefactos y las actividades que el equipo de desarrollo realiza para cumplir con los objetivos propuestos (Morales, Nava, Fernández y Rey, 2010).

Figura 6. Ciclo de vida del SCRUM.



Fuente: Diseño propio

## 2.1. PREGAME

El ciclo de vida de La herramienta hidroinformática HidroQuindío comenzó con la fase pregame en la cual se realizó el proceso de planeación, se recopilaron los primeros requisitos necesarios para comenzar el desarrollo (Durán y Bernárdez, 2000), (Sommerville y Ranson, 2005), además en esta fase se definieron las iteraciones a realizar, se analizaron los riesgos, infraestructura y herramientas del desarrollo a utilizar.

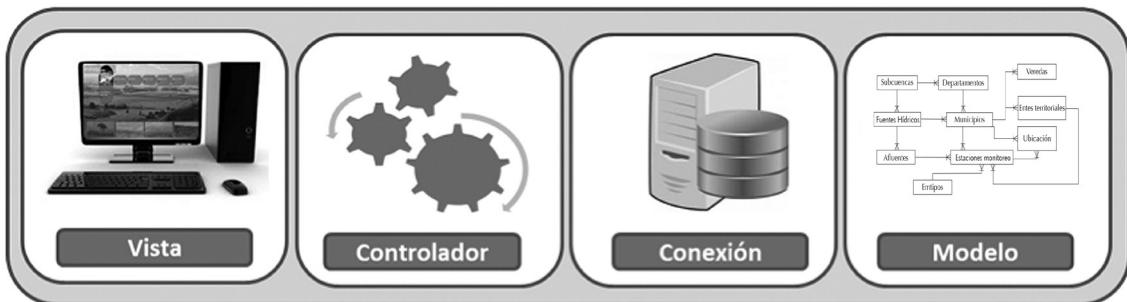
También en esta fase se definió la arquitectura **Modelo – Vista - Controlador** para el desarrollo del sitio Web, como se observa en la Figura 7 (pág. 330), y se revisaron las iteraciones del SCRUM.

Esta arquitectura se definió para obtener un producto más escalable, con: abstracción de datos, código entendible, intercomunicación entre componentes y control de los recursos del servidor (Camarena, Trueba, Martínez y López, 2012).

## 2.2. GAME

Durante la fase de game comenzó el desarrollo de HidroQuindío; se ejecutaron las cuatro iteraciones y las

Figura 7. Arquitectura modelo-vista-controlador



Fuente: Diseño propio

metas a alcanzar. En la primera iteración se realizó el modelo de dominio, el modelado de negocio, el modelado entidad relación, la estructura de jerarquización de la cuenca y el primer prototipo de interfaz gráfica de HidroQuindío. Definiendo así, en esta iteración, los siguientes entregables: historias de usuario, estructura de jerarquización de la cuenca, Product Backlog, pila del sprint 1, Burndown charts, definición del Sprint 1, modelo de dominio, modelado de negocio, modelo entidad relación y análisis de código Applets.

Para la segunda iteración se hicieron algunos ajustes al modelo entidad-relación, el diseño de la interfaz gráfica de usuario; además, se realizó la especificación del diagrama de casos de usos, se gestionó la base de datos y comenzó la construcción del módulo de administrador, generando como resultado los siguientes entregables: Modelo entidad relación mejorado, definición del Sprint 2, versión de Interfaz gráfica de usuario, diagrama de casos de usos, módulo de administrador iterado, actualización del Product Backlog, y Burndown charts, respectivamente.

En la tercera iteración se inició la construcción del módulo de usuario y para ello se simularon las capas cartográficas a través de imágenes, además se manejaron "tags" con Ajax y JavaScript para simular la explotación de los datos sobre las imágenes; esto con el fin de presentar un primer simulacro para validar la navegación de los usuarios sobre la aplicación; en esta iteración se construyeron los siguientes entregables: módulo de navegación cartográfico simulado, Product Backlog del módulo de usuario, actualización del Burndown charts y definición del Sprint 3 y refinamiento de casos de usos.

Finalmente, en la cuarta iteración se definió el uso de la API de Google Maps para manejar el visor cartográfico del módulo de usuario. Igualmente, se terminó el módulo de administración. En esta iteración se construyeron los siguientes entregables: módulo de usuario y administrador, Product Backlog del módulo de usuario actualizado, puesta al día del Burndown charts, definición del Sprint 4 y refinamiento de casos de usos.

### 2.3. POSTGAME

Por último, en la fase de postgame se elaboran las encuestas que sirvieron como indicador para evaluar la accesibilidad y usabilidad de HidroQuindío, el Webservices, y se hizo entrega del producto final al Grupo de Investigación en Recursos Hídricos y Ambiental CIDERA, de la Universidad del Quindío, en Colombia, con su respectiva documentación, manual de programador, manual de usuario y manual de administrador.

## 3. Sistema de Información Web

HidroQuindío es un sistema Web georreferenciado a través de Google Maps, que administra la información de los recursos hídricos de la cuenca del río La Vieja en Colombia.

Implementa dos perfiles de acceso: administradores y usuarios. Los administradores serán los entes territoriales que administrarán la información del sistema hídrico y los usuarios son personas que podrán usar el aplicativo como mecanismo de consulta. (ver Figura 8).

Figura 8. HidroQuindío- <http://hidroquindio.co/>

Fuente: Diseño propio

### 3.1. FUNCIONALIDAD

En la funcionalidad que ofrece HidroQuindío a los dos perfiles de acceso se puede encontrar lo siguiente:

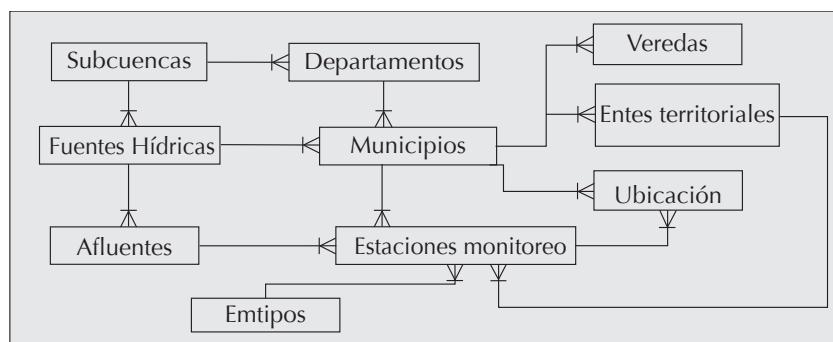
- Gestión de departamentos, municipios, veredas, cuencas, entes territoriales, fuentes hídricas, afluentes, estaciones de monitoreo, captaciones, estructuras de conducción, aprovechamientos, retornos y normatividad.
- Georreferenciación de diferentes fuentes hídricas, estaciones de monitoreo, lugares de captación de agua y su estructura de conducción, aprovechamientos, y entes territoriales.
- Gestión de usuarios
- Normatividad.

Para cada uno de estos ítems se da un desarrollo de contenido, con especificación los datos asociados que posteriormente se convertirán en conocimiento a partir de su procesamiento.

### 3.2. MODELO RELACIONAL

La información de HidroQuindío se estructuró a través del modelo relacional de la Figura 9, establecido durante diferentes reuniones con el grupo de investigación CIDERA, que tenían como propósito definir la estructura de los recursos en la cuenca de estudio. En este modelo cada rectángulo representa un componente que conforma la cuenca y las relaciones que se dan entre estos indica la composición que se da en forma de multiplicidad. Para exemplificar esta interpretación

Figura 9. Modelo entidad relación



Fuente: Diseño propio

se dice en el modelo que un municipio tiene muchas veredas y a su vez en él existen muchos entes territoriales que lo gobiernan.

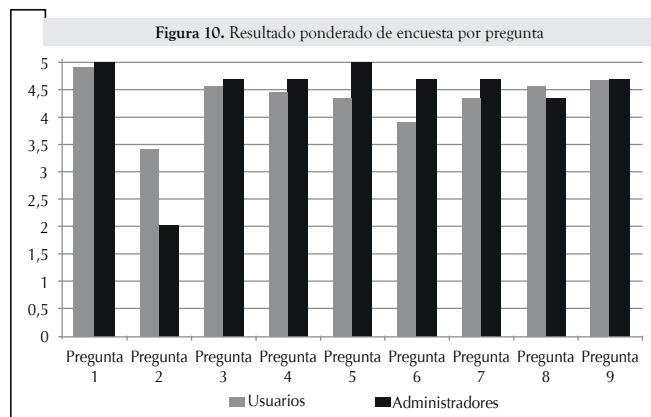
Como indicador para la accesibilidad y usabilidad de HidroQuindío, se diseñó una encuesta (ver Tabla 1) dirigida a nueve usuarios, con poca experticia en sistemas computacionales y tres administradores, los cuales eran integrantes de una entidad- autoridad del recurso hídrico. Con la ejecución de esta encuesta se pretendió evaluar aspectos como rapidez de respuesta, facilidad de navegación, y experiencia.

En cada encuesta fueron evaluadas nueve preguntas, cualificadas en una escala cuantitativa que va de 1 a 5; interpretada así: (1) Muy malo, (2) Malo, (3) Regular, (4) Bueno y (5) Muy bueno.

Tabla 1. Encuesta de evaluación de usabilidad y accesibilidad

Encuesta para prueba de usabilidad usuario					
Preguntas	Valor				
	1	2	3	4	5
1. ¿Qué tan fácil le pareció ingresar a las secciones?				x	
2. ¿Qué tan rápido realizó la búsqueda de las estaciones de monitoreo y fuentes hídricas por nombre específico?		x			
3. ¿Qué tan fácil le fue encontrar las tablas con la información integrada?			x		
4. ¿Qué tan fácil le fue enviar un mensaje al administrador?				x	
5. ¿Qué tan fácil fue realizar las proyecciones?			x		
6. ¿Qué tan agradable le parece el contraste de colores?				x	
7. ¿En general que le pareció navegar por el sitio?			x		
8. ¿Qué le pareció la visualización con Google Maps?				x	
8. ¿Qué tan fácil le fue regresar al comienzo?				x	

Los resultados obtenidos de estas encuestas se grafican en la Figura 10, donde se evidencia que al evaluar la facilidad de acceso a funcionalidades como: acceso a la información, búsquedas específicas, interpretación de los resultados y georreferenciación de la información, tanto los usuarios como los administradores demostraron aceptación al hacer uso de la aplicación Web HidroQuindío, esto se evidencia al comparar las calificaciones dadas en cada pregunta por todos los participantes, las cuales oscilan en una escala entre 4 a 5 en más del 50% de los resultados.



En cuanto a la navegación por la aplicación Web para cumplir propósitos de administración de la información de la cuenca (pregunta 2); los administradores afrontaron dificultades debido al requerimiento de conocer claramente la estructura de jerarquización establecida para la fuente hídrica superficial de la Figura 5, para poder acceder al menú de especificación necesario para lograr sus propósitos y con la cual aún no estaban muy familiarizados.

## 4. Resultados y discusión

Al finalizar el desarrollo a través de cuatro iteraciones, se obtiene la herramienta Hidroinformática HidroQuindío, un sistema de información Web que logra integrar la información proveniente de entidades como: CRQ, ESAQUIN, CARDER, CVC, Multipropósitos. S.A ESP y EPA.ESP entre otros; quienes son los organismos regionales responsables de administrar la información de la cuenca hídrica del río La Vieja.

Este software ofrece a sus usuarios georreferenciación mediante Google Maps, el cual permite la localización de información de manera exacta, a partir del sistema de coordenadas longitud y latitud ofrecido por la API, facilitando así la visualización e interpretación de información con un grano más fino.

Este aplicativo está disponible actualmente en el link: <http://hidroquindio.co/> (ver Figura 11) para acceso al grupo de investigación CIDERA, encargado de actualizar los datos de la cuenca en el aplicativo Web, a partir de proyectos de investigaciones en desarrollo.

A través de la aplicación, los usuarios pueden realizar búsquedas de información de manera personalizada, mediante parámetros de búsqueda como: ver todas las estaciones de monitoreo, ver estaciones por nombre, tipo (ver Figura 12), por fuentes hídricas o entes territoriales. Lo mismo ocurre para las fuentes hídricas donde se podrá ver por estaciones de monitoreo, por captaciones, por nombre, y ubicación ya sea por departamento o municipio.

De la misma forma, en este módulo de usuario se puede consultar información de la cuenca de forma interactiva,

Figura 11. Sistema de información georreferenciado HidroQuindío



Figura 12. HidroQuindío, módulo de usuario - Buscar estaciones de monitoreo por tipo



a través de imágenes de los diferentes componentes como se muestra en la Figura 13, dichas imágenes son asociadas en el módulo administrador a cada componente.

Es así como para cada uno de estos componentes: subcuencas, departamentos, veredas, entes territoriales, fuentes hídricas, afluentes, estaciones de monitoreo y registro, captaciones, estructuras de conducción, aprovechamientos hidráulicos y retornos, entre otros, se genera una etapa de almacenamiento y llenado de la información en el sistema a través del módulo

administrador. Por ejemplo, en la Figura 14 se observa el ingreso de información al componente de captaciones y en la Figura 15 se muestra la edición de la información de fuentes hídricas.

Además, la aplicación en el módulo de administrador permite disponer la información referente a la normatividad de la cuenca, es así como se podrá relacionar un archivo de formato .pdf o .doc en una categoría específica como estatuto, norma, resolución, manejo de la cuenca, como se observa en la Figura 16,

Figura 13. Consulta de información de una captación de agua



Figura 14. HidroQuindío módulo de administración, edición de la información de captaciones

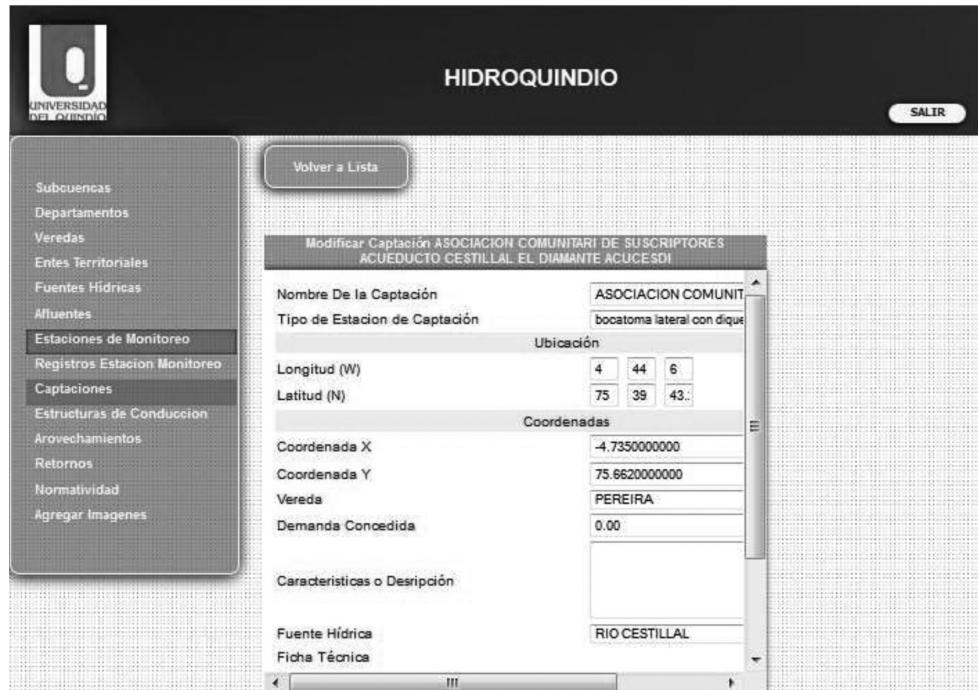


Figura 15. HidroQuindío, módulo de administración, edición de la información de fuentes hídricas

Figura 16. HidroQuindío, módulo de administración, categoría de normatividad

Fuente: Diseño propio

esto con el fin de que los usuarios de consulta puedan acceder a los estatutos y normas que rigen la información de la cuenca del río La Vieja.

Como soporte del aplicativo Web, para garantizar la funcionalidad y aprovechar adecuadamente esta herramienta, se generaron los manuales del usuario y administrador, divididos en capítulos para que sean consultados por los usuarios de acuerdo con su rol; cabe resaltar que en el portal de HidroQuindío, el usuario dispondrá de un acceso al manual de usuario el cual

está dividido en seis capítulos (Tabla 2, pág. 336), que facilitarán al lector la navegación por la aplicación.

HidroQuindío, como herramienta de acceso público, fundamenta su concepción apoyado en el precepto de que el agua es un recurso finito y vulnerable, esencial para el sostenimiento de la vida y el medio ambiente; por ello, el aprovechamiento y administración del agua debe fundamentarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones alrededor del recurso.

Tabla 2. Manual de HidroQuindío

Generalidades	
Capítulo 1	• Introducción
Capítulo 2	• Objetivo de este manual
Capítulo 3	• Dirigido a
Capítulo 4	• Lo que debe conocer
Capítulo 5	• Organizando este manual
Capítulo 6	• Gestión de HidroQuindío

Todo lo anterior hace que HidroQuindío integre el conocimiento de una diversidad de sistemas que deben considerarse de forma simultánea, para analizar la cuenca como una unidad de análisis desde diferentes enfoques como los ambientales, los ecológicos y los geopolíticos.

El plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río La Vieja (CRQ, 2008), es un instrumento de planeación territorial regional, que surge por el interés de las autoridades ambientales con jurisdicción en la cuenca: (Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER), Corporación Autónoma Regional del Quindío (CRQ) y Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC)), para dar soporte a los lineamientos estratégicos alrededor de la misma desde el diagnóstico, la prospectiva y la formulación, que se generó en su momento con el ya derogado Decreto 1729 de agosto 6 del 2002, del Ministerio del Medio Ambiente (Ministerio del Medio Ambiente, 2002).

Pero este plan por sí sólo no abastece el cumplimiento de dichos lineamientos, haciéndose necesario el uso de herramientas como HidroQuindío para apoyar la toma de decisiones y permitir alcanzar el logro de manera más eficiente y administrable; ofreciendo la visualización de información necesaria de manera holística e integrada, para facilitar la sostenibilidad, conservación y aprovechamiento del recurso hídrico.

HidroQuindío ha tenido buena recepción entre las personas que trabajan en el sector hídrico y ambiental, aunque no lo han usado oficialmente, estas entidades cuando fueron notificadas del proyecto manifestaron buena recepción al entender que sería una herramienta útil para documentar las cuencas hídricas, entre ellas la del río La Vieja con cierto grado de detalle y exactitud en la localización geográfica de manera gratuita,

contribuyendo esto a responder a dinámicas propias de la planificación y a procesos de ordenación y visualización de futuro territorial, regional y nacional, que enmarcan pautas de orientación en el aprovechamiento del recurso.

Cabe resaltar que dicha exactitud será mejorada en una fase posterior de este macro- proyecto de investigación, al momento de instalar sensores hidrometeorológicos que sirvan de fuente de datos para el sistema en tiempo real y así obtener precisión y actualización en las consultas.

Por otra parte, HidroQuindío al momento de difundirse, no sólo tendrá impacto a nivel ambiental, sino que podrá servir de apoyo a la toma de decisiones a otros segmentos como: el sector productivo rural, ya que en la cuenca se desarrollan actividades productivas del sector primario especialmente; al sector de la salud por cuanto la cuenca constituye parte integral de las necesidades básicas de la población; al sector sociocultural, ya que la cuenca presenta una importante infraestructura y cobertura en los servicios públicos domiciliarios en los 21 municipios que la conforman y al sector geopolítico, para apropiación del territorio y buen aprovechamiento del recurso hídrico que proyecta altos índices de escasez (CRQ, 2008).

## 5. Conclusiones

HidroQuindío como herramienta de apoyo para el sistema de seguimiento y evaluación de la cuenca del río La Vieja permite capturar, actualizar, georreferenciar y analizar información pertinente a los aspectos generales y socioeconómicos de la cuenca, lo que facilita la obtención de alertas tempranas que posibilitan a cada una de las entidades asociadas contar con criterios sólidos para la definición de planes de acción y renovación de lineamientos estratégicos, que den garantía al uso sostenible del recurso hídrico.

Además, el hecho de que esta información acerca de la realidad de la oferta y demanda hídrica de la cuenca sea de acceso público para los diferentes actores, hace que en ellos se genere cierto grado de concientización interés y conocimiento que podrían desencadenarse en la producción de estrategias adecuadas de conservación y aprovechamiento, haciendo que el recurso hídrico se conserve a través del tiempo para mejorar la calidad de vida de todos los seres vivos. Igualmente, al permitir el uso público de HidroQuindío se logra dar solución a los

problemas alusivos al difícil acceso, desintegración e incoherencia de la información existente.

Dentro de la esquematización de contenidos del sistema, se determinó que HidroQuindío al proponer una clasificación de contenido por unidades, de acuerdo con la información de oferta y demanda hídrica, facilita la organización de la información para estructurar su recopilación según la entidad que la suministra, lo cual genera estos aspectos de interoperabilidad e independencia.

Por otra parte, se llegó a la conclusión de que este sistema no dependerá exclusivamente de los datos suministrados por las diversas entidades, sino que tendrá como insumo los resultados de diferentes investigaciones relacionadas con la cantidad y calidad del recurso hídrico, de igual manera a través de uso de esta herramienta, los actores involucrados podrán tener elementos de juicio para la toma de decisiones.

Aunque aún el aplicativo tiene limitaciones políticas en cuanto a las fuentes de datos, por las restricciones y manejo interno desde algunos entes en la región que limitan los permisos de acceso y adquisición de información, se están realizando las gestiones respectivas desde el grupo de investigación CIDERA para mitigar esta limitación y poder recopilar todos los datos necesarios, buscando hacer más sólido y robusto el sistema, de tal forma que se pueda ver toda esta información en la aplicación.

Finalmente, aunque las gestiones de cartografía ante el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) dieron su fruto un poco tarde, en el proyecto se trabajó con el API de Google Maps, esta API permitió la georreferenciación de información de manera exacta a partir del sistema de coordenadas, longitud y latitud, para facilitar la visualización e interpretación de información de la cuenca. Sin embargo, la información cartográfica del IGAC, después de la respectiva autorización, está siendo procesada para ser incorporada al sistema en la fase posterior.

## 6. Trabajos futuro

Como trabajos futuros se propone realizar una segunda fase del proyecto de investigación que incorpore la cartografía que facilitó el Instituto Geográfico Agustín Codazzi al grupo de investigación CIDERA, con fines

académicos. Además, establecer servicios Web en tiempo real incluyendo sensores hidrometeorológicos que sirvan de fuente de datos al sistema, y así obtener registros actualizados y consultas precisas.

También, se pretende oficializar el sistema Web HidroQuindío ante las autoridades respectivas y poder masificar su uso, haciendo que estas entidades como el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFÉ), Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER), Corporación Autónoma Regional de Quindío (CRQ) y Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) hagan uso de HidroQuindío como sistema que contribuya a la administración de los recursos hídricos superficiales de la cuenca del río La Vieja, a través de archivos planos.

Finalmente, se pretende probar el uso del sistema para la administración de los recursos hídricos de otras cuencas de Colombia, esto con el fin de verificar la escalabilidad y adaptabilidad del sistema de información Web HidroQuindío. 

## NOTAS

1. Este artículo trata sobre una aplicación Web, donde las personas pueden consultar información generada sobre los diferentes recursos hídricos superficiales de la cuenca del río La Vieja, como ubicación de las estaciones de monitoreo, aprovechamientos, estructuras de conducción y proyecciones, entre otras. De esta manera se brinda la posibilidad a los usuarios y grupos de investigación de conocer un sistema de información integrado, fácil de administrar y más accesible.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMAZÁN GÁRATE, José Luis. Los SIG, en la gestión integral del Litoral. *En: XXVII Semana Estudios del Mar* (27: 22-24, septiembre: Motril, Granada). Conferencia. Motril: Fundación ASEMAR de Estudios del Mar, 2009. p. 290 - 309. [Recuperado 12 agosto, 2013]. Disponible en [http://www.asesmar.org/conferencias/documentos/doc\\_semana27/capitulo11.pdf](http://www.asesmar.org/conferencias/documentos/doc_semana27/capitulo11.pdf)
2. CAMARENA SAGREDO, Jesús Gamaliel; TRUEBA ESPINOSA, Adrián; MARTÍNEZ REYES, Magally; LÓPEZ GARCÍA, María de Lourdes. Automatización de la codificación del patrón modelo vista controlador (MVC) en proyectos orientados a la Web. *En: Ciencia Ergo Sum. Noviembre-febrero, 2012. Vol. 19, no. 3. p. 239-250*

3. CANÓS, José H.; LETELIER TORRES, Patricio y PENADÉS, María Carmén. Metodologías ágiles en el desarrollo de software. En: Taller realizado en el marco de las VIII Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de datos, JISBD 2003 (8: 12-14, noviembre: Alicante, España). Actas. Alicante: Grupo ISSI, 2003. p.1-8
4. COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Decreto 1729. (6, agosto, 2002). Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del artículo 5º de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá, D.C., 2002 no. 44893.7. p.1-104
5. CORPORACION AUTÓNOMA REGIONAL DEL QUINDÍO. Plan de Acción 2012-2015. Armenia: La Corporación, 2012. 257 p.
6. CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE QUINDÍO -CRQ-, et al. Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (POMCH) del Río La Vieja. Armenia: Las corporaciones, 2008. 358 p.
7. DURÁN TORO, Amador.; BERNÁRDEZ JIMÉNEZ, Beatriz. Metodología para la Elicitación de Requisitos de Sistemas Software Versión 2.1. Sevilla: Universidad de Sevilla, 2000. Informe Técnico LSI-2000-10. 78 p.
8. GARCÍA REINOSO, Pedro León; MONSALVE DURANGO, Elkin Aníbal y LOZANO SANDOVAL, Gabriel. Análisis espacial y temporal del índice de escasez de agua en la cuenca del río QUINDÍO. En: Revista de Investigaciones Universidad Del Quindío. Agosto, 2011, vol. 22, p.70 – 82
9. GARCÍA REINOSO, Pedro León; OBREGÓN NEIRA, Nelson. Elementos para formular una Gestión Integrada del Recurso Hídrico. Caso cuenca río Quindío. En: Revista de Tecnología - Journal of Technology. Julio-diciembre, 2011, vol. 10, no. 2, p. 73-83
10. GOBERNACIÓN DEL QUINDÍO; CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL QUINDIO (CRQ); INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. SIG-Quindío. Sistema de Información Geográfica del Quindío.[en línea]. Armenia: Actualizado al 2009. [citado 18 ago., 2013] Disponible en <http://200.21.93.53/sigquindioii/>. También disponible en <http://200.21.93.53/sigquindioii/VisorGeneral.aspx>
11. GONZÁLEZ CÓRTEZ, J.; NOLASCO SUÁREZ, J.; ESPINO GUDIÑO M.; RODRIGUEZ HERNÁNDEZ, V. Metodología Agil SCRUM en conjunto con la filosofía "justo a tiempo". En: Congreso Internacional de Ingeniería (6: Queretaro, Qro) Memorias. Queretaro: 2010. p. 620-623
12. GRANOLLERS, Saltiveri Antoni. MPIu+a una metodología que integra la ingeniería del software, la interacción persona ordenador y la accesibilidad en el contexto de equipos de desarrollo multidisciplinares. Tesis Doctoral. España: Universitat De Lleida. Department de Llenguatges i Sistemes Informàtics, 2004. 497 p.
13. INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, IGME. 2005. Sistema de Información del Agua Subterránea (SIAS WEB) .[en línea]. Madrid. Disponible en <http://www.igme.es/internet/ServicioMapas/siasewb/sias.htm>
14. MELER PASCUAL, Dunia. Implementación del sitio web [www.mpiua.net](http://www.mpiua.net). Trabajo final de carrera. España: Universidad De Lleida. 2005. 352 p.
15. MÉNDEZ A, Yenny A., et al. Thinklets: Un Artefacto Útil para el Diseño de Métodos de Evaluación de la Usabilidad Colaborativa. En: Revista Avances en Sistemas e Informática. Junio, 2008, vol. 5, no. 2, p. 147-154
16. MENDES CALO, Karla.; ESTEVEZ, Elsa.; FILLOTRAN, Pablo. A Quantitative Framework for the Evaluation of Agile Methodologies. En: JCS&T. June, 2010. Vol 10 no 2. p. 68- 73. Disponible en <http://journal.info.unlp.edu.ar/journal28/papers/JCST-Jun10-4.pdf>.
17. MINISTERIO DE CIENCIAS E INNOVACIÓN; INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. SIAS. Sistema Integrado del Agua Subterránea. [en línea]. Madrid: Actualizado al 2008. Disponible en <http://servicios2.marm.es/sia/consultas/servlet/consultas.GlobalFilter?tipo=masiva&sid=generate>
18. MORALES URRUTIA, Gerardo Abraham; NAVA LÓPEZ, Claudia Esther; FERNÁNDEZ MARTÍNEZ, Luis Felipe y REY CORRAL, Mirsha Aarón. Procesos de desarrollo para videojuegos. En: Culcyt/Videojuegos. Enero-junio, 2010, año 7, no. 36/37. p. 25-39
19. NAZARENO, Roberto.; LEONE, Horacio y GONNET, Silvio M. Trazabilidad de procesos ágiles: un modelo para la trazabilidad de procesos Scrum. En: Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (18: 8-12, Octubre: Buenos Aires, Argentina). Memorias. SEDICI: 2013. p. 920-929
20. SOMMERVILLE, Ian.; RANSON, Jane. An empirical study of industrial requirements engineering process assessment and improvement. En: ACM Transactions on Software Engineering and Methodology (TOSEM). January, 2005, vol. 5 no. 1, p. 85-117
21. SUTHERLAND, Jeff.; SCHWABER, Ken. The Scrum Papers: Nuts, Bolts, and Origins of an Agile Process. Washington, 2007. 202 p.
22. UNAL, 2009. HidroSIG 4.0. Sistema de Información Geográfico. [en línea]. Medellín: Actualizado al 2009. Disponible en [http://www.medellin.unal.edu.co/~hidrosig/index.php?option=com\\_content&view=article&id=35&Itemid=29&lang=es](http://www.medellin.unal.edu.co/~hidrosig/index.php?option=com_content&view=article&id=35&Itemid=29&lang=es)