

Se presenta un sistema de

▶ alerta temprana ante huaycos (Satah-UNO),

con el empleo de tecnología de punta a bajo costo, respuestas en tiempo real, e integración del concepto de Internet de las cosas y de metodologías activas de desarrollo de software.

ALERT

Diseño de un sistema de alerta temprana ante huaycos en Chosica - Lima - Perú

Design of a Landslide Early Warning System in Chosica - Lima - Perú

RESUMEN

En el distrito de Santa Eulalia, provincia de Huarochirí, Lima, todos los años ocurre el fenómeno geológico conocido como huayco. La intensidad de la lluvia genera un deslizamiento de tierra que alcanza zonas urbanas, y ocasiona pérdidas materiales y humanas, sin posibilidad de alertar oportunamente a la población.

Para mitigar estos daños se ha desarrollado un proyecto piloto para el diseño e implementación de un sistema de alerta temprana ante huaycos (Satah-UNO), el cual integra un dispositivo electrónico Arduino-UNO de procesamiento de datos; el sensor MaxSonar, para determinar el nivel máximo del agua y lanzar una alerta y el módulo GSM que envía un mensaje de texto a un teléfono móvil de la red GSM o 3G. Ese teléfono, con sistema operativo Android, dispone de una aplicación que envía la información en tiempo real a la nube. Luego, la aplicación en la nube procesa los datos y notifica mediante mensajes push a clientes en plataforma Web y móvil conectados a Internet, que se difunde mediante Internet de las cosas (IoT), como información de análisis disponible vía Web. El sistema ha sido probado en el laboratorio con módulo de control de planta. Este sistema debe ser incorporado a otros sistemas de prevención de desastres y en el futuro contribuir en la creación de un modelo predictivo.

La metodología para el desarrollo del software fue basada en el RUP (Rational Unified Process) y en el ámbito pedagógico de lo multidisciplinario.

ABSTRACT

In the district of Santa Eulalia, province of Huarochirí, Lima, each year a geological phenomenon known as landslide occurs. The intensity of the rain generates sliding that can reach urban areas, causing human and material losses, without possibility to provide early warning to the population.

To mitigate these damages we have developed a pilot project for the design and implementation of a Landslide Early Warning System (Satah-A), which integrates an electronic device Arduino-UNO for processing data; the MaxSonar sensor to determine the maximum water level and generate an alert and the GSM module sending a text message to a mobile phone through GSM or 3G network. This Android-based phone has an application that sends information to the cloud in real time. Then the cloud application processes the data and reports through push messages to Web and mobile clients connected to the Internet, which spread them by Internet of Things (IoT), as data analysis available via Web. The system has been tested in a laboratory environment using a control module plant. This system should be incorporated into other systems of disaster prevention to create a predictive model in the future.

The methodology for software development was based on RUP (Rational Unified Process) and multidisciplinary pedagogical level.



Palabras Clave

Huaycos Chosica, Arduino, sistema de alerta temprana, Internet de las cosas, aprendizaje basado en servicios.

Key words

Landslide Chosica, Arduino, early warning system, Internet of Things, service learning.

INTRODUCCIÓN

El fenómeno de El Niño, conocido también como ENSO (El Niño Southern Oscillation), consiste en el aumento de la temperatura en el océano Pacífico Ecuatorial, por lo general entre los meses de diciembre y marzo, y origina sequías en algunas regiones y lluvias intensas en otras, especialmente en la costa norte y central del Perú.

En los distritos de Santa Eulalia y Chosica, ubicados al este de la ciudad de Lima, se presenta de manera recurrente el desembalse de las cuencas principales a consecuencia de dichas lluvias, lo que provoca torrentes de lodo y barro. Al llegar a la zona urbana, este deslave conocido como huayco, ocasiona daños a la propiedad pública y privada, y en muchos casos pérdida de vidas humanas, de animales menores y destrucción de terrenos de cultivos. Estos estragos se deben, en buena parte, a que no se cuenta con un sistema de alerta eficiente para prevenir a la población de manera oportuna sobre el incremento peligroso del caudal del río.

El objetivo de este trabajo es desarrollar un proyecto piloto de diseño e implementación de un sistema de alerta temprana ante huaycos Satah-UNO, que envía una señal de alerta mediante un mensaje de texto a un teléfono móvil cuando el sensor MaxSonar detecta, en tiempo real, la subida máxima del nivel del caudal del río. La información es centralizada en la nube, y difundida a través de una aplicación móvil al público objetivo, mediante interconexiones IoT, personas que se comunican con personas (P2P), máquinas que se comunican con personas (M2P) y máquinas que se comunican con máquinas (M2M). Satah-UNO contiene además de una placa Arduino UNO y un módulo GSM SHIELD V1, el cual envía una alerta SMS al dispositivo celular remoto. Asimismo, comprende el acceso vía Web al análisis de datos estadísticos.



Figura 1: Diagrama de aplicación del sistema.
Fuente: Elaboración propia.

El enfoque pedagógico multidisciplinario permite que los estudiantes trabajen en un entorno de la realidad social, que involucra a la comunidad para su implementación correspondiendo a un aprendizaje-servicio. Además, dicho enfoque pone en práctica la colaboración y el pensamiento crítico factores claves para un aprendizaje basado en proyectos. Por último, promueve la exploración del campo de la ciencia electrónica, a través de la ma-

nipulación de circuitos y de la informática, con el desarrollo de aplicaciones y su integración con el hardware.

FUNDAMENTOS

Se ha diseñado Satah-UNO con integración de la plataforma Open Hardware Arduino, que interacciona con objetos, un sensor ultrasónico, un módulo GSM para transferencia de información a través de la red telefónica móvil y la actualización en la nube con datos en tiempo real y la difusión bajo el concepto de Internet de las cosas. Las pruebas realizadas en un laboratorio con un módulo de nivel de control de la planta han definido la elevación del nivel de agua, detectada por el sensor y su programación para el envío de SMS. Se prevé que este diseño requerirá de una ampliación de dispositivos como batería, panel solar y una caja que proteja los circuitos electrónicos de su exposición al medio ambiente.

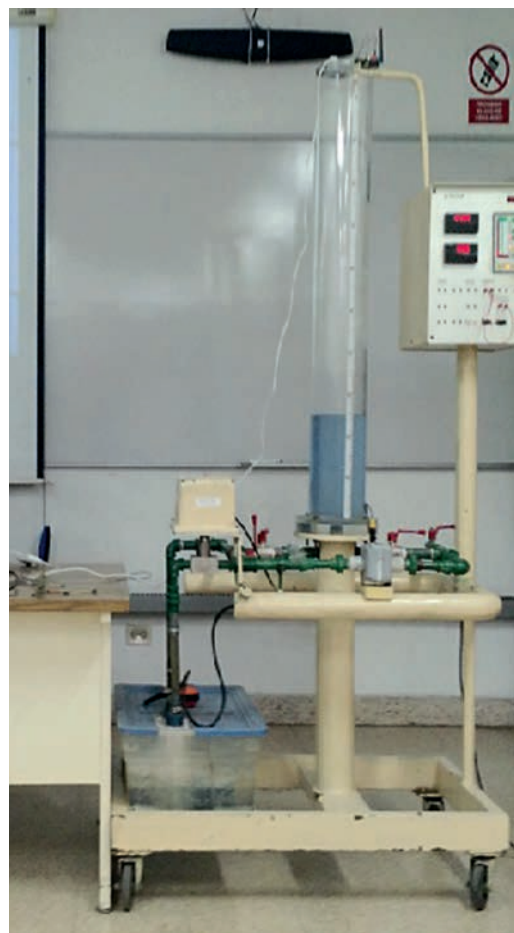


Figura 2: Planta de nivel de control.
Fuente: Elaboración propia.

El empleo de enfoques pedagógicos como ABP (aprendizaje basado en proyectos) y A-S (aprendizaje-servicio) ha sido fundamental para que los estudiantes del sexto ciclo de la carrera de Redes y Comunicaciones de Datos en Tecsup, puedan incorporar en su formación académica aspectos de la vida real. De ese modo, se ha logrado afianzar y ampliar sus competencias y capacidades orientadas a resolver problemas que involucran a la comunidad, así como otras áreas de las ciencias.

Galeana (2006) señala que en el Aprendizaje Basado en Proyectos, el alumno pone en práctica el conocimiento adquirido, y lo orienta para dar respuesta y satisfacer una necesidad real de la comunidad, en la cual realiza un planeamiento, la recolección de datos, el análisis y la implementación del proyecto. Con ello, refuerza sus valores y compromiso con el entorno mediante el uso de recursos tecnológicos modernos.

También, fortalece la capacidad autónoma, creatividad para las soluciones, la actitud de confianza, exploración de nuevos conocimientos y la aptitud de saber-hacer, al hacerla evidente en un resultado concreto y útil a la sociedad. Con este método se pone de manifiesto el trabajo en equipo, la eficiencia, la toma de decisiones, además de desarrollar la comunicación al tener que expresar sus opiniones personales.

Según Martínez (2013), el aprendizaje-servicio permite solucionar problemas de la realidad y está relacionado con el currículum del estudiante, al integrar su proceso de aprendizaje con el servicio a la comunidad, y lograr un aprendizaje significativo, que promueve su autoestima, las habilidades personales y la responsabilidad social.

Evans (2011), por su parte, indica que el Internet de las cosas (IoT o IdC) adquiere particular importancia debido a que sería la primera evolución real, que conduciría a cambios más revolucionarios en la sociedad, la forma como se aprende, se trabaja. Asimismo, IoT es sensorial, es decir, que es capaz de detectar la temperatura, presión, vibración, luz, humedad entre otros estímulos, lo cual hará que seamos más proactivos que reactivos.

Arduino es una plataforma de desarrollo ideal para la enseñanza de la electrónica. En lo que concierne al hardware, está compuesto por una tarjeta electrónica programable cuyo núcleo es el microcontrolador ATmega328, un resonador cerámico de 16MHz, conexión USB, botón de reseteo, conexión de energía externa, y lo más interesante, pines para procesar la información de entrada y salida. A su vez, el software consta de un IDE (Integrated Development Environment) para diferentes sistemas operativos.

Los sensores ultrasónicos basan su funcionamiento en la emisión de un pulso de ultrasonido, formando un campo de actuación de forma cónica, que al medir la percepción del eco y el tiempo transcurrido entre la emisión del pulso y la detección del eco correspondiente, se puede calcular la distancia a la que encuentra un objeto.

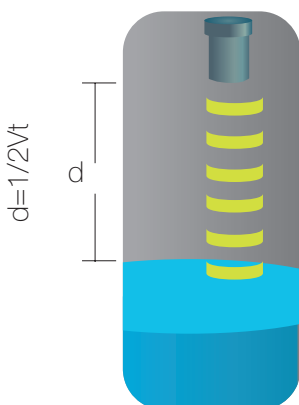


Figura 3: Campo de actuación del sensor.
Fuente: Elaboración propia.

Fórmula:

$$d = \frac{1}{2} Vt$$

Donde **V** es la velocidad del sonido en el aire, **t** es el tiempo transcurrido desde la emisión hasta la recepción del pulso de ultrasonido y **d** es la distancia.

Para obtener la velocidad (**V**), existen factores externos (ambientales) que influyen en esta medición. Al respecto, al utilizar el aire como medio de transporte de las ondas de ultrasonido es necesario tomar en cuenta su densidad, que es influenciada por la temperatura. Para ello, se considera que la velocidad del sonido en el aire es de 331,5 m/s en un ambiente ideal donde:

La temperatura es igual a 0 °C
 Una constante de 0,6 m/s por cada grado de temperatura.

$V = V_0 + 0,6T$ m/s

$V = 331,5 + 0,6(20)$ m/s
 $V = 343,5$ m/s

Si se desea obtener una medición exacta, se tiene que considerar variables como el % de humedad, presión atmosférica, frecuencia y temperatura, variables que son distintas dependiendo del lugar geográfico.

MaxSonar EZ0: Es un sensor compuesto por un cristal de titanato zirconato de plomo (PZT), que funciona como emisor y receptor de ultrasonido en un solo dispositivo.

Utiliza el efecto piezoeléctrico descubierto por Jacques y Pierre Curie en 1880.

Características:

- Bajo costo
- Detección de objetos en un rango de 2,5V a 5,5V con un consumo de 2mA.
- El sensor funciona a 42 KHz
- Distancia de detección de 0 – 6,45 metros
- Bajo consumo de energía
- Lecturas cada 50 ms y a una frecuencia de 20 hercios.
- Acepta diferentes tipos de fuentes de energía.

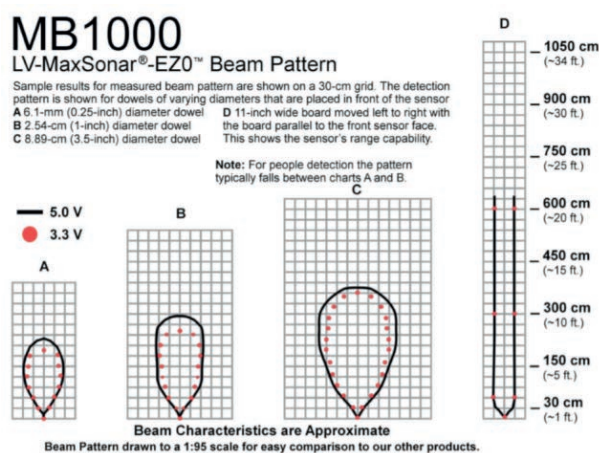


Figura 4. Sensor Maxsonar EZ0.
Fuente: LV-MaxSonar – EZ Series Datasheet.

Por otro lado, los **Sistemas en Tiempo Real (STP)**, son creados para cumplir un determinado objetivo. En el presente caso se usa dicho sistema para monitorear el nivel de agua en el río.

El STP se puede definir como "cualquier actividad o sistema de proceso de información que tiene que responder a un estímulo de entrada generado externamente con un retardo finito y especificado" (Burns, Wellings, 2003).

Según su tiempo de respuesta, estos sistemas pueden clasificarse como sistemas de tiempo real estrictos (respetan el tiempo límite especificado) y sistemas de tiempo real no estrictos (no es necesario que cumplan los plazos establecidos).

Tienen como características básicas:

- Tamaño y complejidad de la implementación
- Manipulación de números reales
- Fiabilidad y seguridad externa
- Control concurrentes de componentes separados del sistema
- Control en tiempo real
- Interacción con interfaces hardware
- Implementación eficiente

Para el intercambio de información se utiliza un servidor web REST, el término REST (Representational State Transfer) proviene de la tesis doctoral de Roy Fielding, publicada en el 2000. El autor participó en el desarrollo del protocolo HTTP.

Un servicio Web REST es una arquitectura basado en:

- HTTP
- URL
- Representación de los recursos XML/HTML/GIF/JPG/...
- Tipos MIME: text/xml, text/html

Principios de la solución

- Escalabilidad de la interacción con los componentes.
- Generalidad de interfaces al poder interactuar con cualquier servidor HTTP.
- Puesta en funcionamiento independiente.
- Compatibilidad con componentes intermedios.

Restricciones de la solución

- Identificación de recursos y manipulación a través de representaciones.
- Mensajes autodescriptivos.
- Hipermedia como mecanismo de estado de la aplicación.

GSM/GPRS son sistemas estándares de telefonía móvil. En la década de 1980, durante la conferencia europea de administraciones de correos y telecomunicaciones (CEPT), se forma GSM (Global System for Mobile) con la finalidad de desarrollar un sistema de comunicación de radio digital único para Europa en la frecuencia de 900 MHz. Después de adaptar este sistema y dada la necesidad de un mejor servicio para los usuarios móviles, se implementa el GPRS (General Packet Radio Service). Este sistema es capaz de transferir datos a velocidades típicas de 54 kbit/s, es utilizado en este trabajo para transmitir la información obtenida por el prototipo y enviarla a una base de datos en la nube.

METODOLOGÍA

La metodología para el análisis, diseño, implementación y pruebas del software fue basada en el RUP (Rational Unified Process). El RUP guía el proceso de desarrollo del software al proporcionar una pauta y un orden en las actividades del equipo. Asimismo, especifica los artefactos que deberían ser adaptados y en el momento de hacerlo.

La primera actividad que se realizó fue la determinación de los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema:

Requerimientos funcionales

- RF01. El sistema debe detectar el incremento de caudal de agua en tiempo real.
- RF02. El sistema tiene que enviar los datos del incremento de caudal de agua a un sistema centralizado en la nube.
- RF03. El sistema es capaz de centralizar la información en una base de datos en tiempo real.
- RF04. El sistema permite mostrar un análisis de los datos a través de una aplicación en entorno Web y móvil.

Requerimientos no funcionales

- [Usabilidad] RNFO1. El sistema debe presentar las variaciones de los datos de nivel de agua en tiempo real sin necesidad de actualizar la interfaz gráfica.
- [Usabilidad] RN02. El aspecto de la interfaz gráfica del sistema facilitará su empleo a usuarios sin conocimientos en el uso de aplicaciones en entorno Web.
- [Confiabilidad] RNFO3. El sistema debe estar disponible a un 99%, al aceptar caídas de conectividad con los servicios Web a causa de fallas en el operador de telefonía.
- [Confiabilidad] RNFO4. El tiempo medio en el que el sistema enviará mensajes de operatividad será de 3 minutos.
- [Rendimiento] RNFO5. El tiempo de respuesta de los servicios en la nube debe ser menor de 3 segundos.
- [Rendimiento] RNFO6. El sistema debe permitir un promedio de 70 mensajes por minuto, enviados desde el dispositivo hacia el servicio Web.
- [Restricciones] RNFO7. El sistema requiere el empleo de tecnologías de software libre.
- [Restricciones] RNFO8. El sistema debe ser implementado mediante el uso de tecnologías de open hardware.

Especificación de los actores del sistema



Actor	Descripción
 AS01: Dispositivo físico	Es el actor encargado de medir el nivel de agua en tiempo real. Es representado por el dispositivo físico.
 AS02: Visor de sucesos	Es el actor que ingresa al sistema en entorno Web para revisar los datos recopilados por el AS01.

Tabla 1: Actores del sistema.
Fuente: Elaboración propia.

A partir de los requerimientos funcionales se determinaron los casos de uso de sistema.

Caso de uso:	CUS01: Medir el nivel de agua.
Actor:	AS01: Dispositivo físico.
Propósito:	El caso de uso empieza cuando el AS01 realiza las mediciones y envía los datos a un servicio Web en la nube.
Descripción:	Para lograr la confiabilidad del sistema, el dispositivo enviará los datos a través de la red de telefonía móvil mediante un mensaje de texto. Una aplicación móvil para Android lo recibirá el mensaje de texto y registrará en un servicio Web.
RF:	RF01, RF02, RF03

Caso de uso:	CUS02: Mostrar análisis de datos.
Actor:	AS02: Visor de sucesos.
Propósito:	El caso de uso se inicia cuando el AS02 ingresa al sistema para visualizar los datos registrados por el dispositivo físico.
Descripción:	En AS02 podrá filtrar los datos por días, semanas y meses.
RF:	RF04
Prototipo:	 <p>Figura 5. Prototipo de sistema de alerta vía Web. Fuente: Elaboración propia.</p>

Tabla 2: Especificación de los casos de uso de sistema.
Fuente: Elaboración propia.

Diagrama del modelo conceptual

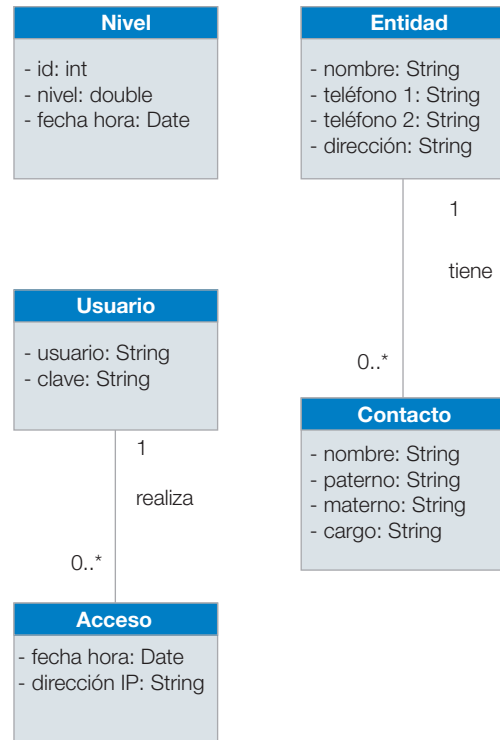


Figura 6: Modelo conceptual.
Fuente: Elaboración propia.

Arquitectura de software

A continuación se describen los componentes del sistema y se definen las metas y restricciones que pueden impactar en el diseño de la arquitectura. Luego, se muestran los diagramas de la vista lógica, de implementación y de despliegue, que darán una visión general de los componentes de hardware y software con los que contará el sistema.

Nro.	RF o RNF
RF01	El sistema debe detectar el incremento de caudal de agua en tiempo real.
RF04	El sistema permite mostrar un análisis de los datos a través de una aplicación en entorno Web y móvil.
RNF03	El sistema debe estar disponible a un 99%, al aceptar caídas de conectividad con los servicios Web a causa de fallas en el operador de telefonía.

Tabla 3: Metas de la arquitectura de software. Fuente: Elaboración propia.

Nro.	RF o RNF
RNF07	El sistema requiere el empleo de tecnologías de software libre.
RNF08	El sistema debe ser implementado mediante el uso de tecnologías de open hardware.

Tabla 4: Restricciones de la arquitectura de software.
Fuente: Elaboración propia.

Vista lógica de la arquitectura de software

La vista lógica muestra el soporte de la arquitectura a los requerimientos funcionales orientados al usuario final.

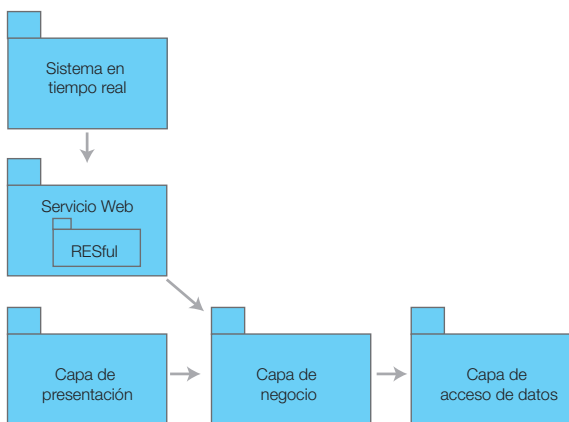


Figura 7: Vista lógica. Fuente: Elaboración propia.

El paquete del Sistema en tiempo real representa al componente de software a desarrollar para que el dispositivo físico pueda enviar los datos en tiempo real al Servicio Web que se encontrará en la nube.

El paquete Servicio Web implica el componente que recibirá los datos enviados por el de Sistema en tiempo real.

El paquete Capa de presentación se refiere al componente de software que contiene la interfaz gráfica para el sistema en plataforma Web.

El paquete Capa de negocio describe al componente donde se almacenan las reglas de negocio del sistema.

El paquete Capa de acceso a datos representa al componente de software que interactúa con la base de datos.

Vista de implementación de la arquitectura de software

Está orientada a la organización de componentes desde una perspectiva de programación de sistemas.

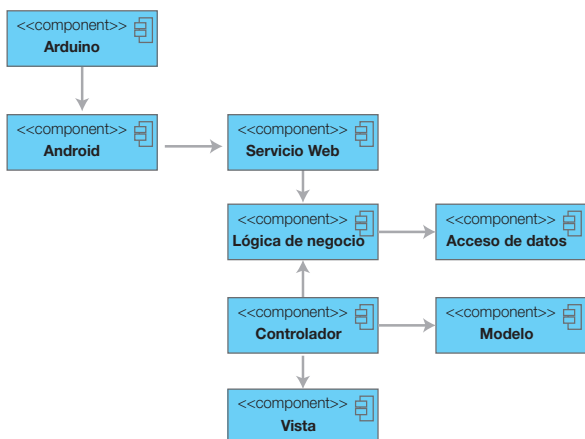


Figura 8: Vista de implementación. Fuente: Elaboración propia.

El componente Arduino se encargará de medir la distancia entre el Arduino y el nivel del agua a través del sensor ultrasónico Max-Sonar. El Arduino enviará un mensaje de texto a un dispositivo móvil Android que, a su vez, transmitirá los datos a un servicio Web en la nube.

Los demás componentes corresponden al sistema en entorno Web.

Vista de despliegue de la arquitectura de software

Muestra los requerimientos no funcionales como confiabilidad, rendimiento y restricciones.

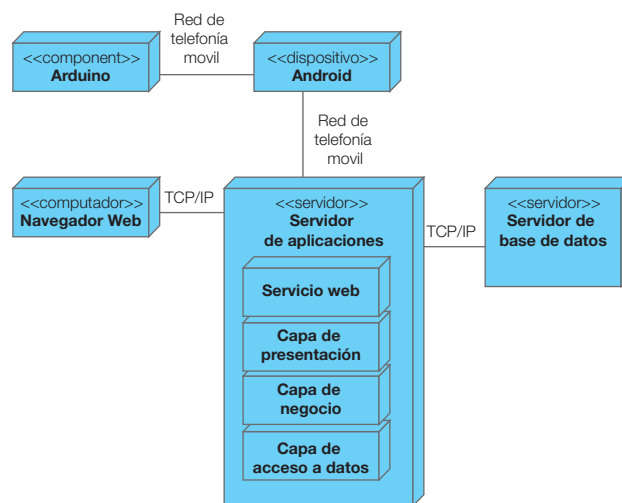


Figura 9: Vista de despliegue. Fuente: Elaboración propia.

Requerimientos:

- Dispositivo Arduino
[Hardware]
Modelo Arduino Uno
Sensor MaxSonar EZ0
- Dispositivo Android
[Software]
Android 4.1.x o superior.
[Hardware]
Conexión a una red de telefonía móvil de cualquier operador nacional.
- Servidor de aplicaciones
[Hardware]
Procesador Intel i7
Memoria RAM de 12 GB
Disco duro de 500GB
Conexión a Internet
[Software]
Contenedor de Servlets Tomcat 8
- Servidor de base de datos
[Hardware]
Procesador Intel i7
Memoria RAM de 12 GB
Disco duro de 1TB
[Software]
Servidor MySQL Community Server 5.6

- **Navegador Web**
[Hardware]
Procesador Intel i7
Memoria RAM de 4 GB
Disco Duro de 500 TB
[Software]
Navegador Google Chrome versión 49 o superior

RESULTADOS

El sensor MaxSonar detecta los objetos en un rango de 0 a 645 centímetros. El sistema envía un mensaje de texto cuando la distancia del agua al sensor es menor a 350 centímetros.

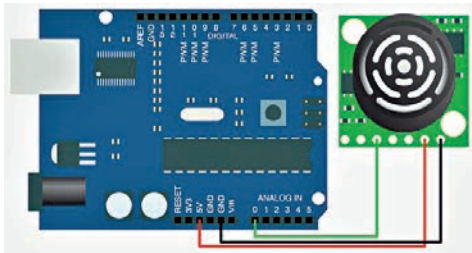


Figura 10: Conexión de MaxSonar con el Arduino. Fuente: Instructables.

El módulo GSM SHIELD V1 provee una forma de usar la red de telefonía móvil para enviar los datos a un dispositivo Android. Este módulo se monta sobre el Arduino:



Figura 11: Módulo GSM SHIELD V1. Fuente: Seeed Studio.

Los datos de la medición son transmitidos a la base de datos. A continuación, se muestran los resultados registrados en dicha base de datos:

```

1 select * from nivel
2 where fechaHora >= '2016-02-25 00:00:00'
3 and fechaHora <= '2016-02-25 23:59:59'
4 order by fechaHora asc;
    
```

id	nivel	fechaHora
238	282	2016-02-25 00:11:00
46	203	2016-02-25 00:12:00
136	106	2016-02-25 00:27:00
32	161	2016-02-25 00:33:00
228	242	2016-02-25 00:55:00
214	76	2016-02-25 00:56:00
186	134	2016-02-25 01:28:00
190	93	2016-02-25 01:52:00
110	295	2016-02-25 02:06:00
86	208	2016-02-25 02:16:00
206	122	2016-02-25 02:36:00
68	332	2016-02-25 02:44:00

Figura 12: Resultados en la base de datos. Fuente: Elaboración propia.

A través de una aplicación en entorno Web se visualiza la información de un día (24 horas):

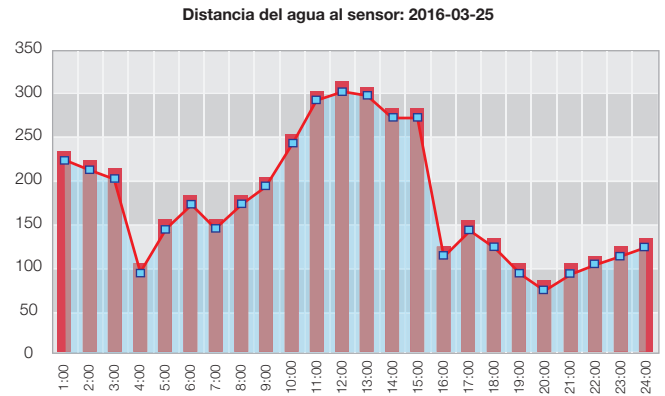


Figura 13: Estadística en entorno Web. Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

- Se desarrolló un sistema de alerta temprana ante huaycos (Satah-UNO), con el empleo de tecnología de punta a bajo costo, respuestas en tiempo real, e integración del concepto de Internet de las cosas y de metodologías activas de desarrollo de software. Las pruebas del sistema se realizaron en el laboratorio con un módulo de la planta de nivel de control.
- Satah-UNO está diseñado para incorporarse a los planes de mitigación de desastres tanto de Indeci, Municipalidad de Santa Eulalia y Defensa Civil.
- La experiencia multidisciplinaria con el aprendizaje-servicio y aprendizaje basado en proyecto, permite a los estudiantes elegir un problema de la realidad y buscar una solución a través de la exploración de otras áreas de las ciencias, lográndolo que lleva a la adquisición de competencias personales y profesionales.
- Las pruebas realizadas en el módulo de control de planta demuestran que una elevación del nivel de agua detectada por el sensor, genera una alerta, la cual es transmitida a un teléfono móvil mediante la red GSM con el envío de un SMS. Posteriormente, dicha alerta es actualizada a una página Web, lo que permite tener información oportuna.
- Con la implementación de este sistema se proyecta analizar los datos en el tiempo y encontrar patrones repetitivos para la creación de un modelo predictivo.
- La reunión con el alcalde de Santa Eulalia ha sido fundamental para llevar adelante el proyecto, por habernos facilitado información relevante. Finalmente, concluimos que la participación de la comunidad y autoridades debe ser activa, incluyendo al alcalde de Chosica.

REFERENCIAS

- [1] Aloysinghe, S. (2008). *RESTful PHP: Web Services*. Florida: Packt Publishing
- [2] Allamaraju, S. (2010). *RESTful Web Services*. USA: Yahoo Press
- [3] Burns, A., & Wellings, A. (2003). *Sistemas de tiempo real y lenguajes de programación* (3ª ed.). España: Addison Wesley
- [4] Cheeke, D. (2002). *Fundamentals and Applications of Ultrasonic Waves*. USA: CRC Press LLC
- [5] Cúpich, M., & Elizondo, F. (2000). Actuadores piezo eléctricos. *Revista Ingenierías*, 3 (6), 22-28. Recuperado de http://ingenierias.uanl.mx/6/pdf/6_Miguel_Cupich_et_al_actuadores_Piezo.pdf
- [6] Evans, D. (2011). *Internet de las cosas. Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo*. (S.l.): Cisco IBSG. Recuperado de <http://www.cisco.com/web/LA/soluciones/executive/assets/pdf/internet-of-things-iot-ibsg.pdf>
- [7] Flanders, J. (2009) *RESTful.NET*, USA: O'Reilly Media
- [8] Galeana, L. (2006). Aprendizaje basado en proyectos. Recuperado de <http://ceupromed.ucol.mx/revista/PdfArt/1/27.pdf>
- [9] Guadalupe E., & Carrillo N. (2012). Caracterización y análisis de los huaycos del 5 de abril del 2012 Chosica- Lima. *Revista Del Instituto De Investigación De La Facultad De Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 15 (29), 69-82. Recuperado de <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/2206>
- [10] Halonen, T. Romero, J., & Melero, J. (Eds.). (2003). *GSM, GPRS, and EDGE Performance*. West Sussex: John Wiley & Sons.
- [11] López, R. (2014). *Las TIC en el aula de Tecnología. Guía para su aplicación a la metodología de proyectos* (2ª ed.). España: ADP
- [12] Martínez, B., Martínez, I., Alonso, I., & Gezuraga, M. (2013). El aprendizaje-servicio, una oportunidad para avanzar en la innovación educativa dentro de la Universidad del País Vasco. *Tendencias pedagógicas*, 21, 99-117. Recuperado de http://www.tendenciaspedagogicas.com/Articulos/2013_21_08.pdf

- [13] Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. (2010). *Técnicas didácticas*. Recuperado de: http://sitios.itesm.mx/va/dide2/tecnicas_didacticas/abp/disenop.htm
- [14] Sandoval, J. (2009) *RESTful Java Web Services*. Lincoln Road: Packt Publishing
- [15] Lempiäinen, J., & Manninen, M. (2002) *Radio interface system planning for GSM/GPRS/UMTS*. USA: Kluwer Academic Publishers

ACERCA DE LOS AUTORES

Ingrid Ccoyllo Sulca

Ingeniera en Computación y Sistemas por la Universidad San Martín de Porres, Magister en Docencia Universitaria por la Universidad Enrique Guzmán y Valle. Es Cisco Certified Systems Instructor CCSI CCNA1, CCSI CCNA2 y CCSI CCNA3. Expositora de temas técnicos como Protocolo IPv6 en universidades del extranjero. Es responsable de la oficina de Calidad Educativa en el área Informática de Tecsup. Actualmente investiga herramientas TIC asociadas a metodologías de enseñanza-aprendizaje en el área tecnológica de las redes y comunicaciones de datos.

@ iccoyllo@tecsup.edu.pe

Godofredo Díaz Espinoza

Profesional Técnico en Redes y Comunicaciones de Datos por Tecsup. Candidato al título de Ingeniero Industrial por la Universidad Antonio Ruiz de Montoya. Ha desarrollado proyectos de administración de servidores remotos para la industria. Actualmente se desempeña en la administración de laboratorios del área informática en Tecsup.

@ gdiaz@tecsup.edu.pe

David Rodríguez Condezo

Ingeniero de Sistemas por la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas UPC. Magister en Dirección de TI por la Escuela de Negocios de ESAN y por La Salle International Business School. Ha liderado proyectos de desarrollo de software en los últimos años. Realiza investigaciones en arquitecturas de software, sistemas distribuidos, sistemas interactivos, sistemas en tiempo real y fábricas de software.

@ drodriguez@tecsup.edu.pe