

Prototipo de Red de Sensores para la Identificación de Daños Estructurales en un Salón de la ESCOM

Trabajo Terminal No. _____

*Alumnos: *Meza González Sergio Ernesto, Viveros Flores Cristófer Domingo*

Director: Duran Ledezma Adalberto Ángel

**e-mail: sergiomeza@duck.com*

Resumen - Se propone desarrollar la primera fase de un sistema de monitoreo de salud estructural (SHM) el cual consiste en una red inalámbrica de sensores (WSN) que midan el posible daño inducido a un edificio de la ESCOM al ocurrir fenómenos como terremotos proporcionando información útil acerca del mantenimiento que se requiere ejecutar.

Palabras clave - Ciudad Inteligente, Red de Sensores, Sistema Embebido.

1. Introducción

Los edificios, puentes, presas y demás construcciones civiles están expuestas a fallos tal y como lo están todos los productos que utilizamos cotidianamente, sin embargo, es algo que no se considera hasta qué ocurre un fenómeno extraordinario como un sismo.

El 19 de septiembre de 1985 y de 2017 ocurrieron dos terremotos en México con intensidades de 8.1 y 7.1 en la escala de Richter respectivamente. Por los daños que provocaron a miles de construcciones civiles, estos sucesos nos recuerdan que, incluso la estructura sobre la que vivimos, trabajamos, nos transportamos, puede fallar y con ello poner nuestras vidas en peligro.

Durante un tiempo prolongado después del sismo del 2017 el miedo a estas posibles fallas se hizo presente en la población general incluyendo a los estudiantes de la ESCOM que no tenían una seguridad de que las instalaciones escolares fueran aptas para habitar sin antes realizar un largo proceso de verificación, durante el cual se perdieron varios días de actividades.

Estos fenómenos continuarán ocurriendo dado que la Ciudad de México se encuentra en una zona de alta actividad sísmica por lo que aprender a convivir con ellos es un tema recurrente que se evidencia con la realización de múltiples simulacros como preparación, valdría la pena también tener una forma de obtener seguridad después de sucedido el sismo y saber de forma inmediata que medidas hay que tomar.

El Monitoreo de Salud Estructural es el desarrollo e implementación de métodos y técnicas que son útiles para la supervisión y mantenimiento del valor funcional de la estructura de forma continua. Los costos de reparación y rehabilitación de puentes y edificios de gran altura son enormes y esto resalta la necesidad de un monitoreo continuo de las estructuras. El SHM puede aumentar potencialmente la vida útil de las estructuras, proporcionar seguridad pública y reducir considerablemente los costos de rehabilitación. El daño, es decir, la degradación del rendimiento del sistema, no se puede prevenir, solo se puede revertir, mientras que se pueden evitar fallas o pérdidas de funcionalidad en la estructura.

Una aplicación de este tipo se presenta en [1]. Específicamente, una red que incorpora nodos con sensores apropiados, como acelerómetros y galgas extensométricas, fue desarrollado para monitorear las obras de restauración realizadas en una antigua iglesia ubicada en Italia, que resultó dañada tras un terremoto. El sistema monitoreó la respuesta sobre la marcha de la estructura a las vibraciones y habilitó la transmisión de señales de alerta cuando sea necesario.

En [2] el diseño, desarrollo y despliegue de un monitoreo de salud estructural, basado en WSN se describe la plataforma para un estadio ubicado en los EE. UU. Al utilizar la detección de vibraciones, el sistema recopila datos en tiempo real durante eventos deportivos y otros eventos importantes para verificar el comportamiento estructural del estadio, en correlación con el comportamiento del público.

En [3] se presenta otro sistema de vigilancia de la salud estructural que utiliza una WSN. El sistema está diseñado, implementado, desplegado y probado para monitorear el desempeño estructural de un puente en China mediante la detección de señales de vibración que se producen en diversas condiciones en puntos de interés ubicados en el cuerpo del puente.

Digitex Systems es una empresa establecida en Florida, Estados Unidos, ofrecen una gama de productos y servicios orientados al monitoreo de salud estructural de edificios, puentes, presas y otros tipos de edificaciones, tales como unidades de medición, alarmas y unidades de procesamiento de datos. Los costos de sus productos no están disponibles en su página web.

2. Objetivo.

Desarrollar un prototipo de una pequeña red inalámbrica de sensores capaz de medir un posible daño a la estructura de un edificio.

3. Justificación.

El Monitoreo de Salud Estructural (SHM) consiste en dar, en cada momento de la vida de una estructura, un diagnóstico sobre el «estado» de los materiales constitutivos, de las diferentes partes y del ensamblaje completo de estas partes que constituyen la estructura en su conjunto.

Contar con un sistema de este tipo en la escuela permitiría reanudar las actividades de forma inmediata si no se identifican daños en la infraestructura o, de lo contrario, acelerar el mantenimiento correctivo necesario.

Desarrollar un SHM para la ESCOM implica colocar un gran número de nodos sensores en distintos puntos de los edificios, así como en cada uno de los pisos de estos; sería un proyecto que requeriría mucho más tiempo del que tenemos disponible, así como recursos. Consideramos que desarrollar una mini red para un único salón representa un problema que podemos atacar perfectamente durante el año que tenemos asignado y además sería la base para que en un futuro se constituya una red en toda la escuela.

Los miembros de la comunidad podrán hacer uso de una aplicación móvil para consultar el registro de eventos identificados por el sistema de monitoreo estructural, así como para recibir notificaciones en el momento de que se presenten dichos eventos.

El que la integración de uso hacia los estudiantes sea mediante el uso de un dispositivo móvil (Smartphone), es debido a la usabilidad que estos son para los usuarios en general, además el crecimiento en cantidad de usuarios que poseen un dispositivo Smartphone frente a usuarios con equipos de cómputo más robustos va en aumento a tal vez de los años, para el año en que se realizó esta propuesta en el 2020, 91.8% de los usuarios de teléfono celular cuenta con un equipo inteligente (Smartphone) [6], con esta visión se permite el acceso de nuestra plataforma a una proporción mayor de usuarios, que otros dispositivos de procesamiento de cómputo.

Para la realización de este proyecto se requieren conocimientos en programación y redes para procesar y comunicar la información proporcionada por cada nodo sensor. También se necesitan conocimientos de electrónica para la adecuada selección y conexión de los diferentes tipos de hardware que estaremos usando, con lo que estamos proponiendo un trabajo que engloba de muy buena forma las competencias indicadas en el perfil de egreso del programa de ingeniería en sistemas computacionales.

4. Productos o Resultados Esperados.

Al final del proyecto queremos contar con el prototipo de nodo sensor que colocaremos en las columnas de un salón de clases que efectúe las siguientes tareas:

- Medir las variables físicas necesarias a través de sensores.
- Procesar dicha información de tal forma que se obtenga una respuesta tentativa a si el edificio ha sufrido daños.

- Emitir una alerta si se ha detectado un posible daño y almacenar esta información para su posterior consulta.

La arquitectura del nodo tiene la siguiente forma:

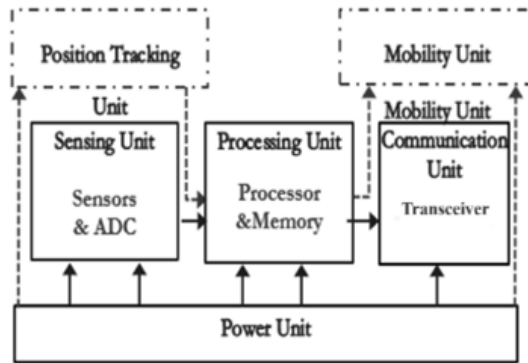


Figura 1. La arquitectura típica de un nodo sensor usado en una red inalámbrica de sensores.

La red completa tendría la siguiente forma:

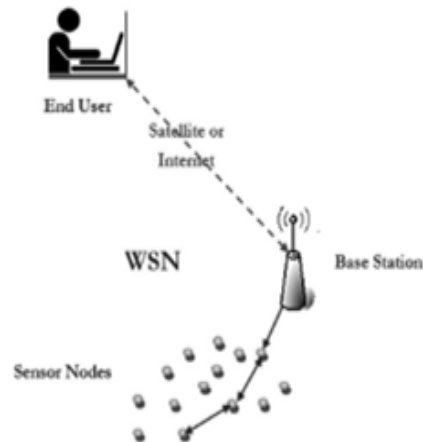


Figura 2. La arquitectura típica de una red inalámbrica de sensores.

5. Metodología.

SCRUM parte de la base de que los procesos definidos funcionan bien solo si las entradas están perfectamente definidas y el ruido, ambigüedad o cambio es muy pequeño. Por lo tanto, resulta ideal para proyectos con requerimientos inestables, ya que fomenta el surgimiento de estos.

El ciclo de vida definido por SCRUM es incremental iterativo y se caracteriza por ser muy adaptable. [7]

Para la construcción de esta propuesta de trabajo terminal la metodología de desarrollo ágil SCRUM, presenta cualidades que son adaptables y funcionales para el desarrollo del trabajo terminal, provee características que permiten el continua configuración de etapas y actividades que ya se hayan realizado y para aquellas por realizar, además no permite el avance del mismo hasta haberse completado, de igual manera permite la reconfiguración de actividades ya aprobadas, para actualizar su comportamiento, por innovación o necesidad.

Cada Sprint cuenta con una serie de eventos o etapas, como son: requerimientos del proyecto, planeación del sprint, requerimientos del sprint, reunión, revisión del sprint y aprendizaje del sprint. (Fig. 3) Al final de cada Sprint se va revisando el trabajo validado de la anterior semana. A partir de esto se priorizan y planifican las actividades para el siguiente sprint. Esta metodología tiene como fin la entrega de resultados en periodos cortos de tiempo y una de sus principales características es que conlleva un desarrollo incremental y se tiene la oportunidad de obtener una retroalimentación al final de cada Sprint.

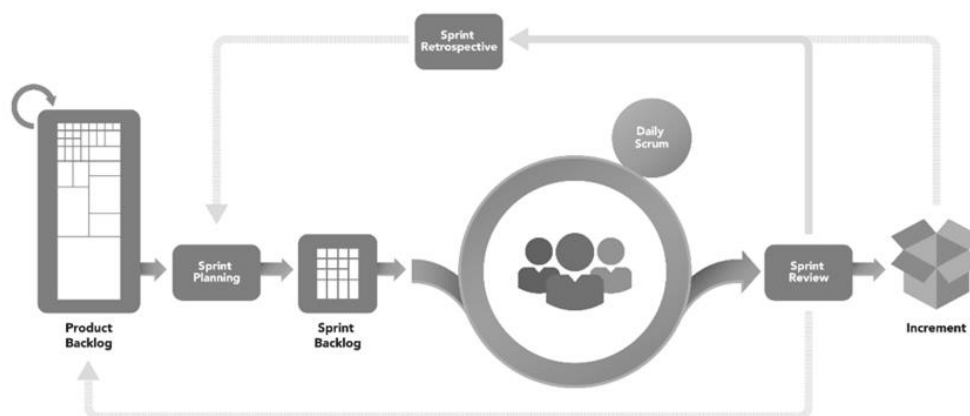


Figura 3. Fases de la metodología SCRUM.

Durante el Sprint el equipo se mantiene en contacto a través de las Daily Meetings. Y al final del Sprint debe mostrar la funcionalidad completa en la Sprint Review Meeting. [7]

Hemos decidido dividir el proyecto en 6 etapas, a continuación, se enlista cada una de las etapas:

1. Fase de exploración: Esta fase es la encargada de la investigación de campo respecto al proyecto, donde tendremos la visión completa del alcance del proyecto.
2. Fase de inicialización: Esta fase es la encargada de la planificación y educación de requisitos del proyecto, donde tendremos la visión y también todas las funcionalidades del nodo de medición integrado junto a las plataformas.
3. Fase de producción: Fase encargada de la producción, configuración, programación y codificación de los módulos que intervienen en el proyecto.
4. Fase de estabilización: Se llevarán a cabo las ultimas acciones de integración donde se verificará el completo funcionamiento del sistema en conjunto.
5. Fase de pruebas: Fase encargada de las pruebas y depuración de los módulos del proyecto una vez finalizado(s). Se deben realizar todas las pruebas necesarias para tener una versión estable y final.
6. Generación del reporte técnico.

6. Cronogramas.

Nombre del alumno(a): Meza González Sergio Ernesto. TT No.:

Titulo del TT: Prototipo de Red de Sensores para la Identificación de Daños Estructurales en un Salón de la ESCOM

[illegible]

Nombre del alumno(a): Viveros Flores Cristofer Domingo TT No.:

Titulo del TT: Prototipo de Red de Sensores para la Identificación de Daños Estructurales en un Salón de la ESCOM

[illegible]

7. Referencias.

- [1] Anastasi, G.; Re, G.L.; Ortolani, M. WSNs for structural health monitoring of historical buildings. In Proceedings of the 2009 2nd Conference on Human System Interactions, Catania, Italy, 21–23 May 2009; pp. 574–579.
- [2] Phanish, D.; Garver, P.; Matakah, G.; Landes, T.; Shen, F.; Dumond, J.; Abler, R.; Zhu, D.; Dong, X.; Wang, Y.; et al. A wireless sensor network for monitoring the structural health of a football stadium. In Proceedings of the 2015 IEEE 2nd World Forum Internet Things (WF IoT), Milan, Italy, 14–16 December 2015; pp. 471–477.
- [3] Dai, Z.; Wang, S.; Yan, Z. BSHM-WSN: A wireless sensor network for bridge structure health monitoring. In Proceedings of the 2012 Proceedings of International Conference on Modelling, Identification and Control; Wuhan, China, 24–26 June 2012, pp. 708–712.
- [4] Dargie, Waltenegus & Poellabauer, Christian. (2011). Fundamentals of Wireless Sensor Networks: Theory and Practice. 10.1002/9780470666388.
- [5] D. Kandris, C. Nakas, D. Vomvas, and G. Koulouras, “Applications of Wireless Sensor Networks: An Up-to-Date Survey,” Applied System Innovation, vol. 3, no. 1, p. 14, Feb. 2020.
- [6] Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2021, 22 junio). En México hay 84.1 millones de usuarios de Internet y 88.2 millones de usuarios de teléfonos celulares: ENDUTIH 2020. <https://www.gob.mx>. Recuperado 9 de noviembre de 2021, de <https://shorturl.at/cyCQX>.
- [7] Peralta, A., & Gastón, M. (2003). Metodología SCRUM (1.a ed., Vol. 1). Universidad ORT Uruguay. <https://fi.ort.edu.uy/innovaportal/file/2021/1/scrum.pdf>, pp. 2–5.

8. Alumnos y Directores.

Meza González Sergio Ernesto. - Alumno de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta: 2016630485, Tel. 5513969996, email sergiomeza@duck.com.

Firma: _____



Viveros Flores Cristofer Domingo. - Alumno de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta: 2016630411, Tel. 5632747843, email cristofervive@gmail.com.

Firma: _____



Dr. Ángel Adalberto Duran Ledezma. -Doctor en ciencias, especialidad en Física CINVESTAV 2017, M. en C especialidad en Física CINVESTAV 2011, Lic. En Física y matemáticas ESFM-IPN 2008, Profesor de ESCOM/IPN (Formación Básica) desde 2012, Áreas de interés: Dispersión de Luz Múltiple, Instrumentación y caracterización óptica de nano materiales, Espectroscopias ultrarrápidas, email aduranl@ipn.mx.

Firma: _____

CARÁCTER: Confidencial
FUNDAMENTO LEGAL: Artículo 11 Fracc. V y Artículos 108, 113 y 117 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.
PARTES CONFIDENCIALES: Número de boleta y teléfono.

Recibidos x

...

De antemano, gracias.

...

Si acepto ser director del trabajo terminal "Prototipo de Red de Sensores para la Identificación de Daños Estructurales en un Salón de la ESCOM".

Dr. Angel Adalberto Duran Ledezma.

De: Cristofer Domingo Viveros Flores <cristofervive@gmail.com>

Enviado: martes, 9 de noviembre de 2021 05:51 p. m.

Para: Angel Adalberto Duran Ledezma <aduranl@ipn.mx>

Asunto: Notificación para Director de Protocolo Terminal

...

...