

ALTERNATIVAS PARA LA DETECCIÓN Y MONITOREO DE AMENAZAS SÍSMICAS BASADAS EN ARDUINO

**Danilo Santiago Vargas
Jiménez**

Fundación Universitaria Tecnológico
Comfenalco
dvargas@gitecsi.com.co

**Erika Vanessa
Rodríguez Espinosa**

Fundación Universitaria
Tecnológico Comfenalco
erodriguez@gitecsi.com.co

**Jair Enrique Otero
Foliaco**

Fundación Universitaria Tecnológico
Comfenalco
jotero@tecnologicocomfenalco.edu.co

(Tipo de Artículo: **Investigación**. Recibido el 15/10/2013. Aprobado el 16/12/2013)

Resumen. El objetivo de este documento es exponer algunos proyectos basados en la placa de hardware libre arduino que son utilizados para la detección y/o monitoreo de amenazas sísmicas. La importancia de esta investigación se centra en la identificación de estrategias que hacen uso de herramientas de libre acceso para detección temprana de posibles amenazas, además del monitoreo y búsqueda de personas en catástrofes. Por otro lado, se busca evidenciar los beneficios involucrados en aspectos de tiempo y reacción al momento de interactuar con estas problemáticas. La metodología implementada para cumplir el objetivo, se basó en el rastreo bibliográfico de proyectos de investigación realizados en un periodo no mayor a 5 años. Donde se resaltaba el uso de arduino para gestionar amenazas sísmicas. Dentro de las conclusiones principales de esta investigación, se resalta la evolución constate que presenta los sistemas sísmicos debido al uso de tecnologías emergentes que mejoran la ejecución, utilizando servicios de respuesta como SMS en celulares y/o correo electrónicos.

Palabras clave. Arduino, Amenazas Sísmicas, Detección y Monitoreo, Hardware Libre.

ALTERNATIVES FOR DETECTING AND MONITORING SEISMIC RISKS BASED ON ARDUINO

ABSTRACT

The objective of this paper is to expose some projects, based on the free-hardware Arduino board, which are aimed for detecting and/or monitoring seismic risks. This research focuses on identifying strategies that use free-access tools in order to early detect potential risks, in addition to monitoring and searching for people in disasters. Another focus of interest is verifying the benefits regarding time and reaction time when interacting with these issues. In order to meet the objective a bibliographic review was performed involving research projects conducted during the last five years which emphasize on the use of Arduino for managing seismic risks. As the main conclusion of this research we highlight the constant evolution of seismic systems because of the use of emerging technologies which improve their implementation, using reply services like SMS in cell phones and/or email.

Keywords

Arduino, Seismic risks, Detection, Free Hardware, Monitoring.

ALTERNATIVES POUR LA DÉTECTION ET LA SURVEILLANCE DE RISQUES SISMQUES EN UTILISANT ARDUINO

RÉSUMÉ

L'objectif de cet article est de présenter quelques projets qu'utilisent la carte électronique en matériel libre qui s'appelle Arduino pour la détection et la surveillance de risques sismiques. Ce travail se focalise sur l'identification des stratégies qu'utilisent des outils libres pour la détection précoce des risques et aussi sur la surveillance et la recherche de personnes disparues dans catastrophes. On cherche vérifier les bénéfices par rapport à temps et réaction quand on est en contact avec ces problématiques. La méthodologie utilisée pour réussir l'objectif se base sur une révision bibliographique de projets de recherche réalisés pendant les derniers cinq ans où est notoire l'utilisation d'Arduino pour gérer des risques sismiques. En guise de conclusion, nous soulignons l'évolution permanente des systèmes sismiques par suite de l'usage des technologies émergents qui améliorent l'exécution en utilisant services de réponse comme le service de messages courts (SMS) dans téléphones portables et/o le courrier électronique.

Mots-clés

Arduino, risques sismiques, détection et surveillances, matériel libre,

1. INTRODUCCIÓN

Los últimos sismos ocurridos en Colombia, Haití, México y Perú [1], [2], [3], y las pérdidas que estos ocasionan, evidencian la ausencia de recomendaciones eficientes a la hora de estimar, predecir o monitorear las amenazas sísmicas [4]. Los fenómenos físicos en la actualidad representan una de las manifestaciones más impactantes de la naturaleza [5]. Lo cual deja grandes pérdidas no solo de infraestructuras, sino también de vidas humanas, esto demuestra el potencial devastador que puede provocar un sismo. Así pues, la investigación del comportamiento de las estructuras frente a la acción sísmica, la predicción de estos fenómenos y, el monitoreo y búsqueda de personas en derrumbes representa un objetivo permanente de la ingeniería sísmica [6].

La poca eficiencia de sistemas de alerta o los elevados costos de herramientas, ocasionan que los equipos u organismos de prevención de desastre natural en Colombia, o personas naturales que necesitan estar alertas sobre las zonas donde habitan, queden expuesto a desastres sin poder tomar precauciones tempranas [7].

Por lo anterior mencionado, se hace evidente la utilización de estrategias o mecanismos que ayuden tanto a mantener informado a los organismos de prevención de desastres y personas de zonas comprometidas del país, como a la construcción de dispositivos que permitan mitigar la pérdida de la vida de personas en derrumbes por demoras en tiempo de rescate [8].

El documento tiene el fin de evidenciar las estrategias para la creación de sistemas Arduino que permita detectar y monitorear las amenazas sísmicas. Las secciones del documento contemplan las bases conceptuales, la metodología necesaria para la realización de un sistema arduino y, los resultados de rastreo bibliográfico y la discusión de soluciones aplicables a problemas sísmicos.

2. AMENAZA SÍSMICA

La amenaza sísmica es denominada la estimación o el potencial de que ocurran sismos dañinos en un área geográfica. Dentro de ella se toman en cuenta los sismos que puedan ocurrir en el epicentro o en zonas aledañas [9]. Esta presenta variaciones de mediciones que dependen de la persona que la realice, se puede medir bien sea desde la evaluación de que la zona sea activa sísmicamente, hasta por la forma como se presenta en las normas de diseño sismo resistente [10].

Según la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS de acuerdo al índice potencial de que ocurran sismos dañinos dentro de las diferentes regiones del país, esta se puede dividir en tres tipos de zonas de amenaza: amenaza sísmica alta, amenaza sísmica

intermedia y amenaza sísmica baja [11]. Como puede verse en la Fig. 1.

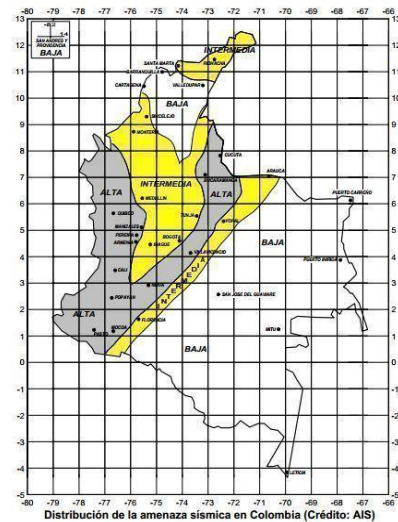


Fig. 1. Segmentación geográfica de zonas de amenaza en Colombia

2.1. Sismo y Tipos de Sismo

Los sismos equivalen al rompimiento repentino de las rocas en el interior de la Tierra. Esta liberación repentina de energía se propaga en forma de ondas que provocan el movimiento del terreno [12], [13].

Tipos de sismo:

- **Interplaca:** Se generan en las zonas de contacto de las zonas tectónicas, tienen una alta magnitud, un foco profundo y liberan gran cantidad de energía. Alejados de los centros de población [14].
- **Intraplaca:** Se originan de las placas tectónicas, en las fallas locales. Tienen magnitudes pequeñas o moderadas y son cercanos a los centros de población [15].
- **Volcánicos:** Son consecuencia de la actividad propia de los volcanes, generalmente son de baja magnitud y se limitan al aparato volcánico [16].
- **Provocados por el ser humano:** Originados por explosiones o por el colapso de galerías en explosiones mineras [17].

Para la medición de un sismo se utilizan dos tipos de escala:

- **Richter:** la cual mide la energía liberada durante un sismo, mediante el uso de sismógrafos y la escala de la intensidad [18].
- **Mercalli:** mide la magnitud del sismo según los efectos ocasionados en la zona donde ocurrió el sismo [19].

2.2. Sistemas de Detección y Monitoreo Convencional

▪ **Sismógrafo:** se encargan de realizar mediciones sobre las perturbaciones efectuadas en unos sismos; no obstante varias clases de instrumentos registran señales sísmicas que se encuentran enmarcadas en una amplia gama de frecuencias; es así que ondas de cuerpo de sismos regionales tienen un contenido espectral entre 1 y 10 Hz, de 0,1 a 1 Hz para sismos distantes [20].

El rango de frecuencias registrado en ondas superficiales en la corteza y el manto son entre 0,01 y 0,1 Hz con un período comprendido entre 10 a 100s [21], por otra parte en el manto inferior en ondas superficiales registra un largo período de 1000s Para registrar estas señales es fundamental tener una amplia banda de registros y esto depende de la respuesta instrumental [22]. Existe una amplia gama de instrumentos que registran actividad sísmica tal como puede verse en la Fig. 2.

INSTRUMENTO	RANGO ESPECTRAL
A PIEZOELECTRICOS	10 ³ – 10 ⁵ Hz
B ACCELEROMETROS	0,01 – 100 Hz
C GEÓFONOS DE PROSPECCIÓN	4 – 50 Hz
D SISMOMETROS DE CORTO PERIODO	0,2 – 2 s
E SISMOMETROS DE LARGO PERIODO	10 – 100 s
F EXTENSÓMETROS, DEFORMIMETROS, DISTANCIÓMETROS	f << 0,5 Hz
G BANDA ANCHA	0,003 – 30 Hz

Fig. 2. Instrumentos de registro de actividad sísmica

▪ **Sensores:** Los sensores sísmicos se clasifican en base a la respuesta de frecuencia que éstos tengan [23], estos son:

○ *Corto periodo:* Este tipo de sismómetro está caracterizado por tener una respuesta en velocidad normalmente plana en el rango de frecuencia entre 1 y 50 Hz (donde se sitúa la sismología de corto periodo).

La respuesta en frecuencia y sobre todo el rango dinámico hace a este tipo de instrumento ideal para el estudio de sismicidad local de magnitud moderada a baja, pero no para energías grandes, pues se suele producir la saturación mecánica del instrumento (señal fuera del rango de trabajo del sensor). Dentro del mercado de este tipo de sismómetros podemos diferenciar al menos dos tipos de sensores, los denominados sismómetros de prospección y los sismómetros estándar de aplicación para el estudio de micro terremotos.

○ *Banda ancha:* Aunque en la mayoría de las situaciones el contenido de frecuencias de las señales volcánicas se centra en el denominado corto periodo, hay casos en los que existen señales a menor frecuencia que 1Hz, por ejemplo, señales asociadas con movimientos generados por cámaras

magmáticas, grandes terremotos asociados a erupciones, etcétera.

○ *De movimiento fuerte:* Utilizados para detectar movimientos de mediano o fuerte magnitud, no resulta ser una necesidad habitual el registro en aceleración de las señales sísmicas en volcanes, sobre todo porque la energía que se pone en juego es, en comparación con situaciones tectónicas, mucho menor, por lo que los niveles de aceleración del suelo están en los umbrales detectables de este tipo de instrumentos. Por tanto, el uso de sensores de movimiento fuerte (acelerógrafos) no resulta ser una práctica extendida en la sismología volcánica.

3. FRECUENCIA DE ACTIVIDAD SISMICA

La actividad sísmica promedio presentada en Colombia es de siete sismos cada año, que oscilan entre 5,0 y 5,9 grados de magnitud y por lo menos uno entre 6,0 y 6,9 hasta 1964, año que marca el inicio de instrumentos modernos al país los cuales logran identificar seis de estos entre 7,0 y 7,9 además, de uno de 8,1 desde entonces [24].

De igual forma, un análisis del Catálogo Colombiano afirma que en promedio en Colombia ocurre un sismo de magnitud mayor a 6.0 por año. Teniendo en cuenta los eventos que ocurren en las zonas costeras y los de profundidad mayor a 100 Km; los cuales no se perciben debido a que el movimiento en la superficie es pequeño [25].

Estudios expuestos alrededor de la teoría del caos, que explora algún orden en sistemas complejos postulan que un sismo es susceptible de suceder o no, en razón a variaciones mínimas de condiciones como: el cambio de las condiciones meteorológicas, la temperatura de las fuentes termales, el comportamiento animal, aparición de efectos eléctricos en la atmosfera y recurrencia de microsismos.

A nivel mundial la magnitud con que ocurren este tipo de fenómenos se evidencia en la siguiente tabla.

Tabla 1. USGS – Centro Nacional de Información de Terremotos NEIC.

MAGNITUD	PROMEDIO ANUAL
8.0	1
7,0 – 7,9	17
6,0 – 6,9	134
5,0 – 5,9	1.319
4,0 – 4,9	13.000
3,0 – 3,9	130.000
2,0 – 2,9	1'300.000

4. HARDWARE LIBRE

"Hardware" es una palabra proveniente del idioma inglés la cual se utiliza para determinar o describir el conjunto de los componentes que integran la parte material de una computadora [26]. El termino hardware

libre comparte la mayoría de los principios y metodologías del software libre [27], el cual permite copiar, modificar y distribuir las aplicaciones, siempre acompañadas de todos los ficheros fuentes.

El hardware libre o abierto toma las mismas ideas del software, pero aplicadas al campo de los componentes físicos [28]. Una placa de hardware abierto significa que se distribuye junto con todos sus esquemas y ficheros necesarios para la fabricación y se otorga permiso explícito para que cualquiera copie los esquemas, los modifique o fabrique la placa, mantiene esta libertad en cualquier diseño derivado [29].

5. ARDUINO

Arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open-source) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar [30]. Arduino puede “sentir” el entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores y puede afectar a alrededor mediante el control de luces, motores y otros artefactos [31]. El microcontrolador de la placa se programa con el “Arduino Programming Language” (basado en Wiring1) [32] y el “Arduino Development Environment” (basado en Processing2) [33].

El hardware consiste en una placa con un microcontrolador Atmel AVR y puertos de entrada/salida. Los microcontroladores más usados son el Atmega168, Atmega328, Atmega1280, ATmega8 por la sencillez y bajo coste que permiten el desarrollo de múltiples diseños [34].

Las placas se pueden ensamblar a mano o encargarlas pre-ensambladas, como se ve en la Fig. 3; el software se puede descargar gratuitamente [35]. Los diseños de referencia del hardware (archivos CAD) están disponibles bajo licencia open-source, por lo que da la libertad de adaptarlas según la necesidad.

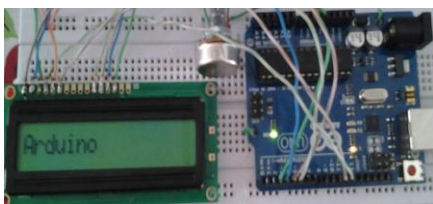


Fig. 3. Placa pre-ensamblada Arduino UNO

5.1. ¿Por qué Arduino?

Algunas de las principales ventajas de la utilización de Arduino como placa microcontroladora son [36]:

- El valor monetario de una placa de arduino oscila alrededor de los US 50, por tal motivo la utilización genera costos mínimos en la implementación
- El software de Arduino tiene la característica de ser multiplataforma, este puede ser ejecutado en sistemas operativos como Windows, Macintosh OSX y GNU/Linux.

- La curva de aprendizaje que genera el entorno de programación de Arduino, concibe que el conocimiento y tiempo de aprendizaje del lenguaje de programación de la Placa, sea flexible para los usuarios.

- El software Arduino está publicado como herramientas de código abierto, por tal motivo está disponible la extensión de la aplicación desarrollada por programadores experimentados.

- Arduino está basado en microcontroladores ATMEGA8 y ATMEGA168 de Atmel. Los planos para los módulos están publicados bajo licencia Creative Commons, por lo que diseñadores experimentados de circuitos pueden hacer una propia versión del módulo, extendiéndolo y mejorándolo.

5.2. Las placas Arduino

Desde la iniciación del proyecto Arduino, hasta el día de hoy, la variedad de las placas crece conforme a la creatividad de los desarrolladores. Cada Placa hasta la fecha creada, cuenta con avances y mejoras en aspectos como la cantidad de memoria disponible, número de puertos, entre otras [37].

Los modelos más populares de las placas Arduino son [38]:

- Arduino UNO: Es la placa de Arduino que se conecta al PC a través de un cable USB estándar. Esta conexión permite la alimentación de la placa, además de programarla y utilizarla.

- Arduino Mega: Es una placa similar a la de USB, está calificada como la placa Arduino de mayor tamaño. Además es la más potente de todas las tarjetas disponibles. Utiliza un microcontrolador ATmega1280, 4 puertos UARTS, entre otras características.

- Arduino Mega ADK: Es una placa similar al Arduino Mega, pero con una interface USB para conectar con teléfonos basados en Android.

- Arduino Ethernet: Posee un conector RJ-45[39] para dar soporte Ethernet. Permite tomar la alimentación del propio conector Ethernet.

- Arduino LilyPad: LilyPad representa una aplicación distinta, creada para ser colocada en ropa y textiles en general. Hace uso del microcontrolador ATmega168V.

- Arduino BT: Posee la capacidad de comunicación sin cables o inalámbrica, mediante el aporte que genera la utilización de un módulo Bluetooth, mismo que es configurable mediante el puerto serie del ATmega168.

5.3. Materiales y Métodos









5.3.1. Entorno de Trabajo

El entorno de trabajo está compuesto por las herramientas que se utilizan durante la elaboración de una aplicación; a continuación se muestra el software y las librerías empleadas para la detección de sismos. Asimismo, la parte hardware y los módulos que se pueden integrar a una placa Arduino que permita la detección, monitoreo y control de catástrofes.

5.3.2. Software

Arduino dispone de un terminal para visualizar las peticiones enviadas y recibidas en el momento que se establece una comunicación con dispositivos externos [40]. Está escrito en Java y basado en Processing, avr-gcc entre otros programas de código abierto. Para el correcto funcionamiento, Arduino requiere de la instalación de drivers FTDI fabricados por la empresa Future Technology Devices International Ltd [41]. Reconocida por fabricar los chips conversores USB-Serie, que simulan el puerto USB de comunicaciones COM. Utilizado para conectar a diversos computadores; la instalación se exceptúa en sistemas operativos Linux [42]. El entorno virtual de Arduino está constituido por las siguientes opciones de control [43]:

Tabla 2. Barra de Herramientas del terminal de Arduino

Icono	Opción	Descripción
	Verificar/Compilar	Detecta errores en el código fuente
	Detener	Detiene el "Serial monitor" o minimiza otros botones
	Nuevo	Crea una rutina nueva
	Abrir	Muestra un menú con las rutinas del "sketch book"
	Guardar	Guarda la rutina
	Cargar en la placa E/S	Carga el código ejecutado en la placa
	Monitor Serial	Muestra datos en serie enviados a la placa
	Tab Menú	Gestiona las rutinas con más de un archivo

Además, dispone de un área que describe el estado de una instrucción o evento en ejecución y el área para el desarrollo y/o codificación de las instrucciones por las que está compuesto un programa, así como se aprecia en la Fig. 4.

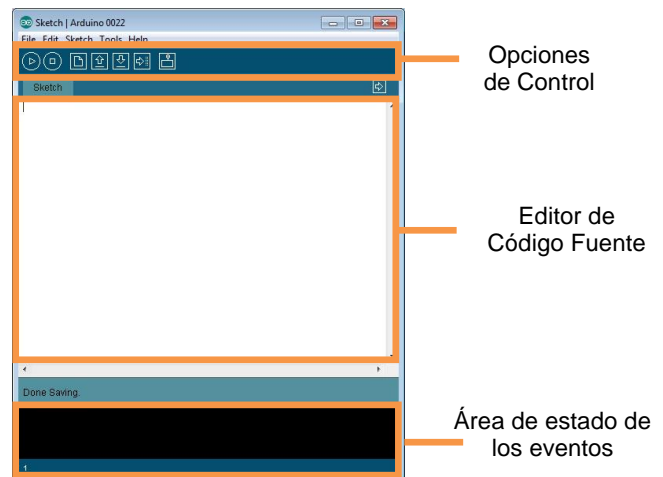


Fig. 4. Entorno de trabajo software Arduino

5.3.2.1. Librerías

Proveen funcionalidad extra al Sketch o programa que se ejecuta dentro de Arduino. Se deben agregar desde la opción: sketch - agregar librería. Cumplen con la siguiente sintaxis: `#include <nombre_de_la_libreria.h>` [44]. Las librerías relacionadas con el fin de este documento son:

- DHT11/21/22: sirven para medir la humedad y la temperatura.
- Ethernet: librería estándar para que pueda conectar a internet con la placa Arduino Ethernet.
- Firmata: Para comunicar las aplicaciones en la computadora utilizando un protocolo estándar Serial.
- Messenger - Para procesar mensajes de texto desde la computadora. Utilizado para enviar notificaciones desde el sistema en caso de alerta.
- XBee: Sirve para comunicaciones entre XBees en modo API.
- Tone - Genera frecuencias de audio de onda cuadrada en el background de cualquier pin de un microcontrolador.

5.3.2.2. Hardware

El rol de los dispositivos hardware dentro de una sistema de monitoreo y control de sismos está fundamentado en los procesos de captación, procesamiento y respuesta de las señales obtenidas del contexto, definidas como sensores y actuadores, Los sensores definidos como dispositivos encargados de obtener la información del contexto para transmitirla a la unidad de procesamiento, luego, los actuadores, quienes representa las acciones que afectan el ambiente. En el conjunto de fases, se adaptan a los dispositivos correspondientes para detectar las señales pronunciadas de la atmosfera que se presentan en el desarrollo de una catástrofe.

Los primeros signos son detectados a través de sensores, ya sean de movimiento, luz, humedad y temperatura capaces de estimar los signos de un terremoto [45].

5.3.2.3. Módulos

Sensores:

- Módulo PIR: encargado de detectar suficiente movimiento para traducirlo a una lectura de nivel alto.
- Módulo de humedad y temperatura: capaz de representar la humedad ambiental de forma digital medida en porcentaje, y la temperatura en grados centígrados. Dispone de una librería que contiene los métodos con los que se realizan las mediciones.

Actuadores:

- Módulo LED: La función de este dispositivo es avisar mediante un diodo emisor de luz la ocurrencia de un evento que puede requerir atención.
- Módulo timbre: Este elemento es capaz de producir salidas auditivas o sonidos que permiten alertar a una población.
- Módulo pulsable: Permite comunicarnos con el sistema y crear eventos a partir de la intervención externa.
- Módulo visualizador: Habilita la lectura de las magnitudes capturadas mediante una pantalla para enseñar la situación.

Comunicadores:

- Módulo Ethernet: Es una placa que se acopla encima de la Arduino y permite establecer conexiones a internet mediante el estándar Ethernet que utiliza el protocolo TCP/IP.
- Módulo Wifi: Utilizar el protocolo TCP/IP pero omite el cableado.
- Módulo XBee: Este elemento se comunica de forma inalámbrica, utiliza tecnología ZigBee definida como un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica, para la utilización de radiodifusión digital de bajo consumo.
- Módulo Bluetooth: Permite generar alertas de corto alcance.
- Módulo infrarrojo: Otra forma de comunicación sin medio físico es la utilización de rayos infrarrojos. Este tipo de comunicación consigue tener menos interferencias debido a la mayor frecuencia del espectro electromagnético en la que trabaja.

5.3.3. Lenguaje de Programación

El IDE (Entorno de desarrollo Integrado) de Arduino se encuentra en la página oficial (<http://arduino.cc/>), no cuenta con soporte técnico sino con una comunidad a nivel mundial que trabaja en conjunto para dar solución a los problemas que se puedan presentar.

5.3.3.1. Estructura Básica de un programa

Arduino consta de dos partes o funciones que encierran una sección de inicio y otra de ejecución, así:

```
void setup(){ //Sección de Inicio
    Instrucciones;
}
void loop () { //Sección de Ejecución
    Instrucciones;
}
```

- La función setup() contiene cualquier variable de inicio de programa, se cumple la primera vez que se ejecuta el programa y asigna PinMode para inicializar la comunicación en serie.
- La función loop() se ejecuta de forma continua, lee las entrada y activa las salidas.

5.3.3.2. Tipos de datos

Arduino utiliza una estructura similar a Java, se utilizan los mismos tipos de datos. Los que se utilizan con frecuencia se pueden apreciar en la siguiente tabla [46].

Tabla 3. Tipo declaración y rango de variables

Tipo	Declaración	Rango
Byte	byte nombre_variable=180;	-128 a 127
Int	int nombre_variable=1500;	-2,147,483,648 a 2,147,483,647
Long	Long nombre_variable=90000;	-9,223,372,036,854,775,808L a 9,223,372,036,854,775,807L
Float	Float nombre_variable=3.14;	+/- 3.4E+38F (6-7 dígitos importantes)
Arrays	Int nombre_varray []={valor1, valor2, valor3...};	

6. SOLUCIONES APLICABLES A PROBLEMAS SÍSMICOS

Teniendo en cuenta el objetivo de la investigación, se expondrán ejemplos de aplicaciones, estrategias o proyectos relacionados con los sistemas Arduino y el desarrollo o aplicabilidad que estos tienen en las amenazas sísmicas, producto de un rastreo bibliográfico.

6.1. Sismógrafo

6.1.1. Arduino Seismic Activity Monitor - Ethernet Shield

Este proyecto tiene la capacidad de conectar un sensor sísmico a un router a través del escudo de Ethernet, esta funcionalidad le permite conectarse a una página web hospedada de la tarjeta SD en el escudo. Los datos suministrados por el sensor ensamblado en la placa Arduino se comunicará por el escudo Ethernet y enviara los datos resultantes a la página web, esta página web mostrará información sobre el sensor sísmico y la historia de la actividad. Se puede apreciar la estructura del proyecto en la Fig. 5 [47].

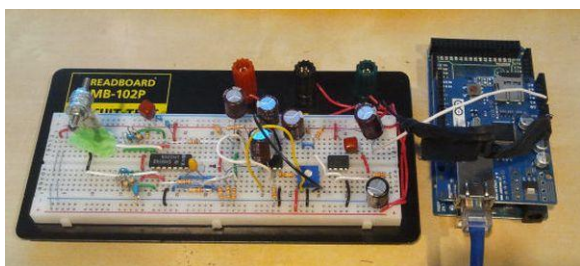


Fig. 5. Sensor con escudo Ethernet ensamblado en un sistema Arduino

6.1.2. Sismógrafo con Arduino – Universidad Autónoma del Occidente

Esta estrategia planteada por unos alumnos de la Universidad Autónoma del Occidente, permite que por medio de los pines digitales de la placa, se envíe un pequeño voltaje a través de un cable, este a la vez vuelve a conectarse a la placa pero en los pines de entradas análogas, el circuito se corta en donde ésta el contenedor sujeto a los cables, como se ve en la Fig. 6.

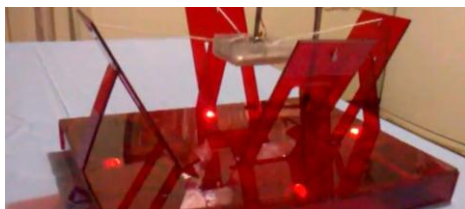


Fig. 6. Sistema Arduino, contenedor alertador al vibrar

Este contenedor es el que al vibrar activa la alarma sísmica, el contenedor en el interior tiene un líquido metálico, que al vibrar hace contacto con un pin que se coloca en el soporte superior con el líquido, cada vez que hacen contacto entonces el circuito funciona, manda un voltaje a las entradas de la misma placa y

estas la leen, para generar las gráficas que se puede apreciar a través de una pantalla [48]. Ejemplo de lo anterior se puede detallar en la Fig. 7.

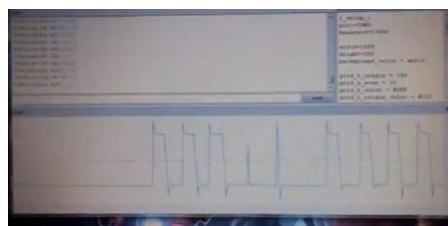


Fig. 7. Pantalla de resultados siniestrados por el detector

6.1.3. Detector de terremotos que avisa por Twitter

Sebastián Alegría, un adolescente chileno de 14 años de edad creó un sistema de alerta de terremotos basado en Arduino, un detector sísmico comprado por menos de \$100 CLP y un escudo de Ethernet.

El Sistema Arduino de S. Alegría [49], proviene de haber sobrevivido al terremoto de Chile del año 2010 y ver la devastación que cubría a Japón a principios de 2011. Interesado en encontrar una solución económica para la detección temprana de terremoto, él arregló un Arduino y un detector sísmico nacional para twittear segundos antes de la actividad sísmica detectable. Twitteando desde @AlarmaSismos, se ha detectado ya con éxito cada terremoto que podría sentir de Santiago de Chile desde mayo de 2011.



Fig. 8. Sebastián Alegría y el proyecto alerta

6.2. Simuladores de Terremotos

6.2.1. Quakescape 3D Fabricator

Quakescape es un fabricante en 3D que consiste en tomar los datos del terremoto del sitio GeoNet [50] y la transferencia en el medio del arte, mediante el uso de la pintura y la tecnología Arduino. Quakescape crea una transformación de los datos que a menudo es visto como algo negativo y la convierte en un medio completamente diferente, que es artístico, físico, útil y único. La superficie que la pintura se esparce sobre una sección del paisaje.

Esto actúa como el lienzo en blanco y permite que la pintura se mueva alrededor del paisaje así, crea sorprendentes efectos visuales de colores. Los colores representan la magnitud de los terremotos. El fabricante se ejecuta en dos ejes horizontales por motores paso a paso impulsado por código G generado a través de Arduino. Esto permite que el cabezal de la boquilla que se trasladó a la ubicación

exacta del terremoto. Una vez que la ubicación de la pintura se determina, se bombea a continuación a partir de los contenedores a través de los tubos extruidos y fuera de la boquilla. Este es el momento en que los datos precisos se transfieren en una forma de arte, realiza una simulación del sismo producido. En la Fig. 9 se puede ver el dispositivo.



Fig. 9. Simulación sísmica

6.3. Alarma Temprana de Sismos

6.3.1. QuakeAlarm

Dispositivo detector de sismos, diseñado para dar aviso instantáneo de la actividad sísmica, por medio de la detección temprana de las ondas "P" (ondas de compresión) de un sismo, que viajan a mayor velocidad que las ondas "S" (onda longitudinal) [51]. Posee un sistema de péndulo capaz de detectar de forma temprana las ondas "P" (consisten en la transmisión de compresiones y refracción de la roca, de forma similar a la propagación del sonido) antes de llegar a las ondas "S" (son la propagación de ondas de Cizalla, donde las partículas se mueven en dirección perpendicular a la dirección de propagación de la perturbación).

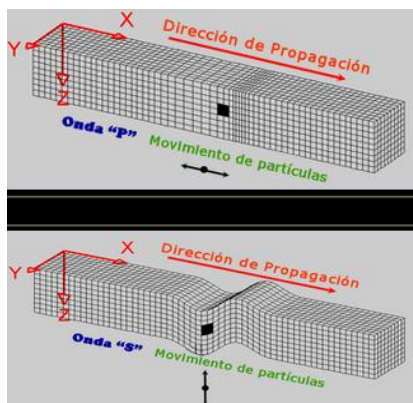


Fig. 10. Esquema de funcionamiento de las ondas "P" y "S"

Una importante ventaja del Quake Alarm™ es que puede despertarlo y alertarlo de que el sismo ha comenzado, de tal manera que se pueda auxiliar todos los miembros de la familia. La mente humana descansa en las sensaciones en el oído interno, combinadas con el sentido de la vista para determinar el movimiento del cuerpo que se produce en el momento que comienza el terremoto.

La desorientación, conocida como vértigo, puede causar que las personas se confundan y paralicen durante muchos segundos durante la aparición del terremoto. El sonido también desempeña un papel importante en la detección de un sismo, pero por sí mismo puede ser engañoso. Un portazo de la puerta de un garaje o el retumbar de un gran vagón ha hecho pensar a muchas personas que comenzó un movimiento de tierra.

6.4. Otras Implementaciones

6.4.1. Carros Oruga Exploradores

Tiene un sistema Pan-Tilt y un sensor de distancia por ultrasonidos para evitar obstáculos entre otras cosas. También ha incorporado al robot una pequeña cámara de video capaz de retransmitir las imágenes a distancia y ver lo que ve el robot en todo momento [52].



Fig. 11. Oruga Exploradora

6.4.2. Helicópteros Exploradores

Desde hace tiempo hay sitios web de comunidades dedicadas a crear "drones" [53] y vehículos no tripulados. Entre esos vehículos hay aviones y helicópteros no tripulados

Uno de los ejemplos de helicópteros no tripulados es el ArduCopter, un helicóptero no tripulado, el cual se mueve mediante patrones de vuelo [54]. Actualmente en internet es posible encontrar libremente los planos e instrucciones para construir vehículos no tripulados con Arduino. Según la imaginación del desarrollador puede así mismo elevar la funcionalidad del helicóptero, agregándole componentes como GPS, para que vuele con determinada altitud hasta ciertas coordenadas, o este tome fotos o videos, explore y retorne.

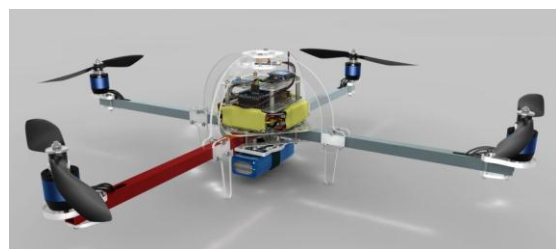


Figura 12. Helicóptero Explorador

6.4.3. Casas o edificios Inteligentes con sistemas domóticos

Las edificaciones son uno de los principales objetivos de la ingeniería sísmica por tal motivo la implementación de domótica en estas edificaciones promueve que mediante un sensor de vibración obtener una lectura que corresponda a un sismo de gran magnitud, enviar la señal al pic para que pueda realizar las siguientes acciones:

- Apagado de la corriente de las paredes.
- Abrir la puerta de las habitaciones.
- Activar luces de emergencia.
- Guía de salida comandada por voz.
- Usar la corriente superior como la suministrada a las luces para indicar una ruta de salida.
- Entre más funcionalidades preventivas que se le puede dar a una edificación.

7. CONCLUSIONES

En razón a los índices de amenazas sísmicas que se producen con frecuencia, se puede inferir a partir de este estudio cuales son los posibles precursores para detectar un sismo y que herramientas apoyan el proceso de pronóstico y puesta en marcha de estrategias a través de sistemas mediados por hardware libre, en el caso de Arduino.

La sismicidad que se puede detectar con dispositivos Arduino, consideran las condiciones atmosféricas que pueden ser tenidas en cuenta para ser procesadas según su intensidad, y arrojar resultados con influencias positivas para las organizaciones pre ventoras de desastres y las poblaciones vulnerables a sufrir este tipo de catástrofes.

Además, el tiempo es un factor fundamental cuando se habla de sismos, se observó que los sismos son fenómenos naturales que a pesar de contar con estudios avanzados en las señales que se pueden presentar antes de ocurrir, por ejemplo, las tenciones del suelo, mediciones en el cambio atmosférico e incluso comportamiento animal, no se pueden predecir, pero si, establecer estrategias desde sistemas libres que optimicen el tiempo y generen acciones oportunas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la dirección de investigación de la Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco por el apoyo y la contribución en la realización de este tipo de investigaciones y sus futuras implementaciones.

REFERENCIAS

- [1] S. Pujol, J. Ramírez y A. Sarria A. "Coffee zone Colombia, January 25 Earthquake: Observations on the behavior of low-rise reinforced concrete buildings" Online [Junio, 1999].
- [2] M. Eberhard, S. Baldrige, J. Marshall, W. Mooney y G. Rix, "The Mw 7.0 Haiti earthquake of January 12, 2010", V1.1: USGS/EERI Advance Reconnaissance Team", U.S. Geological Survey and Earthquake Engineering Research Institute. California, EUA, 2010. pp. 56.
- [3] J. Johansson, P. Mayorca, E. Leon y A. Torres, "Pisco earthquake, Peru, August 15, 2007: JSCE/JAEE/UT Investigation Team", Japan Association of Earthquake Engineering. Japón, 2007. pp. 109.
- [4] J. Carrillo, S. Alcocer, "Comportamiento a cortante de muros de concreto para vivienda" Revista de Ingeniería Sísmica No. 85 103-126, Dic 2011.
- [5] B. Díaz, R. León, "Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada" Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica. Barcelona, 2003. pp. 1-5.
- [6] E.J. Dumova. "Fragility curves for reinforced concrete structures in Skopje (Macedonia) region". Soil dynamics and Earthquake Engineering 19, 2000. 455-466.
- [7] M. Hermelin, "Desastres de origen natural en Colombia", 1979-2004. Universidad Eafit, 2005. 247 pág.
- [8] O. Cardona, "Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo". Los desastres no son Naturales, A. Maskrey, La Red: 1993 pp. 55-74.
- [9] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. "Manual Sobre Sismo Resistencia. Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial". Septiembre, 2007, p 10.
- [10] "NSR-98, Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente". Colombia.
- [11] J. Arango, "Sesión Extraordinaria 257", Acta 257-05 Segundo debate - Concejo de Medellín. 2005, p 33.
- [12] L. Barrientos, J. Fernandez, F. Rivero, "Análisis geográfico y estadístico de la sismicidad en la costa mexicana del Pacífico" Boletín de los Sistemas Nacionales Estadístico y de Información Geográfica Vol3, Núm. 1, 2007, p3.
- [13] C. Gonzales, "Los sismos y su medición" Sismología siglo XX, Cápsula 372, 2009.
- [14] "Sismo", Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias. 2007, p23.
- [15] "Estudio de Sismicidad", DOCUMENTO N° 1201-IB-GE-IT-04-Rev 0, VST Ingenieros, Comein S.A, 2010, p5.
- [16] J. Colina, "Tipos de Sismos". Online [Abril, 2013]
- [17] CEPRODE. "Actualidad sobre desastres, Boletín de extensión cultural de CEPRODE - Centro de Protección para Desastres". Año 1, Num1.
- [18] "Sobre las escalas de magnitud, Enseñanza de las Ciencias de la Tierra", 2011 (19.3), pp 267-275.
- [19] J. Valenzuela, "Escalas de Intensidad", C52S Diseño Sísmico de Estructuras. 2007.
- [20] I. Londoño, "Implementación de un sistema de monitorización de señales sísmicas del volcán Cotopaxi empleando una red de sensores inalámbricos", Escuela Politécnica del Ejército. Proyecto de grado, 2011.
- [21] G. Sanabria, A. Navas, "Implementación De Un Sistema De Comunicación En Un Equipo Detector

- De Sismos”, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Seminario de Investigación.
- [22] J.J. Giner, Sismología e Ingeniería Sísmica, Anexo VI. Prácticas de “Sismología e Ingeniería Sísmica”, Universidad de Alicante, 2011.
- [23] C. Cisneros, O. Marcillo, W. Enriquez “Calibrador Digital de Sensores Sísmicos”, JIEE, Vol. 19, 2005, p16.
- [24] M. M. Arcilla; “¿Es posible predecir un sismo?”. Septiembre 2007.
- [25] Innovación y Ciencias “Amenazas sísmicas sobre Bogotá”. 2006.
- [26] "Hardware". En el Diccionario de la lengua española. Fuente electrónica [en línea]. Madrid, España: Real Academia Española.
- [27] Definición de [Software Libre en la página de la Free Software Foundation \(FSF\)](#). Online [Junio, 2013].
- [28] O. Torrente, “Arduino. Curso práctico de formación”. Rc Libros: Madrid, 2013, pp. 68.
- [29] J. González, P. Haya, S. López-Buedo, E. Boemo, “Tarjeta entrenadora para FPGA, basada en hardware abierto”. Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid. Mayo 2003.
- [30] R. Herrador, “Guía de Usuario de Arduino”. Universidad de Córdoba, 2009, pp. 8.
- [31] T. Moreno, F. Javier, “Diseño y construcción de una maqueta para el control semafórico con Arduino”. Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena-España, 2012, pp. 7.
- [32] J. Dean, R. Bruce, S. Reiser. “Using Arduino for introductory programming courses”. Journal of Computing Sciences in Colleges. Volume 25 Issue 2, December 2009 Pages 129-130.
- [33] S. Alers, J. Hu, “AdMoVeo: A Robotic Platform for Teaching Creative Programming to Designers”, 4th International Conference on E-Learning and Games, Edutainment 2009, Banff, Canada, August 9-11, 2009, pp 410-421.
- [34] D. de Consuegra, “Diseño Y Desarrollo De Una Interfaz Gráfica De Usuario Para La Prueba De Daqs Basados En Arduino Mediante Ros”. Universidad Carlos III de Madrid. Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática. Proyectos Fin de Carrera, 2012, pp 15.
- [35] Sitio de Descarga del Software “Arduino” Online [Marzo, 2013].
- [36] J. Ruiz, “Arduino e internet de las cosas”, Universidad de la Castilla de la Mancha, 2013.
- [37] C. Acuña, “Sistema de control de bajo costo con arduino para diodos láser” Universidad de Costa Rica, Proyecto de Grado, 2010, p 19.
- [38] J. Fernández, “Ejemplo de aplicación con Arduino: medida de caudal” Universitat Rovira i Virgili. Tesis de Ingeniería, 2012, p 9.
- [39] M. Guedes, M. Lins, M. Robert Lira, P. Maccoy, T. Kelson, “MonitorARecife: Solução para monitoramento da qualidade do ar” Unibrtec, 2011, p 26.
- [40] D. Morán, “Red meteorológica basada en Arduino y comunicada mediante protocolo Zigbee 802.15.4”. Universidad Abierta de Cataluña- España, Enero 2012.
- [41] Arduino. “FTDI” Online [Julio, 2013].
- [42] FTDI chip. “Controladores Virtuales de Puerto COM”. Taiwán, Estados Unidos, China. Online [Mayo, 2013].
- [43] R. Herrador, “Guía de Usuario de Arduino”. Universidad de Córdoba, 2009.
- [44] GITHUB. “Arduino-DHT2”. Online [Junio, 2013].
- [45] E. Lledó, “Diseño de un sistema de control domótico basado en la plataforma Arduino”. Universidad Politécnica de Valencia. España, 2012.
- [46] MIT OPEN COUSER WARE, Portal Universia y MIT. Online [Abril, 2013].
- [47] Arduino Seismic Activity Monitor - Ethernet Shield. Online [Abril, 2013].
- [48] J. Orjuela, “Sismógrafo con Arduino” Universidad Autónoma de Occidente, Ingeniería Multimedia. 2012
- [49] Adolescente chileno crea alerta de sismos vía Twitter. Online [Junio, 2011].
- [50] Quakescape 3D Fabricator. Online [Agosto, 2013].
- [51] Quake Alarm. Online [Agosto, 2013].
- [52] O. Gonzales, “Robot Oruga con Arduino”. Online [Mayo, 2011].
- [53] What are Drones. Online [Mayo, 2011].
- [54] C. Nadales, “Control de un Quadrotor mediante la plataforma Arduino. Universidad Politécnica de Catalunya. Trabajo Final de Grado. 2009.