

**Propuesta de Proyecto de Investigación
Maestría en Ciencias y Tecnologías de la Información**

19 de octubre del 2021

1. Nombre del proyecto:

Sistema de alerta sísmica en tiempo real por medio de técnicas de Minería de Datos (SAS-TREMORS).

2. Responsable(s):

- Dr. Benjamin Moreno Montiel, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Iztapalapa, Cubículo T-147, bmm@xanum.uam.mx, opelo1209@gmail.com
- Dr. René MacKinney Romero, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Iztapalapa, Cubículo T-145 Bis, rene@xanum.uam.mx

3. Área(s) de conocimiento relacionada(s) con el proyecto

Aprendizaje Maquinal, Aprendizaje por refuerzo, Clasificación, Extracción de Conocimiento sobre grandes cantidades de datos, Minería de Datos y Sensores sísmicos.

4. Descripción del proyecto

- Contexto: Los sismos son eventos naturales que se presentan a diario en todo el mundo, estos eventos son resultado de la interacción que existe entre las Placas Tectónicas. Una placa tectónica es un fragmento de litosfera (capa superficial de la tierra) que se encuentra en constante movimiento. Se tienen dos tipos de placas tectónicas, las oceánicas son aquellas que se encuentran por debajo de los océanos, y las continentales son aquellas que dividen a los continentes. Los sismos ocurren principalmente cuando se presenta una subducción entre placas, es decir, una placa oceánica se hunde por debajo de una placa continental.

Aproximadamente el 80% de estos eventos se presentan en el cinturón del pacífico [1], también conocido como el cinturón o anillo de fuego. México se encuentra dentro del anillo de fuego, lo que implica que es uno de los países con más actividad sísmica en el mundo.

Analizando con más detalle lo que ocurre en nuestro país, tenemos reportados 1536 sismos en la última década en un rango de magnitud de 4.5 a 9.9 grados Richter [2]. Los datos anteriores son un filtro de todos los sismos reportados, ya que se tiene un total de 115370 sismos de todas las magnitudes posibles en la última década.

En un proyecto previo, desarrollamos el Sistema de Alerta de Señales Sísmicas Digitales utilizando Minería de Datos (SASS-MIDAS), el cual propone el uso de un ensamble de tipo mezcla de expertos con ponderación genética para realizar la

clasificación de sismos recabados en las últimas dos décadas. El ensamble fue el mejor para identificar aquellos sismos donde si se requiere de una señal de alerta, obteniendo un 98.59% de exactitud con los temblores en los que se tenía que emitir una alerta sísmica del análisis de los 115370 sismos.

Los resultados obtenidos por el *SASS-MIDAS* son muy alentadores, sin embargo, todo se enfoca a un análisis de datos estáticos de las última décadas, por lo que se abre la pregunta ¿Qué pasaría si los datos son en tiempo real, el *SASS-MIDAS* funcionará correctamente?

- Motivación:

Del trabajo del *SASS-MIDAS* se pudieron establecer un vínculo con el Ing. Juan Manuel Espinoza, director del Centro de Instrumentación y Registro Sísmico A.C. Mediante este vínculo pudimos obtener los datos en formato ASA 2.0 de los sismos presentados en la Republica Mexicana de las últimas dos décadas.

Esto nos permitió aplicar el proceso de *KDD (Knowledge Discovery in Databases)* sobre los datos crudos de los sismos que se presentaron en las últimas dos décadas. Después de las fases de limpieza, selección y transformación, se pudieron obtener datos minables. De este estado se estableció el modelo de clasificación basado en un ensamble de mezcla de expertos con ponderación genética, que permitió emitir o no una alerta sísmica, lo que constituye el motor de funcionamiento del *SASS-MIDAS*.

Todo lo anterior nos permite tener una experiencia con los datos que maneja actualmente el Sistema de Alerta Sísmica de México (*SAS-MEX*). Sin embargo, como lo mencionamos en el contexto de este proyecto, ¿qué hay de los datos en tiempo real? Actualmente logramos establecer un segundo vínculo con el Mtro. Roberto Durán Hernández, encargado de la Mesa Sísmica, del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (II-UNAM). Esta mesa sísmica es la más grande del país, y de América Latina, cuyo sistema permite simular movimientos sísmicos de diversas características.

De este vínculo descubrimos que podemos recrear sismos cómo los que ocurrieron en 1957, 1985 y 2017, con magnitudes de 7.7, 8.1 y 7.1 grados Richter respectivamente y que representan los sismos mas devastadores para el país.

La mesa vibradora del II-UNAM es de tipo biaxial [3], con un grado de libertad horizontal (X) y vertical (Z). El grado de libertad Y está limitado. Su equipo de control permite controlar el cabeceo (giro con respecto al eje Y), y aplica, aunque con magnitudes muy pequeñas, giros alrededor de X y Z.

El peso máximo de los modelos que se pueden ensayar es de 196.2 kN (20 tf). Las aceleraciones máximas, en las direcciones X y Z y con un modelo de 196.2 kN de peso, son de 9 810 mm/s² (1 g). Para la mesa sola, sin modelos sobre ella, las aceleraciones máximas en las direcciones X y Z son 31 392 mm/s² y 58 860 mm/s² (3.2 g y 6 g), respectivamente.

Todo lo anterior son solo algunas de las características que empatan con los datos que se analizaron en el desarrollo del *SASS-MIDAS*, por lo que estamos completamente seguros de que el alumno no tendrá mayor problema en analizar e incorporar nuevos datos que ofrezca la mesa sísmica del II-UNAM.

Un detalle muy importante para el desarrollo del SAS-TREMORS es el uso de sensores sísmicos. Actualmente la mesa sísmica del II-UNAM cuenta con los sensores indicados [3], en la Tabla 1.

Tipo de sensor	Cantidad	Intervalo de operación
Servoacelerómetros	2	±2 g
	6	±1 g
	6	±0.5 g
Aclerómetros piezorresistivos	2	±8 g
	8	±4 g
	10	±2 g
Transductores de desplazamiento con bayoneta	12	±12.5 mm
	10	±25 mm
	8	±51 mm
	8	±100 mm
	10	±200 mm
Transductores de desplazamiento con cable	5	1000 mm de carrera
	2	1500 mm de carrera
	5	3750 mm de carrera

Tabla 1. Tipo de sensores que utiliza actualmente la mesa vibradora del II-UNAM

Según las especificaciones de II-UNAM [3], los sensores son de la más alta calidad y especificaciones del mercado, de modo que la trazabilidad de las mediciones y la calibración de los sensores sea confiable.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, consideramos que el alumno contara con la experiencia del uso de datos digitales en el formato ASA 2.0, el motor de funcionamiento del SASS-MIDAS, la mesa sísmica del II-UNAM para la recreación de temblores de diversas características y el uso de sensores sísmicos para la obtención de datos en tiempo real.

Finalmente, cabe mencionar que este tipo de técnicas, en las que se plantea el uso de mesas sísmicas para la construcción de alertas sísmicas en tiempo real, han tenido eficacia probada. Témenos, por ejemplo, los trabajos desarrollados por la Dra. Eser Çakti, en los cuales se descubrieron las principales vulnerabilidades de las Mezquitas de Mustafa Pasha en Macedonia y Santa Sofia en Estambul [4, 5], generando sismos controlados sobre mesas sísmicas.

5. Objetivos

Objetivo general:

Desarrollar un Sistema de alerta sísmica en tiempo real por medio de técnicas de Minería de Datos (*SAS-TREMORS*).

Objetivos particulares:

- Revisión del estado del arte sobre los principales clasificadores del Aprendizaje Maquinal en donde se incluyan clasificadores por reforzamiento.

- Realizar el estado del arte sobre el uso de mesas sísmicas, en especial la mesa sísmica del II-UNAM.
- Revisión de la infraestructura actual de los sensores sísmicos con los que cuenta la II-UNAM.
- Conocer el sistema de adquisición de datos que maneja la mesa sísmica del II-UNAM.
- Implementar algoritmos de clasificación para el desarrollo del motor de funcionamiento del *SAS-TREMORS*.
- Desarrollar el primer prototipo del *SAS-TREMORS*.
- Vinculación del *SAS-TREMORS* con la infraestructura de la mesa sísmica del II-UNAM.
- Obtener las principales aportaciones de este proyecto con la versión final del *SAS-TREMORS*.

6. Metodología

Del trabajo de vinculación que se ha logrado con el Mtro. Roberto Durán Hernández, pudimos comprobar que el formato de salida de la mesa sísmica es muy similar el formato ASA 2.0 que se manejó en el desarrollo del *SASS-MIDAS*, por lo que consideramos que la transición para el alumno no será complicada y viable para el desarrollo de su proyecto de investigación. Sin embargo, tenemos claro que alguna diferencia debe ser solventada mediante el análisis de los nuevos datos y el ajuste del desarrollo de los nuevos clasificadores que se creen para el desarrollo del *SAS-TREMORS*. Esto solo es un ejemplo de las tareas que el alumno debe realizar para asegurar el éxito de su proyecto de investigación, es por ello por lo que vamos a numerar cada uno de los pasos que creemos necesarios para llevar a cabo la metodología de este proyecto los cuales son los siguientes:

1. Actualmente el sistema de adquisición de datos de la mesa sísmica del II-UNAM se encuentra desarrollado en plataforma LabView de National Instruments, es por ello por lo que consideramos que el primer paso es definir el lenguaje de programación para desarrollar el *SAS_TREMORS*.
2. Realizar una primera simulación con la mesa sísmica del II-UNAM para generar nuevos datos de entrenamiento, mediante los sensores y el sistema de adquisición de datos con los que cuenta la mesa sísmica.
3. Funcionar los datos obtenidos en la primera simulación con los que se ocuparon en el desarrollo del *SASS-MIDAS*, para formar el conjunto de entrenamiento del *SAS-TREMORS*.
4. Seleccionar e implementar los algoritmos de clasificación más adecuados para el desarrollo del motor de funcionamiento del *SAS-TREMORS*.
5. Realizar una segunda simulación con la mesa sísmica del II-UNAM para construir el conjunto de prueba, que cabe mencionar que se realizara en tiempo real.

6. Seleccionar las medidas de funcionamiento para evaluar el comportamiento del *SAS-TREMORS* durante las pruebas a las que se someta.
7. S pretende establecer un modelo final sobre la base de la revisión del estado del arte que se realice en el desarrollo del proyecto.

7. Calendarización de actividades

Actividad	Trimestre 22-I	Trimestre 22-P	Trimestre 22-O	Trimestre 23-I
Desarrollo del primer borrador de la tesis de los idóneos resultados				
Conocer el Software de adquisición de datos de la mesa sísmica del II-UNAM, y en base a esto definir el lenguaje de programación más adecuado.				
Realizar una primera simulación con la mesa sísmica del II-UNAM, para construir el conjunto de entramiento que se fusionará con los datos que se utilizaron en el desarrollo del <i>SASS-MIDAS</i> .				
Revisión del estado del arte sobre algoritmos de clasificación del aprendizaje maquina e implementación de aquellos que sean la mejor opción para el <i>SAS-TREMORS</i> .				
Presentación de avances del proyecto.				
Desarrollo de un primer prototipo del <i>SAS-TREMORS</i> , con base a todo lo recabado en el Trimestre 22-I				
Desarrollo de la segunda simulación con la mesa sísmica del II-UNAM, para obtener el conjunto de prueba al cual se someterá el primer prototipo del <i>SAS-TREMORS</i> .				
Presentación de avances del proyecto.				
Desarrollo de la versión final del sistema del <i>SAS-TREMORS</i> , realizando mas pruebas exhaustivas para establecer las principales aportaciones del proyecto de investigación.				
Redacción de la Tesis Final				
Presentación de avances del proyecto.				
Examen de Grado				

8. Infraestructura necesaria y disponible

Equipos: Laptop HP OMEN 15-ce0xx o el uso de servidores aws para el desarrollo de *SAS-TREMORS*.

Lenguajes de Programación: C, C++, C#, Python, Matlab y Octave.

9. Lugar de realización

Cubículos 145-Bis y T-147 de la Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Iztapalapa. Sin embargo, en la medida de que la pandemia siga por todo el 2022, se puede realizar un trabajo virtual en casa entre los asesores y el alumno que participe en el Proyecto, basándose en el Programa de transición de enseñanza en modalidad mixta (PROTEMM).

10. Entregables

- Se promoverá la presentación del trabajo en un congreso internacional. Sistema de alerta sísmica en tiempo real por medio de técnicas de Minería de Datos.

11. Referencias básicas

[1] U.S. Geological Survey, [En línea]. Disponible en: <https://www.usgs.gov/faqs/where-do-earthquakesoccur> [Último acceso: 04 09 2020].

[2] Servicio Sismológico Nacional, [En línea]. Disponible en: <http://www2.ssn.unam.mx:8080/catalogo/>. [Último acceso: 02 02 2020].

[3] Botero-Jaramillo Eduardo, Romo-Organista Miguel Pedro, Méndez-Urquidez Bogart Camille, González-Blandon Claudia Marcela, Desarrollo de un material compuesto ultraligero para construir la plataforma de una mesa vibradora. Ingeniería Investigación y Tecnología, XIV, 04 (2013): Ingeniería Investigación y Tecnología, Volume 14, Issue 4, Pages 595-611, ISSN 1405-7743, [https://doi.org/10.1016/S1405-7743\(13\)72269-8](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(13)72269-8).

[4] Çaktı E, Şafak E (2019). Structural Health Monitoring: Lessons Learned, in Seismic Isolation, Structural Health Monitoring, and Performance Based Seismic Design in Earthquake Engineering. Kasımzade AA, Şafak E, Ventura CE, Naeim F, Mukai Y (Editors). Springer, Netherlands.145-165.

[5] Çaktı E, Dar E, Uncu G (2019). Recent Studies on Earthquake Performance Assessment of Hagia Sophia in Istanbul, in Structural Health Monitoring, and Performance Based Seismic Design in Earthquake Engineering. Kasımzade AA, Şafak E, Ventura CE, Naeim F, Mukai Y (Editors). Springer, Netherlands. 195-204