GRUPO DE INGENIERÍA SÍSMICA Y SISMOLOGÍA DE LA UTPL (GRISS-UTPL)

Duque Yaguache, Edwin P[1]

[1]*Universidad Técnica Particular de Loja, Facultad de Ingeniería Civil, Loja, Ecuador*

ANTECEDENTES

El Ecuador es un país de alto riesgo sísmico ya que forma parte de la región denominada cinturón de fuego del Pacífico, en esta región se registra la mayor actividad sísmica a nivel mundial (85% de los terremotos del mundo ocurren en esta zona). La convergencia entre las placas de Nazca y Sudamericana generalmente provocan terremotos a poca profundidad y elevada magnitud tal como el registrado en abril de 2016 en Pedernales, Ecuador (7,8 Mw).

En el registro o historial sísmico ecuatoriano se puede observar que en un periodo de 111 años (9/28/1906 a 7/11/2017) ocurrieron 63 eventos sísmicos mayores a 6 Mw, esto equivale a una frecuencia de 1,76 años/sismo (Ver *Figura 1*). Mayoritariamente los epicentros se concentraron en las Provincias Esmeraldas, Manabí, Pastaza, Morona Santiago y el Norte del Perú, siendo los de mayor magnitud los terremotos ocurridos en las provincias costeras de Esmeraldas y Manabí (marcas en color rojo en *Figura 1*) (USGS, 2017).

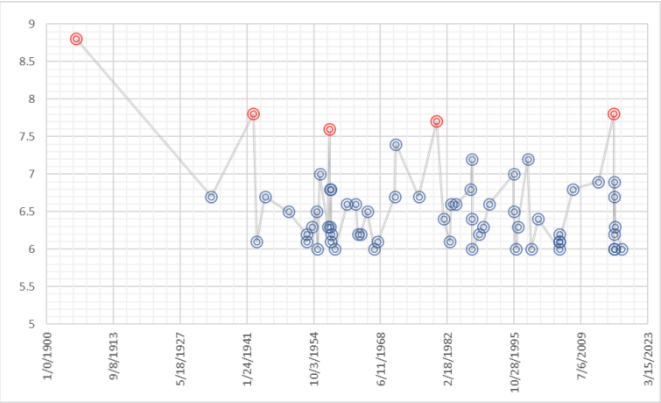

Figura 1 Sismos con magnitud mayor a 6 Mw en el Ecuador en 111 años

De los eventos sísmicos registrados el último siglo se puede destacar el ocurrido en enero de 1906 en las costas de Esmeraldas, la magnitud del evento sísmico fue de 8.8Mw provocando olas de hasta cinco metros de altura y la muerte al menos mil personas. Este gran terremoto es el de mayor magnitud registrada hasta la actualidad en el Ecuador y ocupa el octavo puesto a nivel mundial. Así mismo, el 14 de mayo de 1 942 se produce un terremoto con magnitud 7,9Mw, el epicentro fue en las costas de las provincias de Manabí y Guayas, los daños en las viviendas y edificios fueron múltiples, además de provocar la muerte de 200 personas. Siete años más tarde (5 agosto de 1949) las ciudades de Guano, Patate, Pelileo, Píllaro y parte de Ambato se destruyeron por un terremoto de magnitud 6,8 Mw, las victimas mortales estimadas fueron de 5000 personas. Si bien este terremoto no es el de mayor magnitud tuvo un alto potencial destructivo debido a la generación de grandes deslizamientos por efectos de sitio, tal fue la destrucción de ciudades como las de Pelileo que su reconstrucción se la tuvo que hacer sectores contiguos. El 19 de enero 1958 y 12 de diciembre de 1979 nuevamente las costas del Ecuador fueron afectadas por la energía que se libera al converger las placas de Nazca y Sudamericanas, esta vez los epicentros fueron en Esmeraldas con magnitudes de 7,6 Mw y 7,7 Mw respectivamente, causando el desplome de edificaciones y la muerte de cientos de personas.

De acuerdo con la NEC (2017), la región sur de Ecuador, incluyendo la provincia de Loja, se encuentra en una de las zonas de alta peligrosidad sísmica alta, este nivel de riesgo quedó en evidencia en el terremoto del 10 de diciembre de 1970, según un reporte del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional el epicentro fue registrado en la costa norte del Perú con serios efectos en el sur del Ecuador, en especial en las provincias de Loja y El Oro, la magnitud fue de 8 Mw y varias edificaciones se vieron afectadas (USGS, 2017).

El reciente terremoto ocurrido el 16 de abril de 2016 con epicentro en Pedernales, Ecuador (7,8Mw), según fuentes oficiales dejó las siguientes cifras: i) 671 muertos (Telégrafo, 2016) ii) las pérdidas económicas ascendieron a $3.999 millones (3.9% PIB del Ecuador) (INEC, 2017), iii) 8 690 personas albergadas, iv) 6 622 viviendas derribadas v) 281 instituciones educativas con daños estructurales vi) 61 kilómetros de vías afectadas, entre otros (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2016). Los daños en las edificaciones se debieron en su gran mayoría a la deficiencia de los sistemas estructurales, mala calidad de los materiales y la falta de control durante la ejecución de las obras por parte de las dependencias del gobierno.

Con estos antecedentes es indudable que el conocimiento de la peligrosidad sísmica de la región, así como de las posibles soluciones técnicas para evitar pérdidas económicas y humanas se convierte en una necesidad imperiosa de la sociedad y que las universidades y centros de educación superior son los llamados a resolverlos, pues, la investigación y consecuentemente la generación, preservación, transmisión y difusión del conocimiento constituye uno de sus roles fundamentales. Bajo este contexto y considerando que, los

grupos de investigación constituyen la unidad básica generadora de conocimiento científico nace la iniciativa de crear el Grupo de Investigación de Ingeniería Sísmica y Sismología de la Universidad Técnica Particular de Loja (GRISS-UTPL), planteándose como objetivo principal el generar conocimiento técnico-científico y crear espacios de discusión e intercambio de experiencias para solucionar los problemas relacionados a la Ingeniería Sísmica y Sismología a través de un trabajo coordinado entre equipos multidisciplinarios.

DESCRIPCIÓN DEL GRUPO

El grupo de Investigación GRISS-UTPL está conformado por docentes, investigadores y estudiantes de los departamentos del Área Técnica de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), en colaboración con investigadores externos nacionales e internacionales. Este grupo multidisciplinario se conforma a raíz de la necesidad de investigar sobre fenómenos sísmicos en el Ecuador, la vulnerabilidad de sus edificaciones y su impacto en la población. Este conocimiento permitirá plantear soluciones efectivas para mejorar la calidad profesional de los técnicos de la región, así como las condiciones de vida de la población.

El grupo de investigación se enmarca en el dominio académico: Planificación, diseño y evaluación de infraestructuras de saneamiento, vialidad y de estructuras de obras civiles y en la línea de investigación: Planificación y gestión de la infraestructura civil. Bajo estos lineamientos GRISS-UTPL desarrolla los siguientes ejes de investigación).

1. Sistemas de protección sísmica
2. Riesgo sísmico en edificaciones civiles
3. Respuesta dinámica de suelos y efectos de sitio.
4. Monitoreo de la actividad sísmica.
5. Análisis y simulación dinámica de estructuras civiles

La motivación principal de grupo es resolver los problemas de la sociedad mediante la generación del cocimiento científico y a través del trabajo coordinado entre equipos multidisciplinarios.

ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

El Grupo GRISS –UTPL, se circunscribe en el campo del conocimiento de las ciencias exactas, especialidad en Ingeniería Sísmica y Sismología. Su modelo organizacional se estructura en base a la gestión del conocimiento y a la organización hipertexto (ver *Figura 2*), esta última entendida como una estructura organizativa en red, capaz de crear nuevas formas de relación e interacción electrónica a través de las redes telemáticas, tanto internamente con sus miembros, así como con su entorno (Nonaka & Takeuchi, 1995).

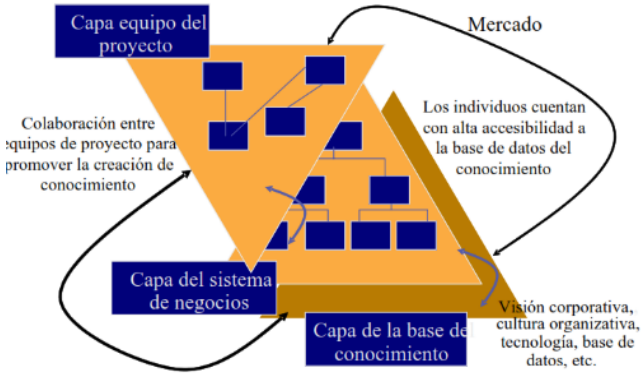

Figura 2 Modelo organizacional hipertexto (Nonaka & Takeuchi, 1995, p.188)

Esta estructura ofrece a los investigadores oportunidades y experiencias para obtener beneficios y utilizar los recursos de manera más eficiente. Se promueve que cada miembro del grupo fortalezca sus capacidades de manera permanente, pues si bien es cierto, el aprendizaje individual es importante, la suma de este conocimiento siempre es menor al conocimiento que se genera de manera colectiva, en donde, además, cada miembro aprovecha al máximo el compromiso adquirido y compartido por los demás miembros del grupo. Bajo este mismo contexto, la filosofía que subyace este modelo promueve que los grupos de investigación se consoliden como unidades organizativas funcionales, directamente asociadas a los procesos de la investigación científica en donde priman los procesos de colaboración e interdisciplinaridad.

Finalmente, de manera conceptual, el modelo responde a tres estructuras relacionadas entre sí, tal como se describirá a continuación:

1) Capa de actividades ordinarias: corresponde a la parte de la organización que está encargada de las actividades principales y su estructura es de tipo jerárquica, ésta consta de cinco unidades funcionales, de las cuales cuatro corresponden a las Ingenierías y la unidad restante tiene como función principal la edición de todos los recursos investigativos y académicos que se generen, tal como se muestra en la *Figura 3*.

2) Capa de proyecto: está integrada por proyectos dedicados a actividades innovadoras y por lo tanto a la generación de conocimiento.

3) Capa base de conocimiento: Es la parte de la organización donde se almacena el conocimiento generado en las capas anteriores. Está integrador sistemas y elementos en los que se soporta el conocimiento de la organización (sistemas de información, tecnología, etc.)

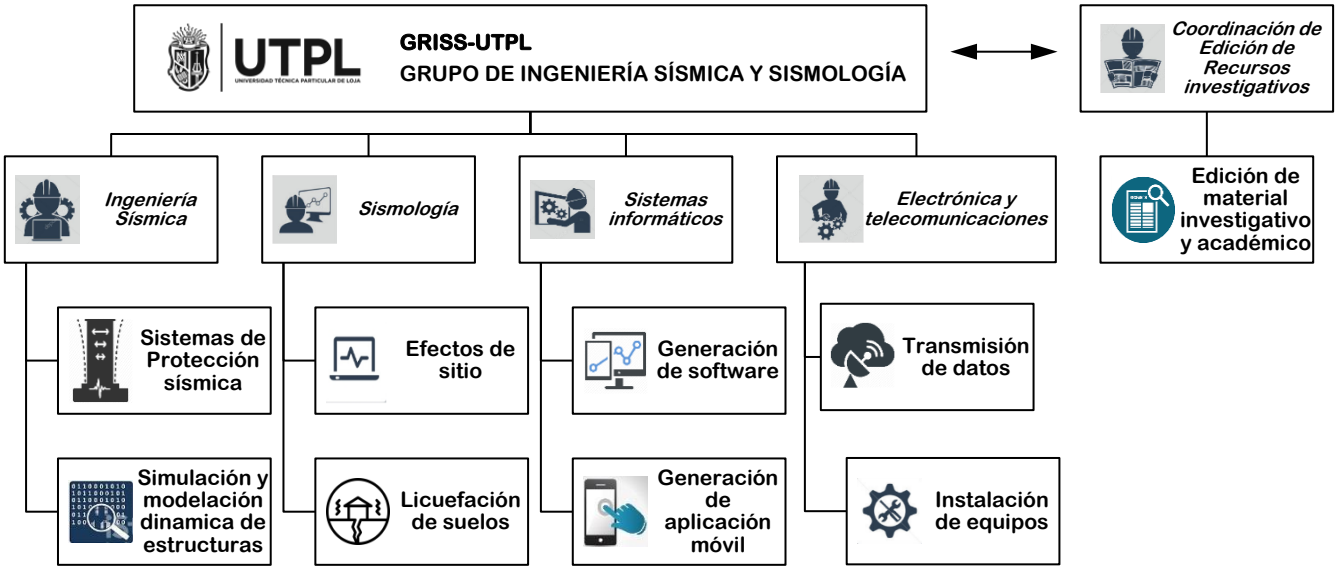

Figura 3. Organigrama del grupo GRISS-UTPL

ACTIVIDADES

La consolidación de un grupo de investigación que tenga como principal objetivo la investigación y generación de conocimiento en temas relacionados a la Ingeniería Sísmica y Sismología, es la actividad que el GRISS-UTPL se ha planteado a largo plazo. Entre las principales actividades que actualmente el grupo se encuentra realizando se puede destacar las siguientes:

- Instrumentalizar estructuras civiles de relevancia regional y nacional con equipos especializados para monitoreo sísmico en tiempo real.
- Promover el uso del Laboratorio Virtual de Ingeniería Sísmica (**VLEE**) a nivel de diferentes grupos de investigación, institutos de educación superior y otras instituciones afines a la temática
- Difundir los resultados obtenidos de las diferentes investigaciones mediante artículos científicos.
- Participar activa en redes nacionales e internacionales de investigación y monitoreo de desastres naturales.
- Gestionar financiamiento externo para desarrollar proyectos de investigación con el fin de dar solución efectiva a problemas sísmicos de la región.
- Formación de capital humano dentro y fuera de la Universidad Técnica Particular de Loja.

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

De manera paralela a la conformación del grupo se han desarrollado varios proyectos de investigación, entre los cuales se destacan los siguientes:

1. Actualización y generación de nuevas herramientas del Laboratorio Virtual de Ingeniería Sísmica (**VLEE**) de la Universidad Técnica Particular de Loja, este laboratorio abarca cinco campos principales: sistemas de protección sísmica, dinámica de estructuras, edificios, elementos de hormigón armado, puentes y cables; cada uno de los campos está compuesto por un grupo de herramientas informáticas que trabajan en línea y permiten simular el comportamiento de estructuras para distintas cargas así como el diseño de estructuras de hormigón armado. La mayoría de los experimentos de simulación del **VLEE** usan el software de acceso libre OpenSees (OpenSees, 1999) como motor de cálculo. El laboratorio virtual está estructurado según se muestra en la *Figura 4*. Para más información puede visitar la página http://www.ingenieriasismica.utpl.edu.ec/ del grupo.

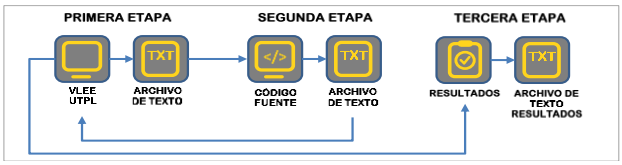

Figura 4 Estructura del Laboratorio Virtual de Ingeniería Sísmica

2. Instrumentalización y monitoreo sísmico de la Presa del Proyecto Hidroeléctrico Delsitanisagua (PHDlel, visitar: https://www.celec.gob.ec/gensur/ para ver los detalles técnicos). Este proyecto de investigación tiene dos propósitos***:*** **i)** Evaluar el comportamiento dinámico de la presa frente a la acción de cargas sísmicas y **ii)** advertir de posibles cambios que podrían poner en peligro la seguridad de la presa. Para la instrumentalización se utilizarán acelerógrafos (modelo: **MR2002**), los mismos que serán ubicados en puntos estratégicos de la estructura en evaluación. Las variables a registrar serán: historia en el tiempo de aceleración, velocidad y desplazamiento. La información de los acelerógrafos será transmitida en tiempo real hacia la plataforma web del GRISS-UTPL mediante la implementación de dispositivos inalámbricos (módulos inalámbricos y antenas). Estos dispositivos permitirán digitalizar la información para luego ser procesada. La metodología antes detallada se describe en Figura 5.

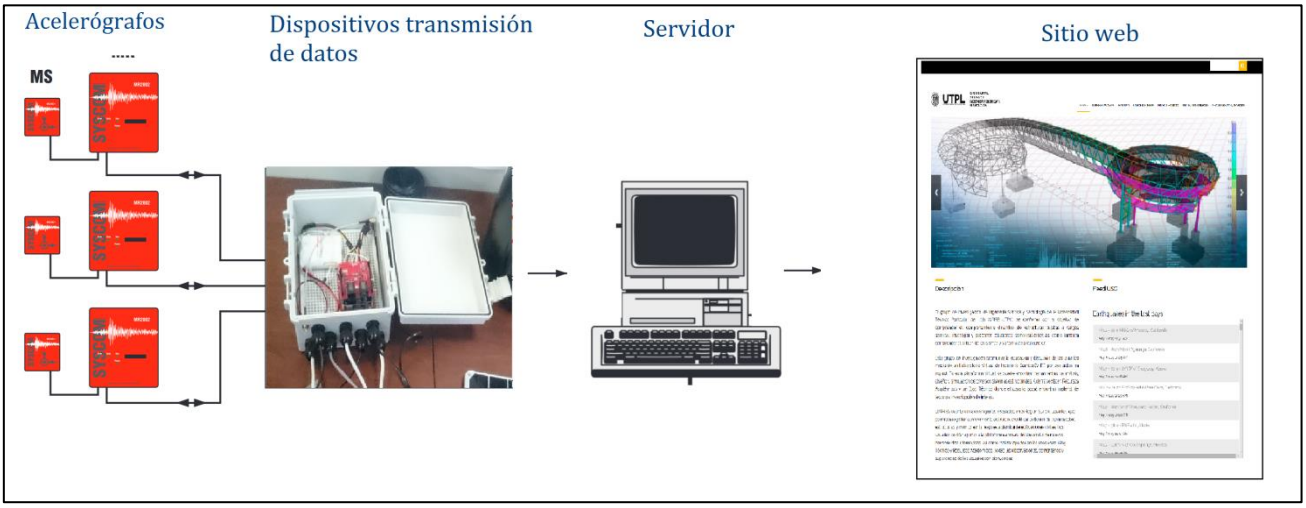

Figura 5 Metodología de instrumentalización y monitoreo

3. Generación de aplicaciones móviles. Actualmente se cuenta con la primera versión de la aplicación SPECTRUM-NORM, con el uso de esta aplicación de celular el usuario podrá generar el espectro de diseño de desplazamiento y aceleración según las recomendaciones de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2017). Al presente, SPECTRUM-NORM está disponible para celulares con tecnología Android, compatibilidad con otras tecnologías móviles, así como la generación de espectros basados en otras normativas están consideradas para futuras versiones. En la generación de esta aplicación móvil estuvieron involucrados miembros del grupo de investigación, así como estudiantes de las carreras de Ingeniería Civil y Sistemas informáticos de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INEC. (2017). Datos estadísticos y geográficos de las zonas afectadas por el terremoto. Retrieved May 22, 2017, from http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Sitios/Datos_terremoto/

NEC. (2017). Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC-SE-DS: Peligro Sísmico, diseño sísmo resistente.

Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). La organización creadora de conocimiento. Ed. Oxford University Press.

OpenSees. (1999). Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California.

Secretaría de Gestión de Riesgos. (2016). *Informe de situación Nro 28. Terremoto 7.8 Muisne* (Vol. 28). Quito, Ecuador.

Telégrafo, E. (2016, July 19). Cifras oficiales tras terremoto en *Ecuador. Quito, Ecuador.*

USGS. (2017). Earthquake Hazard Program. Retrieved May 9, 2017, from https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/