

Estudio de Respuesta Sísmica del Sitio

M. Eng. José Harris

Ingeniero Civil

jose.harris@utp.ac.pa

Laboratorio de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (LIICA)

Palabras clave — Geotecnia, sismicidad, suelos, mecánica, espectro.

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los aspectos críticos para garantizar la estabilidad y resistencia de las construcciones ante eventos sísmicos es el estudio de respuesta sísmica del sitio. Este análisis permite comprender cómo se comportará el suelo bajo la acción de un sismo, información esencial para diseñar o adecuar estructuras que puedan resistir de manera efectiva las fuerzas sísmicas.

II. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE RESPUESTA SÍSMICA

No se debe confundir un Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) con un Estudio de Respuesta Sísmica de sitio (ERS). En nuestro medio se acostumbra a solicitar un “estudio de suelos”; considerando que estas características son autoexcluyentes y usualmente, se termina contratando un estudio de suelos económico. En este tipo de “estudio de suelos”, la caracterización geotécnica se circunscribe a algunas propiedades índices, y se han correlacionado o estimado, en el mejor de los casos, las propiedades ingenieriles y de resistencia no drenada con los resultados de las pruebas estándar de penetración (SPT, Standard Penetration Test) basado en una campaña de exploración de campo de poca confiabilidad.

En nuestro país, la normativa de referencia que define el alcance de un EMS es el Reglamento para el Diseño Estructural de la República de Panamá (REP-2021), Capítulo 6, Geotecnia, apartado 6.9 que trata sobre el Contenido del Informe Geotécnico de Exploración de Sitios (EMS). En este apartado, se destaca la Clasificación del perfil sísmico en campo libre (Tabla 1) siguiendo las recomendaciones establecidas por ASCE 7-05. Para suelos clase F se necesita un ERS, y para suelos clase A y E, queda a criterio del Ingeniero Estructural la decisión de solicitar un ERS.

Tabla 1. Clasificación sísmica del perfil del Sitio

Clase	v_s (m/s)	N_{SPT}	S_u (kPa)
A. Roca dura	> 1500	NA	NA
B. Roca	760 a 1500	NA	NA
C. Suelo muy denso y roca blanda	370 a 760	> 50	> 100
D. Suelo denso	180 a 370	15 a 50	50 a 100
E. Suelo blando	< 180	< 15	< 50
Cualquier perfil con más de 3m de suelo con las siguientes características: - Índice de plasticidad, $IP > 20\%$ - Contenido de agua, $w > 40\%$ - Resistencia no drenada, $S_u < 25$ kPa			
F. Suelos que requieren un estudio de respuesta sísmica de sitio (ERS) de conformidad con la Sección 21.1, ASCE 7-05	Véase Sección 20.3.1, ASCE 7-05		

* Adaptada de Table 20.3-1 Site Classification, Chapter 20, SITE CLASSIFICATION PROCEDURE FOR SEISMIC DESIGN, ASCE 7-05

Un estudio de respuesta sísmica del sitio (ERS) es una evaluación detallada del comportamiento del perfil de suelo del sitio ante un evento sísmico. Este estudio analiza cómo las ondas sísmicas interactúan con el terreno específico donde se construirá o existe una edificación. El objetivo es caracterizar dinámicamente el suelo, y analizar su capacidad para amplificar o atenuar las pulsaciones (ondas) sísmicas, lo cual influye directamente en el diseño geoestructural de una construcción nueva o de la adecuación de una estructura existente. Para abordar lo planteado en el párrafo anterior se requieren las siguientes estrategias geotécnicas:

A. Adaptación a las Condiciones Locales: En nuestro entorno geotécnico es común encontrar suelos con baja capacidad de carga; tales como suelos blandos compresibles, suelos arenosos finos, rellenos antrópicos heterogéneos y/o depósitos de sedimentos que pueden amplificar las ondas sísmicas, mientras que suelos más firmes, duros y compactos las pueden atenuar. Un ERS proporciona información específica sobre el terreno, permitiendo que los ingenieros adapten el diseño o adecuación de una estructura para enfrentar las condiciones locales.

B. Prevención de Daños Estructurales: Al conocer cómo se comportará el suelo durante un sismo, los ingenieros geotécnicos y estructurales pueden diseñar cimentaciones y estructuras que minimicen el riesgo de daños. Las edificaciones construidas sin considerar las características del suelo pueden sufrir daños significativos, incluso en terremotos moderados. Para esto un estudio detallado ayuda a prever y mitigar estos riesgos.

III. PROCEDIMIENTO DEL ESTUDIO DE RESPUESTA SÍSMICA

El REP-2021, Capítulo 5 - Requisitos de Diseño Sísmico, Apartado 5.11 Procedimientos de movimiento del terreno específico para diseño sísmico, señala que se usará el Capítulo 21 del ASCE 7-05 para la elaboración del ERS. Tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

A. El proceso inicia con la recopilación de datos del terreno mediante un EMS que defina confiablemente las propiedades índice, resistencia al corte e ingenieriles de los estratos encontrados y se defina la clasificación sísmica (Tabla 1) hasta una profundidad de 30m. Este EMS se complementará con técnicas de exploración geofísicas, usualmente de refracción sísmica; MASW, ReMi, y Downhole.

B. Definición de los parámetros específicos del sitio correspondientes a la ubicación del proyecto; esto es, aceleración espectral pico del terreno (PGA), aceleración espectral de 1seg (S1), y la aceleración espectral de 0.2seg (Ss) basadas en el sismo máximo esperado (Maximum Considered Earthquake, MCE) para un periodo de retorno de 2500 años y 5% de amortiguamiento crítico.

C. Seleccionar los sismos de referencia escalados a la clasificación sísmica del sitio. Se recomienda seleccionar entre 7 a 10 eventos sísmicos. En ausencia de una base de datos local con registros históricos, se han utilizado base de datos de otras regiones; es muy utilizada la base de datos del Pacific Earthquake Engineering Research Center, PEER. Es recomendable que, los sismos seleccionados sean de regiones con condiciones tectónicas similares a nuestro entorno.

D. Una vez interpretado y caracterizado el modelo geotécnico del sitio, se ejecuta un análisis dinámico del suelo (Plaxis, DeepSoil, ProShake) para evaluar su comportamiento para cada uno de los 7 a 10 sismos escalados.

E. Con los resultados y análisis de simulaciones, se desarrollará el espectro de respuesta de diseño para la clasificación sísmica del sitio, que será utilizado por el ingeniero estructural para el diseño o adecuación de su proyecto.

IV. CONCLUSIONES

Un estudio de respuesta sísmica de sitio (ERS) como complemento del estudio de mecánica de suelos (EMS) confiable es fundamental para la seguridad y eficacia del buen desempeño de edificaciones nuevas o existentes conformes a las normativas vigentes.

Un ERS provee al Ingeniero Estructural de un espectro de respuesta de diseño en el cual se han considerado las condiciones geológico-geotécnicas del sitio de proyecto. En términos prácticos, conformarse con la clasificación sísmica indicada en un EMS, es como solicitar un estudio geotécnico sin realmente conocer el tipo de suelo a estudiar o el problema.

La realización de estudios de respuesta sísmica por parte del Centro Experimental de Ingeniería (CEI) constituye una valiosa contribución de la UTP al fortalecimiento de la resiliencia de la infraestructura nacional y a la protección de la población frente a los efectos de los terremotos. A través de la investigación aplicada, el desarrollo de capacidades técnicas especializadas y la prestación de servicios de alto nivel científico, el CEI genera información estratégica que permite comprender mejor las condiciones geotécnicas del territorio panameño y promover diseños geoestructurales más seguros y eficientes.

Este trabajo refleja el compromiso permanente de la UTP con la generación y transferencia de conocimiento, poniendo la ingeniería geotécnica al servicio de la sociedad y contribuyendo al desarrollo sostenible, la reducción del riesgo de desastres y la toma de decisiones fundamentadas en criterios técnicos y científicos.

V. REFERENCIAS

REP-2021. Reglamento para el Diseño Estructural de la República de Panamá, versión 2021. Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura.

ASCE/SEI 7-05. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. American Society of Civil Engineers.

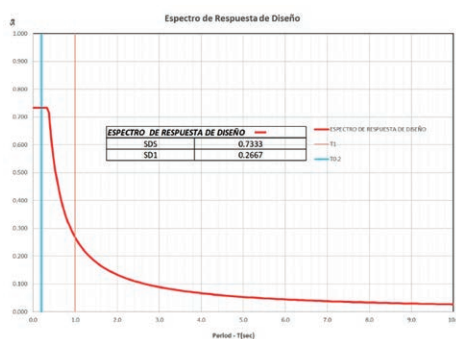


Figura 1. Espectro de Respuesta de Diseño.