

GESTIÓN DE RIESGOS GEOTÉCNICOS PARA LOS PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN ESLOVAQUIA. CUESTIONARIO PARA ESTIMACIÓN CUALITATIVA DE RIESGOS.

Rodríguez, F., Hruškovič, P.^(p), García, J.F.

Abstract

Increasingly there is a need to optimize the cost in civil engineering projects and assume the risk properly. The resolution of not foreseen geotechnical problems in all kinds of civil engineering projects is a total expense ratio very important. The safety of the structures depends largely on proper solution of the foundation.

In Slovakia still does not apply insurance to cover possible structural damage of the building (Inherent Defect Insurance –IDI–), which provides a way to transfer risk. The authors chose a case of this country to carry out their research project that might reflect the current state of geotechnical risk that is assumed in the proposed building projects. The research project uses existing procedures and techniques of risk management. According to the levels of geotechnical risk estimated, the analysis, the assessment and the preparation of possible measures for the transfer and control or application of other types of treatment was planned. For this purpose a questionnaire was designed to be able to interview the experts through so-called Delphi technique.

Keywords: Risk Management (RM), Meta Language for Technical Risks, Risk Breakdown Structure (RBS), Geotechnical engineering, Foundations, Buildings

Resumen

Cada vez más surge la necesidad de optimizar el coste en proyectos de ingeniería civil y asumir el riesgo adecuadamente. La resolución de problemas geotécnicos no previstos en todo tipo de proyectos de ingeniería civil supone una tasa de coste total muy importante. La seguridad de las estructuras depende en gran medida de una correcta solución de cimentación.

En Eslovaquia todavía no se aplica seguro para cubrir posibles daños estructurales del edificio (Seguro Decenal de Daños –SDD–) que constituye una forma de transferir los riesgos. Los autores eligieron un caso de este país para desarrollar un proyecto de investigación que podría reflejar la situación actual del riesgo geotécnico que se asume en los proyectos de edificación. En este proyecto de investigación se utilizan procedimientos y técnicas actuales de gestión de riesgos. A partir de los niveles de riesgo geotécnico estimados, se planificó analizarlos, evaluarlos y preparar posibles medidas para su transferencia y control o aplicar otro tipo de tratamiento. Para este fin se ha concebido un cuestionario para poder entrevistar a los expertos a través de la llamada técnica Delphi.

Palabras clave: Gestión de Riesgos (GR), Meta Lenguaje de Riesgos Técnicos, Estructura de Desglose de Riesgo (EDR), Geotecnia, Cimentaciones, Edificación

1. Introducción

La siniestralidad inducida por los problemas de un origen geotécnico siempre supone una tasa de coste de reconstrucción elevada. Aunque estadísticamente no son muchos los

sinistros de este tipo, ni de cualquier siniestro estructural, cada vez más crece la necesidad de optimizar el coste de solución técnica de proyectos geotécnicos [1]. La mayoría de los siniestros que no están registrados en las estadísticas se traducen generalmente en fuertes sobrecostos de construcción. Por eso, cada vez más, por parte de los promotores surge la necesidad de garantizar el coste óptimo de los edificios a través de la transferencia de riesgo a los seguros (Figura 1). Esto conlleva una aplicación de la metodología de Gestión de Riesgos (GR) por parte de los representantes de seguros, llamados Organismos de Control Técnico (OCT). En Eslovaquia todavía no se aplica este sistema y por eso surgió la idea de desarrollar los estudios previos de riesgo. Los autores eligieron un caso de este país para desarrollar un proyecto de investigación que podría reflejar la situación actual del riesgo geotécnico que se asume en los proyectos de edificación.

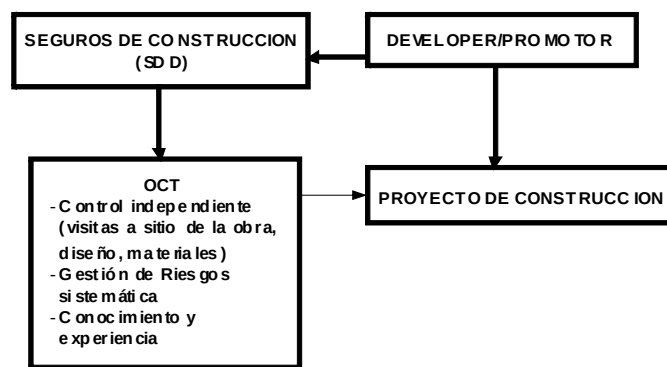


Figura 1: Esquema contractual de transferencia y control de riesgos a través del Seguro Decenal de Daños (SDD).

Agence Qualité Construction (AQC) es la agencia francesa que observa la siniestralidad de los proyectos de ingeniería civil a través de la herramienta de indicadores llamada SYCODÉS – (SYstème de COLlecte des DÉsordres) y su repercusión en los costes de reparación del proyecto en caso de su ocurrencia. Hasta el año 2007 desde hace ya más que 12 años, se han registrado y analizado más de 80000 desórdenes [2]. Todos los proyectos registrados en SYCODÉS fueron asegurados a través del Seguro Decenal de Daños (SDD). SDD establece el sistema de control y prevención de riesgos para prevenir que el proyecto, en mayoría de los casos, no tenga fallos estructurales durante el periodo de 10 años desde su puesta en marcha. La descripción del SDD se explica detalladamente más adelante. El sistema permite analizar las causas y los orígenes de los desórdenes registrados y preparar así las respuestas adecuadas para estas causas con el fin de intentar disminuir la frecuencia de las mismas. AQC emite informes de SYCODÉS detallados cada dos años con el fin de informar sobre varios factores de siniestralidad analizados y el impacto de éstos en los costes de reparación.

Para definir el desorden, SYCODÉS lo codifica como un fallo estructural, la causa, la forma de manifestación y el origen de su discapacidad. Cuando ocurre el siniestro en un edificio varias partes del mismo pueden ser afectadas [2]. Como explica el mismo informe varios desórdenes pueden darse en el mismo siniestro de edificio (por ejemplo dos desórdenes en un siniestro observados en cimentación y en canalización). Es más una causa que un sitio donde se demuestra el daño.

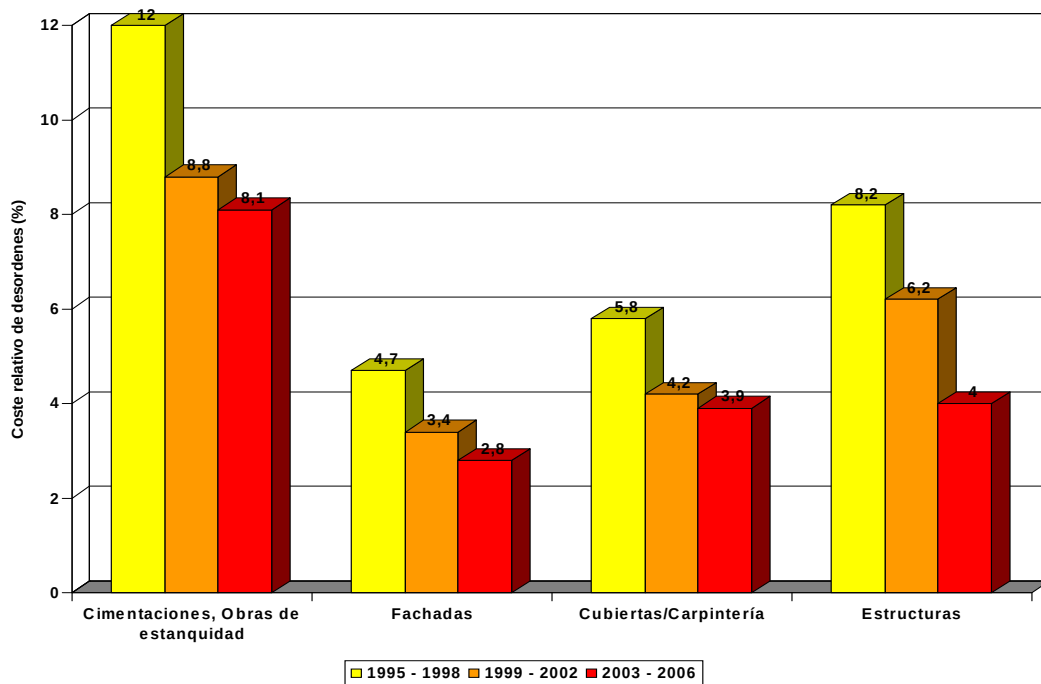


Figura 2: Coste relativo de desórdenes (CRD) repartido según algunos elementos de un edificio. CRD representa el valor de coste de reparación en proporción con el coste total de edificio. Desarrollo de repartición entre los años 1995 – 2006 en Francia (estudio hecho por AQC). El gráfico muestra sólo algunos de los elementos del edificio considerados en los informes de AQC.

Hay que tener en cuenta que cualquier fallo inducido por los problemas geotécnicos suele afectar, en mayoría de los casos, otros elementos de un edificio. En la Figura 2 se puede observar que los costes relativos de reparación para los elementos de cimentación son desproporcionadamente elevados comparados, por ejemplo, con los costes relativos que corresponden a la reparación de las fachadas en caso de un siniestro. De esto podemos concluir que si el origen de fallo está en la cimentación, el coste relativo de reparación suele rondar el 10 % del coste total de un edificio mientras que en el caso de las fachadas está en torno de un 3 %. Esto nos hace tratar el proyecto de cimentación con mucho cuidado con un intento de garantizar su fiabilidad real. En términos de porcentaje del total de los 80 000 desórdenes, los desórdenes en la cimentación suponen un valor de alrededor del 7 % de todos los elementos constructivos mientras que los desórdenes en las fachadas rondan el 17 %.

El procedimiento de GR es ampliamente conocido. Hoy en día existe una gran variedad de estándares para GR con objetivos y alcances diferentes. Entre los objetivos y los beneficios importantes de una correcta GR podemos distinguir los siguientes:

- Optimización técnico – económica en los proyectos.
- Optimización de seguridad en los sistemas.
- Ayuda en la consecución del cumplimiento de costes y de plazos acordados con el promotor.
- Ayuda en la optimización del ajuste contractual de proyecto.
- Comparación más objetiva de las alternativas de diseño o procedimiento.
- Ayuda en el desarrollo de la capacidad de personal para identificar y analizar los riesgos.

Neil Trenter, consultor de geotecnia, y otros autores insignes como el profesor Clayton la Universidad de Southampton definen tres áreas de riesgo geotécnico [3,4] que se deberían tratar como un conjunto:

1. Área de diseño.
2. Área de gestión.
3. Área de contratos.

El objetivo de la gestión de riesgos geotécnicos (GRG) es actuar sobre estas tres áreas de riesgo en cualquier proyecto de ingeniería civil. En cada proyecto geotécnico estos tres componentes tienen una proporción distinta. El objetivo de una buena gestión de riesgos geotécnicos, según Trenter [3], es reducir el quantum total de riesgo geotécnico. En la Figura 3 se ve que aunque, por ejemplo, el riesgo de diseño no ha sido disminuido con igual proporción que el riesgo de gestión, el resultado final es la disminución total del riesgo geotécnico de proyecto.

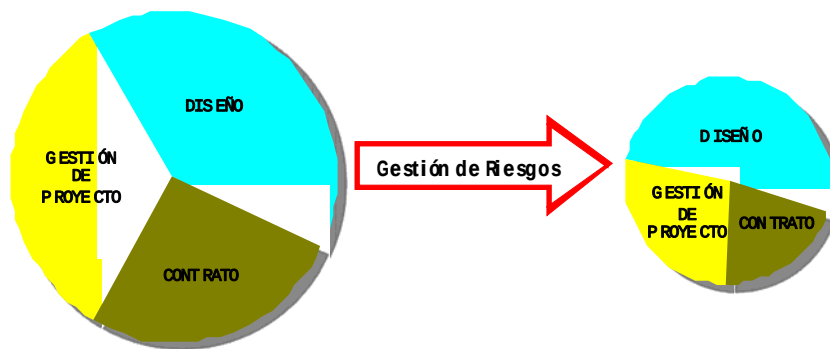


Figura 3: Tres componentes de riesgo geotécnico varían en la naturaleza de un proyecto a otro. Lo importante es la reducción del quantum total de riesgo [1].

El estudio de gestión de riesgo geotécnico para Eslovaquia presenta un reto nuevo que se plasmará en la futura tesis de uno de los autores. A continuación se describe el procedimiento planteado para esta tarea y el estado actual de la investigación.

2. Proceso de análisis de riesgos geotécnicos. Caso: Los proyectos de edificación en Eslovaquia.

Como puede verse en la Figura 4, en el proyecto de ingeniería civil puede haber muchas fuentes de riesgo geotécnico [5]. Para este estudio se utilizó la Estructura de Desglose de Riesgo genérica llamada EDR Geotécnica M07/2 [5]. Esta EDR contiene fuentes de riesgo geotécnico que son importantes desde el punto de vista de la seguridad y del buen funcionamiento del sistema de cimentación y tratamiento del suelo. En el primer nivel de desglose se separan las fuentes de riesgo de las fuentes que provienen de operaciones y procesos. Los dos pueden afectar la seguridad y el buen funcionamiento del sistema. Para acotar el alcance de este trabajo se ha optado por analizar sólo las fuentes de riesgo geotécnico que influyen a la configuración del sistema. También hemos dejado fuera de nuestro estudio cualquier influencia de nuestro objeto de estudio con estructuras colindantes que formaba parte de la misma área de fuentes de riesgo.

De acuerdo con lo anterior, los objetivos de estudio de análisis de riesgo geotécnico han sido los siguientes:

- Identificar las situaciones de riesgo geotécnico para su evaluación.
- Evaluar cualitativamente las situaciones de riesgo geotécnico combinando los factores del mismo.
- Evaluar cuantitativamente las situaciones de riesgo geotécnico evaluado cualitativamente como alto.
- Hacer la evaluación de riesgo geotécnico para una vivienda tipo, combinando tres tipos de cimentaciones.

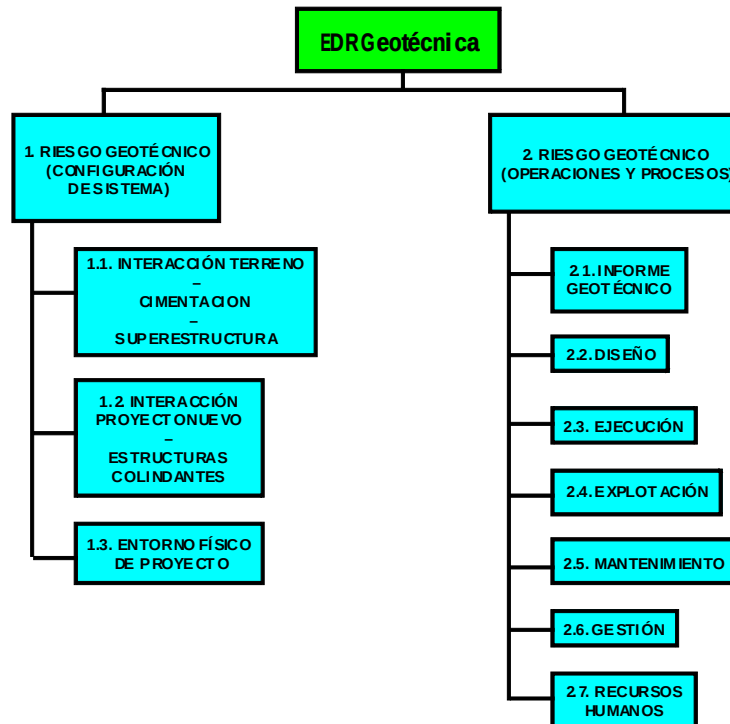


Figura 4: EDR Geotecnia M07/2. [5]

Las características de la vivienda tipo utilizada en este estudio son las siguientes:

1. Número de plantas: de 3 a 5.
2. Número de plantas sótano: 1
3. Material de elementos portantes: mampostería
4. Procedimiento de ejecución: tradicional (> 15 años de experiencia con el sistema)
5. Diseño y cálculo: tradicional (> 15 años de experiencia con el sistema)
6. Tipo de estructura: flexible

Los tres tipos de cimentación considerados son los siguientes:

1. cimentación sobre zapatas
2. cimentación sobre losa
3. cimentación sobre losa piloteada

Según los objetivos establecidos en el estudio se propone el diagrama de la Figura 5 en el que se describe el procedimiento de GR y se incluyen las actividades básicas a ejecutar y

las técnicas que se han planteado para las fases de identificación y análisis de riesgos geotécnicos.

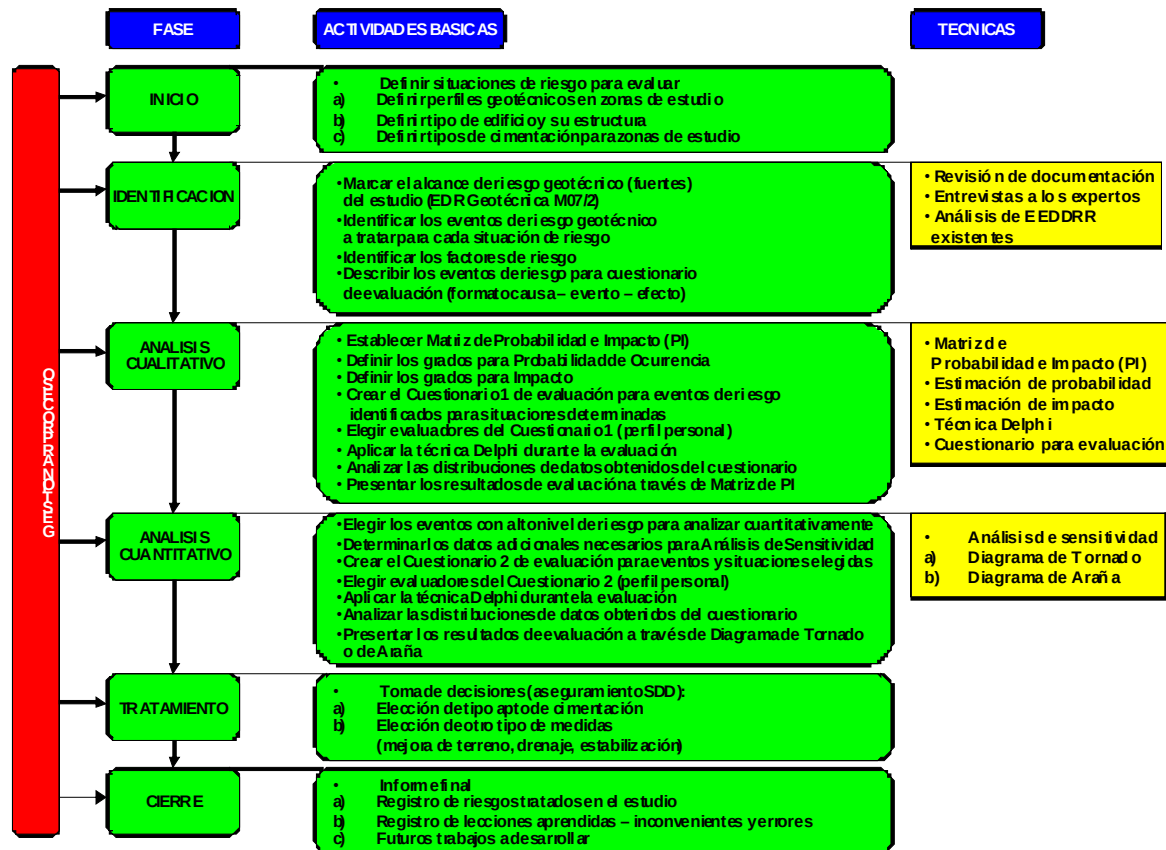


Figura 5: Diagrama de GR para el estudio de caso. Descripción de actividades básicas y técnicas de GR utilizadas por las fases de la misma.

El proceso de GR comienza con una identificación de riesgos y un análisis cualitativo de los mismos. Los riesgos de valor cualitativo alto pueden ser posteriormente objeto de análisis cuantitativo, más detallado que el anterior. El proceso de GR se basa en la guía para la dirección de proyectos PMBoK 2004 [6]. Los datos para los análisis de riesgo se consiguen a través de un conjunto de cuestionarios de evaluación de riesgo (evaluación de probabilidad y evaluación de impacto de riesgo). Se utilizará la llamada técnica Delphi descrita en varios estándares de GR mencionando el PRAM Second Edition [7], entre otros. Generalmente, se trata de evitar las influencias entre los evaluadores, inconvenientes para una correcta recopilación de datos, de tal manera que cada uno de ellos evalúe el cuestionario individualmente [7].

A continuación se recorren las fases del diagrama y se describen las técnicas y los datos que se utilizaron para conseguir un resultado esperado de ellas.

Para la fase de identificación donde el objetivo fue el identificar las situaciones, eventos y factores de riesgo geotécnico se utilizó la EDR genérica M07/2 (Figura 4) que se plantea utilizar también como registro de riesgos. Se ha trabajado solo con dos fuentes de riesgo del área de configuración de sistema. La primera fuente de riesgos contemplada es la de interacción terreno – cimentación – estructura y la segunda es la del entorno físico de sistema. A partir de estas dos fuentes se empezó a recopilar la documentación que fue revisada posteriormente. Entre la documentación que se utilizó para la identificación cabe

mencionar el CTE Parte SE – C [8], la norma eslovaca para cimentación STN 73 1001 [9] y los Informes de SDD, principalmente el D.1.1. Aparte de esta documentación, los mapas geotécnicos de Eslovaquia y las EEDDRR de los proyectos donde se aplicó la GR geotécnicos fueron revisados también. Después de la primera ronda de identificación se hicieron entrevistas con algunos profesores de la ETSI Caminos, Canales y Puertos de la UPM.

Para la fase de análisis cualitativo se prepararon los cuestionarios de evaluación de probabilidad e impacto. Estos cuestionarios se utilizarán para conseguir los datos de una muestra representativa de expertos en geotecnia, con experiencia en las obras en Eslovaquia. Después de analizar las distribuciones estadísticas de los resultados, se proyectarán estos en formato de Matriz de Probabilidad e Impacto (PI Matriz) (Figura 6) [7]. Al terminar esta fase se convocará una reunión con los interesados del proyecto para decidir sobre la realización de análisis cuantitativo de algunos de los riesgos de grado alto para poder conseguir una información más detallada sobre los mismos. Para la fase de análisis cuantitativo, en caso de tomar la decisión positiva, se plantea crear un nuevo cuestionario pues los datos servirán como entrada para otra técnica de análisis de riesgos, la llamada Análisis de Sensibilidad [7]. Como se describe en PRAM Second Edition [7], la técnica tiene dos tipos de gráficas que se utilizan para la demostración: El Diagrama de Tornado (Tornado Diagram) o el Diagrama de Araña (Spider Diagram). El objetivo de este tipo del análisis es conocer un comportamiento de algún factor de riesgo en una determinada situación. Con estas técnicas se puede investigar cómo un cambio del grado de importancia de algún factor de riesgo influye en la seguridad o en el coste del sistema (en nuestro caso sería proyecto de cimentación). Para este caso, en el nuevo cuestionario se deberían refinar los rangos de impacto sobre el coste y los rangos de impacto sobre la seguridad del sistema.

PROBABILIDAD \ IMPACTO	IMPACTO		
	BAJO (0.3)	MODERADO (0.6)	ALTO (0.9)
BAJA (0.3)	0.09	0.18	0.27
MEDIA (0.6)	0.18	0.36	0.54
ALTA (0.9)	0.27	0.54	0.81

Figura 6: Matriz de Probabilidad e Impacto (PI). Enumeración de nivel de riesgo. Ejemplo de zonas de aceptabilidad de riesgo para promotor o SDD. Color verde (Riesgo Normal), color naranja (Situación Agravante) y color rojo (Riesgo Agravado).

3. Cuestionario para evaluación cualitativa de riesgo geotécnico.

En este capítulo se describe el contenido y la estructura del cuestionario de la primera ronda de análisis. Para que un experto pueda evaluar una determinada situación de riesgo que se le plantea es necesario definirle los parámetros de partida y también los que debe evaluar.

Los cuestionarios se han estructurado de la siguiente manera según viene dado en el diagrama de la Figura 5:

- Edificio definido para evaluar (Capítulo 2).
- Tres tipos de cimentaciones combinados en el mismo edificio. En otras palabras, esto supone hacer 3 cuestionarios porque se cambia la estimación de grado de impacto sobre la estructura (Tabla 2).

- Definición de zonas geotécnicas para el cuestionario.
- Eventos de riesgo geotécnico identificados por zonas geotécnicas.
- Factores de riesgo que influyen en la probabilidad e impacto definidos en cada zona geotécnica.
- Definiciones de probabilidad e impacto para los evaluadores.
- Sistema gráfico de codificación de los cuestionarios.
- Sistema de codificación de las situaciones de riesgo geotécnico para cada una de las zonas geotécnicas. Combinación causa/factor – evento – efecto.

Para aclarar mejor qué se entiende por situación de riesgo, se puede definir esta como una combinación de lo siguiente:

1. Zona geotécnica.
2. Estructura, objeto de posible impacto con un determinado tipo de cimentación.
3. Posibles eventos de riesgo (para este estudio coincidieron con posibles modos de fallo)
4. Factor que influye en estimación de probabilidad o impacto y que podría desencadenar un determinado evento de riesgo sobre estructura/edificio.

Según el atlas geotécnico [10], Eslovaquia se divide en cuatro regiones geológicas básicas que son las siguientes (Figura 7):

Región A: Jadrové pohoria “Sierra nuclear”

Región B: Karpatský flys “Sierra movediza”

Región C: Neogénne vulkanity “Sierra volcánica”

Región D: Neogénne tektonické vklesliny “Depresiones y llanuras del neógeno”

Por cada región geológica pueden identificarse hasta 30 zonas geotécnicas con sus perfiles representativos. Los perfiles representativos caracterizan las siguientes condiciones geotécnicas:

- Perfil geológico tipo, clasificación de suelos y rocas, condiciones hidrogeológicas, condiciones geomorfológicas y fenómenos geodinámicos.
- Yacimientos de materiales utilizables para las industrias y posibles problemas geotécnicos (riesgos).
- Posibilidades de impacto medioambiental sobre el ambiente geológico durante la edificación, posible obras de minería y posible almacenamiento de residuos.

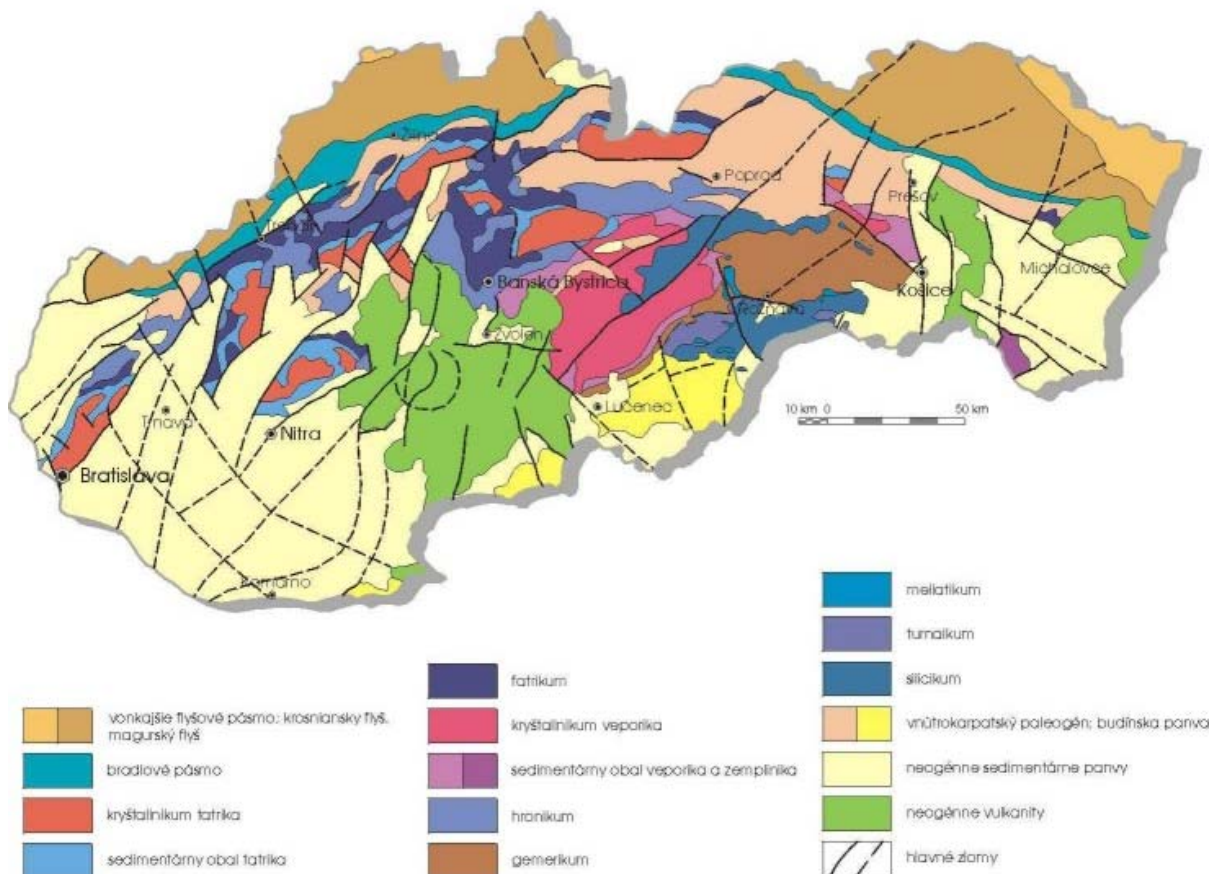


Figura 7: Mapa geológico de Eslovaquia.

Entre los eventos de riesgo geotécnico a prevenir (por cada zona, eventos distintos) cabe mencionar los siguientes:

- Hundimiento de terreno por carga de estructura transmitida a través de los elementos de cimentación.
- Hundimiento de terreno por fenómeno de licuefacción durante un sismo.
- Deslizamiento global de edificio construido sobre un talud.
- Deslizamiento local de edificio construido sobre un talud.
- Desintegración de algún elemento de cimentación (ataque químico).
- Flujo superficial de terreno.

Los factores de riesgo que se identificaron provenían únicamente de la fuente de riesgo llamada, según la EDR genérica, *entorno físico de proyecto* (Figura 4). Entre estos factores cabe mencionar los suelos colapsables (muy abundantes en algunas zonas del país), el fenómeno de minas antiguas; las arcillas expansivas; los fangos blandos y sensitivos; los suelos vegetales (orgánicos); los terrenos yesíferos, etc. También se contemplaron los factores que provenían de los problemas con el nivel freático como por ejemplo el nivel de agua por encima de cota de cimentación, los cambios bruscos de nivel freático o la agresividad de la misma.

Con objeto de facilitar la labor del experto evaluador del cuestionario se le presenta una descripción de evento en zona geotécnica de acuerdo con la combinación tipo causa/factor - evento – efecto, descrita previamente. Este tipo de descripciones de riesgo se llama meta

– lenguaje del riesgo [7], y actualmente se presenta en mayoría de los estándares de GR como un sistema de mejora del entendimiento entre los participantes de GR y también ayuda para evitar posibles confusiones entre los mismos. Un ejemplo de aplicación para este estudio podría ser el siguiente:

“Hundimiento de terreno por carga de estructura emitida a través de los elementos de cimentación *<evento de riesgo>*. Posible existencia de suelos colapsables en zona de influencia *<factor de riesgo>*. Esto podría producir un impacto sobre los elementos constructivos del edificio *<efecto de riesgo>*.”

A continuación se presentan dos tablas (Tabla 1, Tabla 2) que recogen unas definiciones para ayudar al evaluador a estimar el grado de probabilidad de ocurrencia de un determinado factor de riesgo y el posible grado de impacto del evento de riesgo sobre el edificio en caso de su materialización.

GRADO DE PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	DEFINICIÓN
NINGUNA (N)	No existe posibilidad de aparición de este fenómeno en la zona geológica dentro de la zona de influencia del bulbo de tensiones de edificio. No había aparecido en ninguno de los proyectos anteriores o en ninguna investigación de subsuelo. En términos de valor ponderado se podría definir como: probabilidad de ocurrencia entre 0 – 5 %.
BAJA (B)	Existe poca o alguna posibilidad de aparición de este fenómeno en la zona geológica dentro de la zona de influencia del bulbo de tensiones de edificio. Había aparecido en pocos proyectos anteriores o en pocas investigaciones de subsuelo. En términos de valor ponderado se podría definir como: probabilidad de ocurrencia entre 5 – 35 %.
MEDIA (M)	Existe una posibilidad considerable de aparición de este fenómeno en la zona geológica dentro de la zona de influencia del bulbo de tensiones de edificio. Había aparecido en varios proyectos anteriores o en varias investigaciones de subsuelo. En términos de valor ponderado se podría definir como: probabilidad de ocurrencia entre 35 – 65 %.
ALTA (A)	Existe una posibilidad grande de aparición de este fenómeno en la zona geológica dentro de la zona de influencia del bulbo de tensiones de edificio. Había aparecido en pocos proyectos anteriores o en pocas investigaciones de subsuelo. En términos de valor ponderado se podría definir como: probabilidad de ocurrencia entre 65 – 95 %.

Tabla 1: Definición de los grados cualitativos para probabilidad de ocurrencia.

De acuerdo con el diagrama del procedimiento (Figura 5), una de las tareas fue también definir el perfil personal de los evaluadores. Entre las condiciones figuran el título universitario (ingeniero civil o ingeniero geólogo con especialización en geotecnia), ocupación, años de experiencia y número de las obras visitadas o con participación activa. Se piensa entrevistar mediante el cuestionario al personal docente de la escuela superior de ingenieros civiles (STU Stavebná fakulta Bratislava) y al personal del instituto de

geología (SGUDS Bratislava). Existe la posibilidad de ampliar el estudio incluyendo las empresas constructoras y consultorías de geotecnia con experiencia en Eslovaquia.

GRADO DE IMPACTO	DEFINICIÓN
NINGUNO (N)	No habrá ningún cambio de prestaciones del edificio. El edificio tiene capacidad para aguantar el evento de riesgo sin ninguna afección sobre su seguridad.
BAJO (B)	Los daños producidos son difíciles de encontrar. Podría llegar a producirse algún fallo estructural en futuro si no se actuara contra el riesgo (llamado fallo progresivo). Se puede justificar el cambio del nivel de seguridad del edificio y su conjunto. En algunos casos puede haber un cambio en el nivel de riesgo que todavía no se había materializado.
MODERADO (M)	Coincide con el estado límite de servicio. Agrietamiento del edificio o asentamiento excesivo (fuera de límite).
ALTO (A)	Coincide con el estado límite último. Rotura parcial de alguno o varios elementos constructivos o hasta derrumbamiento (colapso) total o parcial de edificio.

Tabla 2: Definición de los grados cualitativos para impacto.

4. Conclusiones

Para todos los riesgos analizados se preparará alguna de las formas de tratamiento. Las posibles formas de tratamiento podrían ser la reducción de probabilidad o de impacto, la eliminación, la aceptación, la evitación o la observación del riesgo geotécnico. Para cada uno de los riesgos analizados se deberían preparar medidas de control y de tratamiento que consistirían básicamente en el cumplimiento de la normativa vigente, de la documentación recomendada por un grupo de expertos; en la determinación del tipo, del número y del emplazamiento de los ensayos necesarios para la ejecución de la obra; en la determinación de la frecuencia y del procedimiento de inspecciones, y de muchos otros más. Esto conllevaría preparar un catálogo de riesgo geotécnico y fichas de control. Bajo estas condiciones la parte de riesgo geotécnico podría ser transferida a través de SDD después de dar el visto bueno por parte de las aseguradoras y de los promotores.

Al final nos queda expresar algunas conclusiones sobre el formato del cuestionario para el análisis cualitativo de riesgos. Según la experiencia y las consultas hechas a los expertos en geotecnia y en GR, el cuestionario ha de ser fácilmente entendible, muy gráfico y corto. Se debe recomendar documentación de ayuda para los evaluadores al inicio del proceso. Un proceso descrito en este artículo se ha iniciado recientemente. Los autores del artículo esperan que con este ejercicio de GR no solo se consiga aportar nueva información sobre riesgo geotécnico en Eslovaquia sino que también se compruebe la metodología de la GR con sus respectivas técnicas.

Referencias

- [1] Alexandr Rozsypal, "Kontrolní sledování a rizika v geotechnice" Jaga group, Bratislava, 2001
- [2] Agence Qualité Construction (AQC), "Le Tableau de bord Sycodés 2007", édition juin, AQC, Paris, 2007

- [3] Trenter, N. (2003), "Understanding and Containing Geotechnical Risk", Proceedings of ICE, Civil Engineering 156, February 2003, pp. 42-48, paper 12706
- [4] Clayton, C. R. I. (2000), "Managing Geotechnical Risk: Time for Change?", Proceedings of ICE, Geotechnical Engineering 149, January 2001 Issue 1, pp.3-11, paper 12399
- [5] Rodríguez López F., Hruškovič P., "Estructura de Desglose del Riesgo (EDR): Introducción del modelo para el fenómeno geotécnico", Proceedings of the XI Internacional Congress on Project Engineering, Vol. 9, Lugo, Spain, 2007, pp. 86 – 97.
- [6] Project Management Institute (PMI), "Guía de los fundamentos de la Dirección de Proyectos. La guía del PMBoK", Tercera edición, PMI, Pennsylvania, 2004
- [7] Association for Project Management (APM), "Project Risk Analysis and Management Guide (PRAM)", Second edition, APM Publishing, Buckinghamshire, 2004
- [8] Ministerio de Vivienda, "Código Técnico de Edificación (CTE), Parte 2: Documento Básico, Seguridad Estructural Cimientos (SE-C)", Marzo 2006
- [9] Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skusobníctvo (ÚNMSSR) "Slovenská Technická Norma STN 73 1001: Základová pôda pod plošnými základmi", (ÚNMSSR), 1987
- [10] Katedra Inžinierskej Geológie Prírodovedeckej Fakulty UK, Bratislava, Slovenský Geologický Úrad a Geologický Ústav Dionýza Štúra, "Atlas inžinierskogeologických máp SSR. Mierka 1:200 000", Slovenská kartografia, Bratislava, 1985

Agradecimientos

Los autores agradecen a los profesionales de la empresa CPV, (Control Prevención Verificación) por sus consejos y ayudas y a los profesores de la E.T.S.I. Caminos, Canales, Puertos que siguen colaborando en nuestras investigaciones y siempre están disponibles a ayudarnos a resolver nuestras dudas. Nuestro agradecimiento se debe también a los profesores de la cátedra de geotecnia de la STU Stavebná fakulta Bratislava y al personal del instituto de geología de SGUDS Bratislava.

Correspondencia (para más información contacte con):

Pavel Hruškovič
E.T.S.I. Caminos, Canales, Puertos, Departamento de Ingeniería Civil: Construcción
Universidad Politécnica Madrid, Ciudad Universitaria, S/N, 28040 Madrid, España
Teléfono: (+34) 91336 5378
Fax: (+34) 91336 6803
Correo: pavelh@caminos.upm.es