

PROPUESTA DE CONTENIDO EN LOS INFORMES Y ESTUDIOS GEOTÉCNICOS DE LOS PROYECTOS DE OBRAS DE CORRECCIÓN DE CAUCES.

A.COCERO*, J.C.DELGADO*

Tecnologías y Servicios Agrarios S.A.(TRAGSATEC). C/ Conde de Peñalver nº 84 Madrid 28006.

RESUMEN.

Se propone un contenido de los estudios geotécnicos para albarradas, rastrillos, umbrales de fondo y diques de corrección de cauces, que se ajusta a las características técnicas y presupuestarias de estas obras y cumple con la Ley de Contratos del Estado. En la propuesta, basada en la experiencia de TRAGSATEC, se compagina la práctica tradicional en este tipo de proyectos y la aportación de técnicas de investigación geológico-geotécnica de otros tipos de proyectos o áreas de actuación.

Palabras clave: Geotecnia, Diques, Albarradas, Geología

SUMMARY.

The authors propose a list of contents for geotechnical studies for cheking dam and sill construction in river bed correction, according to this kind of infrastructure´s technical and budgetary characteristics ofics. It also observes the Spanish contract law.

In the communication, based on TRAGSATEC´s experience as an engineering company, traditional methodology and the contribution of geological and geotechnical research techniques from other type of projects and disciplines are combined.

K.W: Geotechnique, cheking dams, sills, geology.

INTRODUCCIÓN, MATERIAL Y METODOS.

En los proyectos de Restauración Hidrológico Forestal de Cuencas, la práctica ingenieril de obtención de los parámetros y características geotécnicas necesarios para el calculo y diseño de estructuras, se ha basado, normalmente, en una sucinta definición de los mismos por técnicos expertos en la tipología de estructuras en cuestión y conoedores del territorio de actuación.

Esta práctica ha dado lugar a un moderado número de fracasos de las estructuras por motivos geotécnicos, debido a la buena percepción de los expertos y a los factores de seguridad adoptados, que permiten cubrir las imprecisiones de los parámetros y características geotécnicas asumidos en las redacciones y replanteos de los proyectos. Por otra parte la ruina por motivos geotécnicos de algunas de las obras ha sido más por error de diseño que por no identificar la problemática geológica-geotécnica.

Actualmente la Ley de Contratos del Estado obliga a que los proyectos incluyan un estudio geotécnico de los terrenos sobre los que la obra se va a ejecutar debido, entre otros motivos, a que otros tipos de actuaciones de ingeniería civil, de mayores dimensiones, con mayores riesgos y presupuestos mucho más elevados, requieren consideraciones geológico geotécnicas más precisas y profundas. La administración y los profesionales de estas áreas de actuación han establecido normas, guías técnicas y pautas de los contenidos que deben tener los informes geotécnicos a que obliga la Ley de Contratos del Estado.

La actitud de la administración forestal en sus distintos ámbitos es dispar, tanto a nivel de dirección de proyecto como de la supervisión de los mismos, presentándose situaciones en las que no se solicita alguna mención explícita de los aspectos geológicos-geotécnicos, mientras que en otras

ocasiones, presumiblemente por influencia de la bibliografía citada en el párrafo anterior, se solicitan contenidos de muy alto coste, no necesarios con relación al presupuesto, dificultad y riesgo de las obras que se proyectan.

Las obras más representativas de este tipo de proyecto, es decir diques, rastrillos, umbrales de fondo y albarradas de corrección de cauces, tienen unas características propias que condicionan el grado y tipo de conocimiento geológico-geotécnico recomendado.

Estas características son:

- Obras localizadas en cauces secundarios
- Estructuras permeables para no almacenar agua
- Proyectos constituidos por varias obras de pequeño a moderado volumen y coste
- Obras de bajo a moderado riesgo
- Obras de difícil acceso y puesta en obra.
- Obras de diseño no muy complejo.
- Obras integradas con otras actuaciones correctoras.
- Obras localizadas en zonas rurales poco humanizadas

Los aspectos o parámetros que deben ser tenidos en cuenta en las citadas obras de corrección torrencial, para que no se produzca la ruina o deterioro que impida su funcionalidad, son: la capacidad portante del terreno sobre el que se apoya la obra, los asentamientos diferenciales que se pueden producir, la socavación del lecho y estribos, la subpresión bajo la cimentación, el ángulo de rozamiento fábrica - terreno y la tubificación. Otros aspectos menos importantes, pero que influyen en elementos complementarios de la obra o en su coste, son la estabilidad de las márgenes, la existencia de préstamos y canteras y la cohesión y fricción de estos materiales.

Dependiendo de la complejidad geológica del emplazamiento y de la importancia de la obra, estos parámetros o limitaciones constructivas de tipo geotécnico pueden determinarse con suficiente garantía con una o varias de las siguientes fases de investigación geotécnica.

Posibles niveles y técnicas de un estudio geotécnico.

1. - Reconocimiento geológico del terreno y levantamiento geotécnico del emplazamiento con ayuda de herramienta manual.
2. - Toma de muestras y realización de análisis identificativos (materia orgánica, peso específico, granulometría y límites de Atterberg).
3. - Realización de prospección geofísica (eléctrica o sísmica).
4. - Apertura de calicatas de hasta 4 m de profundidad.
5. - Realización de ensayos en laboratorio (humedad, compresión simple, corte directo, presencia de sulfatos).

6. – Realización de ensayos mecánicos in situ (penetración, carga).

7. - Realización de sondeos mecánicos.

8. -Realización de ensayos complementarios (triaxiales, dispersión, abrasivos, deformación, compactación, permeabilidad).

En el reconocimiento geológico y levantamiento geotécnico del emplazamiento de cada obra, se debe realizar una primera estimación de estos valores o de las limitaciones constructivas que pueden originar. Como ayuda o guión se presentan la ficha de levantamiento geotécnico de la última página y el cuadro n° 1. La estimación de cohesión que se cita en este cuadro, gana en calidad si se realiza con penetrómetros manuales, los cuales, por sus pequeñas dimensiones, son fácilmente transportables en el bolsillo o mochila

Esta primera estimación de parámetros, características y limitaciones constructivas de tipo geotécnico, se debe posteriormente completar en las siguientes fases del estudio geotécnico si la importancia de la obra lo necesita o si la fiabilidad de la apreciación se considera insuficiente.

Cuadro n° 1. Estimación de la resistencia del terreno.

Tipo de material	Grado de resistencia	Cohesión kg/cm²	Reconocimiento
Roca	Muy blanda	2,5-25	Se desmorona con martillo y se corta fácilmente con navaja
	Blanda	25-50	Se marca con martillo y se corta fácilmente con navaja
	Media	50-100	Se puede trocear con un solo golpe de martillo. No se raspa con navaja
	Dura	100-500	Se trocea con varios golpes de martillo
	Muy dura	>500	Difícil de partir con el martillo
Suelo de grano fino	Muy blando	<0.125	Penetra el puño de la mano
	Blando	0.125-0.25	Penetra yema y uña del dedo
	Mod. firme	0.25-0.50	Penetra moderadamente la yema
	Firme	0.50-1	No penetra la yema y lo hace la uña moderadamente
	Muy firme	1-2	Se marca con la uña
	Duro	>2	No se marca con la uña.
Suelo de grano grueso	Consolidado	>1.5	Se requiere el uso del pico para removerlos
	Medianamente cons.	1.2-1.5	La pala penetra con dificultad
	Flojo	<1.2	Se remueve fácilmente con la pala

El límite natural entre suelos y rocas no es neto, si bien se acepta como suelos los materiales con resistencia a la compresión simple inferior a 5 kp/cm². Se consideran suelos de grano grueso a aquellos con menos de un 12% de fracción inferior a 0,08 mm.

Las cualificaciones de los contenidos de la ficha de caracterización geotécnica se pueden realizar con los siguientes criterios:

- Grado de fiabilidad.

-Optima: La profundidad del estudio geotécnico, con costes razonables, no aporta información que mejore la seguridad o economía del proyecto.

-Buena: Las mejoras que se pueden alcanzar con una nueva fase o técnica de investigación geotécnica son ligeras y sólo de tipo económico.

-Aceptable: Es posible proyectar con la suficiente seguridad o fiabilidad, pero se puede mejorar precisando o ampliando la información geotécnica.

-Insuficiente: Es necesario un mejor conocimiento geotécnico para subsanar incertidumbres peligrosas.

- Tipo de fiabilidad.

Datos y estimaciones obtenidos a partir de:

-Observaciones de campo.

-Ensayos geotécnicos de laboratorio

-Ensayos manuales de campo

-Ensayos geotécnicos de campo

- Condicionantes y/o limitaciones constructivas.

-Ninguna o ligeras: Admite tipos y diseños de obras sin dispositivos especiales.

-Moderada: Las obras requieren pequeñas modificaciones en sus diseños.

-Importante: Se necesitan elementos especiales comunmente empleados.

-Muy importante o excluyente: La obra requiere de diseño y soluciones constructivas no empleados en el sector hasta la fecha.

- Aptitud para los diferentes tipos de estructuras y fabricas.

-Baja o nula: El tipo de dique tiene un alto coste y es poco seguro geotécnicamente.

-Media: Los costes y seguridad de la obra son aceptables

-Alta: Es la mejor solución para uno de los dos factores (seguridad, costes), y en el otro es aceptable aunque puede ser mejorado.

-Optima: Es el mejor tipo de estructura en ambos aspectos

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Sobre la base de la experiencia de TRAGSATEC en la redacción y asistencia técnica a la dirección de obra de los proyectos de obras de corrección de cauces, se propone un contenido del estudio geotécnico en función del tamaño de la obra, del riesgo que supone su ruina o deterioro y de las características del emplazamiento (Cuadro nº2). En esta propuesta se ha tenido en cuenta la práctica tradicional, los requisitos legales y las aportaciones geológico-geotécnicas de profesionales de otros sectores de actuación. Se hace también una estimación de costes, a los que habrá sumar los de desplazamiento (tiempo y medios), que solo deben servir como costes orientativos y no para su aplicación directa.

Los grados de riesgo se asimilan a las clasificaciones de las presas que realiza el Ministerio de Medio Ambiente, en función del riesgo potencial: Riesgo bajo o clase C, riesgo medio o clase B y riesgo alto o clase A.

Estos costes y contenidos se ajustan a situaciones normales dentro de los condicionantes mencionados, pudiéndose incrementar considerablemente para casos especialmente complejos

La práctica de TRAGSATEC aconseja los sondeos sísmicos sobre los eléctricos para determinar el espesor de acarreo sobre el substrato rocoso y sobre la apertura de calicatas, por los buenos resultados y la ligereza del equipo que permite, sin apenas logística, accesos a emplazamientos escarpados. Este método de investigación alcanza fácilmente, siempre dependiendo de las características del terreno y equipo, los 6 m de profundidad, aplicando una perturbación con maza o martillo. Para mayores profundidades se necesitan perturbaciones más potentes, tiro o explosión, y sus respectivos permisos o licencias, restándole operatividad al método.

También se prefiere la calicata en lugar de los ensayos de penetración y los sondeos, debido a la dificultad de aplicar estas técnicas en los suelos granulosos con altos contenidos de gravas y bolos, como los que presentan los lechos de los torrentes en donde se suele trabajar. No obstante, cuando la necesidad de investigación requiera alta fiabilidad y profundidades superiores a los 4 m, los sondeos mecánicos se hacen insustituibles, a pesar su bajo rendimiento y consecuentemente alto coste, en este tipo de terreno.

Por último hay que aclarar que estos estudios o informes geológico-geotécnicos de cada emplazamiento de obra son independientes de los estudios geológicos que se realizan normalmente para conocer el medio físico de la cuenca del proyecto y poder diagnosticar su problemática .

Cuadro nº2.Propuesta de contenido de estudio geotécnico.

Altura útil de la obra	Riesgo	Terreno	Nivel de estudio	Coste estimativo pta.	
h < 5 m	Bajo	Cualquiera	1	18.000	
	Medio	Roca	1	18.000	
	Medio	Roca y/o suelo	1 y 2	36.000	
	Bajo	Roca	1	24.000	
	Bajo	Suelo	1 y 2	48.000	
	Bajo	Roca/Suelo	1 y 3	54.000	
5m < h < 10m	Medio	Roca	1 y 5	60.000	
	Medio	Roca/Suelo	1,2 y 3	108.000	
	Medio	Suelo grueso	1 y 2	60.000	
	Medio	Suelo fino	1,2 y 8	180.000	
	Bajo	Roca	1 y 5	60.000	
	Bajo	Roca/Suelo	1,2 y 3	108.000	
	Bajo	Suelo grueso	1 y 2	60.000	
	Bajo	Suelo fino	1,2 y 8	120.000	
	10m < h < 15m	Medio	Roca	1 y 5	84.000
		Medio	Roca/Suelo	1,2,3 o 4,5 o 6	300.000
Medio		Suelo grueso	1,2,4 y 5	215.000	
Medio		Suelo fino	1,2,4,6 y 8	336.000	
Alto		Roca	1,5 y 8	215.000	
Alto		Roca y/o suelo	1 a 8	995.000	

CONCLUSIONES

Los proyectos de corrección de cauces deben contener un estudio geotécnico, y estar dotados de su correspondiente partida presupuestaria, pero dicho estudio tiene que ajustarse en intensidad y contenido a la problemática de estos proyectos, para que la relación de recursos económicos entre la redacción del proyecto y la ejecución de las obras, sea adecuada.

La propuesta de contenido, así como la ficha de caracterización geotécnica ayudan a cumplir estos requisitos técnicos y económicos, siempre que no se trate de casos de especial complicación.

BIBLIOGRAFÍA

- BOE,17 de Noviembre de 1988. *Real Decreto sobre Acciones en la Edificación.*
- BOE; 19 de Mayo de 1995.*Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.*
- COMITÉ NACIONAL ESPAÑOL DE GRANDES PRESAS;(1.999). *Estudios Geológico-Geotécnicos y de prospección de materiales;* Guías técnicas de seguridad de presas; Madrid.
- DEYMIER,C et al.:(1.994).*Conception et calcul de barrages de correction torrentielle;*CEMAGREF Grenoble
- DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS HIDRAÚLICAS Y CALIDAD DE LAS AGUAS (Ministerio de Medio Ambiente);(1997). *Clasificación de presas en función del riesgo potencial;* Guía técnica; Madrid.

FICHA PARA LA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE EMPLAZAMIENTOS DE OBRAS DE CORRECCIÓN DE CAUCES.

PROYECTO:

FECHA:

CAUCE

DIQUE N°

SECCIÓN: Cuerpo principal del dique

CARACTERÍSTICAS DEFINIDAS	PARTE DE LA SECCIÓN			FIABILIDAD	
	ESTRIBO IZQUIERDO	BASE	ESTRIBO DERECHO	TIPO	GRADO
TIPO DE MATERIAL	Calizas jurásicas	Acarreos de gravas y arenas . Calizas jurásicas	Calizas jurásicas	Observación de campo	Buena
PROFUNDIDAD	>4m	0-0,5 m.4m	>4m	Observación de campo	Buena
GRADO DE ALTERACIÓN	Escaso	Moderado	Escaso	Observación de campo	Buena
RESISTENCIA	Roca dura	Suelo de grano grueso medianamente consolidado.Roca de dureza media	Roca dura	Observ. y ensayo manual de campo	Buena
DISCONTINUIDADES	Diaclasas poco abundantes cerradas con disposición desfavorable	Diaclasas poco abundantes	Diaclasas poco abundantes y cerradas	Observación de campo	Aceptable
CAPACIDAD PORTANTE	Muy alta	Alta	Muy alta	Observación de campo	Buena
PERMEABILIDAD	Baja	Alta y.baja	Baja	Observación de campo	Buena

	Capacidad portante:Ligera		APTITUD PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE ESTRUCTURAS Y FABRICAS	Tierras:Media		
	Tubificación:Ligera			Mampostería en seco:Media		
CONDICIONANTES	Subpresión:Moderada			Mampostería gavionada:Media		
O/Y LIMITACIONES	Socavación:Ligera			Autoportantes: Media		
CONSTRUCTIVAS	Estabilidad de márgenes: Moderada			Mampostería	Gravedad:Optima	
	Accesibilidad:Moderada			hidráulica y/o hormigón	Arco:Media	
	Prestamos y canteras:Moderada			Mixtas:Alta		