

LIBRO: **PRY. PROYECTO**

TEMA: **CAR. Carreteras**

PARTE: **1. ESTUDIOS**

TÍTULO: **03. Estudios Geológicos**

CAPÍTULO: **001. Ejecución de Estudios Geológicos**

A. CONTENIDO

Esta Norma contiene los criterios para la ejecución de los estudios geológicos para carreteras que realice la Secretaría con recursos propios o mediante un Contratista de Servicios.

B. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

B.1. DEFINICIÓN DE ESTUDIO GEOLÓGICO

Es la determinación de las características litológicas y estructurales de los materiales existentes en el sitio en estudio, mediante un conjunto de técnicas y procedimientos que se utilizan para reconstruir su historia geológica.

Los estudios geológicos pueden tener uno o varios de los propósitos siguientes.

B.1.1. Evaluación de una ruta

El estudio geológico para la evaluación del trazo de una nueva carretera o del comportamiento de carreteras existentes, tiene el propósito de inferir los factores geológicos que influyan en su definición, identificando en forma general los siguientes aspectos:

- B.1.1.1.** La relación suelo-roca, es decir, la proporción existente de estos materiales en todo el trazo, ya que de ella depende la definición del proyecto, así como el costo de los cortes y terraplenes.
- B.1.1.2.** Las características generales y espesores probables de los aluviones en los cruces de ríos o arroyos, que influyan en el costo de alcantarillas y puentes.
- B.1.1.3.** Las estructuras mayores como fallas, discordancias, estratificaciones y plegamientos, que influyan en el trazo de la carretera.
- B.1.1.4.** Las zonas potencialmente inestables y las que muestren evidencias de falla, que puedan afectar el comportamiento de la carretera.
- B.1.1.5.** Los sitios que por sus características geológicas sean potenciales bancos de material, pues la disponibilidad de estos es importante en la definición de la ruta.

B.1.2. Determinación de las características geológicas de sitios donde se construirán cortes y/o terraplenes

El estudio geológico para la determinación de las características de los sitios donde se construirán cortes y/o terraplenes, se ejecuta en aquellos lugares donde se prevén problemas de estabilidad de taludes o donde, por su altura, se requiera contar con información geológica que contribuya a diseñar correctamente la obra, establecer los procedimientos constructivos generales y evaluar el costo de su construcción, infiriendo los siguientes aspectos:

- B.1.2.1.** La zonificación estratigráfica probable de los diferentes materiales que serán excavados para formar los cortes o sobre los cuales se desplantarán los terraplenes.
- B.1.2.2.** Las alteraciones de la roca que determinan su contacto con el suelo.
- B.1.2.3.** Las estructuras mayores como fallas, plegamientos, discordancias y estratificaciones, así como las estructuras menores como fracturas, foliación y exfoliación, que influyan en la estabilidad de los taludes.

B.1.3. Determinación de las características geológicas de sitios donde existan cortes y/o terraplenes inestables

El estudio geológico para la determinación de las características de los sitios donde existan cortes y/o terraplenes inestables, se ejecuta para inferir el o los factores que provocan su inestabilidad, establecer los posibles procedimientos constructivos que permitan corregir la obra, y evaluar el costo aproximado de su reparación o reposición, determinando los siguientes aspectos:

- B.1.3.1.** La identificación y probable zonificación estratigráfica de los diferentes materiales que constituyen el corte o subyacen al terraplén inestable.
- B.1.3.2.** Las alteraciones de la roca que determinan su contacto con el suelo, estableciendo si la falla ocurre en ella, en el suelo o en ambos.
- B.1.3.3.** Las estructuras mayores como fallas, plegamientos, discordancias y estratificaciones, así como las estructuras menores, como fracturas, foliación y exfoliación, que influyan en la estabilidad de los taludes.

B.1.4. Determinación de las características geológicas de sitios donde se construirán túneles

El estudio geológico para la determinación de las características de los sitios donde se construirán túneles, se ejecuta para definir los aspectos geológicos que puedan influir en el diseño de la obra, establecer los posibles procedimientos constructivos, y evaluar el costo aproximado de su construcción. El estudio incluye tres zonas: las dos que comprenden los portales, donde se realizarán excavaciones a cielo abierto y la ubicada entre ellos (cuerpo del túnel), en que se excavará el túnel. Mientras en las zonas de portales se ven superficialmente los materiales donde se realizará el emportalamiento, en el cuerpo del túnel se extrapola la información observada en la superficie, ya que pueden existir coberturas de roca hasta el nivel de la rasante que alcancen cientos de metros. En los tres casos se determinan los siguientes aspectos:

- B.1.4.1.** La zonificación estratigráfica probable de los diferentes materiales, que constituyen tanto los portales como el cuerpo del túnel, identificando el tipo y las características de los materiales por excavar.
- B.1.4.2.** Las alteraciones de la roca que determinan su contacto con el suelo y que particularmente afecten la ubicación de los portales, así como la estabilidad y atacabilidad del túnel.
- B.1.4.3.** Las estructuras mayores como fallas, plegamientos, discordancias, estratificaciones, y las estructuras menores como fracturas, foliación y exfoliación, que influyan en la estabilidad de los portales y el cuerpo del túnel, tanto durante su construcción como en su operación.

B.1.5. Determinación de las características geológicas de sitios donde se construirán puentes

El estudio geológico para la determinación de las características de los sitios donde se construirán puentes, se ejecuta para definir los aspectos geológicos que puedan influir en el diseño de la obra, establecer los posibles procedimientos constructivos, y evaluar el costo aproximado de su construcción, determinando los siguientes aspectos:

- B.1.5.1.** La zonificación estratigráfica probable de las diferentes unidades de roca, identificando el tipo y las características de los materiales sobre los que se desplantará la estructura y de los que se excavarán en los sitios de apoyo.
- B.1.5.2.** Las alteraciones de la roca que determinan su contacto con el suelo, y que pueden influir en el desplante de la cimentación.
- B.1.5.3.** Las estructuras mayores como fallas, plegamientos, discordancias, estratificaciones, y las estructuras menores como fracturas, foliación y exfoliación, identificando la influencia que tendrán en el desplante de la cimentación y/o en la estabilidad de la excavación para su construcción.

B.1.6. Evaluación de sitios para bancos de materiales

El estudio geológico de sitios para bancos de materiales se ejecuta para localizar y cuantificar bancos potenciales, determinando los siguientes aspectos:

- B.1.6.1.** Los sitios donde puedan obtenerse los diferentes materiales que se requieran para la construcción de la obra.
- B.1.6.2.** La clasificación de los materiales que componen el banco, estimando sus volúmenes aprovechables y de desperdicio.
- B.1.6.3.** La estimación del volumen de material de despalme que se retirará para iniciar la explotación del banco.
- B.1.6.4.** Las estructuras mayores como fallas, plegamientos, discordancias, estratificaciones, y las estructuras menores como fracturas, foliación y exfoliación, que puedan influir en la explotación del banco.
- B.1.6.5.** La definición de las orientaciones preferenciales que deben tener los frentes de explotación.

B.2. CLASIFICACIÓN DE ESTUDIOS GEOLÓGICOS

Dependiendo del nivel de investigación que se requiera, los estudios geológicos se clasifican como sigue.

B.2.1. Reconocimientos geológicos

Son los levantamientos geológicos someros de zonas que pueden ser pequeñas o hasta de centenas de kilómetros cuadrados, que se realizan con base en los planos topográficos, las fotografías aéreas a escala adecuada y/o las imágenes de satélite, que se indican en la Cláusula D. de esta Norma, mediante recorridos a pie, en vehículo terrestre o en helicóptero, efectuados en uno o varios días según el medio de transporte y el propósito del estudio, para:

- Identificar en forma general los materiales que se encuentran en el área de estudio
- Determinar en forma aproximada la relación suelo-roca
- Identificar sitios para probables bancos de materiales
- Recomendar el tipo y características de los estudios geológicos de mayor detalle que se requieran para definir y evaluar las zonas potencialmente inestables o la calidad y capacidad de los probables bancos de materiales

B.2.2. Estudios geológicos de detalle

Son los levantamientos geológicos de sitios específicos, que se realizan con base en los reconocimientos geológicos a que se refiere el Inciso anterior, apoyados en los planos topográficos, las fotografías aéreas a escala adecuada y/o las imágenes de satélite, que se indican en la Cláusula D. de esta Norma, mediante inspecciones detalladas a pie y/o en vehículo terrestre, dependiendo del propósito del estudio, para:

- Determinar las diferentes unidades geológicas (suelo-roca) y ubicarlas en la posición estructural que les corresponda (columna estratigráfica), así como identificar estructuras mayores (fallas, plegamientos, discordancias y estratificaciones) y estructuras menores (fracturas, foliación y exfoliación)
- Identificar y evaluar las zonas potencialmente inestables
- Determinar y evaluar en forma preliminar, la calidad y capacidad de los posibles bancos de materiales
- Definir el modelo geológico del área estudiada y en su caso, proponer trabajos complementarios de mayor detalle, como la exploración directa y/o indirecta del subsuelo u otros estudios geológicos para detectar sitios alternos de bancos de materiales.

C. REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con las últimas versiones de las siguientes:

NORMAS

DESIGNACIÓN

Ejecución de Estudios, Proyectos y Consultorías.....	N-LEG-2
Fotogeología y Levantamientos Geológicos.....	N-PRY-CAR-1-03-002
Presentación del Estudio Geológico.....	N-PRY-CAR-1-03-003

D. REQUISITOS

Además de lo establecido en la Fracción C.1. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos y Consultorías*, se requiere contar con lo siguiente:

- D.1.** Cuando se trate de un reconocimiento geológico para evaluar una ruta, los alineamientos horizontal y vertical preliminares del trazo, incluyendo las secciones geométricas tentativas de la carretera.
- D.2.** Cuando se trate de un estudio geológico para definir las características litológicas y estructurales de los materiales existentes en el sitio donde se proyectará una obra, el anteproyecto que se refiere en el Inciso C.1.1. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos y Consultorías*, incluyendo el trazo y su alineamiento vertical preliminares.
- D.3.** Cuando se trate de un estudio para determinar los factores geológicos que puedan influir en el comportamiento de una obra existente, el proyecto con el cual se construyó dicha obra y las modificaciones a que haya sido sujeta durante su operación.
- D.4.** Cuando se trate de un estudio geológico para evaluar un potencial banco de materiales, la ubicación del banco y sus accesos, así como el tipo y volumen tentativo del material que se pretende extraer.
- D.5.** En todos los casos, planos topográficos del área por estudiar, ya sean restitutiones fotogramétricas o levantados en campo, con las escalas, equidistancias entre curvas de nivel y seccionamientos, que se indican en la Tabla 1 de esta Norma, según el propósito y tipo del estudio geológico.

TABLA 1. Características de planos topográficos para estudios geológicos

PROPÓSITO DEL ESTUDIO	TIPO DE ESTUDIO	ESCALA MÍNIMA	EQUIDISTANCIA MÁXIMA ENTRE CURVAS DE NIVEL (m)	SECCIONAMIENTO MÁXIMO (m)
EVALUACIÓN DE UNA RUTA	RECONOCIMIENTO	1:50 000	20,0	-
CORTES Y TERRAPLENES	TODOS	1:2 000	1,0	20,0
CORTES Y TERRAPLENES INESTABLES	TODOS	1:2 000	1,0	10,0
PORTALES DE TÚNELES	TODOS	1:500	1,0	10,0
CUERPOS DE TÚNELES	TODOS	1:2 000	2,0	-
PUENTES	TODOS	1:2 000	1,0	20,0
BANCOS DE MATERIALES	RECONOCIMIENTO	1:10 000	5,0	-
	DE DETALLE	1:500	1,0	-

D.6. Todas las fotografías aéreas de que se disponga, que permitan la visión estereoscópica del área por estudiar y particularmente aquellas con las escalas que se indican en la Tabla 2 de esta Norma, según el propósito y tipo del estudio geológico, y en su caso, imágenes de satélite que puedan ser procesadas mediante sistemas de cómputo avanzado.

TABLA 2. Escalas de fotografías aéreas para estudios geológicos

PROPÓSITO DEL ESTUDIO	TIPO DE ESTUDIO	ESCALA MÍNIMA	OBSERVACIONES
EVALUACIÓN DE UN TRAZO	RECONOCIMIENTO	1:50 000	De vuelo alto, preferentemente de 1:30 000 ó 1:50 000
CORTES Y TERRAPLENES	TODOS	1:10 000	De vuelo bajo
CORTES Y TERRAPLENES INESTABLES	TODOS	1:10 000	De vuelo bajo, preferentemente 1:5 000
TÚNELES	TODOS	1:25 000	Se debe contar como mínimo, con un juego estereoscópico de 3 fotografías aéreas de vuelo bajo, que cubran un área de 21 km ² , tomando como centro el sitio donde se localice el trazo de la obra, lo cual corresponde con el área de una fotografía de formato 23 x 23 cm
PUENTES	TODOS	1:25 000	De vuelo bajo, preferentemente 1:5 000, particularmente para estudios de detalle
BANCOS DE MATERIALES	RECONOCIMIENTO	1:50 000	De vuelo alto, preferentemente 1:30 000
	DE DETALLE	1:10 000	De vuelo bajo, preferentemente 1:5 000, particularmente para estudios de detalle

- D.7.** Los estudios geológicos, geotécnicos y geofísicos existentes en la Secretaría, que tengan relación con el área por estudiar.

E. EJECUCIÓN

El Ingeniero o Contratista de Servicios, además de lo establecido en la Cláusula D. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos y Consultorías*, debe realizar las siguientes actividades:

E.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Con el propósito de obtener los datos que permitan determinar las características geológicas y contribuya a las zonificaciones litológicas y estructurales de la zona en estudio, el Ingeniero o Contratista de Servicios debe recopilar todas las cartas topográficas, geológicas, hidrológicas, edafológicas y de uso del suelo, elaboradas a escala uno a cincuenta mil (1:50 000), de la zona, que pudieran existir en instituciones gubernamentales como INEGI y/o privadas. Cuando se trate de zonas urbanas, las cartas topográficas serán preferentemente a escala uno a cinco mil (1:5.000).

E.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN PREVIA

Se analiza y compara toda la información previa que se establece en la Cláusula D. y en la Fracción E.1. de esta Norma, con el propósito de identificar aquellos factores que puedan contribuir a la correcta ejecución del estudio y programar los trabajos de campo que se requieran.

En esta etapa se realizan los trabajos de fotogeología necesarios para interpretar las fotografías aéreas y/o imágenes de satélite, con el propósito de identificar y analizar todos los rasgos que muestren, relacionados con la geología del sitio, como se indica en la Norma N-PRY-CAR-1-03-002, *Fotogeología y Levantamientos*, lo que servirá de apoyo para ejecutar los trabajos de campo y contribuirá a elaborar el modelo geológico correspondiente.

E.3. LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

Como se indica en la Norma N-PRY-CAR-1-03-002, *Fotogeología y Levantamientos Geológicos* y de acuerdo con el tipo de estudio por ejecutar, se efectúa el levantamiento geológico que

comprende los trabajos de campo necesarios para determinar la estratigrafía probable del sitio en estudio, su geología estructural y, para la obtención de muestras representativas de los diferentes materiales encontrados y su análisis en laboratorio.

E.4. MODELO GEOLÓGICO

Con toda la información generada durante el levantamiento geológico, incluyendo la información previa, y de laboratorio, se integra el modelo geológico del área estudiada, con la precisión que corresponda según el tipo de estudio ejecutado, como se indica en la Fracción D.5. de la Norma N-PRY-CAR-1-03-002, *Fotogeología y Levantamientos Geológicos*.

E.5. INFORME TÉCNICO

Se elabora el informe técnico a que se refiere el Inciso D.1.6. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos y Consultorías*, en la forma indicada en la Norma N-PRY-CAR-1-03-003, *Presentación del Estudio Geológico*.

F. MEDICIÓN

Cuando el estudio geológico se efectúe por contrato, se medirá conforme a lo señalado en la Cláusula F. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos y Consultorías*, para determinar el avance o la cantidad de trabajo ejecutado para efecto de pago, con las siguientes consideraciones:

F.1. CONTRATO SOBRE LA BASE DE PRECIOS UNITARIOS

Cuando el estudio geológico se contrate sobre la base de precios unitarios, se medirá como se indica a continuación.

F.1.1. Levantamiento geológico

El levantamiento geológico realizado conforme a lo señalado en la Fracción E.3., a satisfacción de la Secretaría, según el tipo de estudio que se ejecute y su propósito, incluyendo la integración del modelo geológico correspondiente a que se refiere la Fracción E.4. de esta Norma, se medirá como sigue:

F.1.1.1. Reconocimiento geológico

Cuando el reconocimiento geológico se ejecute para la evaluación de una ruta o para un túnel, el levantamiento geológico se medirá tomando como unidad el kilómetro de trazo estudiado, con aproximación a una centésima. Si el reconocimiento geológico tiene un propósito diferente, el levantamiento geológico se medirá tomando como unidad la hectárea de superficie levantada, con aproximación a una centésima.

F.1.1.2. Estudio geológico de detalle

El levantamiento geológico para un estudio de detalle, se medirá tomando como unidad la hectárea de superficie levantada, con aproximación a una centésima.

F.1.2. Trabajos de laboratorio

Los análisis petrográficos u otras pruebas que se ejecuten en las muestras que se obtengan durante el levantamiento geológico, conforme a lo indicado en la Norma N-PRY-CAR-1-03-002, *Fotogeología y Levantamientos Geológicos*, a satisfacción de la Secretaría, se medirán tomando como unidad el análisis petrográfico o la prueba realizada, según su tipo.

F.2. CONTRATO A PRECIO ALZADO

Cuando el estudio geológico se contrate a precio alzado, se medirá como se indica en la Fracción F.2. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos y Consultorías*.

G. BASE DE PAGO

Cuando el estudio geológico se efectúe por contrato, en la integración de los precios se debe considerar lo siguiente.

G.1. CONTRATO SOBRE LA BASE DE PRECIOS UNITARIOS

Cuando el estudio geológico se contrate a precios unitarios, la base de pago para cada uno de los precios correspondientes a los diferentes conceptos es como sigue:

G.1.1. Levantamiento geológico

El pago del levantamiento geológico, incluyendo el modelo geológico correspondiente, cuando se trate de un reconocimiento geológico para evaluar una ruta o para un túnel, se hará al precio fijado en el contrato para el kilómetro de trazo estudiado, o para la hectárea de superficie levantada en los demás casos. Este precio unitario incluye lo que corresponda por personal, gastos de operación y rentas según lo establecido en la Cláusula G. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos y Consultorías*, para el análisis de la información previa a que se refiere la Fracción E.2., incluyendo los trabajos de fotogeología; todos los trabajos de campo para el levantamiento geológico conforme a lo señalado en la Fracción E.3., incluyendo la obtención de muestras, su identificación, empaque y envío al laboratorio, y en su caso, su entrega a la Secretaría en el sitio y forma que ésta indique; la integración y elaboración del modelo geológico y del Informe Técnico correspondientes, según lo indicado en las Fracciones E.4. y E.5.

G.1.2. Trabajos de laboratorio

El pago de los análisis petrográficos u otras pruebas que se ejecuten en las muestras que se obtengan durante el levantamiento geológico, se hará al precio fijado en el contrato para el análisis petrográfico o la prueba realizada, según su tipo. Este precio unitario incluye lo que corresponda por personal, gastos de operación y rentas según lo establecido en la Cláusula G. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos y Consultorías*, para la preparación de la muestra, su análisis o prueba; la interpretación de los resultados y la elaboración de los reportes correspondientes.

G.2. CONTRATO A PRECIO ALZADO

En el caso de que el estudio geológico se contrate a precio alzado, en la integración de dicho precio se debe considerar lo que corresponda por personal, gastos de operación y rentas según lo establecido en la Cláusula G. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos y Consultorías*, para todas las actividades que se indican en la Cláusula E. de esta Norma.

H. ESTIMACIÓN Y PAGO

La estimación y pago del estudio geológico se debe efectuar conforme a lo señalado en la Cláusula H. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos y Consultorías* y de acuerdo con lo establecido en los Términos de Referencia a que se refiere el Inciso C.1.2. de la Norma mencionada.

I. RECEPCIÓN

Cuando el estudio geológico se realice por contrato, será recibido por la Secretaría de acuerdo a lo establecido en la Cláusula I. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos y Consultorías* y de acuerdo con lo establecido en los Términos de Referencia a que se refiere el Inciso C.1.2. de la Norma mencionada, aplicando en su caso, las sanciones a que se refiere la Cláusula J. de la misma Norma.