



ESPECIFICACION TECNICA DE ESTUDIO DE SUELOS

10-Jun-21

AR.GSE.SG1.SPEC.0188.v1r0

Plantilla: AR.GCRS.TPL.0039.v1r1

Tabla de Contenidos

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO	3
2. ALCANCE	3
3. CONTENIDOS MÍNIMOS DEL ESTUDIO DE SUELOS	4
3.1 GENERAL	4
3.2 TAREAS PRELIMINARES.....	4
3.2.1 <i>Recopilación de Información Disponible.....</i>	<i>4</i>
3.2.2 <i>Reconocimiento del terreno de la Estación</i>	<i>4</i>
3.3 TRABAJOS EN EL TERRENO	5
3.4 TRABAJOS DE LABORATORIO.....	7
3.5 TRABAJOS DE GABINETE	8
3.5.1 <i>Resultados</i>	<i>8</i>
3.5.2 <i>Interpretación de Resultados</i>	<i>8</i>
3.5.3 <i>Recomendaciones</i>	<i>9</i>
ANEXO 1 –	11
DATOS DE LA EMISIÓN DEL DOCUMENTO	12
FIRMAS	12
LISTA DE DISTRIBUCIÓN	12
REGISTRO DE CAMBIOS	12
DOCUMENTOS APLICABLES / DE REFERENCIA	12
ABREVIATURAS	12

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

En el marco de ejecución de tareas para la implementación Segmento Terreno ARSAT SG1 es necesario ejecutar los Estudios de Suelos para las cimentaciones de cada Estación o "GATEWAY" (GW). Esta Especificación Técnica (ET) tiene por objeto definir las características y contenidos mínimos de los Estudios de Suelos (EdS) mencionados a realizar por un Consultor cuyo perfil se define más abajo.

En particular, cada EdS deberá resolver los aspectos siguientes:

- 1) Litología, tipología general y origen de los suelos presentes en cada sitio.
- 2) Existencia o no de problemáticas regionales o locales de las que participen todos o algunos de los suelos presentes en cada sitio. A modo de ejemplo se mencionan:
 - Suelos dinámicamente inestables o susceptibles de experimentar licuación.
 - Suelos colapsables.
 - Problemas de subsidencia.
 - Suelos orgánicos.
 - Suelos expansivos.
 - Proximidad de taludes, depresiones, cauces, paleo – cauces,
 - etc.
- 3) Presencia y evolución de la napa freática.
- 4) Definición de la cota y sistema de cimentaciones a adoptar en las obras a ejecutar en cada sitio. Proposición de diferentes alternativas y valoración conceptual de las mismas.
- 5) Caracterización geotécnica completa de los suelos que participan en la respuesta mecánica de la cimentación y la estructura a diseñar y construir.
- 6) Definición de los parámetros geomecánicos de los suelos que resulten necesarios para el diseño y construcción.
- 7) Definición de las hipótesis de diseño para las cimentaciones y sus constantes y parámetros asociados.
- 8) Determinación de las posibles condiciones de agresividad química de los suelos o el agua subterránea sobre las estructuras a diseñar y construir.
- 9) Aportación de principios y criterios de índole geotécnica para el diseño y la construcción de las obras de protección frente a las inundaciones.
- 10) Aportación de fundamentos para la toma de decisiones de índole constructiva tendientes a:
 - Remediar o subsanar situaciones propias del terreno que puedan resultar adversas para el funcionamiento óptimo de las estructuras a construir.
 - Ejecutar las obras de manera que las estructuras a construir alcancen un funcionamiento óptimo.

2. ALCANCE

El Consultor formulará una Propuesta técnica para la realización del EdS, acreditando además, amplios antecedentes en la realización de estudios de suelos para cimentaciones de estructuras críticas sensibles a las deformaciones y sujetas a tracción o tiro vertical.

En su Propuesta, el Consultor indicará de manera cuantitativa y detallada los contenidos del EdS que prevé realizar, observando los mínimos definidos en el apartado 3 de estas ET. Propondrá también los criterios con los que resolverá las situaciones que deban definirse conforme al avance de las investigaciones.

En particular, indicará:

- a) Los trabajos a realizar en el sitio, incluida la cantidad y profundidad de los sondeos y los ensayos asociados a realizar.
- b) Los trabajos de laboratorio, incluyendo las cantidades de cada tipo de ensayo a realizar y las principales dimensiones y condiciones de ejecución para los ensayos en que la normativa considere libertades en la definición de las mismas.
- c) Los trabajos de gabinete considerados, incluyendo la descripción del sentido general de los mismos y los puntos particulares que se prevé considerar y resolver.

3. CONTENIDOS MÍNIMOS DEL ESTUDIO DE SUELOS

3.1 General

En los apartados que siguen se definen los contenidos mínimos de la Propuesta de Estudios de Suelos que presentará el Consultor según queda indicado en el apartado 2 de estas ET. Los contenidos mínimos citados incluyen tareas preliminares, trabajos en el terreno, trabajos de laboratorio y de gabinete.

3.2 Tareas Preliminares

En los apartados que siguen se definen los contenidos mínimos de la Propuesta de Estudios de Suelos que presentará el Consultor según queda indicado en el apartado 2 de estas ET. Los contenidos mínimos citados incluyen tareas preliminares, trabajos en el terreno, trabajos de laboratorio y de gabinete.

3.2.1 Recopilación de Información Disponible

Se deberá recabar la mayor cantidad de información básica general confiable y disponible, como ser tipos de estructura, estados de cargas, asentamientos máximos admisibles, ubicación de estructuras, estudios geológicos de la región, hidrología, climatología, sismicidad regional, topografía, estudios de suelos y otros antecedentes de proyectos anteriores, etc.

3.2.2 Reconocimiento del terreno de la Estación

Mediante herramientas apropiadas, tales como interpretación de imágenes satelitales o fotointerpretación así como una visita a la zona del GW, se efectuará un relevamiento geológicogeotécnico superficial que permita diferenciar los tipos de suelo presentes, indicando las distintas unidades geotécnicas que definen la ubicación. Los resultados de esta actividad se reflejarán en un plano o mapa y la memoria correspondiente.

Este reconocimiento comprende:

- Reconocimiento visual de cortes en el terreno, indicando tipos de suelo, tipos de estructura geológica, estratigrafía, etc.
- Reconocimiento de accesos, ubicación de fundaciones y puntos singulares por su grado de complejidad

3.3 Trabajos en el Terreno

Se aplicarán las siguientes condiciones de mínima:

- a) En su Propuesta y en relación con cada sitio el Consultor indicará con la debida justificación, si prevé realizar determinaciones de Geofísica ya sea de superficie o de pozos.
- b) En su Propuesta y en relación con cada sitio, el Consultor indicará el método de perforación que prevé aplicar el que deberá ser compatible con el tipo y condición de las muestras a extraer y con la tipología de ensayos a realizar.
- c) La profundidad mínima de los sondeos será de 6m.
- d) Los sondeos tendrán un diámetro interior mínimo de 75 mm.
- e) Cuando la presencia de estratos de escasa potencia y relativa dureza lo exija, ya sea por presencia de agua o por niveles mal definidos o inadecuados para su uso como niveles de fundación se procederá al avance por otros métodos (rotación, roto percusión, manual, etc.) hasta cumplimentar los requisitos señalados en el párrafo precedente.
- f) La posición de cada sondeo se replanteará en coordenadas geográficas (según datum WGS84) de acuerdo a una disposición preliminar de la obra aportado por el Cliente.
- g) Se relevará la cota de boca de sondeo mediante el uso de instrumental topográfico.
- h) En caso de suelos gruesos que no se encuentren bajo la napa se dará preferencia a métodos de perforación / excavación (manual o con máquina excavadora) que permitan la toma de muestras representativas.
- i) Se realizarán ensayos de penetración normal (SPT) cada metro de avance de sondeo. Se indicarán los detalles de ejecución del ensayo, no definidos por la normativa tales como:
 - Tipo de percutor o martillo utilizado. Mecanismo de izado – liberación del percutor.
 - Presencia o no de cuerda o cadena de sujeción del percutor durante su caída.
 - Uso o no de polea y número de vueltas de la cuerda.
 - Diámetro del sondeo.
 - Presencia o no retallo para "liner" de PVC y uso o no de "liner" de PVC para toma de muestras.
 - Otros aspectos específicos
- j) No podrán usarse accesorios que cambien algunos de los diámetros característicos de la herramienta de penetración tal como ocurre con la denominada "zapata Moretto".
- k) En presencia de suelos gruesos en que resulte inviable la ejecución del ensayo SPT, deberá aplicarse una puntaza maciza de igual diámetro con punta de 60° informando el hecho.
- l) Como "resultado" del ensayo deberá informarse :
 - Cantidad de golpes necesarios para penetrar tres (3) tramos sucesivos de 15cm.
 - Suma de las cantidades de golpes necesarios para penetrar los últimos dos tramos de 15cm (con un total de 30cm).
 - En situaciones en que con un (1) golpe o menos se superen los 15cm de penetración o en que el último golpe de un tramo supere los 15cm de penetración, se informará la longitud penetrada.

- En situaciones en que con cincuenta (50) golpes no alcancen a penetrarse los últimos 30cm, se dará preferencia a continuar el ensayo hasta alcanzar los 30cm. En casos de extrema dificultad se informará la longitud penetrada y el número de golpes efectuados (mayor o igual a 50) y, mediante extrapolación lineal, se informará también el número estimado de golpes necesarios para penetrar 30cm.
- m) Se determinará e informará el número normalizado de golpes resultantes del ensayo denominado (N1)60. La normalización mencionada corresponde a una atmósfera (1atm) de presión efectiva y sesenta por ciento (60%) de eficiencia energética del ensayo.
- n) Se realizará el estudio geotécnico y de los ensayos de resistencia del suelo y resistividad eléctrica para la puesta a tierra que se requieran.
- o) Se realizarán dos determinaciones de peso específico aparente seco ("densidad") por sondeos. El o los métodos aplicados serán justificados por el Consultor. Las profundidades en que se decida realizar estas determinaciones serán asimismo justificadas por el Consultor tomando especialmente en cuenta en ambos casos, los objetivos del EdS (ver apartado 1).
- p) En los casos en que existan mantos de arcillas o limos saturados suficientemente potentes como verse afectados por procesos de consolidación asociados a los incrementos de presiones totales debidos a la construcción de las bases u hormigonados, deberán tomarse muestras "indisturbadas" para la realización de ensayos de consolidación unidimensional. El Consultor deberá especificar en su Propuesta el procedimiento de toma de muestras que prevé aplicarse para dar satisfacción a este requisito, no resultando admisible el uso de muestras tomadas mediante la herramienta del SPT para la conformación de la/s probeta/s de ensayo/s.
- q) En los casos en que a criterio del Consultor, resulte necesario contar con muestras "indisturbadas" para la realización de ensayos de corte directo o de compresión triaxial, el mismo deberá especificar en su Propuesta el procedimiento de toma de muestras que prevé aplicar para dar satisfacción a este requisito, no resultando admisible el uso de muestras tomadas mediante la herramienta del SPT para la conformación de la/s probeta/s de ensayo/s.
- r) Se tomarán lecturas del nivel freático tres (3) veces durante las 24hs posteriores a la perforación y hasta la estabilización de las lecturas de nivel. La no detección del nivel freático podrá establecerse tras un lapso no menor a 24hs de finalizada la perforación.
- s) Se tomarán muestras representativas de los suelos investigados a razón de una muestra cada 1m de sondeo como mínimo.
- t) En caso de riesgo de inundación del sitio: Identificación de una o más fuentes de materiales próximas al sitio, destinados a la construcción de las defensas correspondientes. Toma de muestras para la ejecución de ensayos de compactación en una cantidad que resulte representativa de acuerdo a la justificada por el Consultor.
- u) En su Propuesta el Consultor definirá los modos en que identificará, protegerá, almacenará y transportará las muestras hasta el o los Laboratorio/s en que se realicen los ensayos.

3.4 Trabajos de Laboratorio

Sobre las muestras tomadas con motivo de los trabajos en el terreno (punto 3.2) se realizarán los ensayos de laboratorio considerados por el Consultor en su Propuesta respetando los límites y condiciones de mínima definidos a continuación:

- a) Se efectuará la Clasificación Unificada de Suelos (SUCS) cada metro de sondeo. Para ello:
 - Se realizarán granulometrías por vía húmeda utilizando una serie de no menos de diez (10) tamices comprendidos entre 75mm (3") y 75 μ m (#200) incluyendo los tamices 3"; 1 1/2"; 3/4"; 3/8"; #4; #10; #40 y #200.
 - Se determinarán los límites de consistencia (límite líquido o LL y límite plástico o LP s/Norma IRAM 10501/68 y 10502/68) sobre la fracción pasante el tamiz #40 en los casos necesarios para la Clasificación SUCS.
 - Se efectuará la Clasificación SUCS propiamente dicha.
- b) Se realizarán tres (3) determinaciones de humedad natural (w [%]) por sondeo.
- c) Se realizarán dos (2) determinaciones del peso específico real de los suelos (ρ_s [kN/m³]) para el EdS en su conjunto.
- d) Se realizarán (o se completarán) las determinaciones de peso específico aparente seco (ρ_d [kN/m³]), a razón de no menos de dos (dos) ensayos por sondeo. El Consultor justificará los puntos elegidos para realizar estas determinaciones de acuerdo a los objetivos del EdS (apartado 1). En caso de determinaciones que requieran la realización de actividades de campaña.
- e) Se realizarán cuatro (4) ensayos de corte directo o de compresión triaxial para establecer los parámetros de resistencia al corte. Se informarán parámetros "de máxima" y "residuales". Cada ensayo de corte directo o de compresión triaxial involucrará la rotura de no menos de tres (3) probetas idénticas quedando expresamente contraindicada la tipología general e informalmente denominada "ensayos escalonados". El Consultor justificará la tipología (UU, CU, CD), los diámetros de probeta usados, las condiciones de preparación de las probetas y las presiones de confinamiento (en ensayos triaxiales) y normales (en ensayos de corte directo).
- f) En su Propuesta el Consultor justificará la cantidad y tipología de ensayos químicos a ejecutar. Se realizarán dos (2) determinaciones del contenido total de sales solubles y una (1) determinación de los contenidos de cloruros y sulfatos en suelos. El Consultor justificará la elección de los puntos en que realizó los ensayos. Justificará también la ejecución de otros ensayos químicos de suelos y agua subterránea.
- g) Se informarán los pesos específicos aparentes secos (ρ_d [kN/m³]), húmedos (ρ_{h} [kN/m³]) y sumergidos o boyantes (ρ_b [kN/m³]), así como la humedad (w [%]) y grado de saturación S_r .
- h) Ensayos de consolidación en los casos especificados en el punto p) del apartado 3.3 o cuando el Consultor los asuma como necesarios.
- i) Ensayos de compactación o de "densidad" máxima y mínima cuando el Consultor los asuma como necesarios. En particular, estos ensayos resultarán necesarios cuando se prevea la construcción de defensas para enfrentar los riesgos de inundación. El Consultor justificará el tipo de ensayo realizado de acuerdo al tipo de obra a ejecutar.

Los resultados de ensayos se comunicarán como reportes separados del/los laboratorios intervinientes que se integrarán como adjuntos al Informe Principal.

Los resultados se comunicarán en forma numérica / tabular y gráfica cuando corresponda, consignando la información intermedia que permita verificar la procedencia y coherencia de los resultados finales.

A modo de ejemplo, los reportes de laboratorios correspondientes a identificación SUCS de suelos, debe incluir

- Granulometría en forma tabular y gráfica semilogarítmica con identificación de los tamices usados y porcentajes de pasantes obtenidos en los distintos tamices de la serie usada.
- Coeficientes de uniformidad y curvatura.
- Límites de consistencia.
- Clasificación SUCS resultante y denominación detallada del tipo de suelo.

Se informarán las condiciones de ejecución de los ensayos que no estén indefectiblemente consignadas en las normas respectivas, así como las principales condiciones y dimensiones fijadas por la norma.

3.5 Trabajos de Gabinete

3.5.1 Resultados

El Consultor recogerá los antecedentes zonales y regionales incluyendo la consulta a los organismos oficiales competentes y a las publicaciones disponibles con miras a establecer las posibles fluctuaciones de la napa freática en el sitio de estudio.

Se elaborará un informe que comunique la información recabada y elaborada el que incluirá

- 1) Croquis de ubicación del área, dimensiones, planimetría y ubicación de los sondeos en coordenadas geográficas (Datum WGS84) y representada sobre una interfaz de Google Earth, con indicación esquemática de la disposición de las obras.
- 2) Nivel de la napa freática y rango de oscilación estimado para la misma con la fundamentación correspondiente.
- 3) Fotografías ilustrativas con la explicación asociada.
- 4) Perfiles litológicos de los sondeos representados y descritos bajo el formato de logs de sondeos, incluyendo la posición observada y rango de variación de la napa y una síntesis de los parámetros medidos o determinados.
- 5) La totalidad de los resultados de ensayos de campo o laboratorio consignados en forma numérica y gráfica en reportes de laboratorio integrados como Anexos al Informe principal.
- 6) Un reporte de los trabajos de Geofísica, en caso de realizarse, integrado como Anexo al Informe principal.
- 7) Los valores determinados en asocio a los valores medidos tales como: Resultados de ensayos de penetración normalizados (N1)60, los pesos específicos aparentes húmedo (γ [kN/m³]) y sumergido o boyante (γ b [kN/m³]), grados de saturación (Sr), etc.

3.5.2 Interpretación de Resultados

El Consultor integrará la información recabada y obtenida y elaborará una síntesis interpretada de la

misma, poniendo en evidencia los principales procesos que tienen lugar en el terreno así como las características generales de los suelos que lo integran y el carácter de sus posibles respuestas frente a la ejecución de la estructura y la ocurrencia de fenómenos naturales esperables.

Uno de los puntos centrales de la prestación del Consultor consistirá en la elaboración de un “modelo geotécnico” asociado al sitio objeto de estudio o a cada uno de los sectores en que se implantarán las obras. Este modelo consistirá esencialmente en la interpretación simplificada y su representación gráfica así como en su característica de resultar directamente aplicable al diseño de las estructuras a implantar en el mismo. En este modelo se incluirán los espesores y parámetros o rangos de parámetros geomecánicos característicos de cada capa o sector, la posición de la napa y sus variaciones, las hipótesis de diseño relacionadas con el terreno y toda la información necesaria y directamente aplicable al diseño estructural.

Se incluirán:

- a) Una evaluación de la posibilidad de ocurrencia de situaciones particulares que podrían presentarse tales como el riesgo de inestabilidad dinámica y otros citados en el apartado 1, punto 2). Cada una de estas evaluaciones se efectuará por aplicación de metodologías actualizadas debidamente referenciadas ya partir de la información generada con motivo del EdS, de conformidad a las previsiones contenidas en la Propuesta formulada por el Consultor.
- b) Una evaluación de la agresividad del suelo y del agua subterránea sobre las estructuras.

Mediante la Interpretación a que alude este apartado se estará dando respuesta a los puntos 1), 2), 3), 5) y 8) del apartado 1.

3.5.3 Recomendaciones

A partir de la información obtenida y de su interpretación, ambas efectuadas de conformidad a los apartados precedentes, el Consultor formulará recomendaciones directamente orientadas y aplicables al diseño y construcción de las cimentaciones y las estructuras.

Estas recomendaciones incluirán como mínimo:

1. La definición de la cota y sistema de cimentaciones a adoptar en las obras a ejecutar en cada sitio. Proposición de diferentes alternativas y la expresión de sus ventajas y desventajas desde un punto de vista cualitativo - conceptual de acuerdo al criterio del Consultor.
2. La definición de los parámetros geomecánicos característicos de los suelos que participan en la respuesta mecánica de la cimentación y la estructura a diseñar y construir.
3. La definición de las hipótesis de diseño para las cimentaciones y sus constantes y parámetros asociados, los que caracterizan la respuesta mecánica de las mismas para las diferentes alternativas propuestas.
4. La definición de las presiones últimas o de hundimiento en cimentaciones superficiales y los factores de seguridad asociados para los distintos grupos de acciones. Se indicará si se trata de tensiones brutas (asociadas a la totalidad de las acciones situadas por encima del plano de cimentación) o netas (asociadas al incremento de tensiones en el mismo plano).
5. La definición de las presiones de hundimiento por el fuste y por la punta en cimentaciones profundas y los factores de seguridad asociados para los distintos grupos de acciones.
6. La definición de coeficientes de deformabilidad vertical y horizontal (coeficientes de balasto k_v o k_h [kN/m³]) para la evaluación de las deformaciones “instantáneas” en cimentaciones superficiales y profundas.
7. La definición de las hipótesis, dimensiones y coeficientes necesarios para estimar asientos asociados a eventuales procesos de consolidación.

8. La proposición de métodos y parámetros de diseño destinados a la verificación de cimentaciones sometidas a fuerzas horizontales y verticales de tracción, tal como los parámetros de resistencia al corte ("c" y " ϕ ") para cada perfil, indicando el tipo de ensayo que condujo a su determinación así como los pesos específicos saturados y secos de cada perfil, así como una estimación cuantitativa del ángulo con la vertical de la cuña de arrancamiento, atendiendo a dichos parámetros de corte en cada perfil, para cargas de corta duración.
9. La proposición de posibles medidas de diseño a adoptar con la finalidad de enfrentar las también posibles condiciones de agresividad química de los suelos o el agua subterránea sobre las estructuras.
10. Recomendaciones de índole constructiva tendientes a:
 - Remediar o subsanar situaciones propias del terreno que puedan resultar adversas para el funcionamiento óptimo de las estructuras a construir.
 - Ejecutar las obras de manera que las estructuras a construir alcancen un funcionamiento óptimo.
 - Controlar o enfrentar los riesgos asociados a las excavaciones.
 - En los casos en que resulte necesaria la construcción de rellenos o terraplenes, sea para elevar la cota de servicio del GW, para efectuar un reemplazo de suelos o por cualquier otro fin, el Proveedor deberá desarrollar un diseño al nivel ejecutivo de los rellenos o terraplenes necesarios mencionando al menos:
 - I. La definición del origen de los materiales de construcción del relleno o terraplén. (yacimento, cantera o préstamo).
 - II. Los objetivos de compactación establecidos tanto en términos de "densidad" como de humedad y su correspondiente justificación.
 - III. Los procedimientos de control y aceptación de los materiales de origen incluyendo las tipologías y cantidades de ensayos a realizar a estos efectos.
11. El punto de vista del Consultor respecto al posible riesgo de inundación de las obras y las posibles medidas u obras tendientes a contrarrestarlo adecuadamente, incluyendo criterios y parámetros geotécnicos para la ulterior elaboración de la ingeniería de las defensas. Entre los criterios y parámetros citados estarán incluidas: las "densidades" objetivo, las humedades recomendadas; el tipo de equipo de compactación a utilizar, etc. Esto sin perjuicio de la realización de un estudio hidrológico independiente por parte del Comitente tendiente a definir las cotas de inundación y sus recurrencias asociadas.
12. Otras recomendaciones de índole geotécnica necesaria para asegurar la seguridad y calidad del diseño y la construcción.

Mediante la Interpretación a que alude este apartado se estará dando respuesta a los puntos 4), 6), 7), 9), 10) del apartado 1.

ANEXO 1 –

Datos de la emisión del documento

Firmas

	FIRMA FIRMA / NOMBRE / FECHA
PREPARADO POR	X
EMITIDO POR	X
APROBADO POR	X

Lista de Distribución

	DEPARTAMENTO	FUNCION	NOMBRE
ARSAT		-	-

Registro de Cambios

VERSION	FECHA	AUTOR	DESCRIPCION
V1r0	dd-mmm-yy		Primera versión.

Documentos Aplicables / de Referencia

DA 01.

DR 01.

Abreviaturas