

ANEJO 005.- ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

Mario Quiñonez Alonso
Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos
Nº Colegiado: 23696

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	5	5.2.3	CALICATAS	8
2	OBJETIVOS.....	5	5.2.4	PRUEBAS DE PENETRACIÓN DINÁMICA – (DPL - DPSH)	9
3	MARCO NORMATIVO	5	5.2.5	ENSAYOS DE PLACA DE CARGA DINÁMICA	9
4	ENCUADRE GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO	7	5.2.6	ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA.....	10
4.1	GEOLOGÍA REGIONAL.....	7	5.2.7	EVALUACIÓN DE CORROSIÓN DE PERFILES DE ACERO ENTERRADOS EN SUELOS.....	10
4.2	ENCUADRE GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA (PSFV)	7	5.2.8	ENSAYOS DE RESISTIVIDAD TÉRMICA	10
4.2.1	PSFV LLANERA.....	7	5.2.9	PRUEBAS DE ARRANCAMIENTO (PULL OUT TEST)	10
5	ESTUDIOS GEOLÓGICOS - GEOTÉCNICOS	8	5.3	ENSAYOS DE LABORATORIO	10
5.1	ADECUACIÓN ESTACIÓN DE BOMBEO LLANERA....	8	5.3.1	CLASIFICACIÓN Y PROPIEDADES FÍSICAS	11
5.2	PLANTA FOTOVOLTAICA	8	5.3.2	RESISTENCIA Y DEFORMACIÓN	11
5.2.1	RECONOCIMIENTOS DE CAMPO.....	8	5.3.3	ANÁLISIS QUÍMICOS.....	11
5.2.2	SONDEOS	8	6	NÚMEROS DE ENSAYOS Y PRUEBAS DE CAMPO	12
			6.1	PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA LLANERA.....	12
			7	INFORME FINAL	13

7.1 GENERALIDADES 13

7.2 CIMENTACIONES PROFUNDAS 13

7.3 CIMENTACIONES SUPERFICIALES 13

7.4 EXCAVABILIDAD, RELLENOS Y TALUDES..... 13

7.5 VIALES 13

7.6 PLANOS Y PERFILES 13

7.7 APÉNDICES 13

PLANOS ENCUADRE GEOLÓGICO GEOTÉCNICO..... 14

1 INTRODUCCIÓN

Las plantas fotovoltaicas son instalaciones que normalmente ocupan una gran superficie de terreno. Esto puede dar lugar a que las condiciones geológicas y geotécnicas cambien dentro de la misma instalación. Por este motivo es necesario un diseño correcto y adecuado de la campaña geotécnica que reduzcan las incertidumbres geológicas.

En este documento se especifican las bases para el diseño de la campaña de investigación geológica y geotécnica a llevarse a cabo para la nueva planta solar fotovoltaica, PSFV de Llanera (24 MW en paneles. Teniendo como fundamento, el análisis de la documentación disponible, tanto pública como la perteneciente a ACUAMED, se establece el alcance y criterios técnicos mínimos de los estudios geológicos y geotécnicos a llevar a cabo por el contratista que vaya a ejecutar la obra de instalación de las plantas fotovoltaicas, con el objeto de determinar la naturaleza y propiedades del terreno y los aspectos necesarios para definir las actuaciones a proyectar.

2 OBJETIVOS

- Realizar el encuadre geológico y geotécnico en base a la información pública y la perteneciente al proyecto del “Trasvase Júcar – Vinalopó” de ACUAMED y recogida en el Anejo de información geológica – geotécnica de las áreas de implantación, de la planta fotovoltaica de Llanera.
- Definir los estudios y campaña geológica - geotécnica que deberá realizar el contratista que vaya a ejecutar la obra de instalación de la planta fotovoltaica, con el fin de determinar la naturaleza y propiedades del terreno y otros aspectos necesarios para definir la tipología de las cimentaciones de la Planta Fotovoltaica (PSFV), llevando a cabo tanto pruebas “in situ” como de laboratorio.

El Estudio Geológico - Geotécnico permitirá identificar y analizar las características y propiedades del terreno, así como conocer los riesgos geológicos y su influencia en las obras proyectadas de la planta fotovoltaica.

El estudio geológico - geotécnico incluirá al menos los siguientes aspectos:

- Zonificar los distintos tipos de terreno en función de la geología y acotar las zonas no válidas para la instalación de módulos.
- Definir la Viabilidad de la hincia para la sustentación de los módulos.
- Analizar el potencial de corrosión del suelo a los aceros y hormigones.
- Aportar datos de resistividad eléctrica para el diseño de la red de puesta a tierra.
- Aportar parámetros propios de la mecánica del suelo como la resistencia y la deformabilidad del terreno que se utilizarán en el diseño de las cimentaciones.
- Evaluar la excavabilidad del terreno y la maquinaria de excavación recomendada.
- Recomendar la inclinación de taludes que sean estables para las excavaciones.
- Proporcionar tensiones admisibles para cimentaciones superficiales.
- Evaluar la resistencia de cimentaciones profundas que serán confirmadas con ensayos del tipo pull-out.
- Detectar riesgos geológicos o del propio terreno como sismo, colapsabilidad, inundabilidad, zonas erosionables, deslizamientos de laderas preexistentes, karst, etc.
- Detectar rellenos antrópicos o posibles contaminaciones del terreno.
- Detectar la posición del nivel freático y definir los principales aspectos hidrogeológicos.
- Conocer la resistividad térmica del terreno natural con diferentes grados de humedad.

3 MARCO NORMATIVO

El trabajo y estudio se realizarán en pleno cumplimiento de la legislación internacional, nacional y local y normativa que le es aplicable, en su versión más reciente.

Los códigos y normas utilizados para todos los ensayos y actividades incluirán todos sus anexos y referencias.

NORMAS, CÓDIGOS Y ESTÁNDARES	
Pruebas o Ensayos	Normas, códigos y estándares
Generales	Código Estructural RD470/2021***AGS Guidelines for Good Practice in Site Investigation*** Standard Practice for Subsurface Site Characterization of Test PitTV ASTM D5921*** UNE – ENV 1997-1:1999. Euro código 7. Proyecto geotécnico. Parte 1: Reglas generales - Parte 2: Proyecto asistido por ensayos de laboratorio - Parte 3: Proyecto asistido por ensayos de campo*** Guía de cimentaciones en obras de carreteras. Ministerio de Fomento de España, 2004*** ROM 0.5-05, Recomendaciones geotécnicas para obras marítimas y portuarias. Puertos del Estado, 2005*** ETG 1.015: Diseño Sísmico*** IEEE-693-2000: Guía Diseño Sísmico para Subestaciones Eléctricas*** ISO/TV 14688-1-2002. Geotechnical investigation and testing. Identification and classification of soil. Part 1: Identification and description - Part 2: Principles and classification*** ISO/TV 14689-1-2003. Geotechnical investigation and testing. Identification and classification of rock. Part 12: Identification and description.
Calicatas (Prof=3,5 m)	Apertura, preparación y cuarteo de la muestra UNE 103100:95
Pruebas de Penetración Dinámica (Prof.=5,0m)	DPSH (Dynamic Probing Super Heavy) según Norma UNE 103-800:1992 y ASTM D 1586***ASTM D3966-07 (Standard test methods for deep foundations under lateral load)*** ASTM D3689-07 (Standard test methods for deep foundations under static axial tensile load).
Ensayos de Placa de Carga Dinámica	Norma UNE 103807-2:2008
Ensayos de Resistividad Eléctrica	ASTM/G 57; EEE Std 81-2012. Standard Test Method for Field Measurement of Soil Resistivity Using the Wenner Four-Electrode Method.
Ensayos de Resistividad Térmica	Norma ASTM D5334 e IEEE 442/D3
Pruebas de Arrancamiento (pull out test)	Norma UNE 36748:98

Granulometría	Apertura, preparación y cuarteo de la muestra UNE 103100:95*** Análisis granulométrico por tamizado UNE 103101:95.
Límites Atterberg	Determinación de los límites de Atterberg UNE 103-103:94 & UNE 103-104:93
Humedad Natural	Determinación de la humedad de un suelo UNE 103-300:93
Densidad Seca y Aparente	Densidad aparente de un suelo UNE 103-301:94
Ensayo de Corte Directo	Ensayo de corte directo (CD) UNE 103401:98*** ASTM D 2573-94 Standard Test Method for Field Vane Shear Test in Cohesive Soil.
Proctor Modificado	Ensayo de compactación Proctor modificado UNE 103-501-94 - ASTM D-1557.
CBR (Índice de Soporte California)	España se sigue la norma NLT-111 - ASTM 1883
Hinchamiento Libre	Determinación de la presión hinchamiento UNE 103602:96
Índice de Colapso	UNE 103406/06 - ASTM D 5333/92 - NLT-254/99
pH del suelo	Determinación del PH ISO 10390:1944. Instrucción de ensayo PEC-001: Electrometría. Rango: 2.0 - 12.0
Contenido Sulfatos (solubles en agua y ácido) Penetración Dinámica	Contenido en sulfatos solubles en suelo Código Estructural RD 470/2021 - UNE 83963:20082 - ASTM C1580-09e1
Contenido Materia Orgánica	Determination of the oxidizable organic matter content of a soil by the potassium permanganate method UNE 103204:93 and UNE 103204:93 (erratum)
Contenido de sulfuros	Total sulphides in soils according to UNE EN 1744-1:99 & PE-6 Molecular Spectrophotometry of Sulfides. Range: 0.6 - 3.000 mg/kg
Contenido de cloruros	Determinación del contenido en cloruros UNE EN 1744-1:99 & ASTM D 512 & AASHTO T259/260
Potencial Redox	Field method. (ISO 11271:2002)
Acidez Baumann Gully	Método de ensayo para la determinación del grado de acidez de un suelo de acuerdo con Baumann-Gully NE EN 16502-2015 ***Determinación Buffer Capacity E DIN 50929-3:2016-05 & ASTM D1067 – 06 & PEC-001 Potenciometría pH & PE-336 Espectrometría UV-VIS.
Agresividad de las aguas Freáticas	Agresividad de las aguas. DIN 50929:2018 parte 3

4 ENCUADRE GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO

4.1 GEOLOGÍA REGIONAL

En base a la información disponible en el Mapa Geológico de España (MAGNA 50 - Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000 (2ª Serie), realizado entre 1972 y 2003 por el Instituto Geológico y Minero de España y al Mapa Geológico que representa la naturaleza de los materiales (rocas y sedimentos) que aparecen en la superficie terrestre, con su distribución espacial y las relaciones geométricas entre las diferentes unidades cartográficas, se procede a caracterizar la geología regional correspondiente.

4.2 ENCUADRE GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA (PSFV)

En este apartado, se procede a realizar comentarios y algunas interpretaciones generales sobre los datos disponibles sobre las características geológicas y geotécnicas de la implantación de la planta fotovoltaica de Llanera.

Se trata en todo momento de una interpretación general de los datos disponibles.

4.2.1 PSFV LLANERA

Dado que la implantación de la FV de Llanera de 60,54 Ha, situada a unos 6 Km de distancia al noroeste de la estación de bombeo, no se dispone de datos geológicos geotécnicos previos, por tanto los datos obtenidos se han basado en la cartografía geológica del IGME.

Como es observable los datos se concentran en una superficie muy reducida de la implantación total de la planta FV.

4.2.1.1 Caracterización geológica – geotécnica

De la información disponible se observan que la cimentación de las estructuras se

llevará a cabo en las siguientes estructuras o unidades:

- **Calizas:** Calizas, dolomías, calizas argosas y margas, Facies Muschelkalk, depósitos del Rim sinclinal (Cordillera Pre Bética).
- **Conglomerados calcáreos:** Conglomerados calcáreo rojo y matriz arcillosa con niveles de arena, arcillas y ocasionalmente calizas. (Cordillera Pre Bética).
- **Aluvial – Coluvial:** Comprenden arcillas, limos, arenas, gránulos, guijarros, cantos y bloques de formas muy variables desde angulosas a redondeadas. (Cordillera Pre Bética).
- **Arcillas Abigarradas:** Arcillas Abigarradas, margas yesíferas y yesos. Ocasionalmente calizas y areniscas. Facies Keuper. (Cordillera Pre Bética).

Resumen

Para sugerir el tipo de cimentación y estructura a implementar en base a la información disponible, se puede considerar la siguiente distribución de materiales tanto para los polígonos Norte como Sur:

- **Calizas:** Polígonos Norte 5%; Polígonos Sur 0%;
- **Conglomerados calcáreos:** Polígonos Norte 20%; Polígonos Sur 65%;
- **Aluvial – Coluvial:** Polígonos Norte 55%; Polígonos Sur 35%;
- **Arcillas Abigarradas:** Polígonos Norte 15%; Polígonos Sur 5%.

Hay que resaltar que no se disponen datos de características y propiedades de cada uno de los materiales, que comprenden las unidades indicadas.

De acuerdo a la información disponible, no se tiene referencia de la ubicación en profundidad del nivel freático.

4.2.1.2 Propuesta de tipología de cimentación

La presencia de arcillas es prácticamente marginal (en torno al 15%y 5%), el resto es aluvial, coluvial, conglomerados y caliza, por lo que se propone ejecutar pedrilling para

el hincado de todas las cimentaciones de las estructuras soporte de los paneles FV.

Se hace notar que, estas propuestas se basan en la información general disponible. Y por lo tanto, son solo indicativas y deberán adaptarse de acuerdo a los resultados de los estudios geológicos y geotécnicos que, se proponen en el **punto 5**.

4.2.1.3 Documentación adjunta

Se adjunta resumen de información geológica y geotécnica “SV3822-UIH-GEN-003-APE-REN-005-Llanera_Información-geológica-geotécnica”.

5 ESTUDIOS GEOLÓGICOS - GEOTÉCNICOS

5.1 ADECUACIÓN ESTACIÓN DE BOMBEO LLANERA

La adecuación de la Estación de bombeo de Llanera, solo demanda, como máximo la construcción de un par de losas de cimentación superficial. Por lo tanto, con la información y estudios realizados para la construcción de estas, es suficiente, sin demandar estudios geológicos - geotécnicos adicionales.

5.2 PLANTA FOTOVOLTAICA

En los siguientes apartados se indican los reconocimientos de campo, los ensayos de laboratorio, medición y el contenido de los informes con la interpretación geotécnica correspondiente a desarrollar por parte del contratista .

También se indican a modo de orientación ,el número mínimo de pruebas de campo, ensayos de laboratorios y otras pruebas que se debe realizar la parte contratante para los estudios geológicos - geotécnicos en la implantación de la planta fotovoltaica, y en función de su superficie aproximada a ocupar, que para el caso de Llanera es de 60,54, Ha.

5.2.1 RECONOCIMIENTOS DE CAMPO

El trabajo de campo consistirá en la ejecución de sondeos, calicatas, pruebas de penetración dinámicas y la realización de otras pruebas de campo y laboratorio que se describen a continuación. La distribución de estas será lo más homogéneo posible en función de los datos geológicos – geotécnicos iniciales y de la ubicación de las instalaciones a ser construidas. Los trabajos de campo a realizar serán los siguientes:

5.2.2 SONDEOS

Se ejecutarán sondeos de hasta 10 m de profundidad, con el objeto de caracterizar el perfil de las principales formaciones geológicas, en la planta fotovoltaica. Esto permitirá contar con un perfil geológico y geotécnico más definido. De cada sondeo se extraerán muestras inalteradas cada 1,00 m o en los cambios de estratigrafía u otras características que geotécnicas que hagan oportuna su extracción. Adicionalmente se llevarán a cabo ensayos SPT para completar y complementar el estudio.

5.2.3 CALICATAS

Se realizarán las calicatas necesarias en función de la superficie de la parcela y que se muestran en la tabla de mediciones. Durante la excavación, se realizarán ensayos geotécnicos de los materiales atravesados, determinando el grado de excavabilidad, estabilidad de taludes y presencia de humedad. La excavación se realizará en suelos y terrenos con una profundidad máxima de 3,5 metros. Si en algún sitio se detectara un sustrato rocoso, se perforarán al menos 20 cm adicionales a lo excavado con martillo. De esta forma, se garantiza que se supere la profundidad de hincado de los futuros perfiles metálicos que, en la práctica, sirven de sostenimiento a los paneles fotovoltaicos y que permitan conocer el terreno sobre el que se apoyarán otros elementos principales de las instalaciones como los inversores o pequeños edificios auxiliares.

Durante la ejecución de las calicatas, se recolectarán muestras representativas de suelo para pruebas de laboratorio. También, se tendrán en cuenta aspectos geológicos y medioambientales, como rellenos antrópicos o posible contaminación del suelo. Y en

el caso de encontrar agua se comprobará la agresividad de esta.

La ejecución de las calicatas se realizará mediante excavación y apeo de muros (si se requiere acceder al interior de la excavación para tomar las muestras o fotos del estrato y sus paredes presentan inestabilidad), con recolección de muestras de suelos tanto inalteradas como alteradas. Se incluirá también los registros estratigráficos y fotográficos.

Todas las muestras obtenidas se empaquetarán adecuadamente para evitar alteraciones durante el transporte o almacenamiento y se enviarán al laboratorio lo antes posible.

En cada nivel geotécnico se podrá realizar complementariamente, una prueba de penetrómetro ligero para cuantificar la capacidad portante del suelo y su potencial asentamiento.

Si antes de excavar una calicata, se observan signos de humedad o presencia de agua, se mantendrá abierta la excavación durante al menos 30 minutos, para estimar la posible permeabilidad del terreno. Si este es el caso, se evaluarán las características del flujo de agua, en función de la cantidad agua filtrada a la excavación y de cómo se produce (rezuma, gotea..., etc.). También se registrará cualquier característica organoléptica destacable que pueda presentar.

Todos los ensayos serán descritos (geológicamente – geotécnicamente), adjuntando un corte estratigráfico del terreno, así como las condiciones en cuanto a humedad, dureza o compacidad de cada estrato, evaluando cualitativamente estos parámetros en tantos niveles como sea necesario. En cada calicata, se registrarán las coordenadas (X, Y, Z) y la profundidad del nivel freático, si corresponde. Adicionalmente, se aportará el correspondiente reportaje fotográfico previo, durante y una vez ejecutada la calicata, como así también de las pilas o montones generados por el apilamiento del material excavado, y el detalle del material o materiales excavados.

Con posterioridad cada calicata excavada se rellenará y compactará adecuadamente para que se recupere toda la tierra extraída.

5.2.4 PRUEBAS DE PENETRACIÓN DINÁMICA – (DPL - DPSH)

Con el fin de investigar la resistencia de suelo, tanto a esfuerzos verticales como horizontales, posibilidad de hinca, etc., de los distintos niveles geológicos del perfil del suelo de los terrenos, donde se cimentarán las estructuras de las PSFV, por economía y facilidad de ejecución se propone realizar pruebas de penetración dinámica (DPL - DPSH). Los ensayos se deben realizar con penetrómetros pesados tipo DPSH y complementarlos en aquellas zonas de difícil acceso, con penetrómetros ligeros tipo Panda2 por su correlación con el valor del ensayo SPT.

Con el penetrómetro se puede conocer la resistencia a la penetración y aporta datos de la resistencia de los distintos niveles geológicos atravesados y observados en las calicatas. En este sentido es muy importante conocer el espesor de suelo vegetal ya que, aunque no se suele retirar, especialmente en parcelas llanas y horizontales, no se debe contar con su contribución al sostenimiento de los perfiles metálicos de cimentación y, por tanto, no se debe considerar esta profundidad del terreno como parte resistente.

5.2.5 ENSAYOS DE PLACA DE CARGA DINÁMICA

Con el objeto de reconocer la subrasante de los caminos de acceso e investigar con mayor detalle la deformabilidad de cimentaciones superficiales, se utilizarán los ensayos alemanes con placas de carga dinámica. Estos ensayos permiten determinar la capacidad de carga última, Edv. Este valor mediante un experimento

Si el terreno cercano a la superficie está saturado, será necesario realizar pruebas de carga estática en placa, lo que requiere contar con un elemento de reacción, como por ejemplo, un camión cargado de arena.

En el informe se especificarán todos los parámetros y recomendaciones para el diseño

de los caminos de acceso.

5.2.6 ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

Para obtener datos para el diseño de la red terrestre, interpretando la estratificación geológica, detectando el nivel freático y su profundidad, y estudiando la corrosividad sobre los aceros, se realizarán pruebas de resistividad eléctrica del terreno, siendo la tomografía eléctrica la más habitual y completa.

Para ello las mediciones se ubicarán a 100 metros de distancia entre sí, a 0,5 – 1,00 – 1,50 metros de profundidad. Lo cual permitirá obtener los valores de resistividad a lo largo de un trazado, para ver la variación de este horizontalmente y no sólo verticalmente.

5.2.7 EVALUACIÓN DE CORROSIÓN DE PERFILES DE ACERO ENTERRADOS EN SUELOS

El propósito es calificar la corrosividad monitoreando el acero de perfiles enterrados y definir recomendaciones para garantizar la vida útil de la planta, a través de mediciones de campo y complementarlas con ensayos de laboratorio.

5.2.8 ENSAYOS DE RESISTIVIDAD TÉRMICA

Para el correcto diseño de las zanjas eléctricas de las instalaciones fotovoltaicas, es necesario determinar la resistividad (ρ) o conductividad (K) del terreno presente en la zona de estudio. Este valor debe ser determinado tanto en condiciones naturales como sobre muestras compactadas que formarán el relleno de dichas zanjas.

La determinación del valor de resistividad térmica, conductividad térmica y temperatura del terreno se realizará en campo en el interior de las calicatas. Dicha medida debe ir acompañada del valor de la humedad natural y la densidad del suelo, ya que estos valores condicionan enormemente las propiedades térmicas de los suelos.

Este mismo parámetro se puede medir en laboratorio en muestras inalteradas o mediante la compactación de las muestras de suelo. En el último caso se compacta una muestra en un molde cilíndrico a la densidad máxima y humedad óptima de compactación, posteriormente se satura dicha muestra.

Una vez saturada se procede a realizar diversas medidas de la resistividad térmica a medida que la muestra pierde humedad para una misma densidad de compactación. Con el conjunto de los valores así obtenidos se determina la curva de resistividad térmica vs humedad (Thermal Resistivity Dry-Out Curve), la cual permite el correcto diseño de los materiales de rellenos de las zanjas eléctricas.

5.2.9 PRUEBAS DE ARRANCAMIENTO (PULL OUT TEST)

Para determinar la capacidad del terreno de su aptitud para el hincado de perfiles metálicos, que el caso de plantas fotovoltaicas corresponde a las estructuras soporte de los paneles fotovoltaicas, se deben realizar pruebas de arrancamiento que medirá la capacidad de carga de los perfiles a hincar, en condiciones similares a las de servicio. Evaluando el comportamiento de los perfiles empleados en las estructuras, soporte de las mesas o paneles de una instalación fotovoltaica, en base a las características de los diferentes tipos de terreno existentes.

5.3 ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos de laboratorio se pueden dividir en varios grupos:

- El primer grupo corresponde con los de identificación, clasificación, estado y caracterización que nos permiten conocer el tipo de suelo.
- En el segundo grupo están los ensayos mecánicos para conocer la resistencia y deformabilidad de los materiales, sean suelos o rocas.
- En el tercer grupo se sitúa el análisis del aprovechamiento de materiales, cuando esta partida sea singular en la futura obra.

- Finalmente, el cuarto grupo sería el de los ensayos químicos para evaluar la corrosividad del suelo y el agua a los aceros y los hormigones.

La petición final de ensayos la debe realizar el geólogo encargado del estudio en función de la naturaleza de los materiales encontrados, especialmente si son o no cohesivos.

La preparación de muestras, los procedimientos de ejecución y el informe de los resultados de las pruebas deben prepararse de acuerdo con Normas ASTM.

El objetivo de las pruebas de laboratorio es proporcionar información complementaria a la investigación de campo, para definir suficientemente las condiciones del terreno que permitan el diseño de cimentaciones. En general, el trabajo de laboratorio consiste en determinar las propiedades de los suelos identificados, clasificándolos en estratos y determinando sus propiedades físicas (resistencia, compresibilidad, permeabilidad, asentamientos esperados, potencial de hinchamiento, etc.) que definen su comportamiento mecánico bajo los rangos de tensiones esperadas de la estructura a diseñar.

Para caracterizar adecuadamente los diferentes materiales identificados, se ejecutarán las siguientes pruebas de laboratorio sobre las muestras recolectadas en los pozos de prueba:

5.3.1 CLASIFICACIÓN Y PROPIEDADES FÍSICAS

A modo orientativo, el primer grupo de pruebas se compone de los siguientes ensayos:

- Granulometría
- Límites Atterberg
- Humedad Natural
- Densidad Seca y Aparente

5.3.2 RESISTENCIA Y DEFORMACIÓN

A modo orientativo, el segundo grupo de pruebas se compone de los siguientes ensayos:

- Ensayo de Corte Directo
- Proctor Modificado (Ensayo de compactación)
- Índice de Soporte California - CBR
- Hinchamiento Libre
- Índice de Colapso

5.3.3 ANÁLISIS QUÍMICOS

A modo orientativo, el cuarto grupo de pruebas se compone de los siguientes análisis:

- pH del suelo.
- Contenido Sulfatos (solubles en agua y ácido)
- Contenido Materia Orgánica
- Acidez Baumann Gully
- Contenido de sulfuros
- Contenido de cloruros
- Potencial Redox
- Agresividad de las aguas

6 NÚMEROS DE ENSAYOS Y PRUEBAS DE CAMPO

A modo orientativo, en las siguientes tablas, se establecen las mediciones mínimas de ensayos de laboratorio y pruebas de campo a realizar, para la planta fotovoltaica, en función de la superficie se aplican ratios orientativas del sector.

6.1 PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA LLANERA

La planta solar fotovoltaica de Llanera se desarrolla en seis polígonos de terrenos independientes, con una superficie total de 60,54 Ha. El número de ensayos y pruebas de campo se calculan a través de ratios por hectárea, de uso habitual en la construcción de las plantas solares fotovoltaicas.

PSFV: 60,54 Ha LLANERA		
PRUEBAS DE CAMPO		
Pruebas	Cantidad	Ratio nº por xx Ha
Calicatas (Prof=3,5 m)	16	1 cada 4 Ha
Pruebas de Penetración Dinámica (prof=5,0m)	30	1 cada 2 Ha
Ensayos de Placa de Carga Dinámica	11	1 cada 6 Ha
Ensayos de Resistividad Eléctrica	11	1 cada 6 Ha
Ensayos de Resistividad Térmica	11	1 cada 6 Ha
Pruebas de Arrancamiento (pull out test)	33	1 cada 2 Ha

PSFV: 60,54 Ha LLANERA		
ENSAYOS DE LABORATORIO Identificación, Clasificación y Estado del suelo		
Ensayos	Cantidad	Ratio nº por xx Ha
Granulometría	195	3 cada 1 Ha
Límites Atterberg	195	3 cada 1 Ha
Humedad Natural	195	3 cada 1 Ha
Densidad Seca y Aparente	130	2 cada 1 Ha

PSFV: 60,54 Ha LLANERA		
ENSAYOS DE LABORATORIO Mecánicos de Resistencia y Deformación		
Pruebas	Cantidad	Ratio nº por xx Ha
Ensayo de Corte Directo	22	1 cada 3 Ha
Proctor Modificado	11	1 cada 6 Ha
CBR (Indice de Soporte California)	11	1 cada 6 Ha
Hinchamiento Libre	9	1 cada 7 Ha
Indice de Colapso	9	1 cada 7 Ha

PSFV: 60,54 Ha LLANERA		
ENSAYOS DE LABORATORIO Análisis Químicos		
Pruebas	Cantidad	Ratio nº por xx Ha
pH del suelo	44	2 cada 3 Ha
Contenido Sulfatos (solubles en agua y ácido)	33	1 cada 2 Ha
Contenido Materia Orgánica	33	1 cada 2 Ha
Contenido de sulfuros	33	1 cada 2 Ha
Contenido de cloruros	33	1 cada 2 Ha
Potencial Redox	17	1 cada 4 Ha
Acidez Baumann Gully	33	1 cada 2 Ha
Agresividad de las aguas Freaticas	17	1 cada 4 Ha

7 INFORME FINAL

El Informe Final contendrá toda la información y análisis relevantes basados en los resultados de la Estudios geológicos - geotécnicos y pruebas de laboratorio que incluirá la siguiente información recogiendo todo lo expuesto en esta especificación.

7.1 GENERALIDADES

El informe geológico y geotécnico recogerá pormenorizadamente la formación del modelo geológico e hidrogeológico y los posibles riesgos geológicos, identificación de las unidades geomorfológicas, identificación de las unidades hidrogeológicas, análisis de sismicidad y parámetros de cálculo.

Se realizará una adecuada caracterización geotécnica de los terrenos encontrados con la asignación de sus parámetros resistentes y deformacionales en base a los datos de campo y los ensayos de laboratorio. Identificación de los niveles freáticos y posibles variaciones con el tiempo de estos. Agresividad de los terrenos a los hormigones y agresividad frente a la corrosión de los aceros acorde con las normas internacionales de amplio uso. Generando un modelo geológico y geotécnico completo de las implantaciones de las tres plantas fotovoltaicas.

7.2 CIMENTACIONES PROFUNDAS

Se definirá la tipología y zonificación para la cimentación en hincas de las estructuras soportes de las placas fotovoltaicas. En el caso de que no sea posible como primera opción la hinca de perfiles metálicos, se explorarán otras posibilidades como la ejecución de un preforo, el empleo de tornillos, o la cimentación directa. En el caso de terrenos rocosos se acudirá a micropilotes o cimentaciones directas.

7.3 CIMENTACIONES SUPERFICIALES

Definir la tipología y presentar los cálculos de la capacidad portante de las cimentaciones superficiales para cabinas de inversores y elementos ligeros, y profundas para cimentación de las estructuras de los paneles fotovoltaicos.

7.4 EXCAVABILIDAD, RELLENOS Y TALUDES

Definición de los parámetros para el diseño de los elementos de contención si los hubiera, los cálculos de estabilidad de los taludes, zanjas, rellenos y excavabilidad de los materiales y maquinaria recomendada, parámetros de resistividad eléctrica del terreno para la definición de la red de tierras y parámetros de la resistividad térmica del terreno para el diseño de las zanjas eléctricas.

7.5 VIALES

Para el diseño de los viales, se proporcionarán los espesores mínimos de saneo de suelos superficiales (organic topsoil y/o suelos blandos) para la preparación del terreno para la formación de los viales tanto de acceso a la planta como los interiores para el tránsito de los vehículos pesados. Se definirá el tipo de compactación inicial, espesor y naturaleza de las capas granulares de formación de los viales y grado de compactación en base a los ensayos realizados.

7.6 PLANOS Y PERFILES

El informe debe contener los perfiles geológicos con los aspectos más significativos y que incorpore todos los registros tanto de los reconocimientos de campo como de los ensayos de laboratorio.

De igual modo es importante proporcionar la cartografía geológica de detalle y un plano de hincabilidad del terreno que permita diseñar la posterior campaña de hincas y pull-out tests acorde con el terreno esperable, aunque dicho plano será modificado tras la campaña de hincabilidad.

7.7 APÉNDICES

Todas las investigaciones de campo se recogerán en los correspondientes apéndices a la memoria del Informe Geotécnico con la descripción detallada de cada una de las investigaciones (posición georreferenciada, maquinaria, fecha, descripción geológica-geotécnica por técnico especialista, muestras tomadas y demás observaciones) con un amplio reportaje fotográfico de las actividades y de las condiciones generales de la parcela.

ANEJO 005.- ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

APÉNDICE 1.- PLANOS DE ENCUADRE GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

1 INTRODUCCIÓN

En este apéndice se muestra la información geológica geotécnica disponible de la zona donde se ubica la PSFV de “Llanera”.



