

PROYECTO BÁSICO TELESILLA CF4 BALSAS

ESTACIÓN INVERNAL VALLE DE ASTÚN

E – ANEXOS



ANEXO 1. – ESTUDIO GEOTÉCNICO

PRELIMINAR



Estudio preliminar de condiciones geotécnicas de las posiciones de las pilonas del telesilla “Balsas”.

Estación de Astún (Huesca).

Nº informe: ZI-281GC25
Noviembre 2025

PETICIONARIO: Estación Invernal Valle de Astún, S.A.



INDICE

I. INFORMACIÓN PREVIA.....	4
1. ANTECEDENTES.....	4
1.1. Generalidades.....	4
1.2. Características del proyecto.....	5
1.3. Alcance del trabajo.....	5
2. MARCO GEOLÓGICO.....	7
2.1. Unidades geológicas en el contexto regional.....	7
2.2. Materiales en la zona de estudio. Riesgos geológicos.....	8
3. MARCO GEOTÉCNICO.....	10
4. SISMICIDAD.....	12
II. TRABAJOS REALIZADOS.....	13
1. TRABAJOS DE CAMPO.....	13
1.1. Cartografía geológica.....	13
1.2. Descripción geológica del trazado.....	14
1.3. Estaciones geomecánicas.....	16
III. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y ANÁLISIS GEOTÉCNICO.....	21
1. ANÁLISIS GEOESPACIAL.....	21
2. ANÁLISIS GEOTÉCNICO. CRITERIOS. METODOLOGÍA.....	25
3. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DE LAS POSICIONES DE LAS PILONAS.....	28
3.1. Estación inferior (salida).....	29
3.2. Pilona P-01.....	30
3.3. Pilona P-02.....	31
3.4. Pilona P-03.....	32
3.5. Pilona P-04.....	34
3.6. Pilona P-05.....	35
3.7. Pilona P-06.....	37
3.8. Pilona P-07.....	38
3.9. Pilona P-08.....	39
3.10. Pilona P-09.....	40
3.11. Pilona P-10.....	42
3.12. Estación superior (llegada).....	44
3.13. Resumen del apartado.....	46

4.	ACTUACIONES DE PROTECCIÓN	47
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	48

ANEJOS

ANEJO Nº I: PLANOS

ANEJO Nº II: REPORTAJE FOTOGRÁFICO

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Trazado del telesilla y posiciones de las pilonas.	4
Figura 2.	Mapa geológico de la península ibérica con la localización de la zona de estudio (modificado de Pardo et al., 2004).	7
Figura 3.	Cartografía geológica de contexto de la zona de estudio (modificado de Piedrafita et al., 2019)	8
Figura 4.	Cartografía de la zona de estudio con las tipologías de materiales presentes y sus características geotécnicas (cartografía geotécnica 1/200.000 IGME).	10
Figura 5.	Secuencia de imágenes aéreas del emplazamiento de la estación inferior desde 1956 a 2021.....	11
Figura 6.	Izquierda, mapa sísmico vigente (2002). Derecha, evaluación del riesgo sísmico y medidas correctoras en el dimensionamiento constructivo (normativa sismorresistente) y evaluación realizada por el IGN para periodos de retorno de 475 años con riesgo sísmico instrumental y evaluando la presencia de fallas activas.	12
Figura 7.	Cartografía geológica del trazado del telesilla, con indicación de las posiciones de las pilonas.	14
Figura 8.	Areniscas rojas en afloramiento junto a camino.	15
Figura 9.	Morrenas formadas por acumulación de bloques y lajas en matriz más fina.	15
Figura 10.	Pizarras grises (izquierda) en cárcava, areniscas y pizarras grises (derecha).	16
Figura 11.	Superficie rocosa (izquierda) y recubrimiento de cantos y bloques sobre roca (derecha).	16
Figura 12.	Situación y fotografía de la estación geomecánica EG-1.	17
Figura 13.	Representación estereográfica. EG-1.....	18
Figura 14.	Situación y fotografía de la estación geomecánica EG-2.	19
Figura 15.	Representación estereográfica. EG-2.....	20
Figura 16.	Mapa de pendientes reclasificado.....	21
Figura 17.	Gráfico de distribución de pendientes.....	22
Figura 18.	Mapa de distribución espacial de canales hídricos.....	23
Figura 19.	Mapa de visualización por el modelo RRIM.....	24

Figura 20 . Presión admisible a efectos orientativos para cimentaciones (CTE)	26
Figura 21 . Panorámica y modelo 3D fotogramétrico de las posiciones de las pilonas.	28
Figura 22 . Ubicación y aspecto de la zona de emplazamiento de la estación inferior (salida).	29
Figura 23 . Ubicación y aspecto de la zona de emplazamiento de la pilona P-01.	30
Figura 24 . Ubicación y aspecto de la zona de emplazamiento de la pilona P-02.	31
Figura 25 . Suelos de recubrimiento cuaternario en las inmediaciones del emplazamiento de la pilona P-03.	32
Figura 26 . Ubicación y aspecto de la zona de emplazamiento de la pilona P-03.	33
Figura 27 . Ubicación y aspecto de la zona de emplazamiento de la pilona P-04.	34
Figura 28 . Suelos de recubrimiento cuaternario en las inmediaciones del emplazamiento de la pilona P-05.	35
Figura 29 . Ubicación y aspecto de la zona de emplazamiento de la pilona P-05.	36
Figura 30 . Ubicación y aspecto de la zona de emplazamiento de la pilona P-06.	37
Figura 31 . Ubicación y aspecto de la zona de emplazamiento de la pilona P-07.	39
Figura 32 . Ubicación y aspecto de la zona de emplazamiento de la pilona P-08.	40
Figura 33 . Indicios de posibles deslizamientos próximos a la posición de la pilona P-09.	41
Figura 34 . Ubicación y aspecto de la zona de emplazamiento de la pilona P-09.	42
Figura 35 . Ubicación y aspecto de la zona de emplazamiento de la pilona P-10.	43
Figura 36 . Areniscas rojas (izquierda) y bloques de gran tamaño (derecha) en zonas próximas al emplazamiento de la estación superior.	44
Figura 37 . Ubicación y aspecto de la zona de emplazamiento de la estación superior (llegada).	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas de las posiciones estudiadas.	5
Tabla 2. Valoración apriorística de riesgos	9
Tabla 3. Estación geomecánica EG-1.	17
Tabla 4. Estación geomecánica EG-2.	19
Tabla 5. Tabla resumen de condiciones geotécnicas y de cimentación de las distintas posiciones.	46

I. INFORMACIÓN PREVIA

1. ANTECEDENTES

Tras los contactos establecidos con D. Alejandro Madrid, en representación de Estación Invernal Valle de Astún, S.A., se encarga a Geoscan Consultoría, S.L.P., la realización del estudio preliminar para el establecimiento de las condiciones geotécnicas generales de las posiciones de las pilonas del nuevo telesilla "Balsas", en la Estación de Astún (Huesca).

1.1. Generalidades

Se realiza el presente estudio preliminar de condiciones geotécnicas de las posiciones de las distintas pilonas del telesilla que sirva para prever las condiciones de cimentación esperables en cada posición, ante la imposibilidad de acceso a las mismas en este momento, sin que ello sea óbice a la realización de las pruebas geotécnicas necesarias una vez sea posible el acceso a las distintas ubicaciones.

En la figura adjunta se muestra el trazado del nuevo telesilla y las posiciones de las distintas pilonas, según los datos aportados por el peticionario:

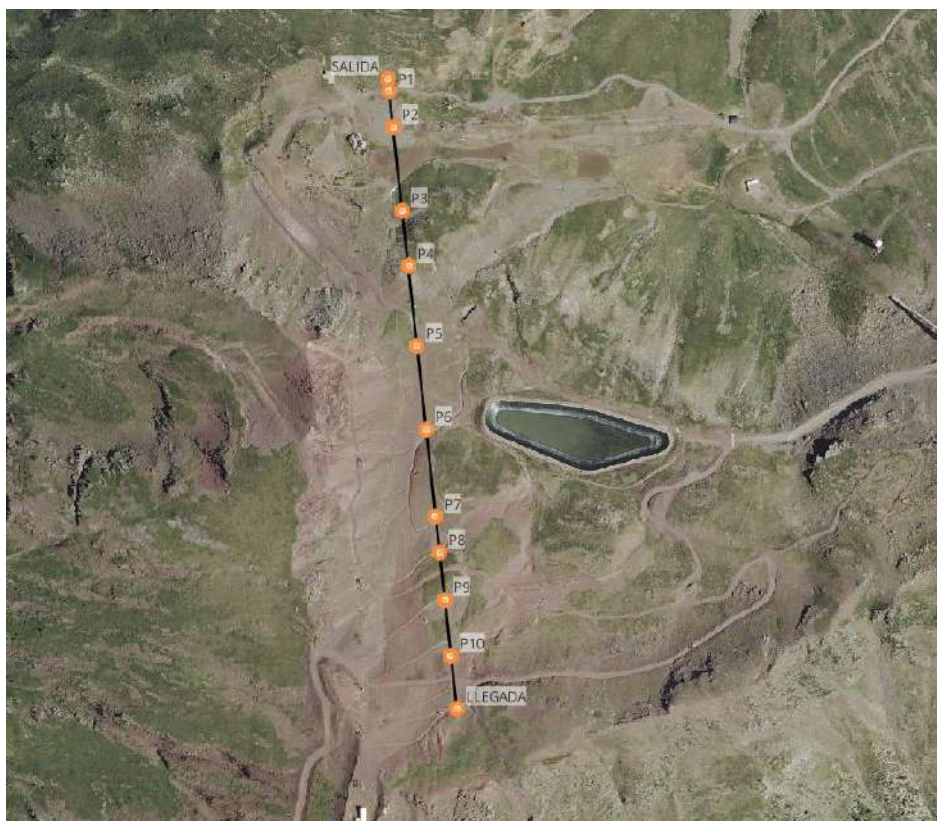


Figura 1. Trazado del telesilla y posiciones de las pilonas.

1.2. Características del proyecto

El nuevo telesilla se desarrollará a lo largo de un trazado de 793 m, salvando un desnivel de unos 203 m, por la cara noroeste del pico de La Raca, permitiendo el remonte desde la cota 2012 m hasta la cota 2215. Se desarrolla paralelo a la pista La Raca y al telesilla Cima Raca existente.

El telesilla dispondrá de un total de 10 pilonas, más dos posiciones correspondientes a la estación de salida y a la de llegada, cuyas coordenadas, según la información aportada por el peticionario, se recogen en la tabla adjunta:

POSICIÓN	Coordenadas UTM 30T		
	X	Y	Z
Salida	704083,37	4741884,99	2011,80
P-01	704085,17	4741869,02	2014,90
P-02	704090,22	4741824,37	2019,21
P-03	704101,52	4741719,96	2033,05
P-04	704109,53	4741650,35	2076,33
P-05	704120,17	4741550,94	2097,50
P-06	704131,72	4741446,53	2111,27
P-07	704143,66	4741337,19	2142,41
P-08	704148,68	4741292,46	2148,26
P-09	704155,09	4741232,79	2168,22
P-10	704162,77	4741163,19	2188,42
Llegada	704170,16	4741096,56	2215,33

Tabla 1. Coordenadas de las posiciones estudiadas.

1.3. Alcance del trabajo

Como se ha indicado anteriormente, el presente estudio constituye una evaluación preliminar de las condiciones geotécnicas esperables en las posiciones proyectadas, en base a un reconocimiento geológico y

geotécnico de campo y sin la realización de pruebas geotécnicas mecánicas. El objeto de este estudio es, por tanto, establecer de manera general las condiciones de cimentación esperables en cada posición.

En fases posteriores de proyecto o en fase de obra será necesario realizar las pruebas geotécnicas mecánicas y ensayos de laboratorio necesarios para la caracterización de materiales y la definición precisa de las condiciones de cimentación en cada posición.

2. MARCO GEOLÓGICO

Se esboza en este apartado una breve descripción geológica de los materiales que conforman la zona de estudio, con una situación general y una pequeña descripción a escala más local.

2.1. Unidades geológicas en el contexto regional

Según la Hoja nº 145 "Sallent" del Mapa Geológico de España (MAGNA) publicado por el IGME, la zona de estudio se localiza en la Zona Axial de la Cordillera de los Pirineos. Está constituida fundamentalmente por materiales paleozoicos predominantemente pizarrosos y calcáreos afectados por un intenso plegamiento hercínico acompañado por un metamorfismo de bajo grado.

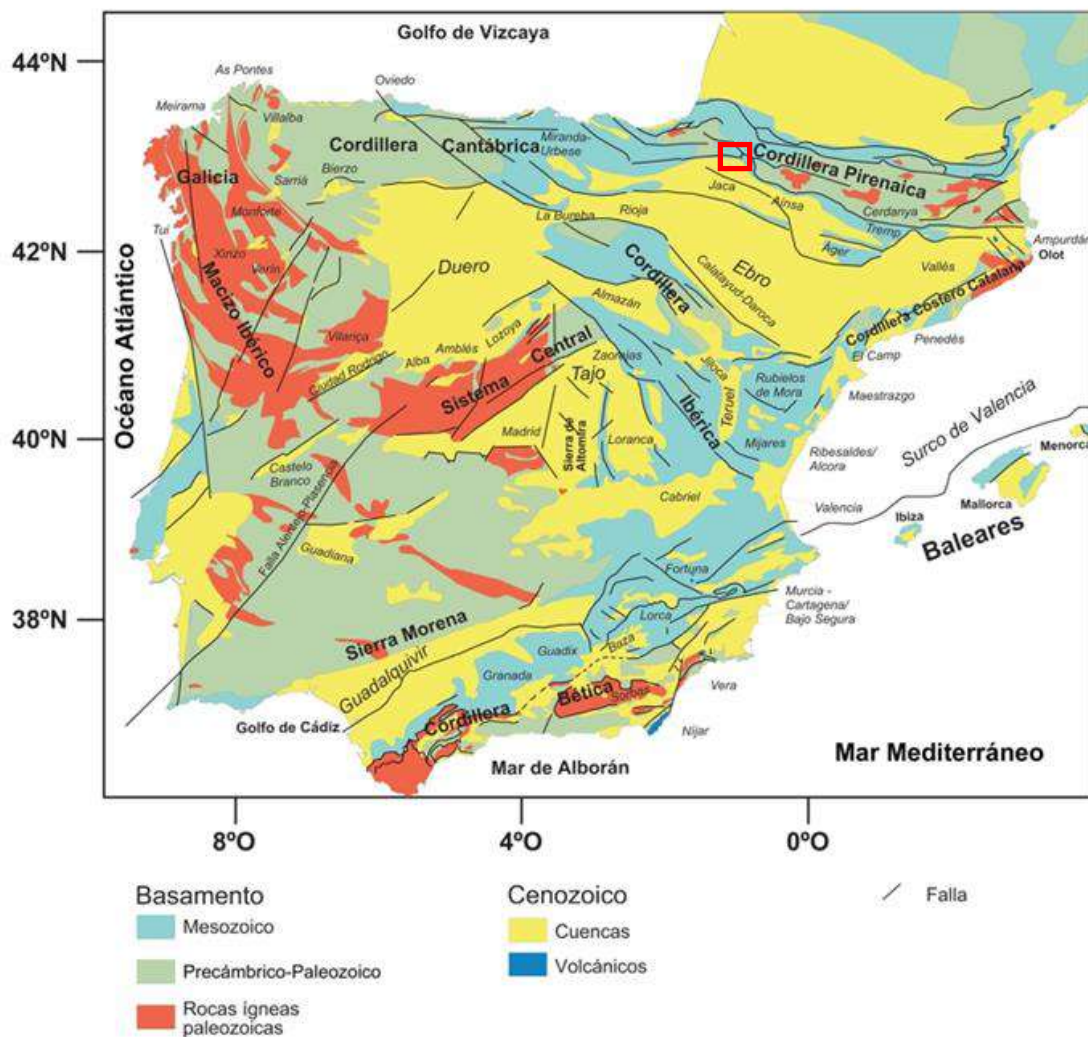


Figura 2. Mapa geológico de la península ibérica con la localización de la zona de estudio (modificado de Pardo et al., 2004).

Los materiales aflorantes pertenecen al Carbonífero y al Pérmico. Están representados por grauvacas y pizarras, así como por areniscas rojas.

2.2. Materiales en la zona de estudio. Riesgos geológicos

Como se ha indicado, los materiales presentes en la zona de estudio están formados por rocas paleozoicas que abarcan desde el Carbonífero, representados por grauvacas y pizarras en facies Culm (Namuriense-Westfaliense), hasta las areniscas rojas de la parte basal del Pérmico (Autuniense).

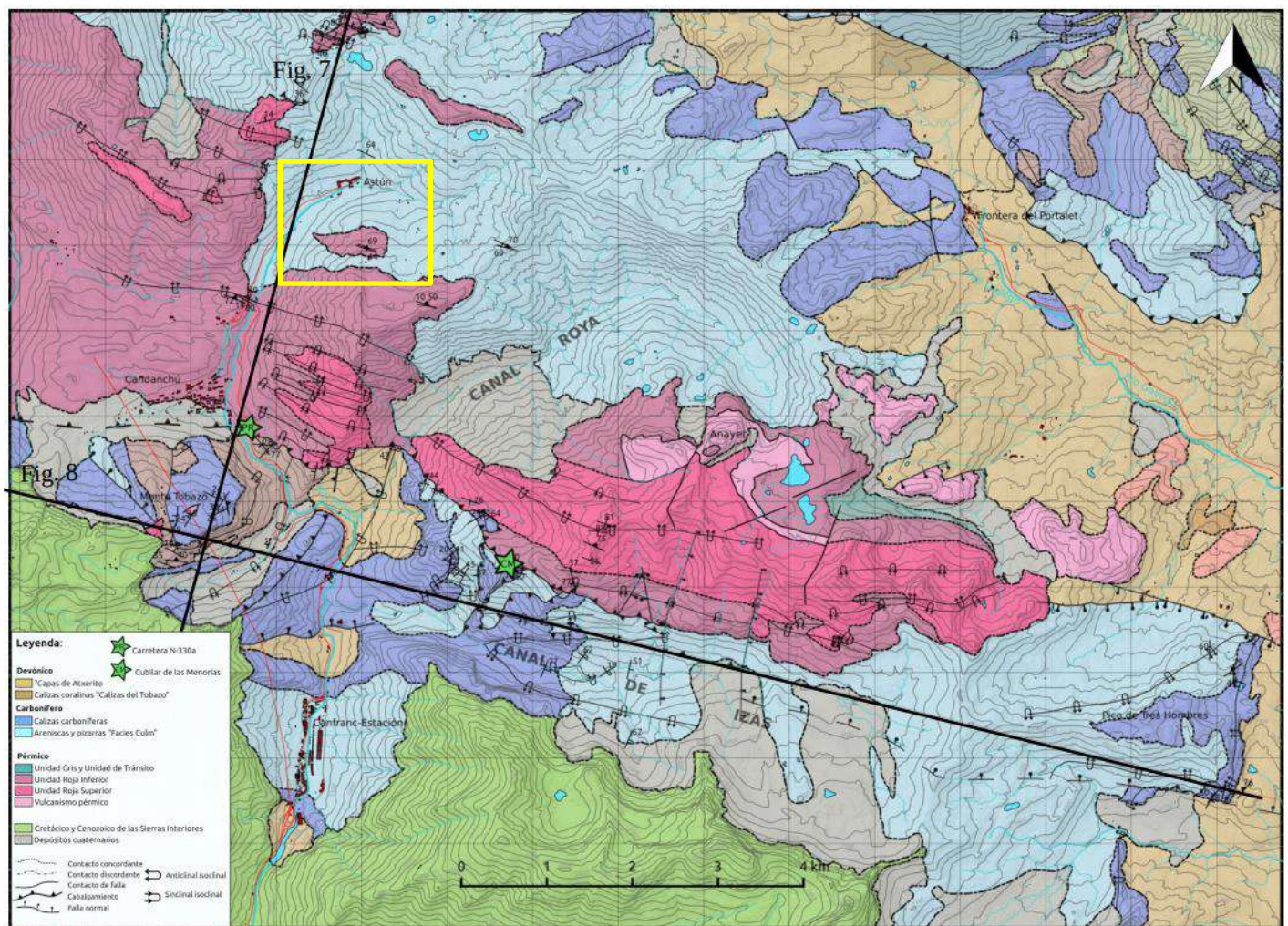


Figura 3. Cartografía geológica de contexto de la zona de estudio (modificado de Piedrafita et al., 2019)

Pueden existir recubrimientos cuaternarios de distinta entidad y composición tapizando el substrato rocoso paleozoico, como derrubios, coluviones o depósitos coluvio-aluviales asociados a los barrancos que discurren por el área.

Finalmente, no puede descartarse la presencia de rellenos de origen antrópico relacionados con las actividades constructivas de la propia estación invernal (acondicionamiento de pistas o telesillas existentes).

Se adjunta en la siguiente tabla la valoración apriorística de riesgos hecha de manera bibliográfica y con los datos existentes en las administraciones públicas pertinentes, de la zona de estudio.

Riesgos		
Tipología	Fuente	Calificación
Kársticos	Gobierno de Aragón	Muy baja
Deslizamiento	Gobierno de Aragón	Media
Inundabilidad	Gobierno de Aragón	Baja
Expansividad	IGME	Nula / Baja
Zonas inundables	CHE	No inundable para T500

Tabla 2. Valoración apriorística de riesgos

Hay que recordar que este análisis – riesgos geológicos – es meramente bibliográfico y de carácter general, en base a publicaciones, sin atender a una casuística determinista. Por lo anterior, cualquier información más detallada que se desee obtener al respecto, debe conseguirse mediante estudios propios para cada temática de riesgo. Estudios que, como se ha comentado, escapen al alcance del presente informe. Para una correcta evaluación del riesgo particular de la zona en los distintos aspectos que pueden comprometerla, se deben realizar estudios específicos (si se considera pertinente por parte de la dirección técnica), tomando como base las informaciones generales al respecto aquí vertidas.

3. MARCO GEOTÉCNICO

Las unidades de la zona analizada, en función de datos regionales y de afloramientos próximos, permiten determinar los rangos de variabilidad, representatividad, correlación y caracterización de las unidades geotécnicas que representan el subyacente de la zona estudiada.

Desde un punto de vista general, el comportamiento geotécnico esperable de la zona de estudio puede adscribirse a las unidades descritas en la cartografía geotécnica realizado por el Instituto Geológico y Minero de España a escala 1:200.000, concretamente sus hojas -1/7-2 "Irún-Pamplona" y 14 "Viella".

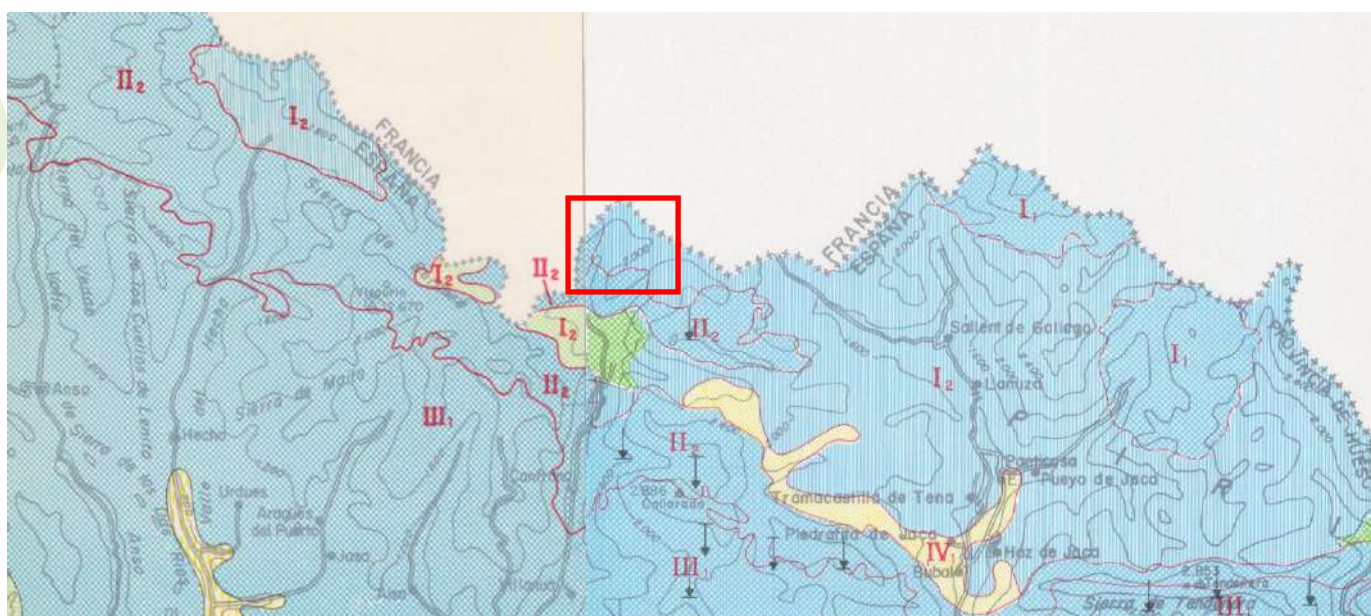


Figura 4. Cartografía de la zona de estudio con las tipologías de materiales presentes y sus características geotécnicas (cartografía geotécnica 1/200.000 IGME).

Desde el punto de vista geotécnico, la zona de estudio se encuadra en el dominio I₂, constituido por los materiales del núcleo montañoso paleozoico de la Zona Axial. Predominan esquistos, pizarras, cuarcitas y rocas carbonatadas. Notable la presencia de suelos coluviales. Son materiales estables en general, a excepción de los recubrimientos coluviales y los tramos fuertemente pizarrosos o esquistosos, los cuales pueden generar inestabilidades. Son materiales mayoritariamente impermeables con drenaje interno escaso por fisuración y externo favorable por escorrentía. Su capacidad de carga es media o alta y los asentos esperables reducidos. Presentan condiciones constructivas desfavorables en general, con problemas de tipo geomorfológico y litológico por deslizamientos y desprendimientos tanto en condiciones naturales como bajo la acción humana.

Se ha realizado un estudio de fotografía aérea histórica para conocer con mayor detalle las condiciones de los emplazamientos, estudiando la serie desde el vuelo americano de 1956-57 hasta las actuales del PNOA.

Las principales modificaciones antrópicas identificables corresponden a los canales artificiales de evacuación del agua de deshielo hacia fuera de las pistas de esquí, los cuales comienzan a apreciarse en la fotografía aérea de 1997, sufriendo variaciones menores en el resto de fotografías, la aparición de caminos de acceso hasta zonas próximas a la cima (visibles a partir de la fotografía de 1997) y la aparición de la balsa de innivación en la fotografía de 2018. Destacar la presencia de una estructura de planta circular en la fotografía de 1997 y siguientes que posteriormente desaparece en las más recientes (se nos indica que dicha estructura sufrió un incendio y fue demolida recientemente). Lo anterior se puede ver en la figura adjunta.

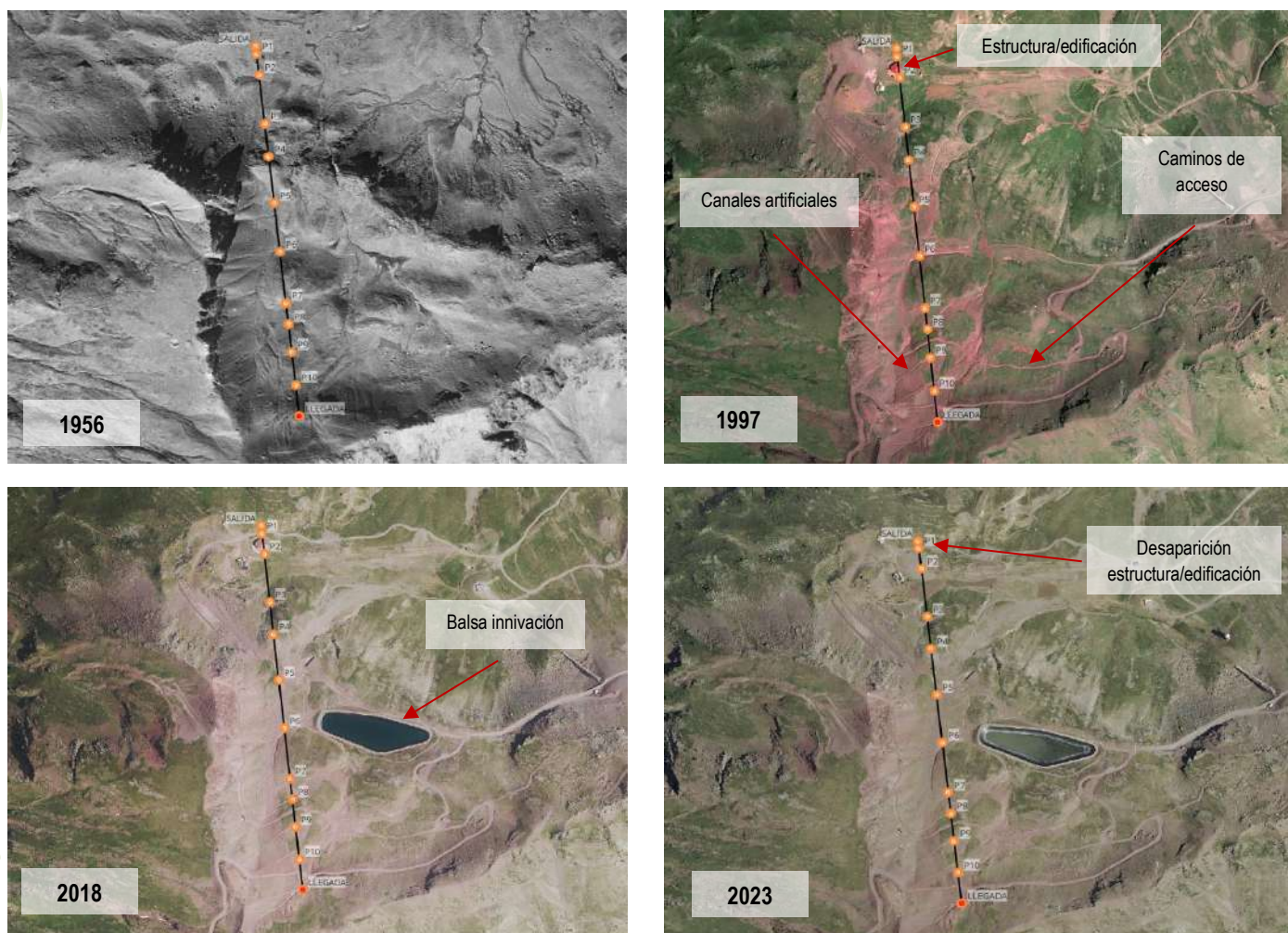


Figura 5. Secuencia de imágenes aéreas del emplazamiento de la estación inferior desde 1956 a 2021.

4. SISMICIDAD

La normativa sismorresistente de España NCSE-02 (RD 997/2002) incluye la zona de estudio dentro del dominio en el que es necesario tener en consideración, en el diseño constructivo, la presencia de aceleraciones anómalas de gravedad ante eventos sísmicos. En este sentido, la normativa previa referida define la zona dentro de la envolvente de $0,07g$ y un coeficiente de contribución K de $1,0$. Más recientemente se ha elaborado, por parte del IGN-IGME, una propuesta de actualización de dicha normativa. El IGN publicó en 2012 la nueva cartografía de riesgo sísmico y los cálculos de aceleraciones necesarias a ser consideradas en el desarrollo de la nueva normativa sismorresistente. Dichas recomendaciones y cartografías no se han incluido, en este momento, de forma normativa. Para la zona de estudio eleva dicha evaluación con aceleraciones de cálculo de hasta $0,16g$.

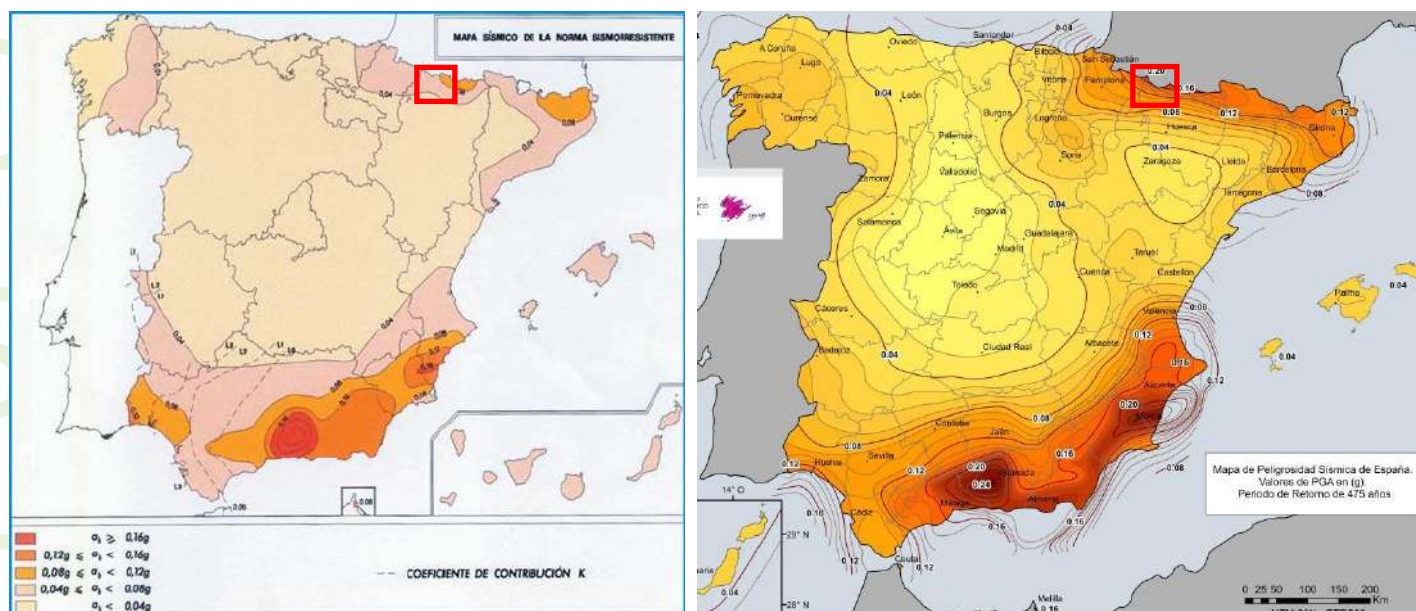


Figura 6. Izquierda, mapa sísmico vigente (2002). Derecha, evaluación del riesgo sísmico y medidas correctoras en el dimensionamiento constructivo (normativa sismorresistente) y evaluación realizada por el IGN para periodos de retorno de 475 años con riesgo sísmico instrumental y evaluando la presencia de fallas activas.

II. TRABAJOS REALIZADOS

1. TRABAJOS DE CAMPO

Se ha realizado un reconocimiento geológico-geotécnico para establecer las condiciones geotécnicas generales del trazado del telesilla y de las posiciones de las distintas pilonas. Se ha llevado a cabo una cartografía geológica de detalle y el levantamiento de estaciones geomecánicas en zonas con afloramientos rocosos, para establecer el estado del macizo rocoso.

1.1. Cartografía geológica

Se ha elaborado una cartografía geológica del trazado del telesilla, a escala 1:5.000 y cubriendo una franja de aproximadamente 25 m a cada lado del eje del trazado, en la que se han representado las unidades litológicas más importantes que ha sido posible reconocer, habiéndose diferenciado las siguientes:

- Conos de deyección (55). Acumulación de tierras, cantos y bloques en forma de cono, localizada en áreas situadas en puntos de descarga de barrancos.
- Depósitos coluviales y derrubios (52). Se agrupan estos depósitos de ladera en una misma unidad, constituyendo un conjunto de clastos de litología diversa englobados en una matriz de finos. Pueden aparecer también bloques de tamaño variable. Tapizan gran parte del área estudiada.
- Depósitos de morrena (51). Se han identificado en la zona más elevada del trazado, generando una morfología alomada. Están formados por una mezcla heterogénea de bloques, cantos y matriz fina limo-arcillosa.
- Sustrato rocoso. En el área predominan materiales paleozoicos representados por areniscas y pizarras grises pertenecientes al Carbonífero (23), así como areniscas rojas (27) y lutitas, areniscas rojas y calizas (32) pertenecientes al Pérmico.

La cartografía geológica se incluye en el Anejo I. En la figura adjunta se recoge un recorte de la misma.



Figura 7. Cartografía geológica del trazado del telesilla, con indicación de las posiciones de las pilonas.

1.2. Descripción geológica del trazado

El trazado del telesilla se desarrolla en gran parte sobre suelos de recubrimiento coluvial y derrubios que tapizan la ladera, entre los que aparecen zonas de resalte constituidas por roca en superficie o cerca de la misma.

Mencionar que, en el momento del reconocimiento de campo, las zonas más elevadas se encontraban cubiertas de nieve, lo que dificultó la observación geológica.

En la parte superior del trazado (posición de la estación de llegada), se tiene un afloramiento extenso de areniscas rojas en grandes bancos tabulares que son cortadas por el desmonte de uno de los caminos de acceso. El trazado discurre después sobre un depósito de morrenas que se extienden prácticamente hasta la zona de la balsa de innivación. No obstante, al oeste del trazado, por donde se desarrolla la pista de esquí, se tienen materiales coluviales y derrubios tapizando la vaguada por la que se desarrolla la pista de esquí.



Figura 8. Areniscas rojas en afloramiento junto a camino.



Figura 9. Morrenas formadas por acumulación de bloques y lajas en matriz más fina.

Hacia la zona de la balsa, los depósitos de morrena van desplazándose al este, ganando protagonismo los depósitos de ladera, cuya composición litológica se aprecia en algunas cárcavas labradas por los canales de evacuación de agua.

El trazado atraviesa seguidamente un resalte modelado en areniscas y pizarras grises y ocre con escasos suelos de recubrimiento.



Figura 10. Pizarras grises (izquierda) en cárcava, areniscas y pizarras grises (derecha).

La parte final del trazado vuelve a desarrollarse sobre suelos de recubrimiento coluvial, terminando en la estación de salida sobre areniscas rojas.



Figura 11. Superficie rocosa (izquierda) y recubrimiento de cantos y bloques sobre roca (derecha).

1.3. Estaciones geomecánicas

Se han realizado dos (2) estaciones geomecánicas en afloramientos accesibles. El objeto de estas es la definición del estado geomecánico del macizo rocoso, en cuanto a resistencia de la matriz rocosa, orientación y distribución de discontinuidades.

En materiales paleozoicos, como los presentes en la zona, la intensa tectonización puede complicar la identificación de patrones claros de discontinuidades, así como favorecer una fuerte dispersión en la orientación de planos, por lo que habitualmente es difícil establecer familias principales y las interrelaciones entre ellas.

ESTACIÓN GEOMECÁNICA EG-1

Se ha realizado en un afloramiento rocoso existente en las proximidades de la estación de llegada y la pila P-10, en la parte superior del trazado del telesilla.



Figura 12. Situación y fotografía de la estación geomecánica EG-1.

Los datos geomecánicos registrados en esta estación se recogen en la tabla adjunta.

ESTACIÓN N°:		EG-1		LOCALIZACIÓN: (Coordenadas UTM 30T)		X	Y	Z
LITOLOGÍA:		Areniscas rojas				704199	4741124	2203
RESISTENCIA MATRIZ ROCOSA:		Esp. débil	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta	Esp. alta
		< 1 MPa	1 – 5 MPa	5 – 25 MPa	25 – 50 MPa	50 – 100 MPa	100 – 150 MPa	> 250 MPa
CARACTERÍSTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES								
FAMILIA	TIPO	ORIENTACIÓN	APERTURA	ESPACIADO	PERSISTENCIA	RUGOSIDAD	RELLENO	ÍNDICE DE FRACTURACIÓN
J1	Diaclasa	096, 82	0,25-0,5 mm	20-60 cm	1-3 m	Rugosa	No	1-3 diaclasas/m³
J1	Diaclasa	054, 84	0,25-0,5 mm	20-60 cm	1-3 m	Rugosa	No	1-3 diaclasas/m³
J1	Diaclasa	102, 79	0,25-0,5 mm	20-60 cm	1-3 m	Rugosa	No	1-3 diaclasas/m³
J1	Diaclasa	117, 81	0,25-0,5 mm	20-60 cm	1-3 m	Rugosa	No	1-3 diaclasas/m³
S0	Estratificación	349, 54	0,25-0,5 mm	6-20 cm	3-10 m	Rugosa	No	2-10 diaclasas/m³
S0	Estratificación	339, 54	0,25-0,5 mm	6-20 cm	3-10 m	Rugosa	No	2-10 diaclasas/m³
J1	Diaclasa	071, 77	0,25-0,5 mm	20-60 cm	1-3 m	Rugosa	No	1-3 diaclasas/m³

Tabla 3. Estación geomecánica EG-1.

La figura adjunta muestra la representación estereográfica de los datos de la tabla anterior, así como los contornos de concentración de polos:

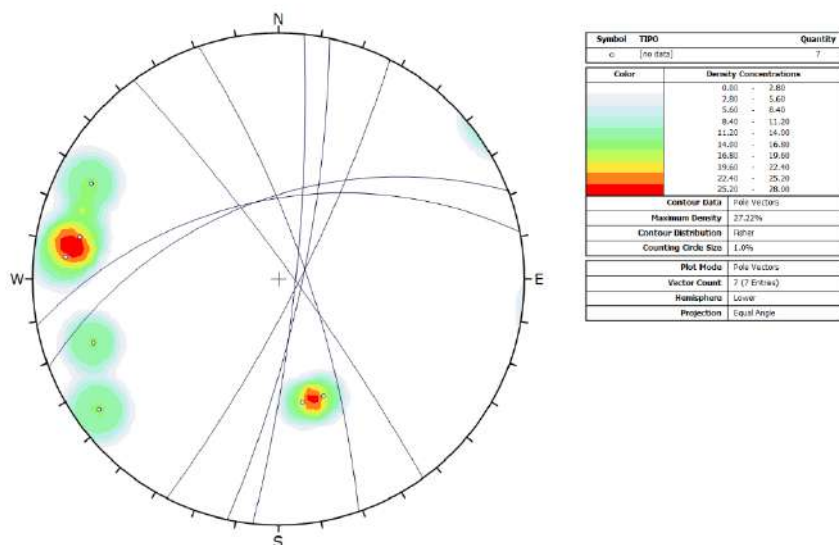


Figura 13. Representación estereográfica. EG-1.

Las discontinuidades presentan cierta dispersión, con posiblemente dos familias principales cuya orientación es la indicada a continuación. Aunque se han identificado como estratificación (S0) y juntas (J1), hay dudas en este sentido, dado que los materiales paleozoicos se encuentran intensamente tectonizados.

S0: 343, 54

J1: 098, 80

ESTACIÓN GEOMECAÁNICA EG-2

Se ha realizado en las inmediaciones de la pila P-04, en un afloramiento rocoso de areniscas grises con niveles de pizarras grises y ocre.



Figura 14. Situación y fotografía de la estación geomecánica EG-2.

Los datos geomecánicos registrados en esta estación se recogen en la tabla adjunta:

ESTACIÓN N°:		EG-2		LOCALIZACIÓN: (Coordenadas UTM 30T)		X	Y	Z		
						704102	4741653	2073		
LITOLOGÍA:		Areniscas y pizarras grises								
RESISTENCIA MATRIZ ROCOSA:				Esp. débil	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta	Esp. alta
				< 1 MPa	1 – 5 MPa	5 – 25 MPa	25 – 50 MPa	50 – 100 MPa	100 – 150 MPa	> 250 MPa
CARACTERÍSTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES										
FAMILIA	TIPO	ORIENTACIÓN	APERTURA	ESPACIADO	PERSISTENCIA	RUGOSIDAD	RELLENO	ÍNDICE DE FRACTURACIÓN		
S0	Estratificación	356, 61	0,25-0,5 mm	6-20 cm	3-10 m	Rugosa	No	2-10 diaclasas/m³		
S0	Estratificación	358, 58	0,25-0,5 mm	6-20 cm	3-10 m	Rugosa	No	2-10 diaclasas/m³		
J1	Diaclasa	296, 85	0,25-0,5 mm	20-60 cm	1-3 m	Rugosa	No	1-3 diaclasas/m³		
J1	Diaclasa	260, 88	0,25-0,5 mm	20-60 cm	1-3 m	Rugosa	No	1-3 diaclasas/m³		
J1	Diaclasa	315, 90	0,25-0,5 mm	20-60 cm	1-3 m	Rugosa	No	1-3 diaclasas/m³		
S0	Estratificación	347, 54	0,25-0,5 mm	6-20 cm	3-10 m	Rugosa	No	2-10 diaclasas/m³		
S0	Estratificación	102, 56	0,25-0,5 mm	6-20 cm	3-10 m	Rugosa	No	2-10 diaclasas/m³		

Tabla 4. Estación geomecánica EG-2.

La figura adjunta muestra la representación estereográfica de los datos de la tabla anterior, así como los contornos de concentración de polos:

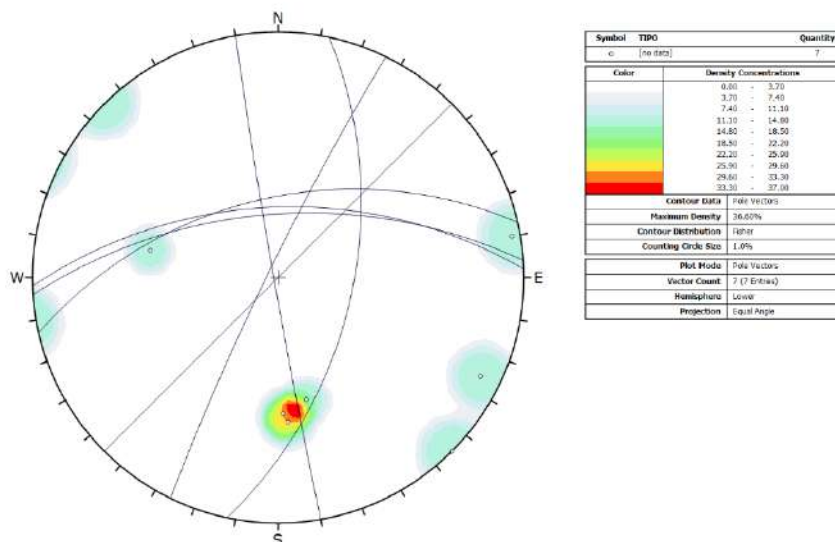


Figura 15. Representación estereográfica. EG-2.

En esta estación, el análisis estereográfico permite identificar únicamente dos familias principales: la estratificación (S0) y una familia de diaclasa (J1). Como vemos, ambas muestran bastante dispersión. A pesar de ello, podemos establecer las siguientes orientaciones medias para cada una de estas familias:

S0: 352,57

J1: 296,85

III. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y ANÁLISIS GEOTÉCNICO

En este apartado se realiza un análisis encaminado al establecimiento de las condiciones geotécnicas de los emplazamientos de las distintas pilonas, conforme al alcance del presente trabajo, tal y como ha sido previamente definido.

Con objeto de apoyar las observaciones de campo, se ha realizado un análisis geoespacial mediante GIS para la caracterización morfológica del trazado del telesilla.

1. ANÁLISIS GEOESPACIAL

Se ha llevado a cabo un análisis geoespacial, mediante herramientas GIS, de la zona del trazado del nuevo telesilla, a partir del modelo digital del terreno (MDT) del IGN, con paso de malla de 2 m.

Se ha generado un mapa de pendientes a partir del MDT, reclasificando las pendientes en 5 clases según el ángulo. La figura adjunta muestra el mapa de pendientes de la zona. Este mapa se incluye en el Anejo II.



Figura 16 . Mapa de pendientes reclasificado.

El análisis estadístico de pendientes permite construir el siguiente gráfico de distribución:

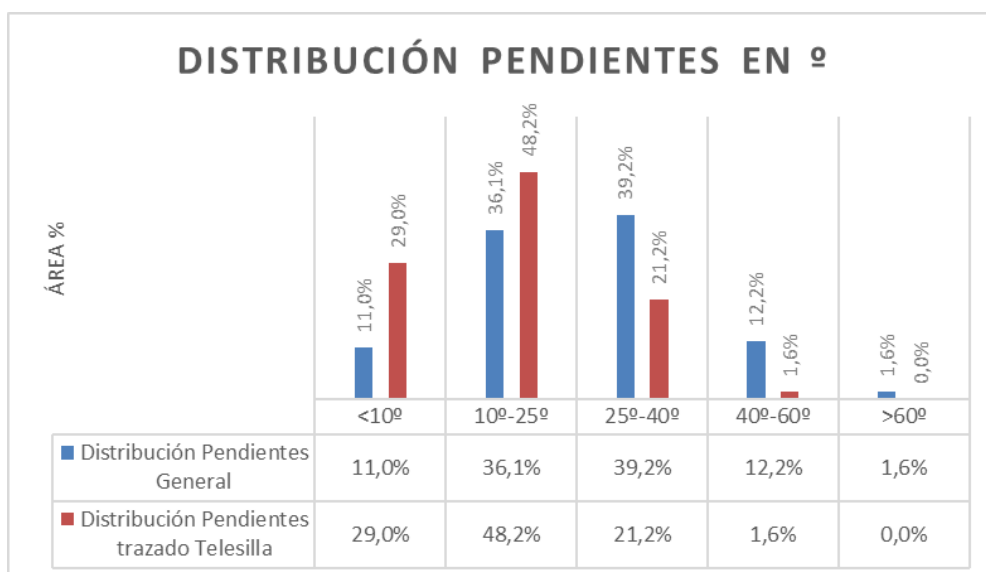


Figura 17 . Gráfico de distribución de pendientes

Tanto en toda la zona de estudio como en lo que es el trazado del nuevo telesilla predominan las pendientes suaves (10°-25°) y medias (25°-40°). Las pendientes muy abruptas (>60°) suponen solamente el 1,6% en el área y no están presentes en la zona del trazado del telesilla, constituyendo los escarpes correspondientes a las crestas que se desarrollan al oeste y al sur de la zona por la que discurre el trazado del telesilla. Así mismo, las muy suaves (<10°) representan el 11% en el área, aunque alcanzan el 29% en la zona por la que discurre el trazado del telesilla.

Dentro del análisis morfológico, se considera interesante incluir un análisis de distribución de los canales y barrancos en la zona del trazado del telesilla, los cuales constituyen líneas de incisión hídrica de las que se considera conveniente alejar los emplazamientos de las pilonas o disponer elementos de protección, como escolleras u otros, para evitar la erosión y afectación a sus cimentaciones.

La figura adjunta muestra un mapa en el que se han marcado todos los canales que ha sido posible reconocer. Como vemos, muchas de las posiciones de las pilonas proyectadas se encuentran próximas a incisiones generadas por erosión hídrica. Algunas de estas incisiones erosivas corresponden a los canales artificiales de evacuación de agua de deshielo, mientras que otras corresponden a barrancos naturales o incluso a caminos de acceso que el agua ha convertido en cursos hídricos.

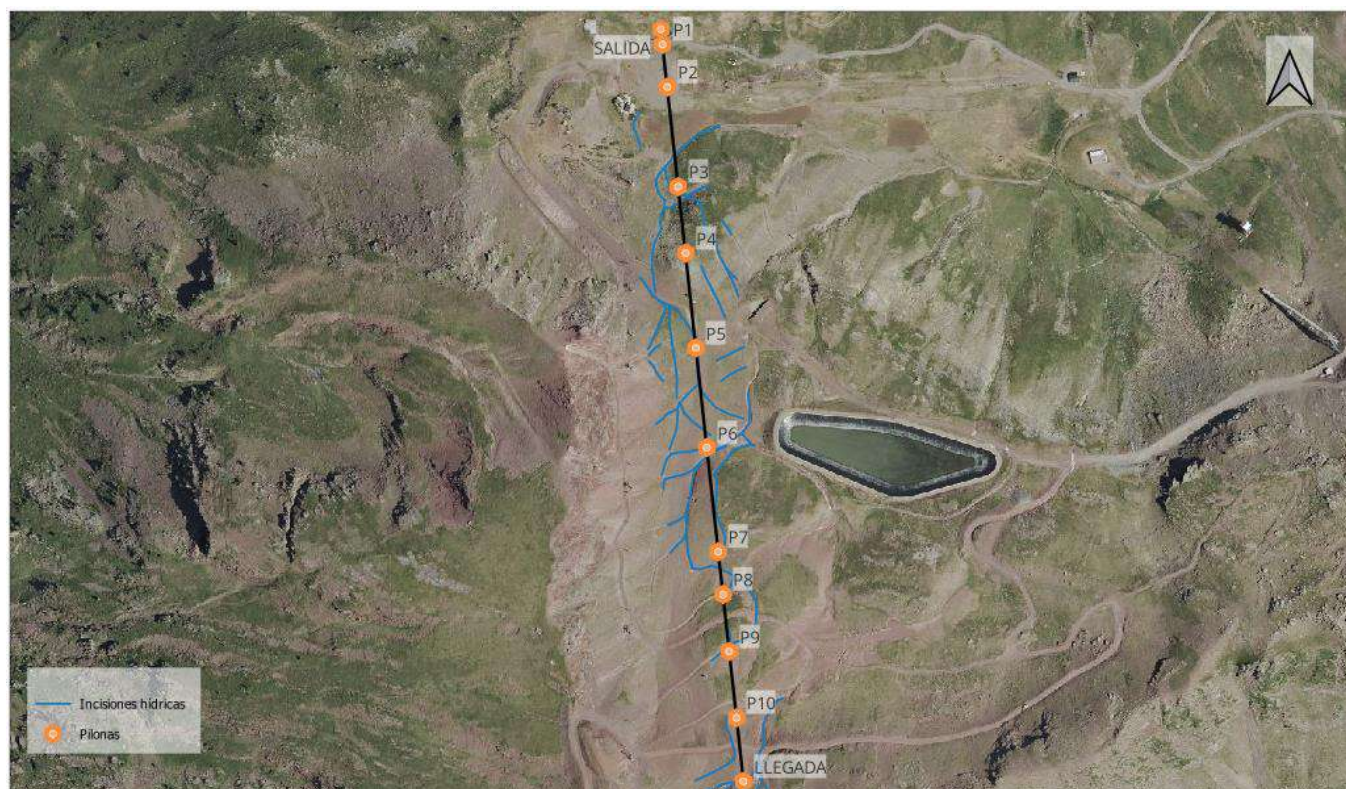


Figura 18 . Mapa de distribución espacial de canales hídricos.

Sobre todo, en las posiciones de las pilonas P-08, P-06 y P-05, puede ser necesario prever la necesidad de algún elemento de protección de la cimentación frente a procesos de erosión hídrica.

Además del análisis de pendientes, se ha realizado un análisis de la morfología del trazado del telesilla utilizando el modelo RRIM (*Red Relief Image Map*) que permite superar las limitaciones existentes en los modelos de curvas de nivel y modelos de sombras a la hora de mostrar detalles finos del relieve y la alteración de la percepción de la morfología de la superficie del terreno con los cambios de dirección de la luz incidente.

La técnica RRIM mejora la visualización de los datos topográficos de alta resolución de tal manera que: (1) la pendiente se representa mediante una rampa de color rojo de intensidad creciente; (2) la apertura topográfica (concavidad y convexidad) mediante brillo, permitiendo diferenciar zonas de crestas (brillantes) y de valle (oscuras).

La figura adjunta muestra el mapa obtenido con la técnica RRIM. Este mismo mapa se incluye en el Anejo II.

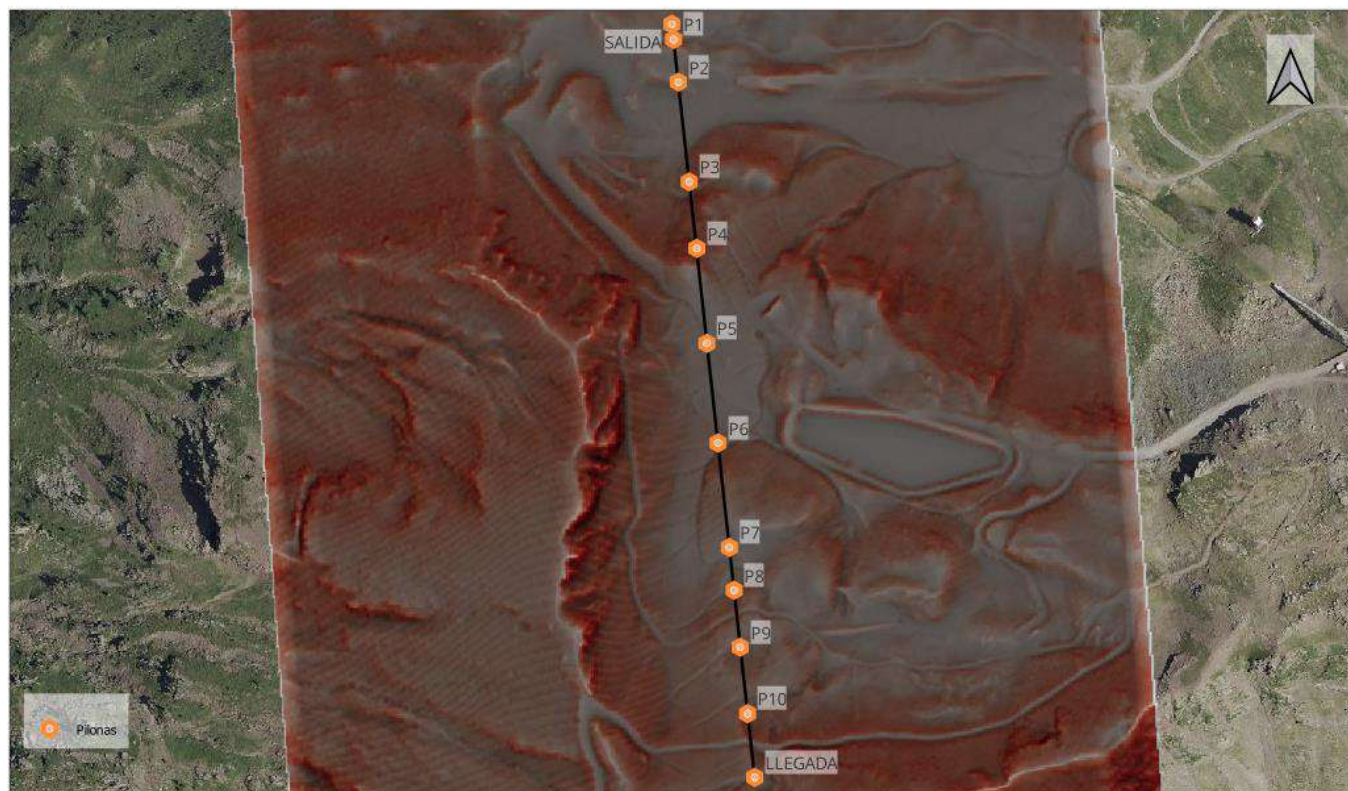


Figura 19 . Mapa de visualización por el modelo RRIM.

Observamos en el mapa las zonas de crestas y montículos que resaltan en rojos respecto a las zonas más grises que representan áreas más llanas. La línea del telesilla se dispone prácticamente paralela a una alineación de crestas situadas al oeste, discurriendo por una zona más llana constituida por la vertiente norte de la propia ladera. Geomorfológicamente, las crestas corresponden al borde de un circo glaciar, desarrollándose el trazado del telesilla por el interior del mismo. Las zonas alomadas corresponden a morfologías propiciadas por la presencia de acumulaciones morrénicas o a resaltes rocosos.

2. ANÁLISIS GEOTÉCNICO. CRITERIOS. METODOLOGÍA

Se establecen consideraciones generales relativas a las condiciones de cimentación esperables en cada posición a partir de las características geotécnicas observadas.

El criterio general de diseño recomendado es el de disponer el apoyo de las cimentaciones sobre roca siempre que sea posible y evitar el apoyo sobre los suelos de recubrimiento, los cuales ofrecen en general baja capacidad portante, potencialmente elevada deformabilidad y pueden estar, además, sujetos a procesos de movimientos de ladera, erosión hídrica o mecanismos de alteración. Estas tipologías de cimentación directa se podrán plantear mediante zapatas predimensionadas de acuerdo a los valores de presión admisible que se indican posteriormente.

En la mayor parte de los casos, será posible atravesar dichos suelos de recubrimiento, generalmente de espesor no superior a los 2 m, realizando pequeños pozos o sobreexcavaciones hasta el sustrato rocoso. Cuando estos suelos presenten mayor espesor, puede ser preferible realizar cimentaciones semiprofundas o profundas hasta el sustrato rocoso, ya sea mediante pozos más profundos o micropilotes/pilotes.

No obstante, en algunas zonas se han identificado posibles depósitos de morrena, sobre todo en las zonas superiores del trazado, los cuales constituyen una excepción a lo anterior, puesto que sus características mecánicas pueden ser muy distintas en función de su composición litológica. De este modo, se considerarán condiciones de cimentación aceptables cuando se pueda verificar la presencia de materiales granulares (bolos, gravas, etc.) y deficientes cuando predominen los términos finos (limos, arenas y arcillas). En el primer caso, se podrán plantear cimentaciones directas mediante zapatas predimensionadas conforme a los valores indicados posteriormente; en el segundo caso, será necesario recurrir a cimentaciones profundas con micropilotes/pilotes.

En cuanto a la capacidad portante orientativa, tanto del sustrato rocoso como de suelos – en aquellos casos que sea adecuado plantear cimentaciones directas sobre suelos – se podrán considerar los valores de la figura adjunta (tomada del Código Técnico de la Edificación, Tabla D25).

Tabla D.25. Presiones admisibles a efectos orientativos

Terreno	Tipos y condiciones	Presión admisible [Mpa]	Observaciones
Rocas	Rocas ígneas y metamórficas sanas ⁽¹⁾ (Granito, diorita, basalto, gneis)	10	Para los valores apuntados se supone que la cimentación se sitúa sobre roca no meteorizada
	Rocas metamórficas foliadas sanas ^{(1), (2)} (Esquistos, pizarras)	3	
	Rocas sedimentarias sanas ⁽¹⁾ , ⁽²⁾ Pizarras cementadas, limolitas, areniscas, calizas sin karstificar, conglomerados cementados	1 a 4	
	Rocas arcillosas sanas ^{(2), (4)}	0,5 a 1	
	Rocas diaclasadas de cualquier tipo con espaciamiento de discontinuidades superior a 0,30m, excepto rocas arcillosas	1	
	Calizas, areniscas y rocas pizarrosas con pequeño espaciamiento de los planos de estratificación ⁽³⁾	-	
	Rocas muy diaclasadas o meteorizadas ⁽³⁾	-	
Suelos granulares (% finos inferior al 35% en peso)	Gravas y mezclas de arena y grava, muy densas	>0,6	Para anchos de cimentación (B) mayor o igual a 1 m y nivel freático situado a una profundidad mayor al ancho de la cimentación (B) por debajo de ésta
	Gravas y mezclas de grava y arena, medianamente densas a densas	0,2 a 0,6	
	Gravas y mezclas de arena y grava, sueltas	<0,2	
	Arena muy densa	>0,3	
	Arena medianamente densa	0,1 a 0,3	
	Arena suelta	<0,1	
Suelos finos (% de finos superior al 35% en peso)	Arcillas duras	0,3 a 0,6	Los suelos finos normalmente consolidados y ligeramente sobreconsolidados en los que sean de esperar asientos de consolidación serán objeto de un estudio especial. Los suelos arcillosos potencialmente expansivos serán objeto de un estudio especial
	Arcillas muy firmes	0,15 a 0,3	
	Arcillas firmes	0,075 a 0,15	
	Arcillas y limos blandos	<0,075	
	Arcillas y limos muy blandos		
Suelos orgánicos		Estudio especial	
Rellenos		Estudio especial	

- (1) Los valores indicados serán aplicables para estratificación o foliación subhorizontal. Los macizos rocosos con discontinuidades inclinadas, especialmente en las cercanías de taludes, deben ser objeto de análisis especial.
(2) Se admiten pequeñas discontinuidades con espaciamiento superior a 1 m.
(3) Estos casos deben ser investigados "in situ"
(4) Estas rocas son susceptibles de hinchar por efecto de la relajación de tensiones asociada a las excavaciones. También son susceptibles de reblandecerse por efecto de su exposición al agua.

Figura 20 . Presión admisible a efectos orientativos para cimentaciones (CTE)

Así pues, para el caso de apoyo en roca, las rocas que constituyen la totalidad de los emplazamientos son previsiblemente areniscas y pizarras, bastante diaclasadas, por lo que se considera adecuado un valor orientativo de presión admisible del orden de 1 a 4 MPa.

En el caso de suelos, se considera únicamente adecuado el apoyo directo en caso de suelos granulares (gravas, arenas y gravas, etc.), en cuyo caso se podrá considerar un valor de presión admisible no superior a 0,2 MPa.

El resto de posibilidades, suelos finos y suelos de características distintas a los indicados, se desaconseja el diseño de cimentaciones directas y se deberán valorar tipologías profundas, como se ha dicho previamente.

No obstante, tanto estos valores como los de diseño de cimentaciones profundas deberán definirse en un estudio geotécnico específico de cada posición.

3. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DE LAS POSICIONES DE LAS PILONAS

Se establecen en este punto las condiciones geotécnicas y de cimentación esperables en cada posición, según los trabajos efectuados y teniendo en cuenta el alcance preliminar del presente estudio.

En cada punto, se aporta una planta de situación, vista 3D de Google Earth y una fotografía de detalle del emplazamiento.

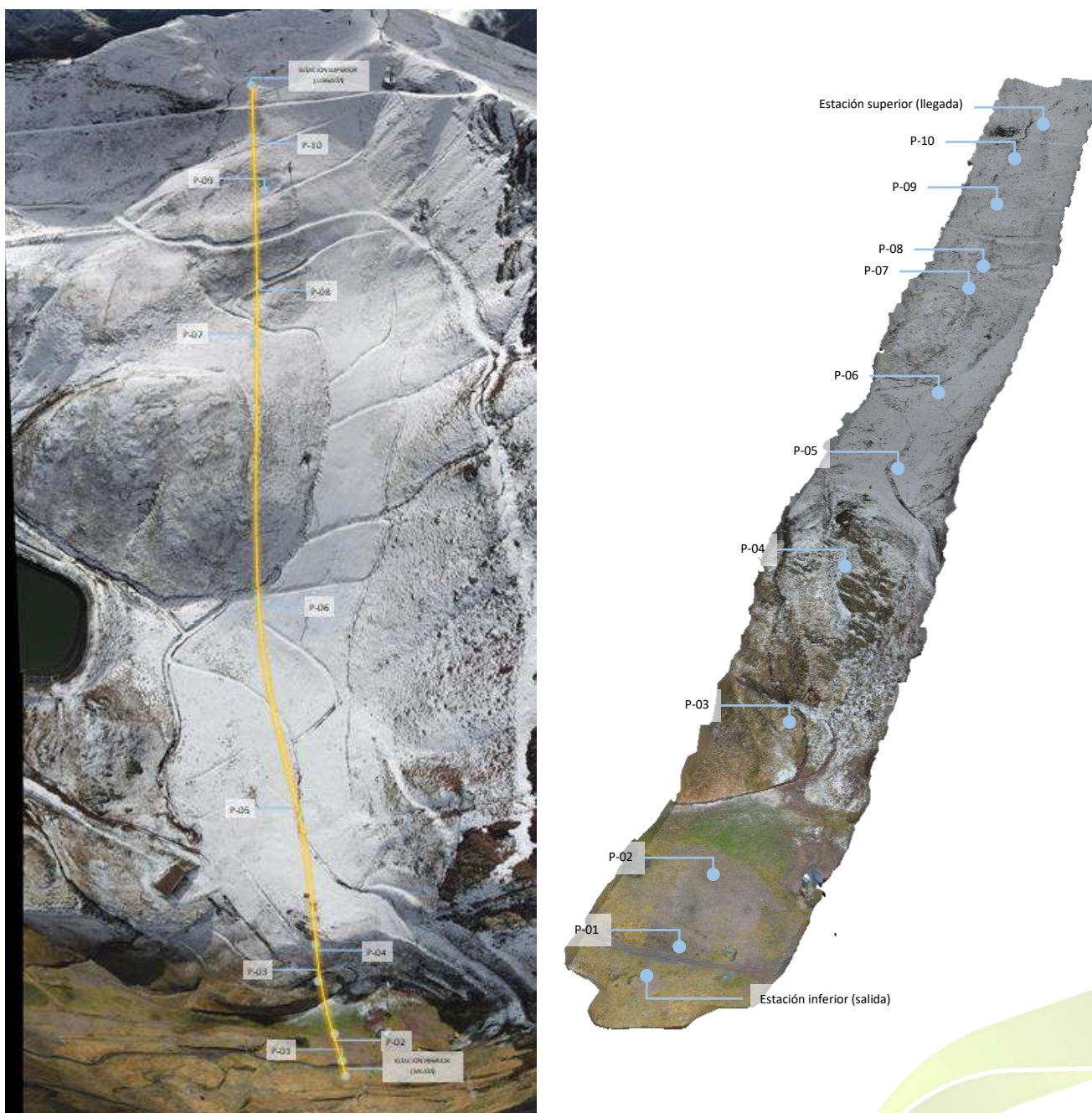


Figura 21 . Panorámica y modelo 3D fotogramétrico de las posiciones de las pilonas.

3.1. Estación inferior (salida)

La estación inferior (salida) se localiza en la parte más baja del trazado y en las proximidades del inicio del telesilla "Pastores". Se encuentra a una altitud de unos 2012 m. La propia morfología llana del sitio sugiere la presencia somera del sustrato rocoso, aunque existe cierto espesor de suelos de recubrimiento y bloques dispersos en las inmediaciones. La vegetación es escasa, esencialmente herbácea y de tipo briofítica (musgos).

Las condiciones geotécnicas de este emplazamiento se pueden establecer como favorables, siendo esperable la presencia del sustrato rocoso a escasa profundidad, no más de 0,50-1,00 m. A su vez, los afloramientos en zonas adyacentes sugieren la presencia de areniscas rojas.

En cuanto a las condiciones de cimentación previsibles, se podrán plantear en este emplazamiento soluciones de cimentación de tipo directo sobre el sustrato rocoso que, según lo anterior, no debería encontrarse a más de 1 m de profundidad bajo los suelos de recubrimiento.

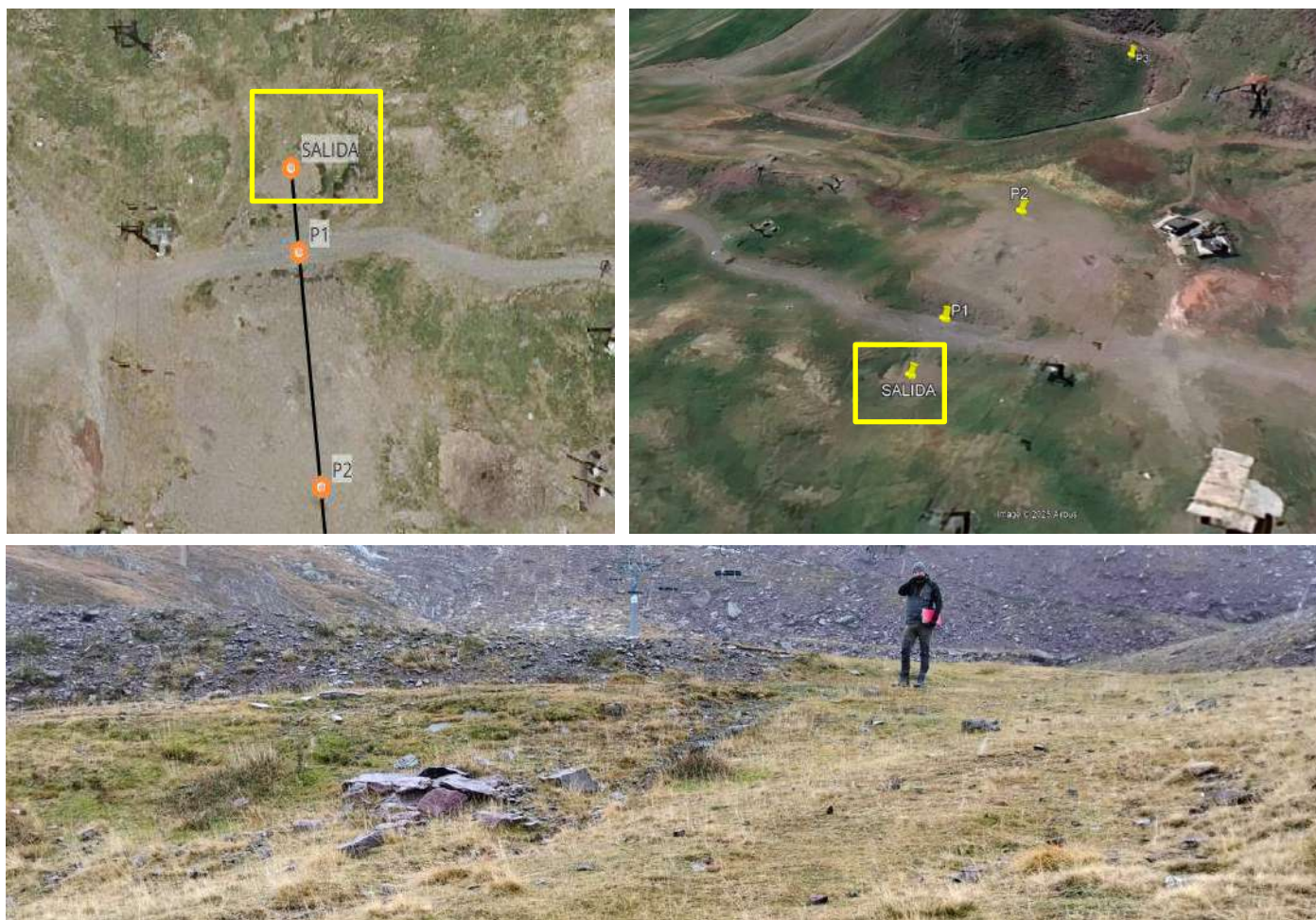


Figura 22 . Ubicación y aspecto de la zona de emplazamiento de la estación inferior (salida).

3.2. Pilona P-01

La pilona P-01 se encuentra a una altitud de unos 2014 m y se sitúa junto a un camino que se desarrolla localmente con pequeños desmontes en los que es posible apreciar los materiales de recubrimiento (esencialmente bloques, clastos y finos) sobre un sustrato rocoso próximo a la superficie.

Las condiciones geotécnicas del emplazamiento se pueden establecer como favorables, encontrándose el sustrato rocoso relativamente superficial, previsiblemente a no más de 0,50-1,00 m de profundidad.

En cuanto a las condiciones de cimentación previsibles, se podrán plantear soluciones de cimentación de tipo directo sobre el sustrato rocoso que, según lo anterior, no debería encontrarse a más de 1 m de profundidad bajo los suelos de recubrimiento.

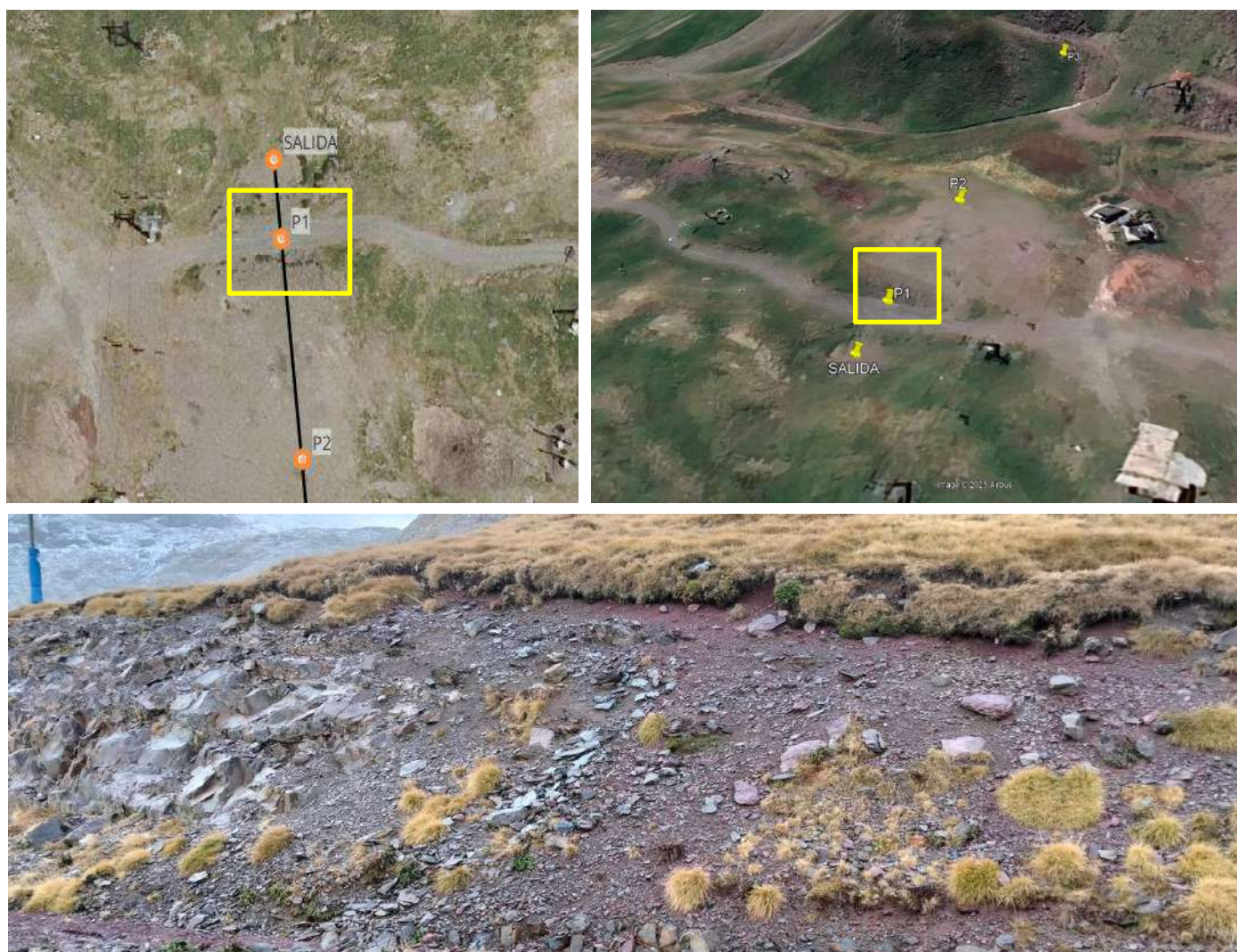


Figura 23 . Ubicación y aspecto de la zona de emplazamiento de la pilona P-01.

3.3. Pilona P-02

El emplazamiento de la pilona P-02 se localiza en una especie de explanación junto a unas edificaciones existentes al oeste, posiblemente constituyendo una zona de aparcamiento o campa. Se encuentra a una altitud de 2019 m. En superficie se observan abundantes clastos y lajas de tamaño variable, sobre los que se desarrolla un delgado manto de musgo. La morfología llana y la presencia de afloramientos próximos sugieren la presencia superficial del sustrato rocoso.

Las condiciones geotécnicas se pueden considerar, por tanto, favorables, estando seguramente el sustrato rocoso a menos de 0,50 m de profundidad.

En cuanto a las condiciones de cimentación previsibles, se podrán plantear soluciones de cimentación de tipo directo sobre el sustrato rocoso que se encontrará previsiblemente a no más de 0,50 m de profundidad.

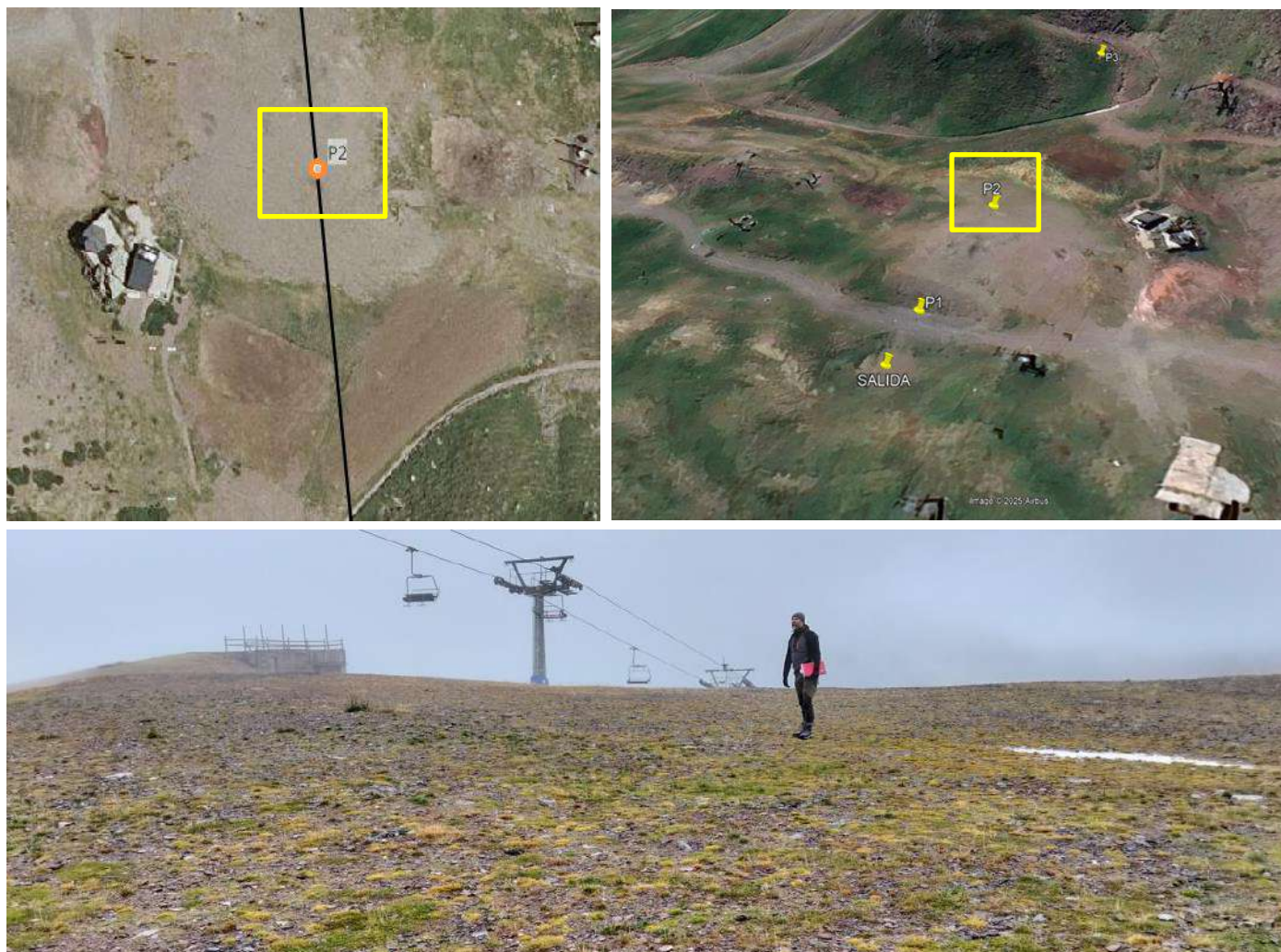


Figura 24 . Ubicación y aspecto de la zona de emplazamiento de la pilona P-02.

3.4. Pilona P-03

La pilona P-03 se ubica al inicio de la ladera que remonta el telesilla, a una altitud de unos 2033 m. La morfología de este emplazamiento es en suave pendiente y cabe destacar la confluencia en sus proximidades de dos canales artificiales de evacuación de agua que inciden y permiten observar los materiales presentes, siendo esencialmente derrubios y coluviales de espesor métrico sobre un sustrato rocoso constituido por areniscas y pizarras grises.



Figura 25 . *Suelos de recubrimiento cuaternario en las inmediaciones del emplazamiento de la pilona P-03.*

Como se aprecia en la figura anterior, se trata de clastos y bloques englobados en una matriz fina arcillo-limosa de tonalidad rojiza. Aunque no se puede precisar su espesor, no se espera que sea superior a los 2 m.

Las condiciones geotécnicas de este emplazamiento se consideran moderadas por presencia de espesores de suelos de recubrimiento que pueden acercarse a los 2 m.

Las condiciones de cimentación deben considerarse también moderadas, pudiendo plantearse cimentaciones de tipología directa, pero siendo necesario realizar sobreexcavaciones de hasta 2 m para alcanzar el sustrato rocoso.

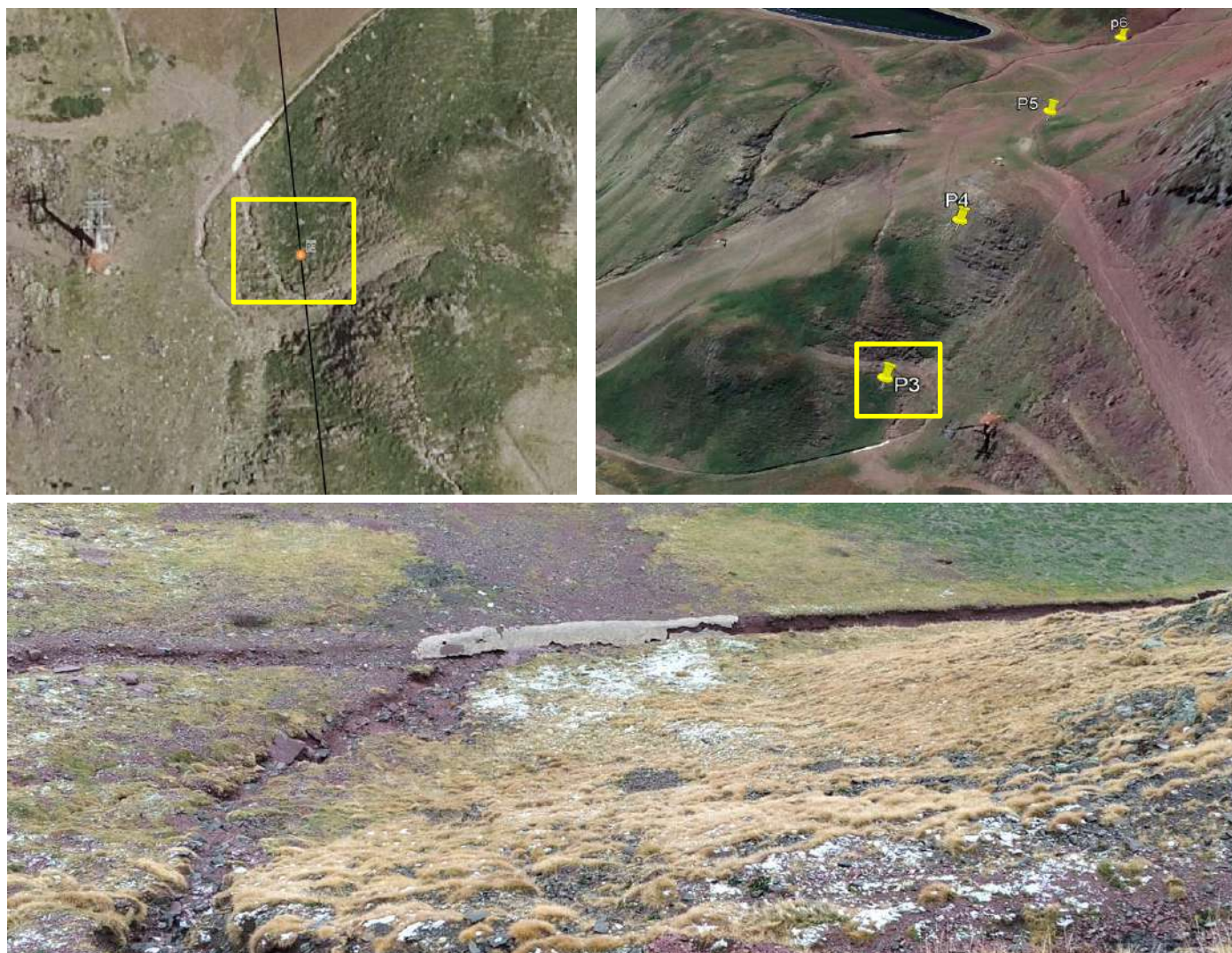


Figura 26 . Ubicación y aspecto de la zona de emplazamiento de la pylona P-03.

3.5. Pilona P-04

La posición de la pilona P-04 se dispone sobre un escarpe constituido por areniscas y pizarras grises. En algunos puntos, pueden existir recubrimientos cuaternarios de muy poco espesor. Su altitud es de 2076 m.

Las condiciones geotécnicas del emplazamiento son favorables, con presencia de roca en superficie y muy poco espesor de suelos de recubrimiento.

Las condiciones de cimentación pueden considerarse favorables, pudiéndose diseñar una cimentación directa sobre roca.

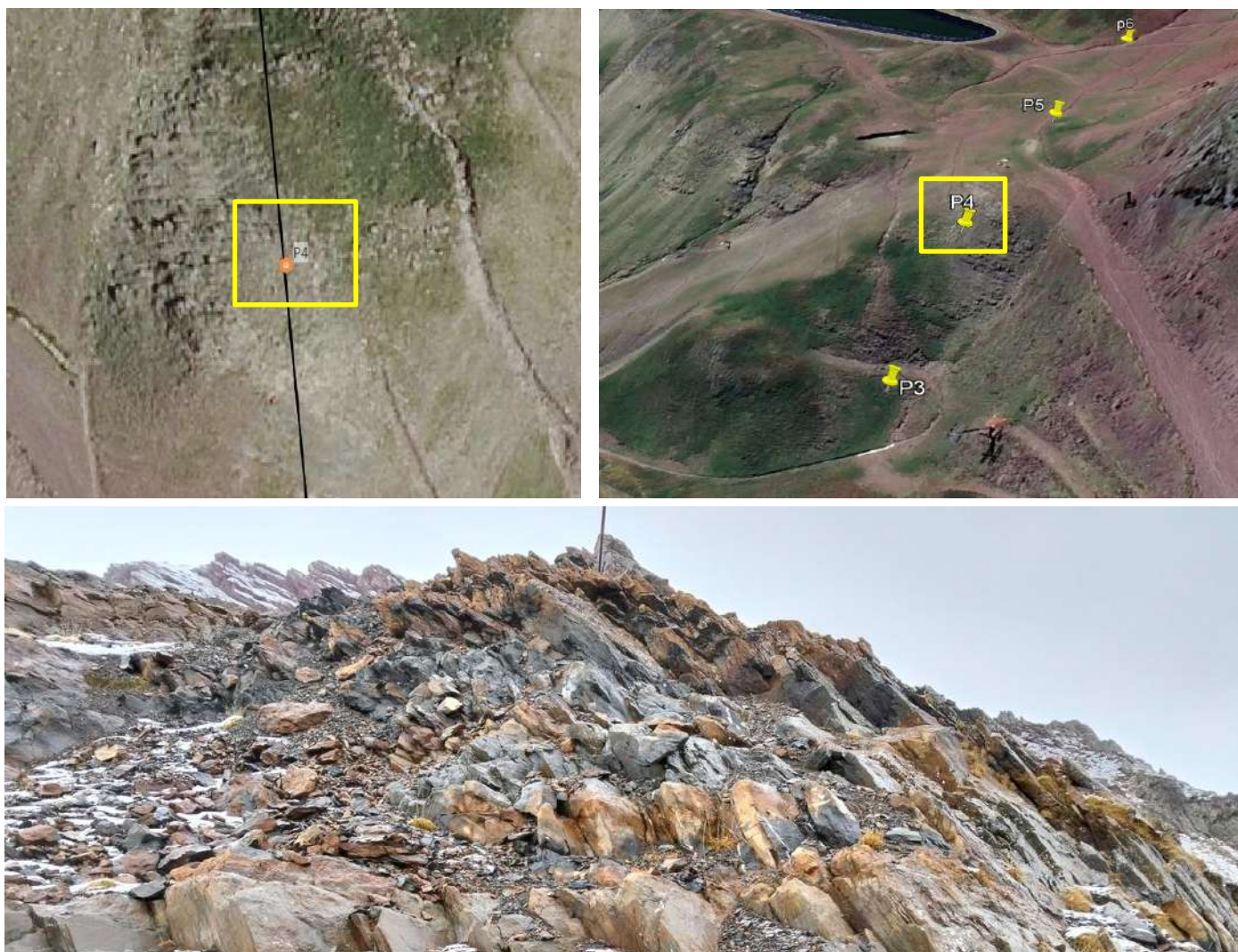


Figura 27 . Ubicación y aspecto de la zona de emplazamiento de la pilona P-04.

3.6. Pilona P-05

La pilona P-05 se ubica sobre un promontorio alomado en el que es probable la presencia de roca subsuperficial. Su altitud es de 2097 m.

Por los alrededores de este emplazamiento discurre un canal hídrico en el que se aprecian suelos de recubrimiento tapizando un sustrato rocoso que no debería encontrarse a más de 1 m de profundidad. Pueden aparecer bloques de gran tamaño dispersos.

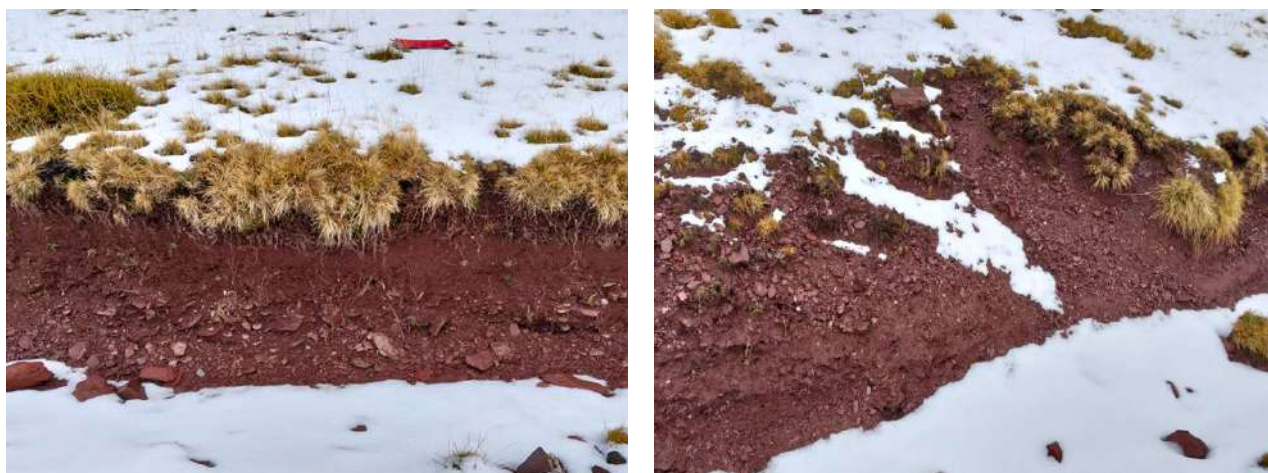


Figura 28 . Suelos de recubrimiento cuaternario en las inmediaciones del emplazamiento de la pilona P-05.

Como se aprecia en la figura anterior, los materiales de recubrimiento son clastos y lascas de roca englobados en una matriz limo-arcillosa de tonalidad rojiza, tapizados por un ligero manto herbáceo y de musgo.

Las condiciones geotécnicas de este emplazamiento se estiman favorables; no se espera que el sustrato rocoso se encuentre a más de 1 m de profundidad.

Las condiciones de cimentación serán favorables, pudiéndose plantear una cimentación de tipología directa sobre roca, quizá habiendo de sobreexcavar hasta alcanzar la roca, previsiblemente no mucha profundidad, para atravesar los suelos de recubrimiento.

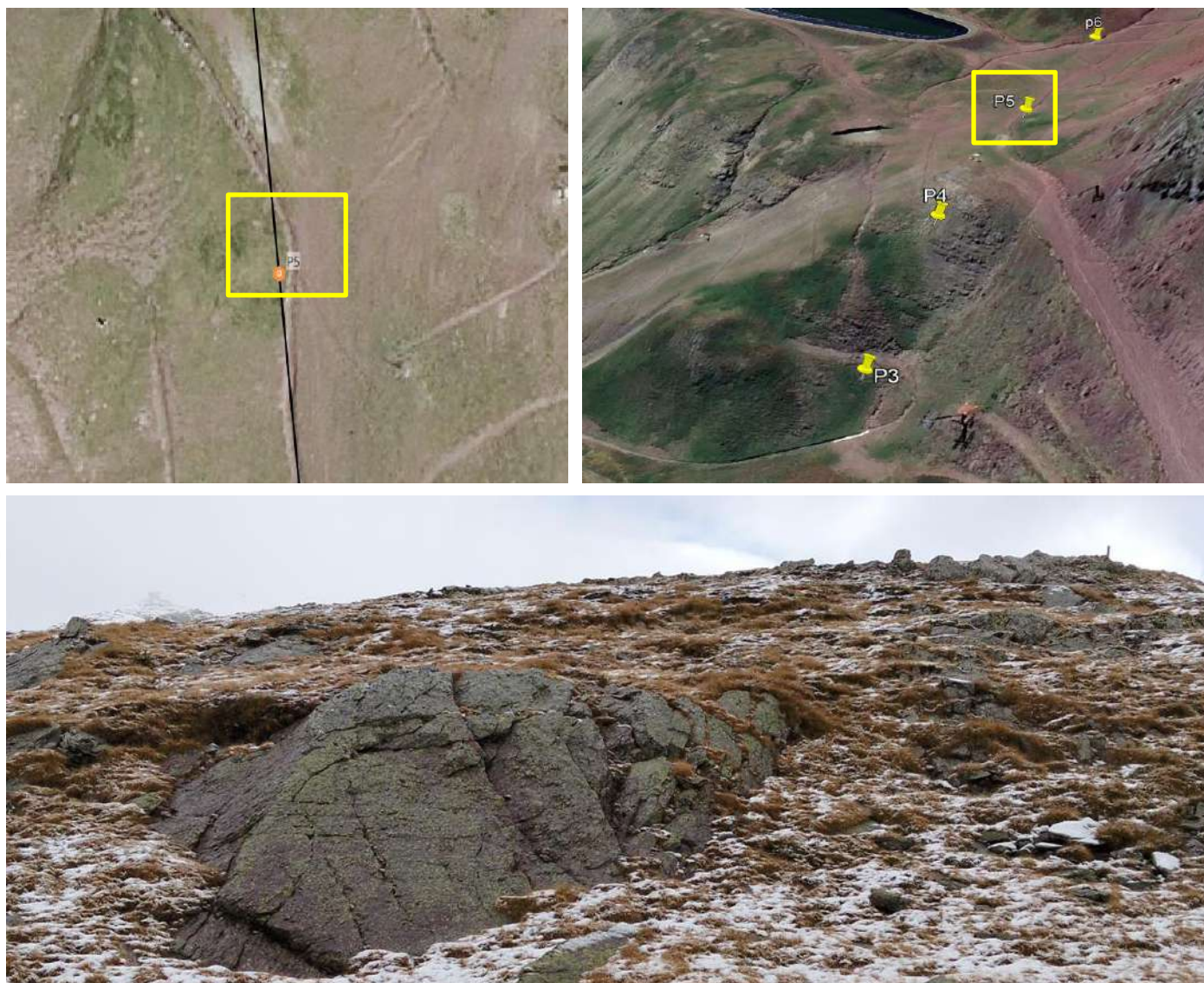


Figura 29 . Ubicación y aspecto de la zona de emplazamiento de la pylona P-05.

3.7. Pilona P-06

La posición de la pilona P-06 se localiza al este de la pista de esquí y lo hace sobre una zona de suave pendiente atravesada por un canal hídrico. Se sitúa a una altitud de 2111 m. La presencia de nieve cubriendo el canal hídrico impide observar el perfil de los materiales presentes. No obstante, por la morfología general del emplazamiento, se considera que pueden existir suelos de recubrimiento con espesores que podrían alcanzar los 2 m.

Teniendo en cuenta lo anterior, se considera que las condiciones geotécnicas del emplazamiento serán moderadas por posible acumulación de suelos de recubrimiento de hasta 2 m.

Las condiciones de cimentación en este emplazamiento se consideran previsiblemente moderadas, pudiendo ser necesaria la realización de sobreexcavaciones de hasta 2 m de profundidad para alcanzarlo.

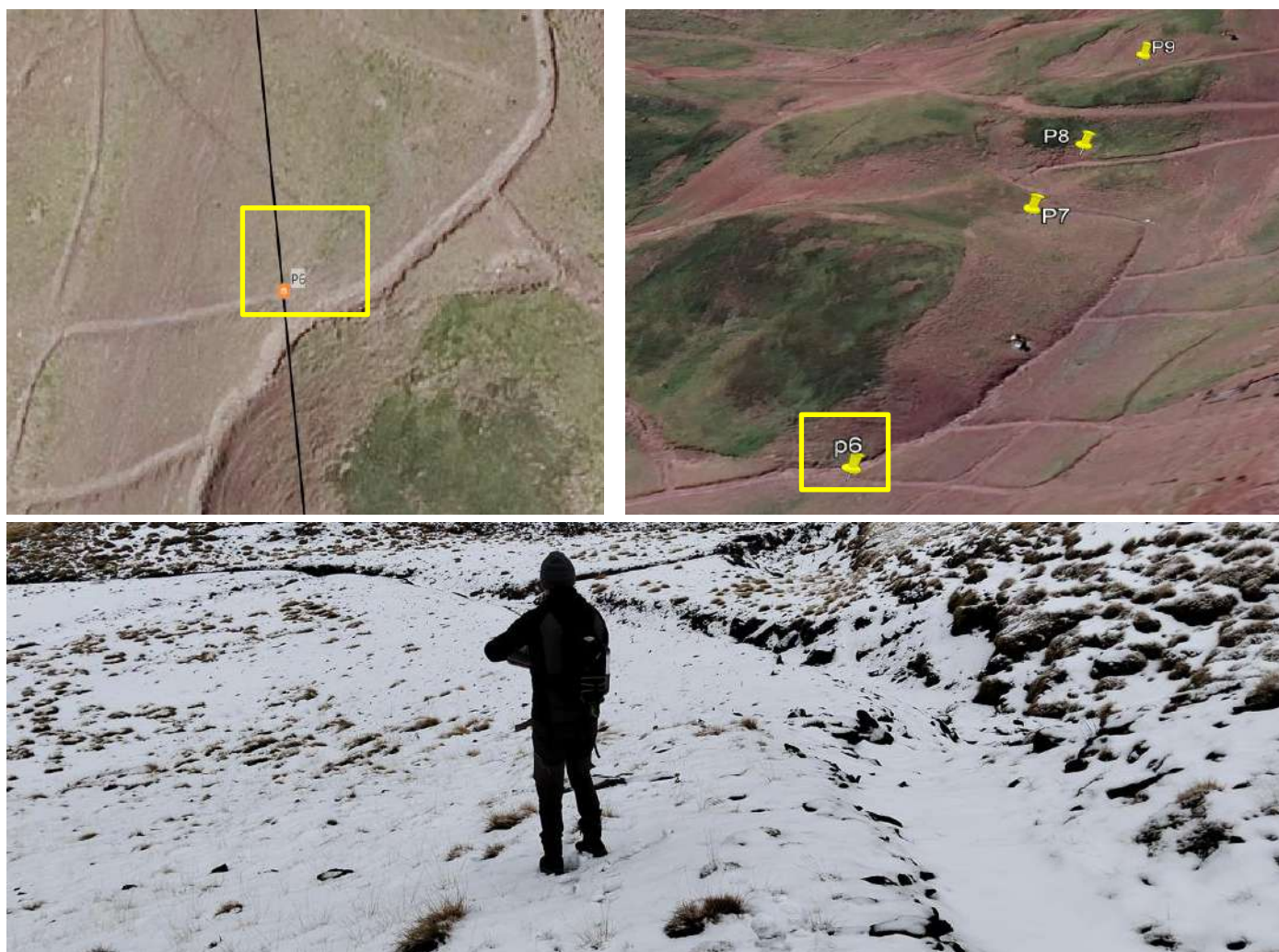


Figura 30 . Ubicación y aspecto de la zona de emplazamiento de la pilona P-06.

3.8. Pilona P-07

La pilona P-07 se dispone en una zona alomada que constituye una especie de "domo" que se extiende al sureste de la balsa de innivación, cubierto por un manto de vegetación herbácea y musgo. Se sitúa a una altitud de 2142 m. Se ha visto, en puntos próximos, presencia de materiales granulares que se han interpretado como un posible depósito de morrena.

Las condiciones geotécnicas del emplazamiento se pueden considerar moderadas, dado que los depósitos de morrena generalmente están conformados por cantos y bolos que ofrecen buenas características geomecánicas. No obstante, no se puede descartar la presencia de tramos más finos que supongan una reducción en dichas características mecánicas.

Por lo anterior, se supondrá inicialmente que las condiciones de cimentación serán favorables si los materiales predominantes son bolos, cantos o gravas, mientras que habrán de considerarse desfavorables si predominan niveles limosos, arenosos o arcillosos. En el primer supuesto, se considera factible diseñar una cimentación superficial; en el segundo supuesto, seguramente será necesario recurrir a una cimentación profunda mediante pilotes/micropilotes.





Figura 31 . Ubicación y aspecto de la zona de emplazamiento de la pila P-07.

3.9. Pila P-08

La pila P-08 se dispone en la misma loma o “domo” que la pila P-07, por lo que ambas posiciones comparten similares características morfológicas y condiciones geotécnicas. No obstante, al norte de la posición de la P-08 hay un camino de acceso que ha sido aprovechado como canal hídrico. Se localiza a una altitud de 2148 m y presenta un extenso manto herbáceo y de musgo.

Todo lo mencionado en el caso de la pila P-07 es aplicable a la posición de la pila P-08, tanto en lo relativo a condiciones geotécnicas como a condiciones de cimentación, es decir, se trata aparentemente de un depósito morrénico que puede ofrecer características mecánicas diferentes según su composición litológica, siendo favorables en el caso de predominio de materiales granulares y probablemente deficientes en el caso de predominio de materiales finos.

Del mismo modo, se supondrá inicialmente que las condiciones de cimentación serán favorables si los materiales predominantes son bolos, cantos o gravas, mientras que habrán de considerarse desfavorables si predominan niveles limosos, arenosos o arcillosos. En el primer supuesto, se considera factible diseñar una cimentación superficial; en el segundo supuesto, seguramente será necesario recurrir a una cimentación profunda mediante pilotes/micropilotes.

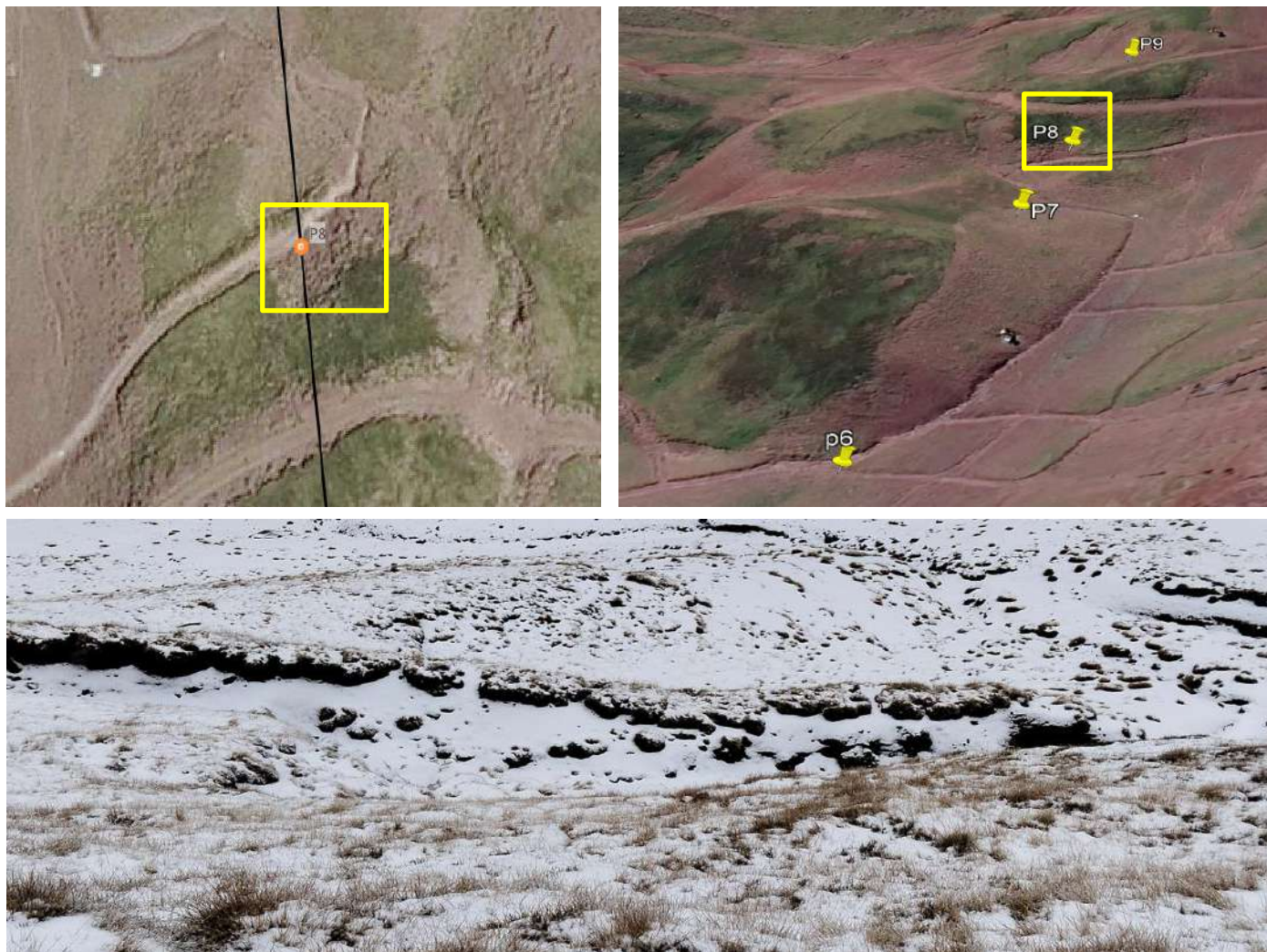


Figura 32 . Ubicación y aspecto de la zona de emplazamiento de la pila P-08.

3.10. Pila P-09

La posición de la pila P-09 se dispone a una altitud de 2168 m y sobre la misma morfología alomada descrita en las pilas P-07 y P-08, por lo que todas ellas comparten similares características morfológicas y condiciones geotécnicas. No obstante, al norte de la posición de la P-09 se observan canales en los que se produce erosión hídrica y acarcavamiento.

Así mismo, se observan indicios de posibles movimientos de ladera sobre en las inmediaciones de esta posición.



Figura 33 . Indicios de posibles deslizamientos próximos a la posición de la pila P-09.

Todo lo mencionado en el caso de la pila P-08 es aplicable a la posición de la pila P-09, tanto en lo relativo a condiciones geotécnicas como a condiciones de cimentación, es decir, se trata aparentemente de un depósito morrénico que puede ofrecer características mecánicas diferentes según su composición litológica, siendo favorables en el caso de predominio de materiales granulares y probablemente deficientes en el caso de predominio de materiales finos.

Del mismo modo, se supondrá inicialmente que las condiciones de cimentación serán favorables si los materiales predominantes son bolos, cantos o gravas, mientras que habrán de considerarse desfavorables si predominan niveles limosos, arenosos o arcillosos. En el primer supuesto, se considera factible diseñar una cimentación superficial; en el segundo supuesto, seguramente será necesario recurrir a una cimentación profunda mediante pilotes/micropilotes.

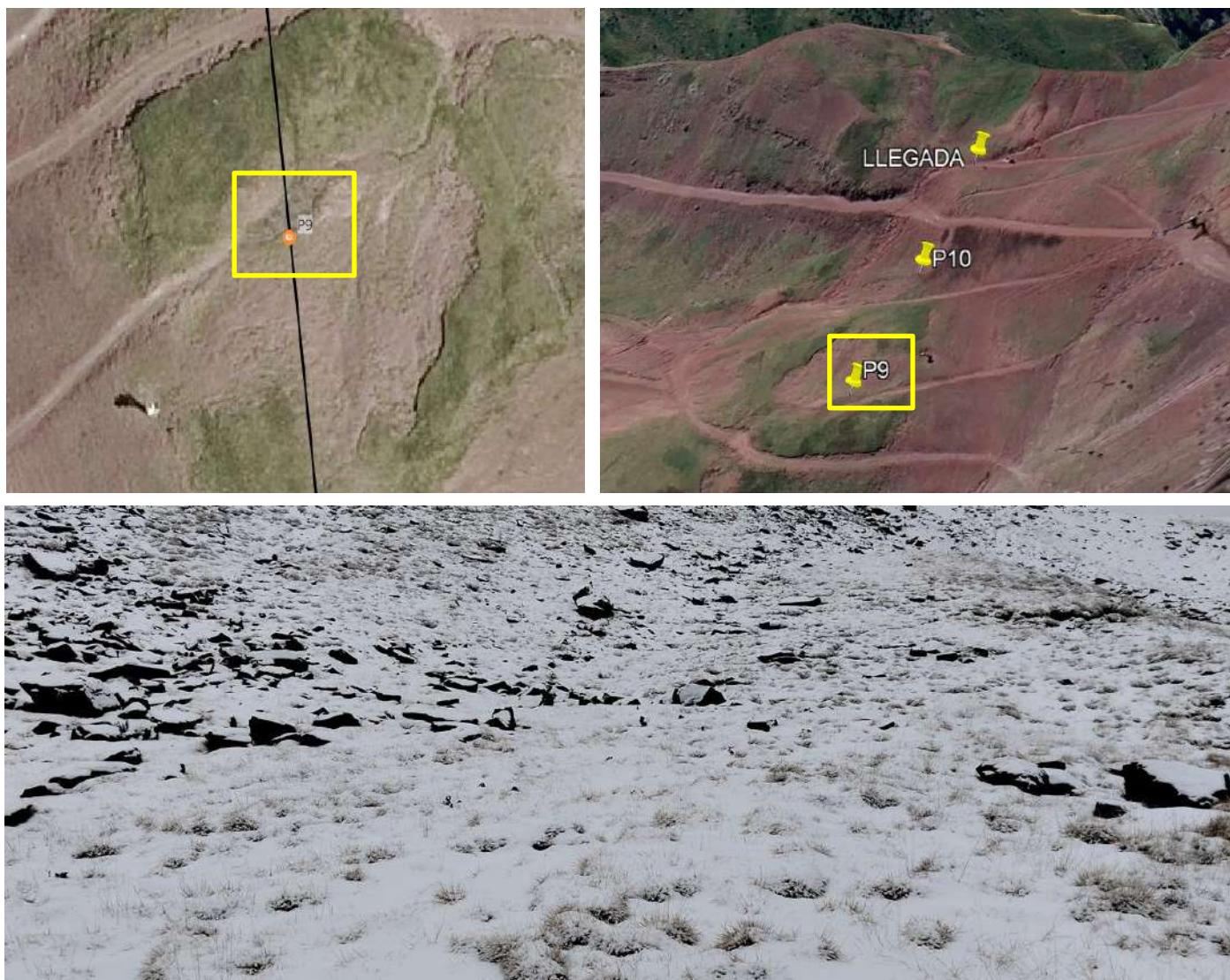


Figura 34 . Ubicación y aspecto de la zona de emplazamiento de la pylona P-09.

3.11. Pylona P-10

Se tiene nuevamente una configuración similar a la de las pilonas P-07, P-08 y P-09 en el caso de la posición de la pylona P-10, disponiéndose esta sobre un posible depósito de morrenas y compartiendo con las posiciones anteriores las mismas características morfológicas y mecánicas. Sin embargo, en esta posición se aprecian bloques angulosos de gran tamaño que seguramente se han desprendido de las cretas superiores.

La posición de la pylona P-10 se sitúa a una altitud de 2188 m y presenta, igual que en las posiciones anteriores, cierto desarrollo vegetal constituido por vegetación herbácea y musgos.

De nuevo, todo lo mencionado en el caso de la pilona P-09 es aplicable a la posición de la pilona P-10, tanto en lo relativo a condiciones geotécnicas como a condiciones de cimentación, es decir, se trata aparentemente de un depósito morrénico que puede ofrecer características mecánicas diferentes según su composición litológica, siendo favorables en el caso de predominio de materiales granulares y probablemente deficientes en el caso de predominio de materiales finos.

Así pues, se supondrá inicialmente que las condiciones de cimentación serán favorables si los materiales predominantes son bolos, cantos o gravas, mientras que habrán de considerarse desfavorables si predominan niveles limosos, arenosos o arcillosos. En el primer supuesto, se considera factible diseñar una cimentación superficial; en el segundo supuesto, seguramente será necesario recurrir a una cimentación profunda mediante pilotes/micropilotes.

En este caso, cabe advertir sobre la posible afectación a la pilona de bloques desprendimientos de zonas de cresta situadas a cotas superiores.



Figura 35 . Ubicación y aspecto de la zona de emplazamiento de la pilona P-10.

3.12. Estación superior (llegada)

La estación superior (llegada) se localiza a una altitud de 2215 m y lo hace sobre un promontorio con roca aparentemente subsuperficial. La presencia de nieve dificulta la observación, pero se pueden ver bloques angulosos de tamaño variable tapizando algunas áreas próximas, lo que sugiere procesos de desprendimientos de áreas de cresta situadas en cotas superiores.

Consideramos que el sustrato rocoso estará cerca de la superficie, según lo que se observa en el desmonte del camino que discurre por esta zona. Además, estará constituido por areniscas rojas, tal y como se aprecia en la figura siguiente:



Figura 36 . Areniscas rojas (izquierda) y bloques de gran tamaño (derecha) en zonas próximas al emplazamiento de la estación superior.

Las condiciones geotécnicas del emplazamiento se pueden considerar favorables, teniendo en cuenta la previsible presencia del sustrato rocoso en superficie.

Por lo mismo, se consideran favorables las condiciones de cimentación y se estima que podrá realizarse una cimentación de tipología directa sobre roca.

Como en el caso anterior, cabe advertir sobre la posible afectación a la pylona de desprendimientos de bloques originados en zonas de cresta superiores.

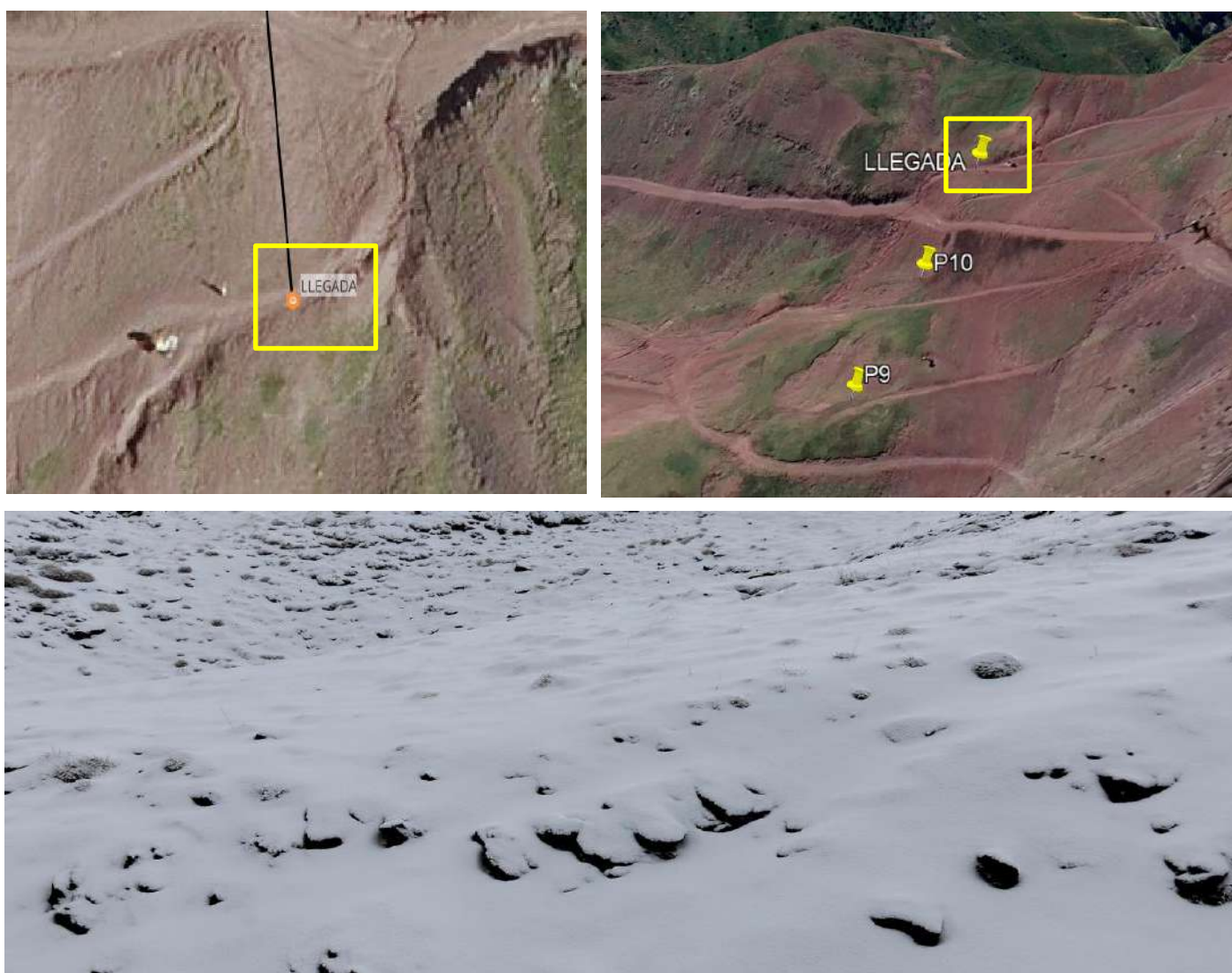


Figura 37 . Ubicación y aspecto de la zona de emplazamiento de la estación superior (Ilegada).

3.13. Resumen del apartado

En la tabla adjunta se ofrece un resumen de todo lo expuesto en los apartados anteriores.

Posición	Coordenadas			Distancia a origen (m)	Materiales en superficie	Condiciones geotécnicas esperables	Condiciones de cimentación esperables	Observaciones
	X	Y	Z					
Estación inferior (salida)	704083,37	4741884,99	2011,80	0,00	Suelos de recubrimiento (≤ 1 m)	Favorables	Directa sobre roca	-
P-01	704085,17	4741869,02	2014,90	16,06	Suelos de recubrimiento (≤ 1 m)	Favorables	Directa sobre roca	-
P-02	704090,22	4741824,37	2019,21	61,00	Suelos de recubrimiento ($\leq 0,50$ m)	Favorables	Directa sobre roca	-
P-03	704101,52	4741719,96	2033,05	166,02	Suelos de recubrimiento (≤ 2 m)	Moderadas	Directa sobre roca (sobreeexcavaciones ≤ 2 m)	Protección frente a erosión hídrica
P-04	704109,53	4741650,35	2076,33	236,06	Roca	Favorables	Directa sobre roca	-
P-05	704120,17	4741550,94	2097,50	336,03	Suelos de recubrimiento (≤ 1 m)	Favorables	Directa sobre roca	Protección frente a erosión hídrica
P-06	704131,72	4741446,53	2111,27	441,07	Suelos de recubrimiento (≤ 2 m)	Moderadas	Directa sobre roca (sobreeexcavaciones ≤ 2 m)	Protección frente a erosión hídrica
P-07	704143,66	4741337,19	2142,41	551,04	Depósito de morrena	Variables	Directa sobre gravas y bolos. Profunda si aparecen arcillas, limos o arenas.	-
P-08	704148,68	4741292,46	2148,26	596,05	Depósito de morrena	Variables	Directa sobre gravas y bolos. Profunda si aparecen arcillas, limos o arenas.	Protección frente a erosión hídrica
P-09	704155,09	4741232,79	2168,22	656,05	Depósito de morrena	Variables	Directa sobre gravas y bolos. Profunda si aparecen arcillas, limos o arenas.	Protección frente a erosión hídrica. Posible deslizamiento.
P-10	704162,77	4741163,19	2188,42	726,07	Depósito de morrena	Variables	Directa sobre gravas y bolos. Profunda si aparecen arcillas, limos o arenas.	Afectación por posibles desprendimientos
Estación superior (llegada)	704170,16	4741096,56	2215,33	793,10	Roca	Favorables	Directa sobre roca	Afectación por posibles desprendimientos

Tabla 5. Tabla resumen de condiciones geotécnicas y de cimentación de las distintas posiciones.

4. ACTUACIONES DE PROTECCIÓN

Tal y como se ha mencionado en el apartado anterior, en algunas posiciones se han desarrollado canales sujetos a procesos de erosión hídrica que, en algunos casos, por su proximidad, podrían producir afectaciones a las propias cimentaciones de las pilonas.

En el mapa de la Figura 18 se puede ver la distribución de estos canales y su situación en relación a las posiciones de las pilonas. Como vemos, las posiciones más expuestas son las de las pilonas P-03, P-05, P-06, P-08 y P-09. En estas posiciones, se recomienda establecer medidas de protección de la cimentación frente a procesos de erosión hídrica, como pueden ser pantallas de escollera o similar.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Tras los contactos establecidos con D. Alejandro Madrid, en representación de Estación Invernal Valle de Astún, S.A., se encarga a Geoscan Consultoría, S.L.P., la realización del estudio preliminar para el establecimiento de las condiciones geotécnicas generales de las posiciones de las pilonas del nuevo telesilla "Balsas", en la Estación de Astún (Huesca).

Se realiza el presente estudio preliminar de condiciones geotécnicas de las posiciones de las distintas pilonas del telesilla que sirva para prever las condiciones de cimentación esperables en cada posición, sin que ello sea óbice a la realización de las pruebas geotécnicas necesarias una vez sea posible el acceso a las distintas ubicaciones.

Las conclusiones del presente estudio se sintetizan en los puntos siguientes:

- Las condiciones geotécnicas de los emplazamientos de las distintas pilonas son en su mayoría favorables, en cuanto a que observan reducidos espesores de suelos y un sustrato rocoso relativamente somero, exceptuando las posiciones de las pilonas P-03 y P-06, consideradas moderadas por la posible presencia de suelos de recubrimiento de hasta 2 m, y en las de las pilonas P-07, P-08, P-09 y P-10, consideradas como variables debido a las propias variaciones de las características mecánicas que pueden presentar los materiales existentes y que no es posible precisar en este estudio.
- Se recomienda plantear las cimentaciones de las pilonas sobre roca en todos los casos, sobrepasando los suelos de recubrimiento existentes en cada emplazamiento. Cuando el sustrato rocoso se encuentre a no más de 2 m, se considera factible plantear soluciones de cimentación directa, efectuando sobreexcavaciones hasta alcanzar el sustrato rocoso. Cuando este aparezca a mayor profundidad, será necesario plantear soluciones de cimentación semiprofunda/profunda hasta el sustrato.
- Las posiciones de las pilonas P-03, P-05, P-06, P-08 y P-09 pueden verse afectadas por procesos de erosión hídrica que comprometan la estabilidad de la propia cimentación. En estos casos, se recomienda valorar la implantación de medidas de protección frente a la erosión y garantizar que la cimentación empotra lo suficiente en roca como para no verse afectada por procesos de socavación.

- En las inmediaciones de la posición de la pila P-09 se han observado indicios de un posible deslizamiento. Será necesario estudiar la posibilidad de nuevos deslizamientos mediante un estudio específico y/o implementar medidas de protección que eviten afectación sobre la pila.
- Las posiciones situadas en la parte superior del trazado pueden verse afectadas por desprendimientos de rocas originados en las crestas colindantes. Es el caso de las posiciones P-09, P-10 y estación superior. Se recomienda valorar en estos casos la instalación de medidas de protección antidesprendimientos.
- Deberá realizarse un estudio geotécnico de cada posición mediante la realización de pruebas mecánicas y ensayos de laboratorio para la caracterización del terreno y definición precisa de las condiciones de cimentación en cada emplazamiento. Para ello, se requerirá habilitar los correspondientes accesos allí donde sea necesario.

I. ALCANCE

Tipo de informe	Nº informe	Nº presupuesto	Revisión
Evaluación preliminar de condiciones geotécnicas y de cimentación	ZI-281GC25	096GC25	0

II. GENERALIDADES

Situación	Peticionario	Estructuras	Superficie construida (m²)
Estación de Astún (Huesca)	Estación Invernal Valle de Astún, S.A.	Pilonas telesilla	-
Proyecto	Nuevo telesilla "Balsas"	Ingeniería	-

III. MARCOS GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO

Geología	Geotecnia	Otros aspectos
Núcleo paleozoico del Pirineo Axial	Área I ₂	-

IV. SISMICIDAD Y RIESGOS GEOLÓGICOS (EVALUACIÓN PRELIMINAR)

Aceleración sísmica básica a _b	Coefficiente de contribución K	Riesgos geológicos (susceptibilidad)
0,07g	1,0	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cársticos: Muy baja ▪ Deslizamientos: Media ▪ Inundabilidad: Baja ▪ Expansividad: Nula/Baja

V. CAMPAÑA GEOTÉCNICA

Reconocimientos de campo	Ensayos de laboratorio
No se han realizado reconocimientos de campo ni ensayos de laboratorio. Se trata de un estudio preliminar de condiciones geotécnicas y de cimentación esperables	

VI. CIMENTACIONES

Pilona Nº	Tipología (previsible)	Material de apoyo (esperable)	Observaciones
Estación inferior	Directa	Roca	-
P-01	Directa	Roca	-
P-02	Directa	Roca	-
P-03	Directa o sobreexcavaciones ≤ 2 m	Roca	Protección frente a erosión hídrica
P-04	Directa	Roca	-
P-05	Directa	Roca	Protección frente a erosión hídrica
P-06	Directa o sobreexcavaciones ≤ 2 m	Roca	Protección frente a erosión hídrica
P-07	Directa sobre gravas y bolos. Profunda si aparecen arcillas, limos o arenas	Posible morrena	-
P-08	Directa sobre gravas y bolos. Profunda si aparecen arcillas, limos o arenas	Posible morrena	Protección frente a erosión hídrica
P-09	Directa sobre gravas y bolos. Profunda si aparecen arcillas, limos o arenas	Posible morrena	Protección frente a erosión hídrica Posible zona de deslizamiento
P-10	Directa sobre gravas y bolos. Profunda si aparecen arcillas, limos o arenas	Posible morrena	Expuesto a desprendimientos
Estación superior	Directa	Roca	Expuesto a desprendimientos

El presente estudio está basado en un reconocimiento geológico-geotécnico visual de cada posición. En los afloramientos de roca se han efectuado estaciones geomecánicas, cuando la calidad de dichos afloramientos lo ha posibilitado. Las consideraciones y recomendaciones establecidas han de entenderse como preliminares y válidas exclusivamente como una primera aproximación a las condiciones de cimentación previsible, sin que ello exima de la realización de la correspondiente campaña geotécnica y cálculos geotécnicos en fases posteriores, para lo cual será necesario abrir los accesos necesarios hasta cada posición.

Las consideraciones y conclusiones del presente informe están basadas en correlaciones y formulaciones usuales en mecánica del suelo y criterios sancionados por la práctica, quedando a disposición de la dirección técnica de la obra para cualquier consulta.

El presente informe consta de 52 páginas numeradas y selladas, más 2 anejos, no responsabilizándose la empresa de copias sin el sello de la misma, o de extractos arbitrarios del presente informe.

Cuadro de control, revisiones y firmas					
	Fecha	Autor	Titulación	Nº colegiado	Firma
Realización	27/11/2025	Juan Miguel Gómez	Geólogo senior. Especialista en Ingeniería Geológica	4146	
Revisión	27/11/2025	Juan Ignacio Bartolomé	Geólogo senior. Especialista en Ingeniería Geológica	3295	

No se facilitará información a terceros del presente informe, salvo autorización expresa del Peticionario, no autorizándose la publicación de este Documento.

Este documento ha sido preparado por Geoscan y permanecerá de su exclusiva propiedad. Se remite al cliente únicamente para su uso como información técnica y para el proyecto de referencia para el que ha sido preparado. No se permite su reproducción, copia o préstamo, ni utilización o exhibición de sus contenidos (totales o parciales), para cualquier otro propósito que no sea aquel para el que ha sido preparado. Este documento se encuentra protegido bajo licencia Creative Commons, según el sello anexo. Para más información consultar <http://creativecommons.org/licenses/>.



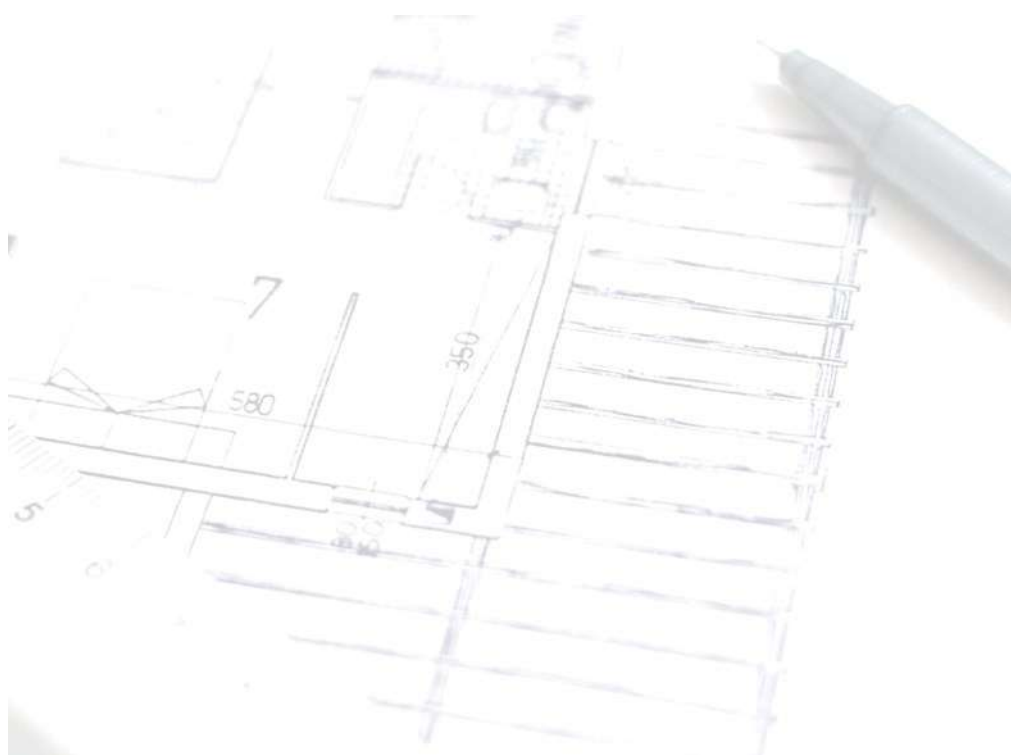
MIEMBRO DE:






COLABORADOR:



ANEJO N° I: PLANOS





<p>Promotor:</p> 	<p>Proyecto:</p> <p>Estudio preliminar de condiciones geotécnicas de las posiciones de las pilonas del nuevo telesilla "Balsas"</p> <p>Título Plano:</p> <p>Trazado y situación de pilonas</p>	<p>Escala: 1:5.000</p> <p>0 50 100 m</p>  <p>Realiza:</p>  <p>GEOSCAN</p>	<p>Nº Plano:</p> <p>1</p> <p>Tamaño original del Plano en A4</p>
--	--	---	--



Promotor:



Proyecto:

Estudio preliminar de condiciones geotécnicas de las posiciones de las pilonas del nuevo telesilla "Balsas"

Título Plano:

Cartografía geológica

Escala: 1:5.000

0 50 100 m




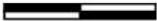

Realiza:

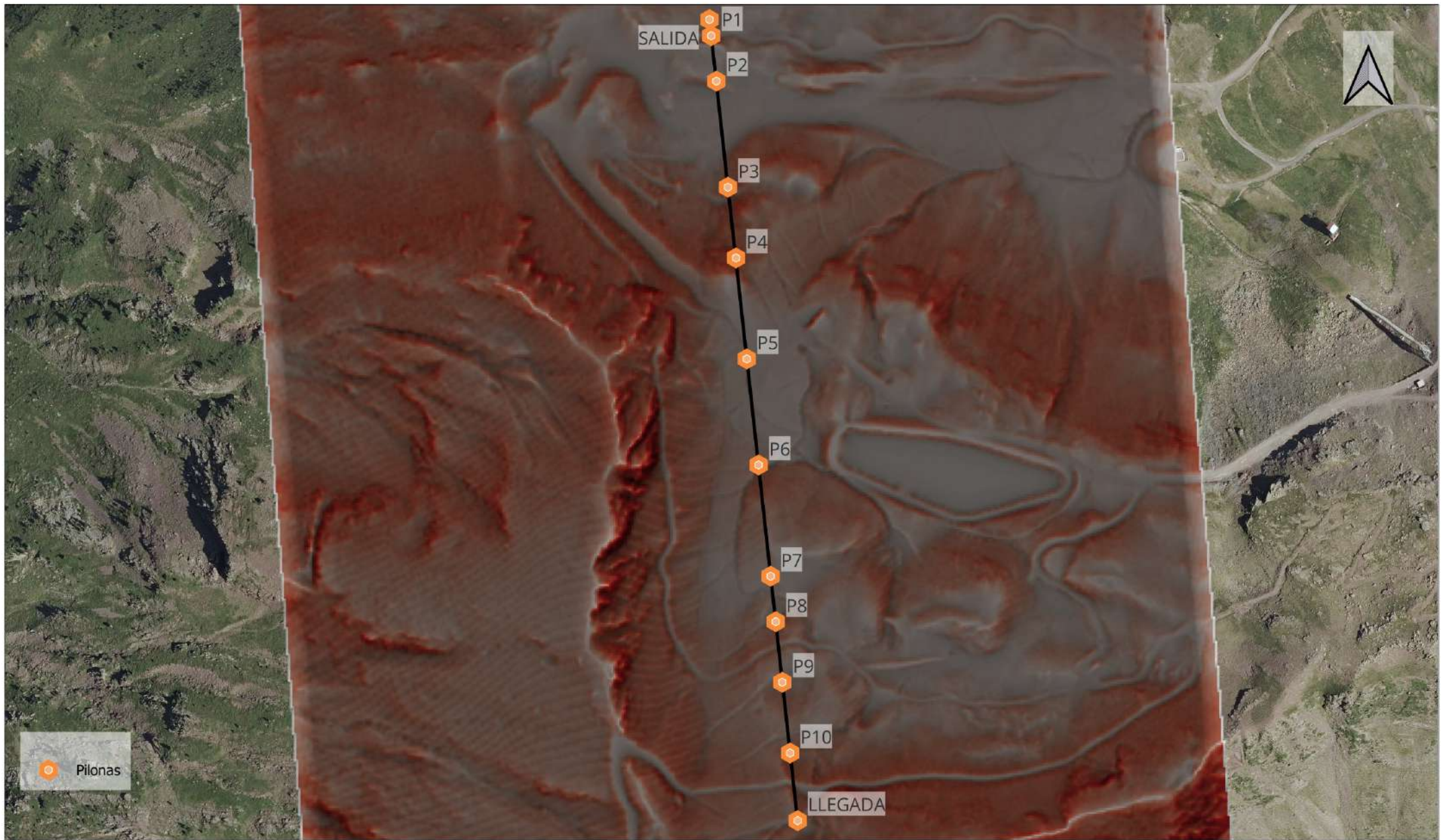



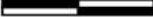

Nº Plano:

2





<p>Promotor:</p> 	<p>Proyecto:</p> <p>Estudio preliminar de condiciones geotécnicas de las posiciones de las pilonas del nuevo telesilla "Balsas"</p> <p>Título Plano:</p> <p>Mapa de pendientes</p>	<p>Escala: 1:5,000</p> <p>0 50 100 m</p>  <p>Realiza:</p>  <p>GEOSCAN</p>	<p>Nº Plano:</p> <p>3</p> <p>Tamaño original del Plano en A4</p>
--	--	---	--



<p>Promotor:</p> 	<p>Proyecto:</p> <p>Estudio preliminar de condiciones geotécnicas de las posiciones de las pilonas del nuevo telesilla "Balsas"</p> <p>Título Plano:</p> <p>Modelo Red Relief Image Map (RRIM)</p>	<p>Escala: 1:5,000</p> <p>0 50 100 m</p>  <p>Realiza:</p>  <p>GEOSCAN</p>	<p>Nº Plano:</p> <p>4</p> <p>Tamaño original del Plano en A4</p>
--	--	---	--



<p>Promotor:</p> 	<p>Proyecto:</p> <p>Estudio preliminar de condiciones geotécnicas de las posiciones de las pilonas del nuevo telesilla "Balsas"</p> <p>Título Plano:</p> <p>Distribución de canales hídricos</p>	<p>Escala: 1:5,000</p> <p>0 50 100 m</p> <p>Realiza:</p>  <p>GEOSCAN</p>	<p>Nº Plano:</p> <p>5</p>
--	--	---	---------------------------

Tamaño original
del Plano en A4

ANEJO N° II: REPORTAJE FOTOGRÁFICO





VISTA PANORÁMICA PARCIAL DE LA LADERA OBJETO DE ESTUDIO DESDE EL SUR HACIA CIMA RACA



VISTA PANORÁMICA PARCIAL DE LA LADERA OBJETO DE ESTUDIO DESDE EL NORTE HACIA EL VALLE



Areniscas rojas junto a la posición de la pila P-10



Suelos de recubrimiento cuaternario



Areniscas y pizarras junto a la pila P-04



Canal hídrico incidiendo en pizarras grises



Suelos de recubrimiento en los alrededores de P-03



Recubrimiento sobre sustrato rocoso junto a P-02

FOTOGRAFÍAS DEL ENTORNO