ESTUDIO DE SUELOS

20-OTS-0051-7390

PROYECTO

“Programa CR-T1204: Construcción de Delegación Policial de Jacó del Ministerio de Seguridad Pública”

LOCALIZACIÓN

Cantón: Garabito
Provincia: Puntarenas

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO

PROFESIONALES

Ing. Mario Villegas Jiménez	**Ing. Miguel A. Rojas Salas**
Número de cédula: 205760012	**Número de cédula: 107330059**
Número de colegiado: IC-20699	**Número de colegiado: IC-5352**
Consultor SETENA: CI-132-2014	**Consultor SETENA: CI-133-14**

Junio 2020

Heredia, Junio de 2020

Señores
Banco Interamericano de Desarrollo
Presente

Asunto: Estudio de suelos. Programa CR-T1204

Informe número: 20-OTS-0051-7390

Estimados señores:

Sírvanse encontrar a continuación los resultados del estudio de suelos solicitado para el proyecto de **Construcción de Delegación Policial de Jacó del Ministerio de Seguridad Pública** en el lote con plano de catastro N° P-174886-1994, el cual se encuentra ubicado en el distrito de Jacó, cantón de Garabito, provincia de Puntarenas.

Cualquier aclaración o ampliación que se requiera del estudio estamos a la orden.

Nos complace informarle que Vieto & asociados ha alcanzado la acreditación ECA, alcance LE-023-R01 bajo la norma INTE-ISO/IEC 17025:2017, cumpliendo con la ley 8279 del Sistema Nacional de Calidad, para mayor información sobre nuestro alcance visitar la página www.eca.or.cr

Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación Nº. LE-023
Acreditado a partir de: 26.08.2005
Alcance disponible en www.eca.or.cr

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

Documento de responsabilidad profesional

Los suscritos **Mario Villegas Jiménez**, portador de la cédula de identidad número 205760012, profesional en **Ingeniería Civil** Incorporado al colegio de profesionales Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, número de colegiado: **IC-20699** consultor inscrito en la Secretaría Técnica Nacional Ambiental, según registro CI-132-14-SETENA, cuya vigencia se encuentra al día hasta el año 2020 y **Miguel A. Rojas Salas** portador de la cédula de identidad número 107330059, profesional en **Ingeniería Civil** Incorporado al colegio de profesionales Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, número de colegiado**: IC-5352** consultor inscrito en la Secretaría Técnica Nacional Ambiental, según registro CI-133-14-SETENA, cuya vigencia se encuentra al día hasta el año 2020, manifestamos ser responsables directos de la información técnica científica que se aporta en el presente documento.

En virtud de ello, sometemos los Datos Geotécnicos de Capacidad de Soporte del informe de Vieto & Asociados No. 20-OTS-0051-7390 al conocimiento de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA), como autoridad en materia de Evaluación de Impacto Ambiental del Estado costarricense, con el objetivo de que sean analizados y se constate que los mismos han cumplido con los lineamientos técnicos y normativos establecidos.

Se tiene presente que en apego al artículo 5 del Decreto Ejecutivo 32712-MINAE, la información contenida de estos datos, se presenta bajo el concepto de Declaración Jurada y a conocimiento y conciencia de que dicha información es actual y verdadera y que en caso contrario pueden derivarse consecuencias penales del hecho. Por lo cual, manifiesto que, de encontrarse alguna irregularidad en la información relacionada con el estudio realizado, se asumen las responsabilidades que corresponden en el marco del alcance de servicio ofrecido.

MARIO ALBERTO VILLEGAS JIMENEZ (FIRMA)
Firmado digitalmente por MARIO ALBERTO VILLEGAS JIMENEZ (FIRMA)
Fecha: 2020.06.15 16:58:10 -06'00'

Ing. Mario Villegas Jiménez MGE
Departamento de Geotecnia IC-20699
Consultor No.CI-132-2014-SETENA

MIGUEL ANGEL ROJAS SALAS (FIRMA)
Firmado digitalmente por MIGUEL ANGEL ROJAS SALAS (FIRMA)
Fecha: 2020.06.16 19:08:02 -06'00'

Ing. Miguel A. Rojas Salas
Departamento de Geotecnia IC-5352
Consultor No.CI-133-2014-SETENA

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

1. TABLA DE CONTENIDO

		Página
2.	Introducción	3
2.1	Objetivo del estudio	3
2.2	Coordinación profesional	3
2.3	Datos sobre el terreno estudiado	3
2.4	Condiciones del terreno	5
2.5	Correlación e interacción con datos de geología de la zona	6
3.	Trabajo realizado	8
3.1	Sondeos y metodología aplicada	8
3.2	Ensayos	9
3.3	Resumen de perforaciones	10
4.	Resultados geotécnicos obtenidos	11
4.1	Descripción de los estratos y clasificación de los suelos	11
4.2	Resumen de hojas de perforación y fotos	14
5.	Evaluación de resultados	32
5.1	Capacidades soportantes	32
5.2	Análisis de licuefacción	33
6.	Conclusiones y recomendaciones	35
6.1	Conclusiones técnicas	35
6.2	Observaciones y recomendaciones generales	35
6.3	Recomendaciones para contrapisos	35
6.4	Parámetros de interés	37
6.5	Tipo de suelo para diseño estructural	37
6.6	Recomendaciones parar rellenos	37
6.7	Recomendaciones para estructuras de retención	37
6.8	Expansividad de suelos	38
6.9	Asentamientos	38
7.	Discusión de los grados de incertidumbre y alcance del estudio	39
8.	Referencia bibliográficas	40
	Anexos	41

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

2. INTRODUCCIÓN

2.1 Objetivo del estudio

- Estudiar las características físicas y mecánicas del terreno en la zona de interés.
- Estimar las capacidades soportantes del terreno en los sitios de las perforaciones.
- Presentar recomendaciones generales para la cimentación de obras en el sitio.

2.2 Coordinación profesional

Se realizó el siguiente estudio de suelos coordinado por el Ing. Mario Villegas Jiménez, IC-20699.

2.3 Datos sobre el terreno estudiado

El terreno estudiado es parte del lote con plano de catastro N° P-174886-1994, el cual se encuentra ubicado en el distrito de Jacó, cantón Garabito, provincia Puntarenas. Según la información suministrada, en el sitio se proyecta la construcción de un edificio de tres niveles.

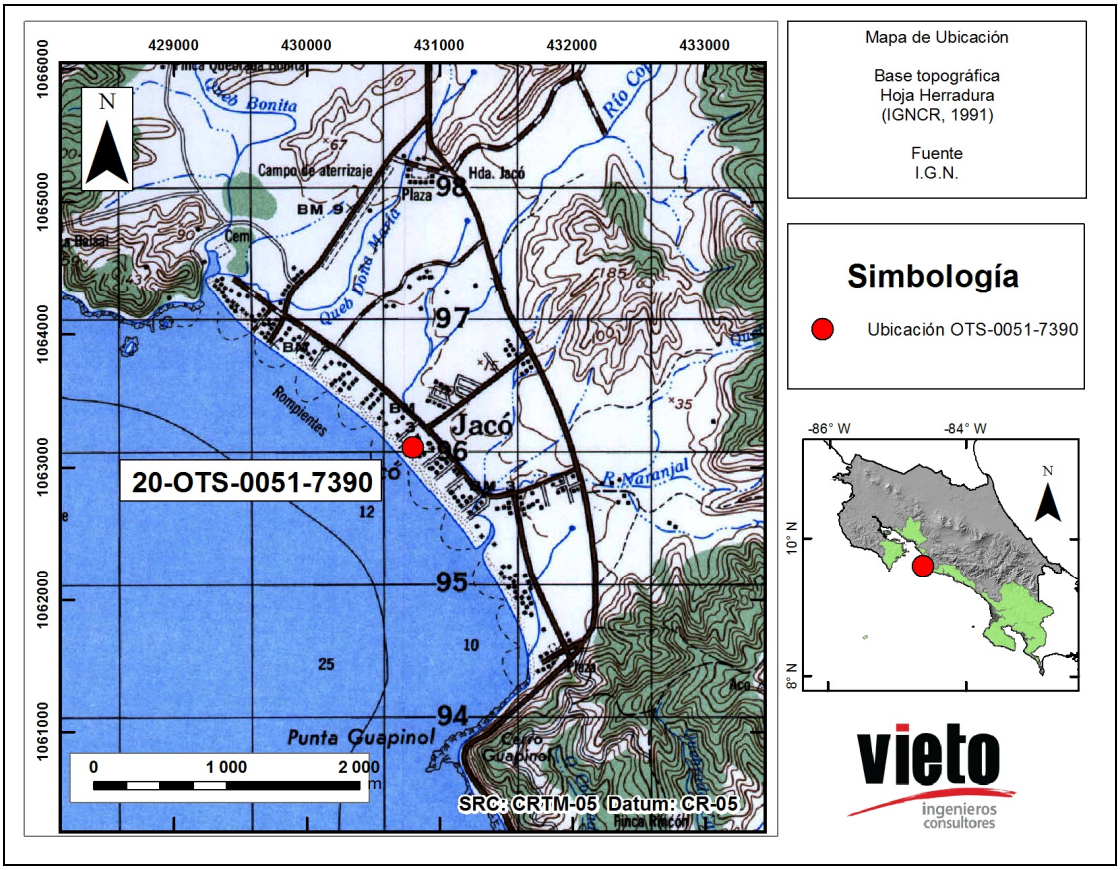


Figura. Mapa de ubicación de la zona en estudio. Fuente: Instituto Geográfico Nacional.

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

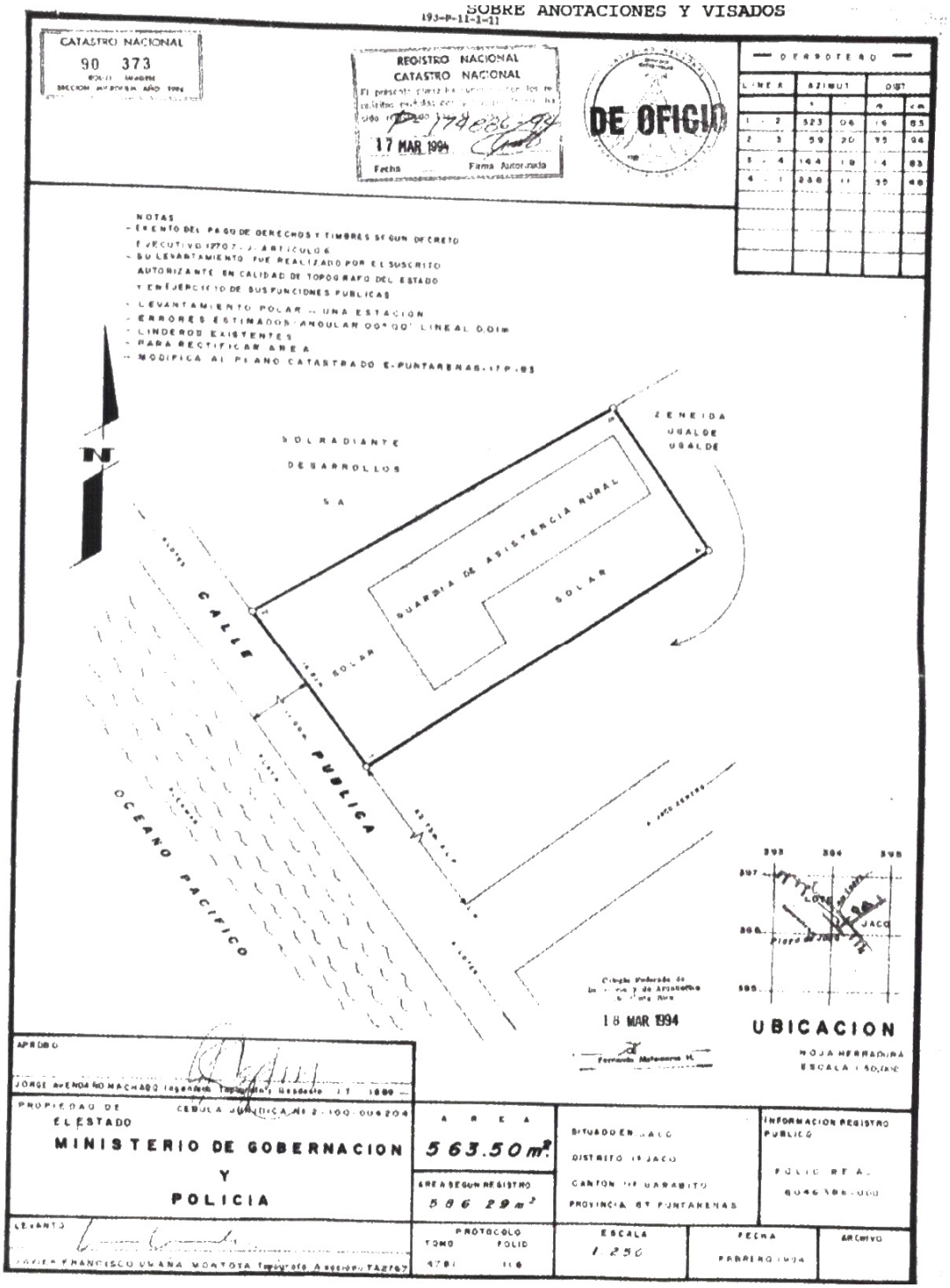


Figura. Plano de catastro
Fuente: Información suministrada.

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

2.4 Condiciones del terreno

El terreno estudiado presenta una topografía plana y se encuentra ubicado frente a la costa. La superficie del terreno se encuentra parcialmente expuesta. No existen edificaciones construidas dentro de la propiedad. Existen construcciones en una de las colindancias del lote.

A continuación se presentan imágenes que ilustran las condiciones del terreno al momento de ejecutar los trabajos en el sitio.

Fotografía. Vista del interior del lote desde acera frontal.

Fotografía. Vista desde el interior del lote hacia la costa.

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

2.5 Correlación e interacción con datos de geología de la zona

Estratigráficamente, el sitio se localiza sobre los depósitos sedimentarios arenosos recientes de origen marino y posiblemente de transición del sistema fluviátil. Estos depósitos son inconsolidados y susceptibles a amplificación sísmica, pues durante el sismo de Sámara de 2012 en Jacó centro se alcanzaron aceleraciones sísmicas pico de 158m/s^2 (LIS, 2012), superando para algunos periodos el umbral del espectro de respuesta propuesto para la zona IV del Código Sísmico de Costa Rica (CFIA, 2014).

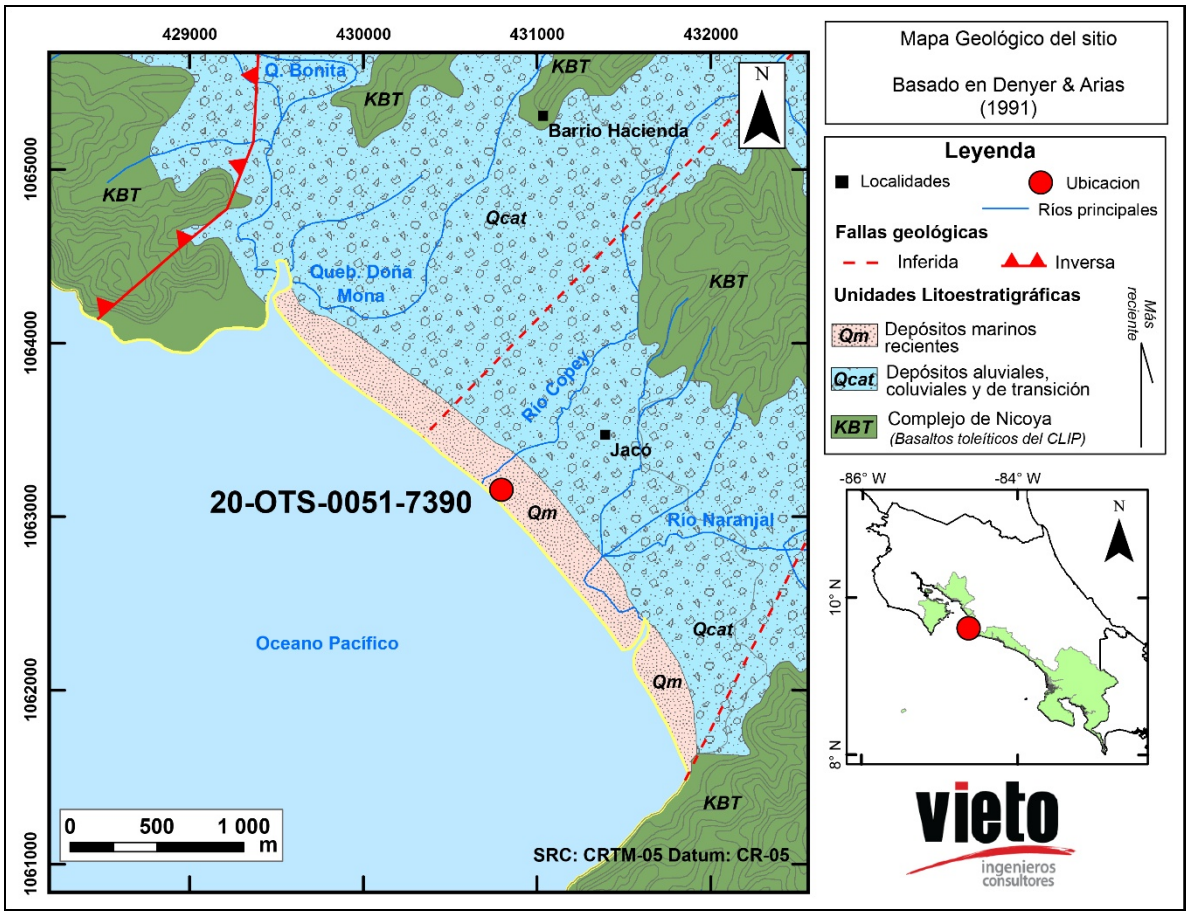


Figura. Mapa geológico regional de la zona en estudio.

En las cercanías del sitio se identifican *facies* cuaternarias similares, pero su origen se atribuye a frentes de depositación del sistema fluvial actual, a pesar de que el modelo geológico regional (Denyer & Alvarado, 2007) no abarca una distinción a la escala de esta investigación, la delimitación es geomorfológica en relación a la zona de influencia de los canales de marea del río Naranjal, Copey, Quebrada Doña Mona y Quebrada Bonita.

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

Las serranías circundantes, corresponden con cerros disectados y residuales del Complejo de Nicoya, que se compone por lavas basálticas toleíticas, con intercalaciones de hialoclastitas y sedimentos pelágicos datados del Cretácico Medio. Presentan intensa deformación, alteración y remplazo mineral (Denyer & Alvarado, 2007; Kussmaul, 2000).

Tectónicamente, se posee una estructura regional como lo es la Fosa Mesoamericana a 75 km al suroeste, causante de constante sismicidad y de las fallas geológicas que indicadas en el mapa precedente **(**Montero, 1999). Estas fallas son alineamientos paleotectónicos (no activos) que delimitan el afloramiento del Complejo de Nicoya e inicio del piedemonte del Promontorio de Herradura. Hacia el oeste, se tiene identificado el Sistema de Fallas Tárcoles, con una longitud de hasta 60 km y al cual se le atribuye el Terremoto de Orotina de 1924, de magnitud 7,0 M_s (Montero, 1999).

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

3. TRABAJO REALIZADO

3.1 Sondeos y metodología aplicada

Según lo solicitado, se realizaron perforaciones a percusión utilizando muestreador estándar, con el objetivo de evaluar el comportamiento del suelo existente en el sitio de interés para el proyecto.

La metodología empleada se conoce con el nombre de Prueba de Perforación Estándar SPT *(Standard Penetration Test)* cuya práctica se encuentra normada por ASTM *(American Society of Testing Materials)* bajo el número ASTM D 1586* (INS-L-062).

Esta práctica es universalmente aceptada para la exploración de suelos con el fin de estimar y correlacionar características mecánicas y capacidades soportantes del terreno.

Las muestras inalteradas extraídas en el campo fueron transportadas adecuadamente al laboratorio de Vieto & Asociados S.A. para su análisis.

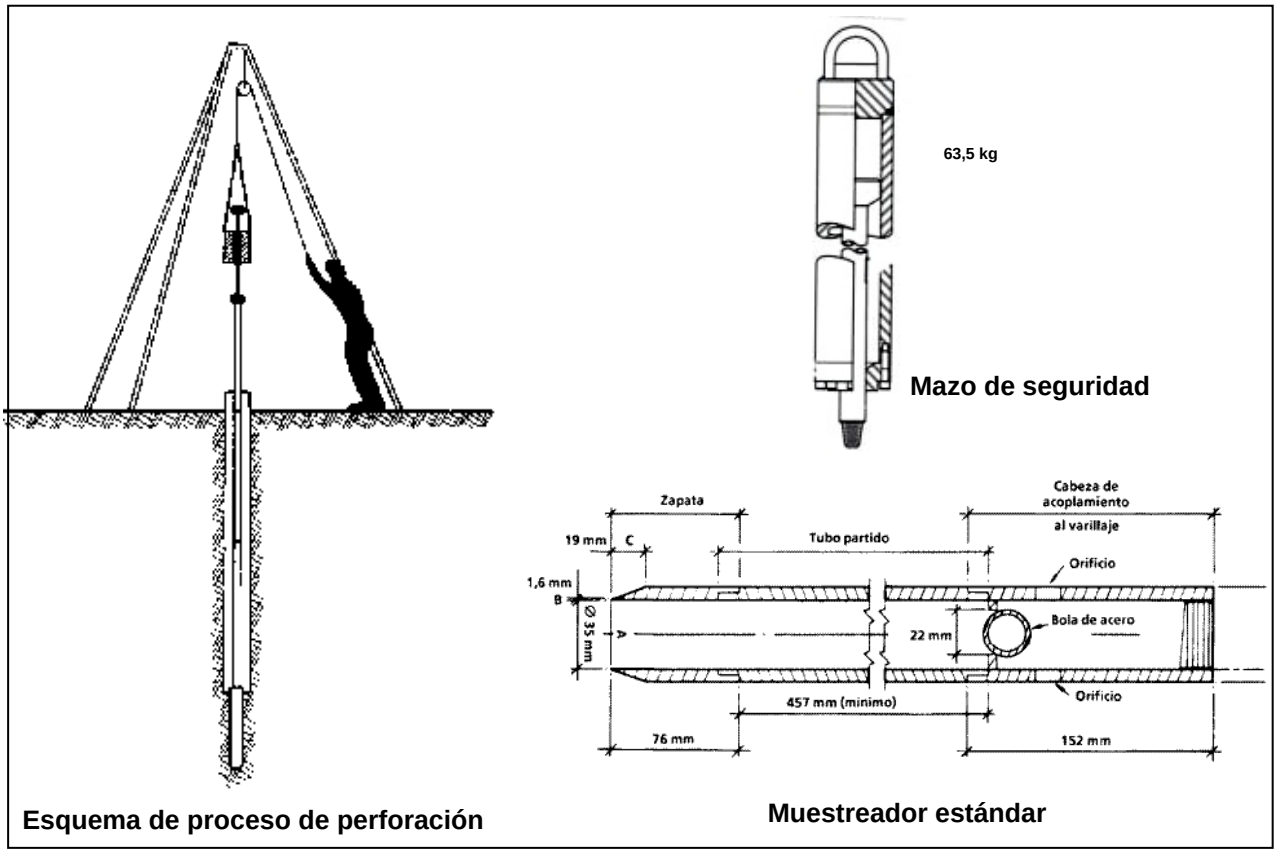


Figura. Esquemas de elementos utilizados en perforación SPT según ASTM D1586.

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

3.2 Ensayos

Las muestras extraídas en el campo fueron transportadas al laboratorio de Vieto & Asociados S.A. y analizadas para determinar características físicas y mecánicas de los diferentes estratos, tales como resistencia a la compresión inconfinada, humedad natural, límites de consistencia, distribución de tamaños de partículas y clasificación por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Con base en la información obtenida se elaboró los perfiles de la estratigrafía del suelo en cada zona de estudio los cuales se muestran en las hojas de resumen de la perforación.

Seguidamente se indican los ensayos realizados:

Compresión inconfinada*:	ASTM D 2166
Humedad natural*:	ASTM D 2216
Límites Atterberg*:	ASTM D 4318
Análisis granulométrico*:	ASTM C 117 / C 136 / D1140 / D421
Peso unitario*:	ASTM C 29M-97
Peso unitario**:	ASTM D 7263
Gravedad específica*:	ASTM D 854-02
Clasificación de suelos*:	ASTM D 2487

* Ensayo acreditado
** Ensayo no acreditado
***Según aplique

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

3.3 Resumen de perforaciones

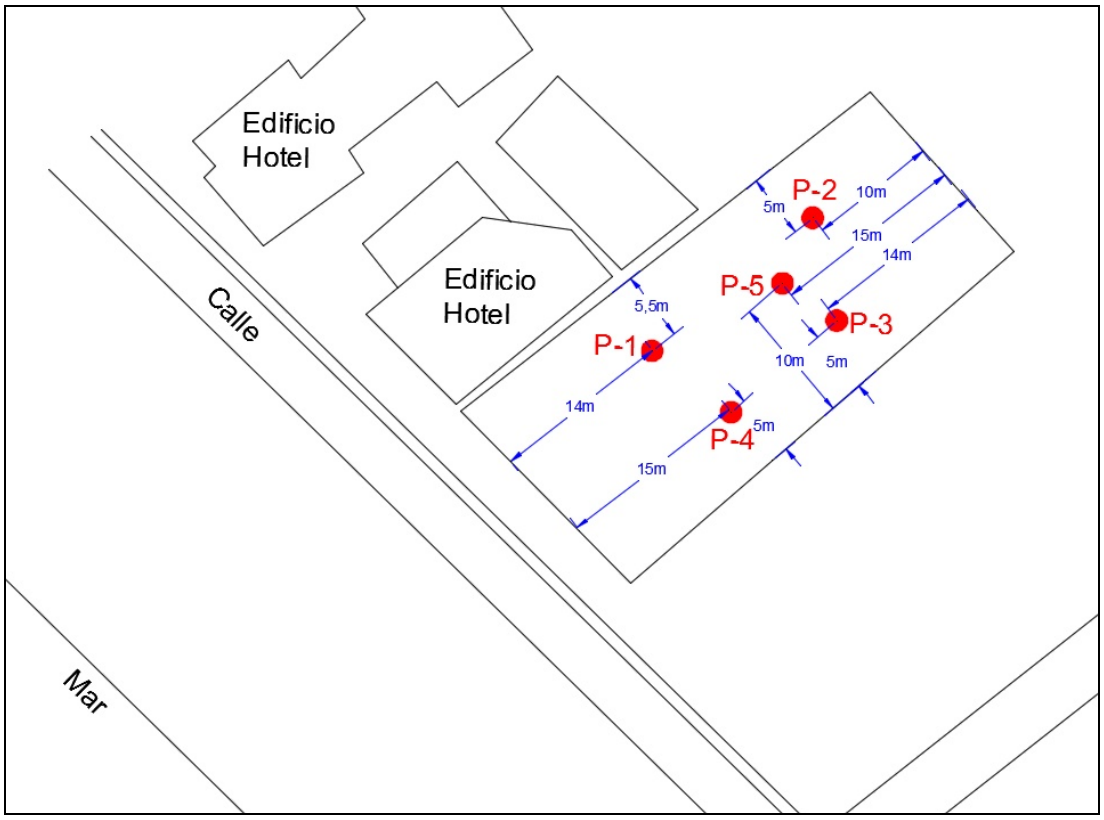


Figura. Diagrama de perforaciones. Sin escala.
Nota: Las medidas son aproximadas

Tabla. Resumen de datos de perforaciones.

Perforación	Coordenadas GPS CRTM-05		Profundidad de perforación (m)	Profundidad de nivel freático (m)
	E	N		
P-1	430802	1063153	6,00	5,40
P-2	430821	1063164	7,20	4,80
P-3	430821	1063154	6,60	4,80
P-4	430807	1063145	8,40	4,80
P-5	430811	1063154	4,20	No se encontró*

** Hasta la profundidad explorada.*

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

4. RESULTADOS GEOTÉCNICOS OBTENIDOS

4.1 Descripción de los estratos y clasificación de los suelos

Seguidamente se da la descripción de los estratos de acuerdo con la profundidad en la zona de cada perforación.

Perforación P-1:

0,00 m a 0,30 m
Arena de grano medio color café oscuro.
Densidad suelta.
Resistencia seca baja.

0,30 m a 3,00 m
Arena de grano fino mal graduada de color café (SP-SM).
LA-1 (NP).
Grad-1 (95% Arena, 5% Finos).
Densidad variable entre muy suelta y densa.
Resistencia seca variable entre baja y media.

3,00 m a 5,40 m
Arena de grano fino color café con rastro de grava (SM).
LA-2 (NP).
Grad-2 (13% Grava, 67% Arena, 20% Finos).
Densidad variable entre densa y muy densa.
Resistencia seca media.

5,40 m a 6,00 m
Arena de grano fino color café con puntos blancos (SM).
LA-3 (NP).
Grad-3 (2% Grava, 76% Arena, 22% Finos).
Densidad variable entre densa y muy densa.
Resistencia seca baja.

Perforación P-2:

0,00 m a 2,40 m
Arena de grano fino mal graduada color café con rastro de grava (SP-SM).
LA-4 (NP).
Grad-4 (13% Grava, 78% Arena, 9% Finos).
Densidad variable entre suelta y medianamente densa.
Resistencia seca baja.

2,40 m a 4,80 m
Arena de grano fino mal graduada color café con grava (SP-SM).
LA-5 (NP).
Grad-5 (18% Grava, 70% Arena, 12% Finos).
Densidad variable entre medianamente densa y densa.
Resistencia seca media.

4,80 m a 7,20 m
Arena de grano fino color café con rastro de grava (SM).
LA-6 (NP).
Grad-6 (12% Grava, 75% Arena, 13% Finos).
Densidad variable entre medianamente densa y muy densa.
Resistencia seca media.

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

Perforación P-3:

0,00 m a 0,15 m	Grava arcillosa color café. Densidad suelta. Resistencia seca baja.
0,15 m a 3,60 m	Arena de grano fino mal graduada color café con rastro de grava y puntos blancos (SP-SM). LA-7 (NP). Grad-7 (12% Grava, 76% Arena, 12% Finos). Densidad variable entre suelta y densa. Resistencia seca variable entre baja y media.
3,60 m a 5,40 m	Arena de grano fino mal graduada color café con rastro grava y puntos blancos (SP-SM). LA-8 (NP). Grad-8 (14% Grava, 80% Arena, 6% Finos). Densidad variable entre medianamente densa y densa. Resistencia seca variable entre baja y media.
5,40 m a 6,60 m	Arena de grano fino mal graduada color café con grava (SP-SM). LA-9 (NP). Grad-9 (18% Grava, 70% Arena, 12% Finos). Densidad variable entre densa y muy densa. Resistencia seca baja.

Perforación P-4:

0,00 m a 0,40 m	Grava arenosa color café. Densidad variable entre suelta y medianamente densa. Resistencia seca baja.
0,40 m a 3,00 m	Arena de grano fino mal graduada de color café (SP-SM). LA-10 (NP). Grad-10 (95% Arena, 5% Finos). Densidad variable entre suelta y muy densa. Resistencia seca variable entre baja y media.
3,00 m a 6,00 m	Arena de grano fino de color café con rastro de grava (SM). LA-11 (NP). Grad-11 (11% Grava, 75% Arena, 14% Finos). Densidad variable entre medianamente densa y muy densa. Resistencia seca variable entre baja y media.
6,00 m a 8,40 m	Arena color café. Densidad variable entre medianamente densa y densa.

Nota:

LA: Límites de Atterberg (Límites de consistencia) / LL: Límite líquido /LP: Límite plástico
Grad: Graduación (Análisis granulométrico)
NP: No plástico

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

Perforación P-5:

0,00 m a 4,20 m	Arena de grano fino mal graduada de color café (SP-SM). LA-12 (NP). Grad-12 (2% Grava, 90% Arena, 8% Finos). Densidad variable entre suelta y muy densa. Resistencia seca variable entre baja y media.

Nota:

LA: Límites de Atterberg (Límites de consistencia)
LL: Límite líquido
LP: Límite plástico
Grad: Graduación (Análisis granulométrico)
NP: No plástico

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

4.2 Resumen de hojas de perforación y fotos

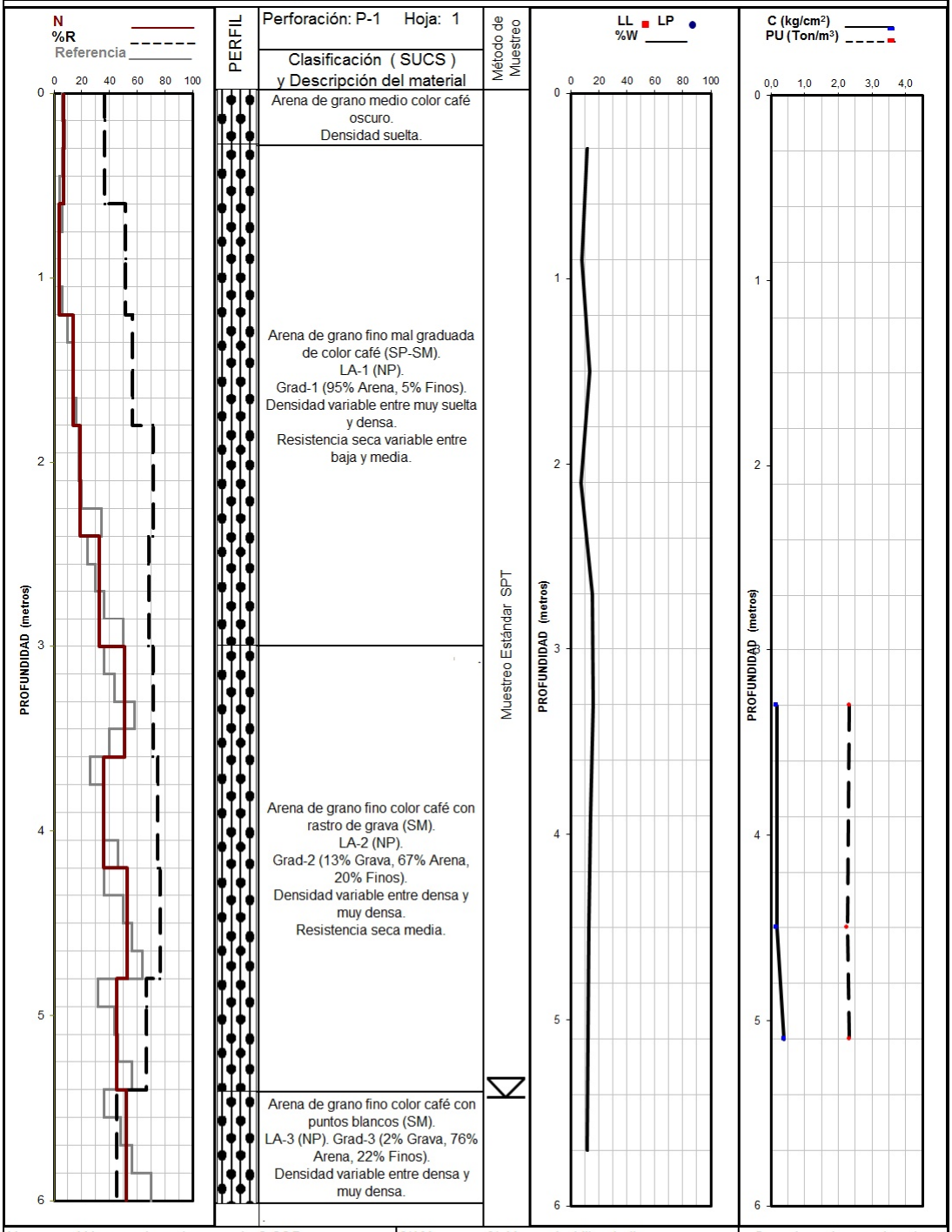
4.2.1 Perforación P-1

Fotografía. Vista de perforación P-1.

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

RESUMEN DE PERFORACION

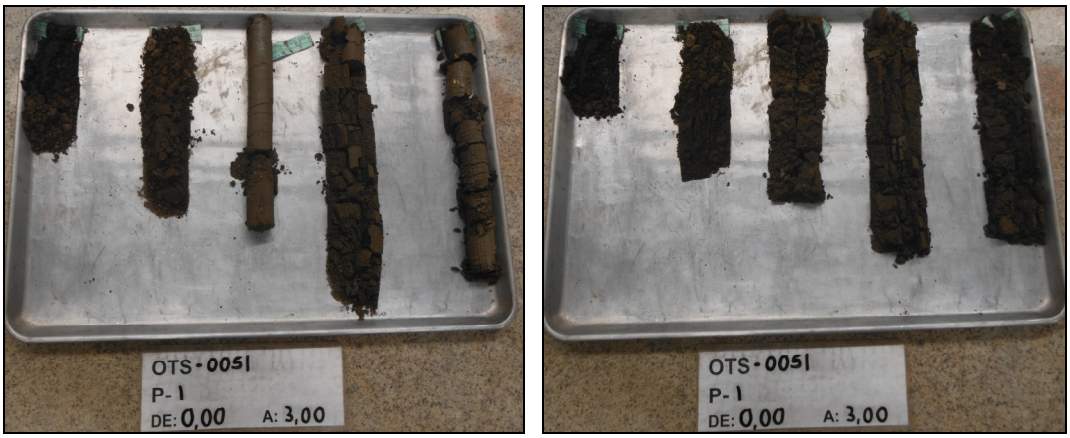
PROYECTO: Construcción de Delegación. **LOCALIZACION:** Jacó, Puntarenas.



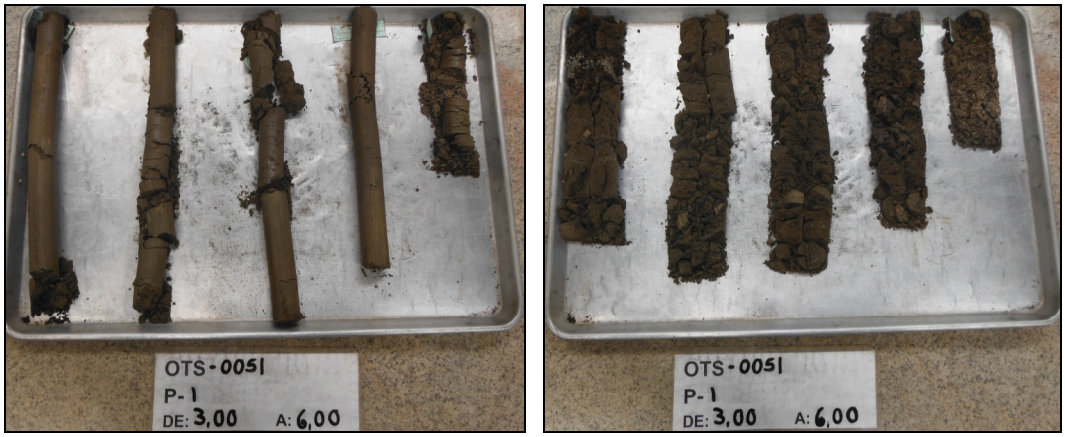
N=	Número de golpes cada 0,305 m	%W=	% Humedad "in situ"	Coordenadas nacionales	
%R=	% de Recuperación	LL=	Límite Líquido	Y	1063153.
NF=	Nivel Freático	LP=	Límite Plástico	X	430802.
C=	Resistencia no drenada Cu	PU=	Peso Unitario "in situ"	Fecha:	19-may

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

PERFORACIÓN P-1
(OTS-0051)



Fotografías. Testigos de perforación. De 0,00 m a 3,00 m.



Fotografías. Testigos de perforación. De 3,00 m a 6,00 m.

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

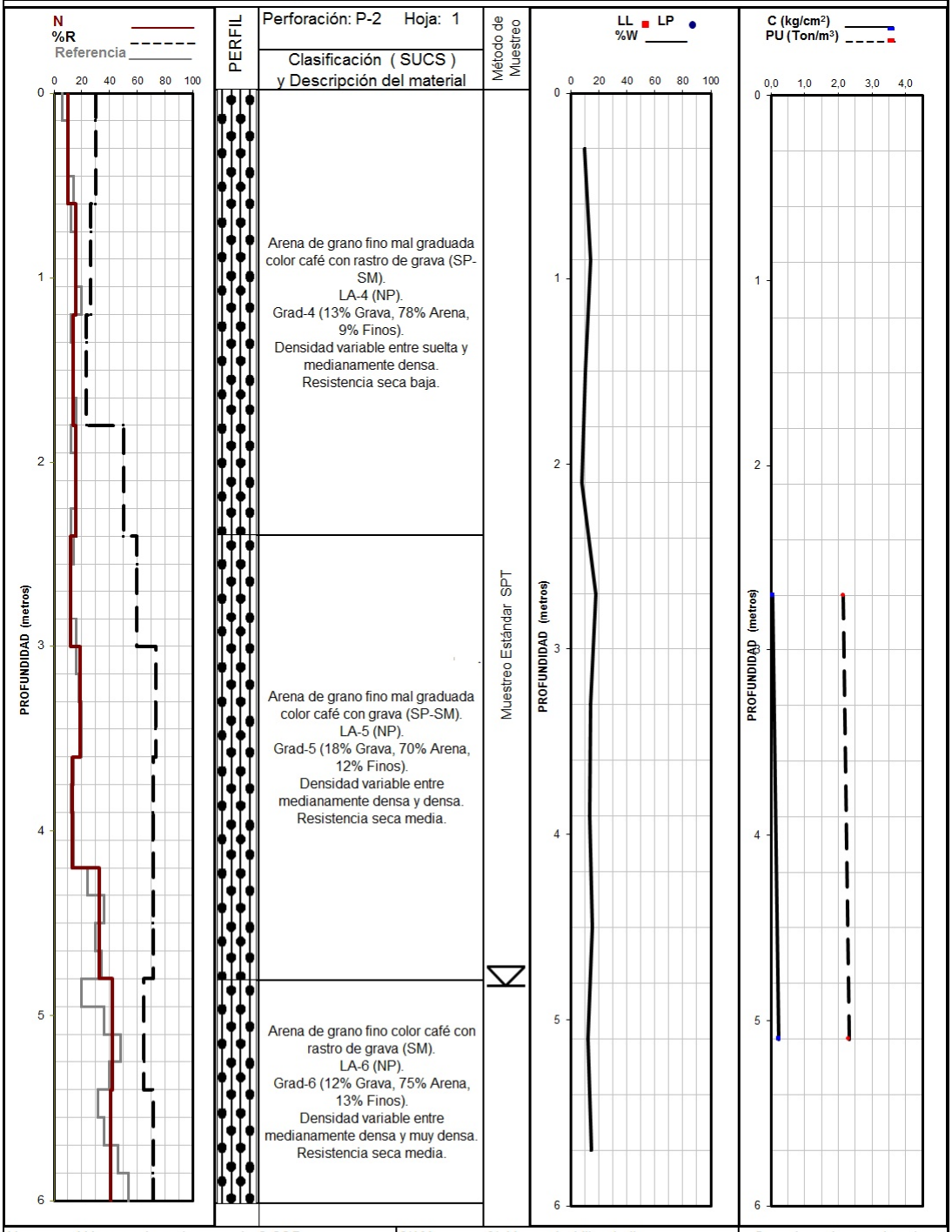
4.2.2 Perforación P-2

Fotografía. Vista de perforación P-2.

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

RESUMEN DE PERFORACION

PROYECTO: Construcción de Delegación. **LOCALIZACION:** Jacó, Puntarenas.

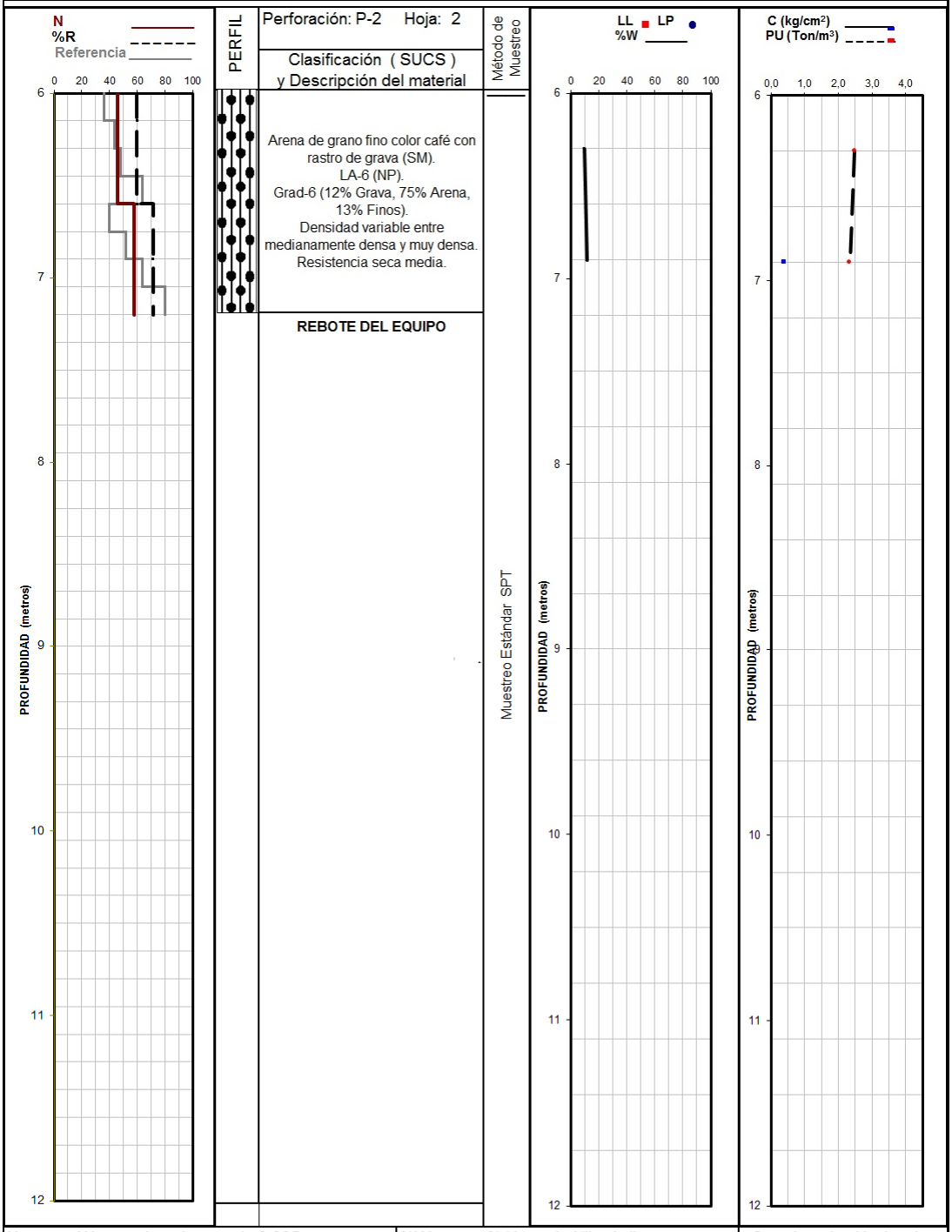


N=	Número de golpes cada 0,305 m	%W=	% Humedad "in situ"	Coordenadas nacionales	
%R=	% de Recuperación	LL=	Límite Líquido	Y	1063164.
NF=	Nivel Freático	LP=	Límite Plástico	X	430821.
C=	Resistencia no drenada Cu	PU=	Peso Unitario "in situ"	Fecha:	19-may

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

RESUMEN DE PERFORACION

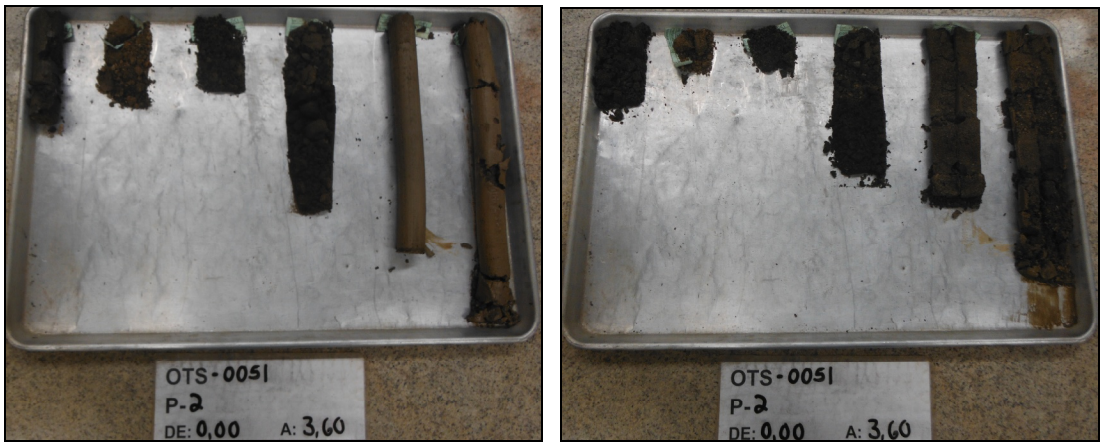
PROYECTO: Construcción de Delegación. **LOCALIZACION:** Jacó, Puntarenas.



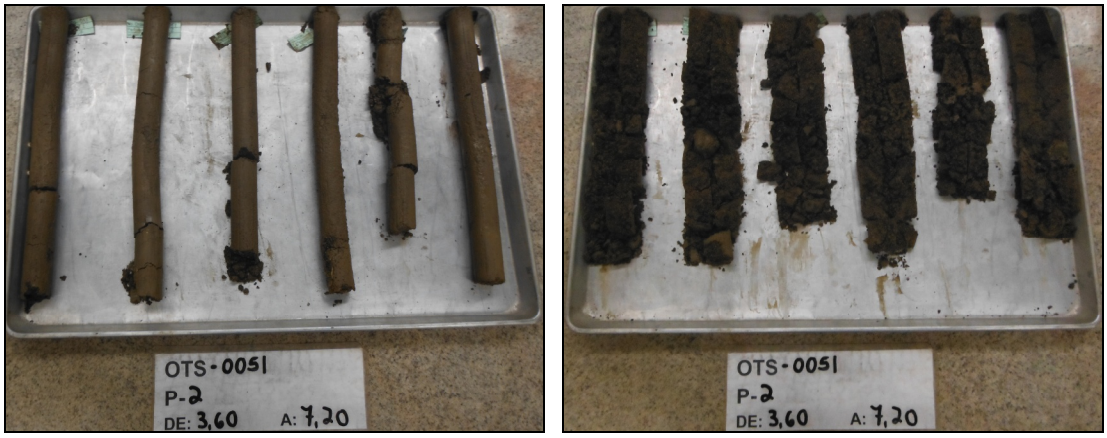
N=	Número de golpes cada 0,305 m	%W=	% Humedad "in situ"	Coordenadas Nacionales	
%R=	% de Recuperación	LL=	Límite Líquido	Y	1063164.
NF=	Nivel Freático	LP=	Límite Plástico	X	430821.
C=	Resistencia no drenada Cu	PU=	Peso Unitario "in situ"	Fecha:	19-may

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

PERFORACIÓN P-2
(OTS-0051)



Fotografías. Testigos de perforación. De 0,00 m a 3,60 m.



Fotografías. Testigos de perforación. De 3,60 m a 7,20 m.

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

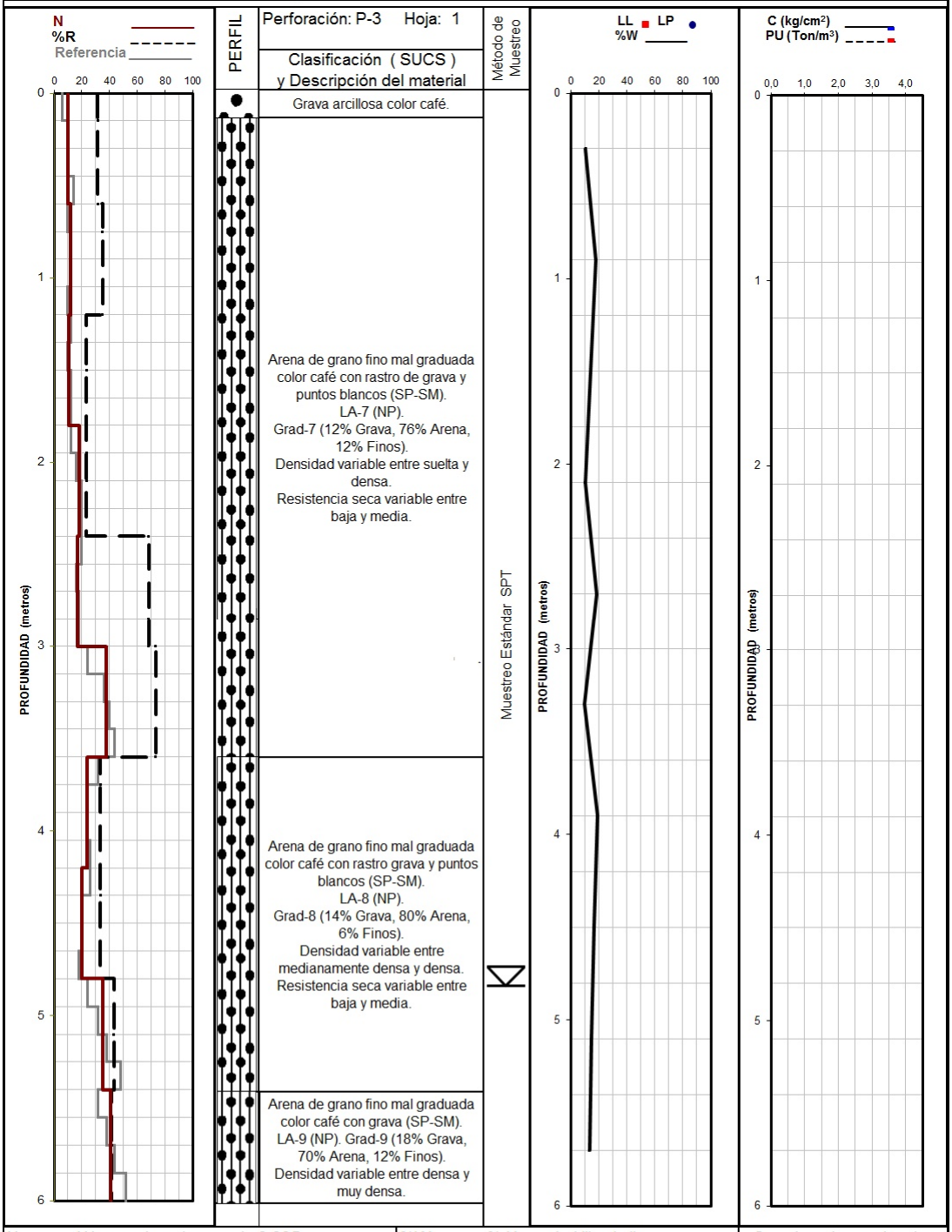
4.2.3 Perforación P-3

Fotografía. Vista de perforación P-3.

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

RESUMEN DE PERFORACION

PROYECTO: Construcción de Delegación. **LOCALIZACION:** Jacó, Puntarenas.

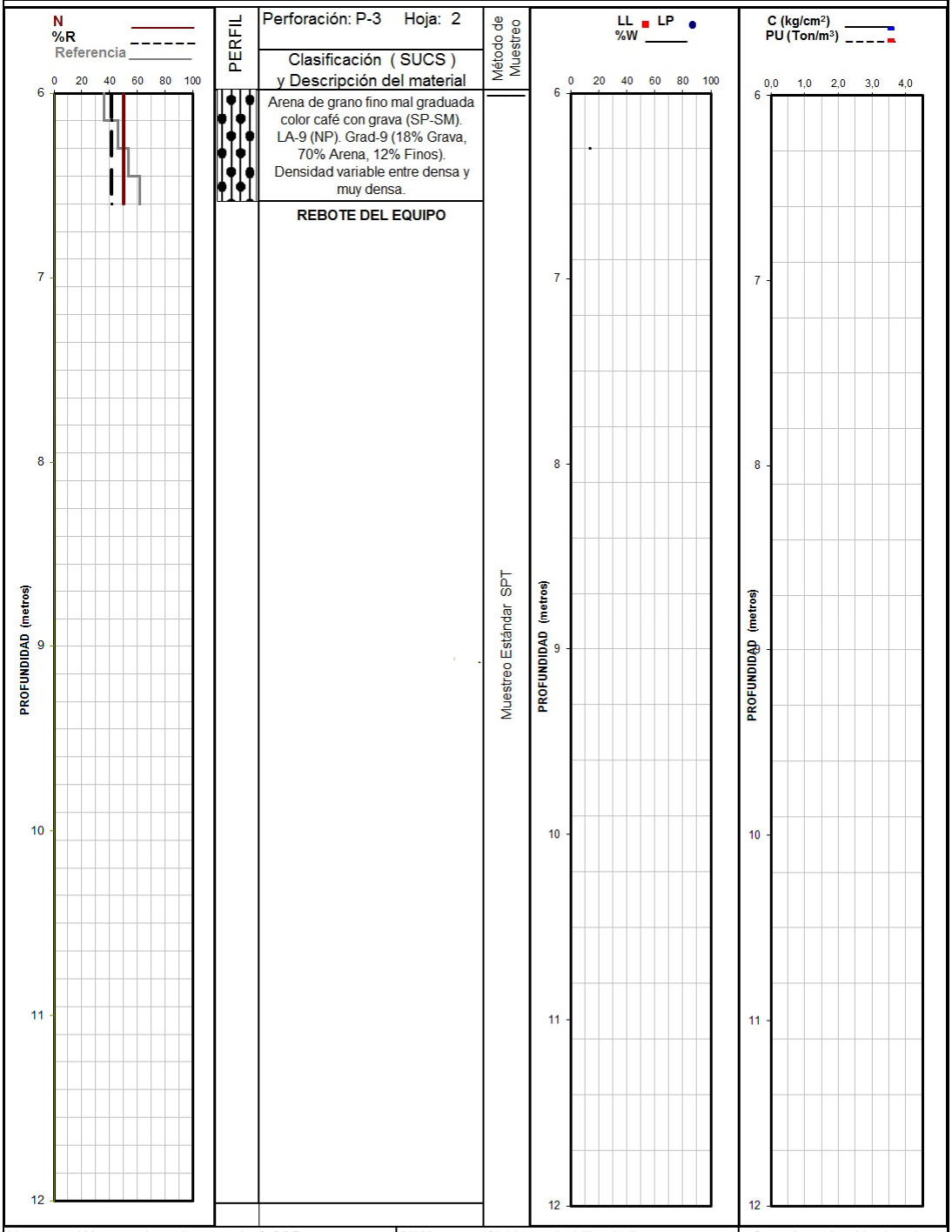


N=	Número de golpes cada 0,305 m	%W=	% Humedad "in situ"	Coordenadas nacionales	
%R=	% de Recuperación	LL=	Límite Líquido	Y	1063154.
NF=	Nivel Freático	LP=	Límite Plástico	X	430821.
C=	Resistencia no drenada Cu	PU=	Peso Unitario "in situ"	Fecha:	20-may

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

RESUMEN DE PERFORACION

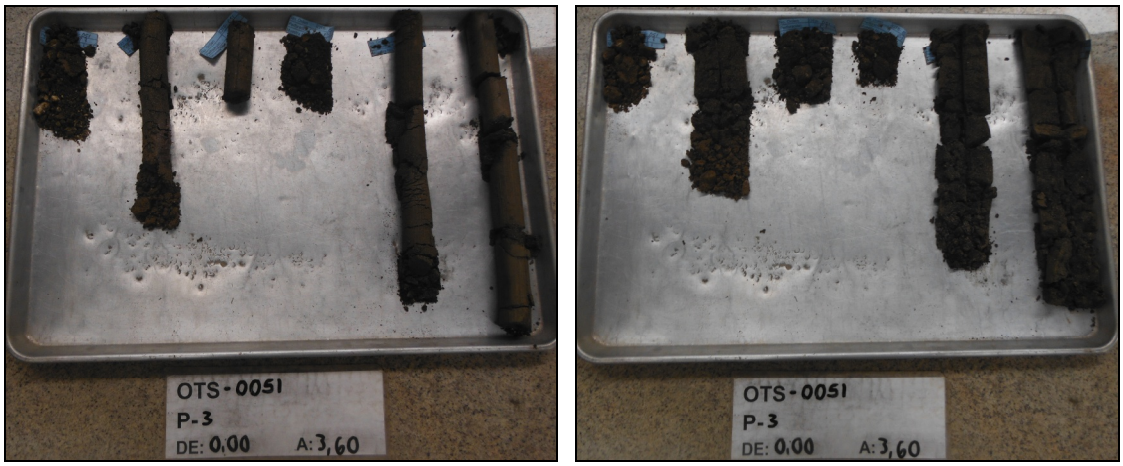
PROYECTO: Construcción de Delegación. **LOCALIZACION:** Jacó, Puntarenas.



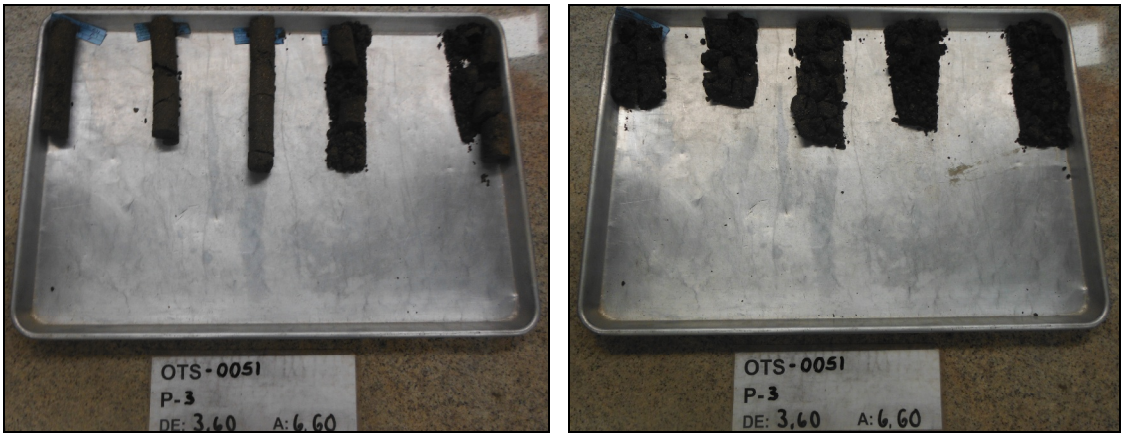
N=	Número de golpes cada 0,305 m	%W=	% Humedad "in situ"	Coordenadas Nacionales	
%R=	% de Recuperación	LL=	Límite Líquido	Y	1063154.
NF=	Nivel Freático	LP=	Límite Plástico	X	430821.
C=	Resistencia no drenada Cu	PU=	Peso Unitario "in situ"	Fecha:	20-may

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

PERFORACIÓN P-3
(OTS-0051)



Fotografías. Testigos de perforación. De 0,00 m a 3,60 m.



Fotografías. Testigos de perforación. De 3,60 m a 6,60 m.

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

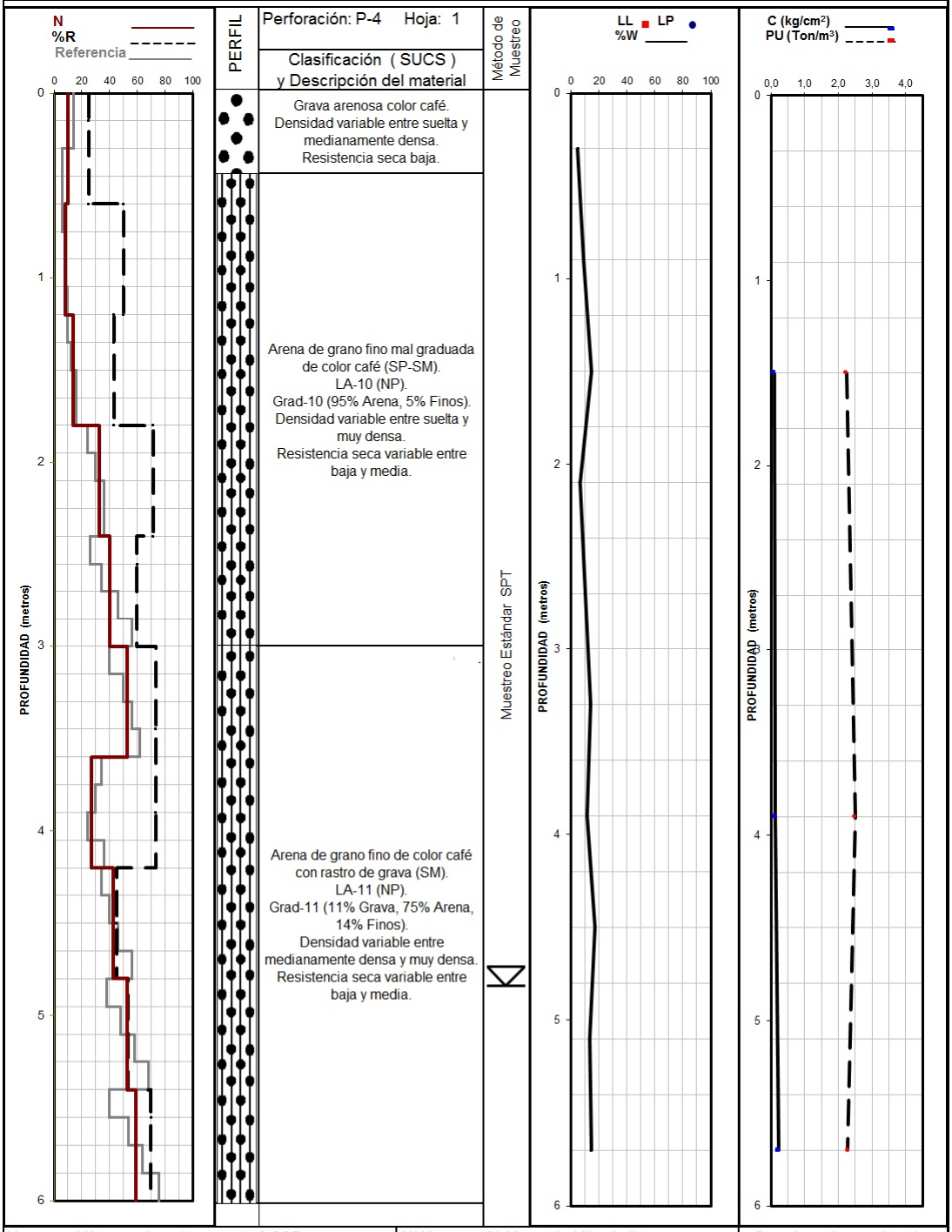
4.2.4 Perforación P-4

Fotografía. Vista de perforación P-4.

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

RESUMEN DE PERFORACION

PROYECTO: Construcción de Delegación. **LOCALIZACION:** Jacó, Puntarenas.

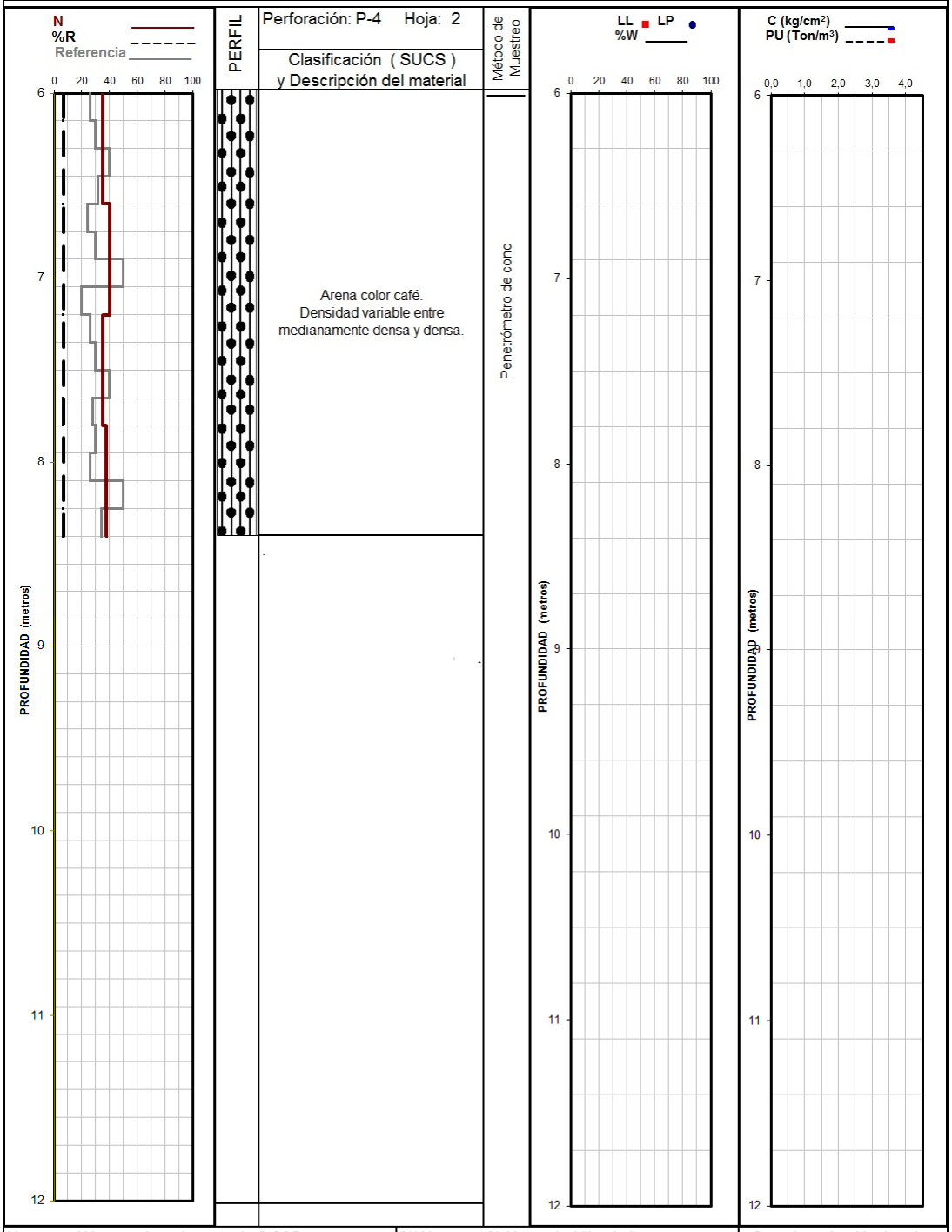


N=	Número de golpes cada 0,305 m	%W=	% Humedad "in situ"	Coordenadas nacionales	
%R=	% de Recuperación	LL=	Límite Líquido	Y	1063145.
NF=	Nivel Freático	LP=	Límite Plástico	X	430807.
C=	Resistencia no drenada Cu	PU=	Peso Unitario "in situ"	Fecha:	20-may

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

RESUMEN DE PERFORACION

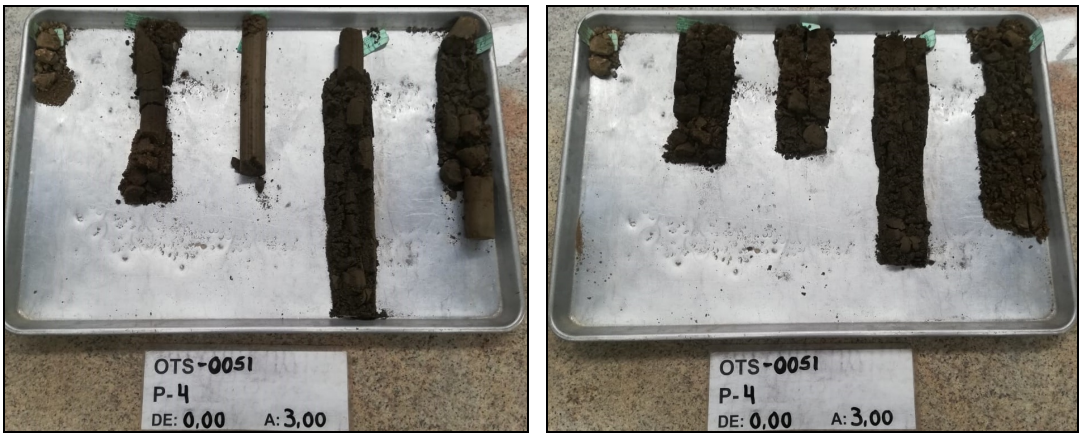
PROYECTO: Construcción de Delegación. **LOCALIZACION:** Jacó, Puntarenas.



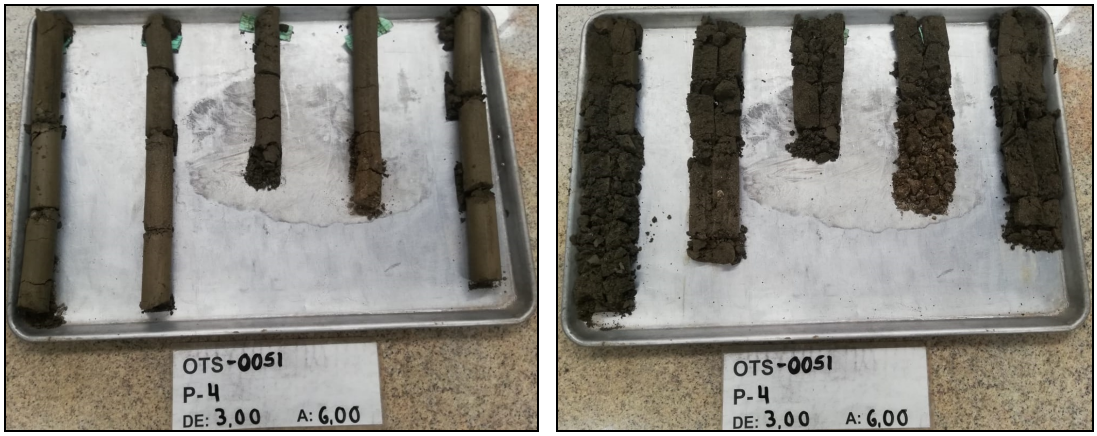
N=	Número de golpes cada 0,305 m	%W=	% Humedad "in situ"	Coordenadas Nacionales	
%R=	% de Recuperación	LL=	Límite Líquido	Y	1063158.
NF=	Nivel Freático	LP=	Límite Plástico	X	430804.
C=	Resistencia no drenada Cu	PU=	Peso Unitario "in situ"	Fecha:	20-may

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

PERFORACIÓN P-4
(OTS-0051)



Fotografías. Testigos de perforación. De 0,00 m a 3,00 m.



Fotografías. Testigos de perforación. De 3,00 m a 6,00 m.

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

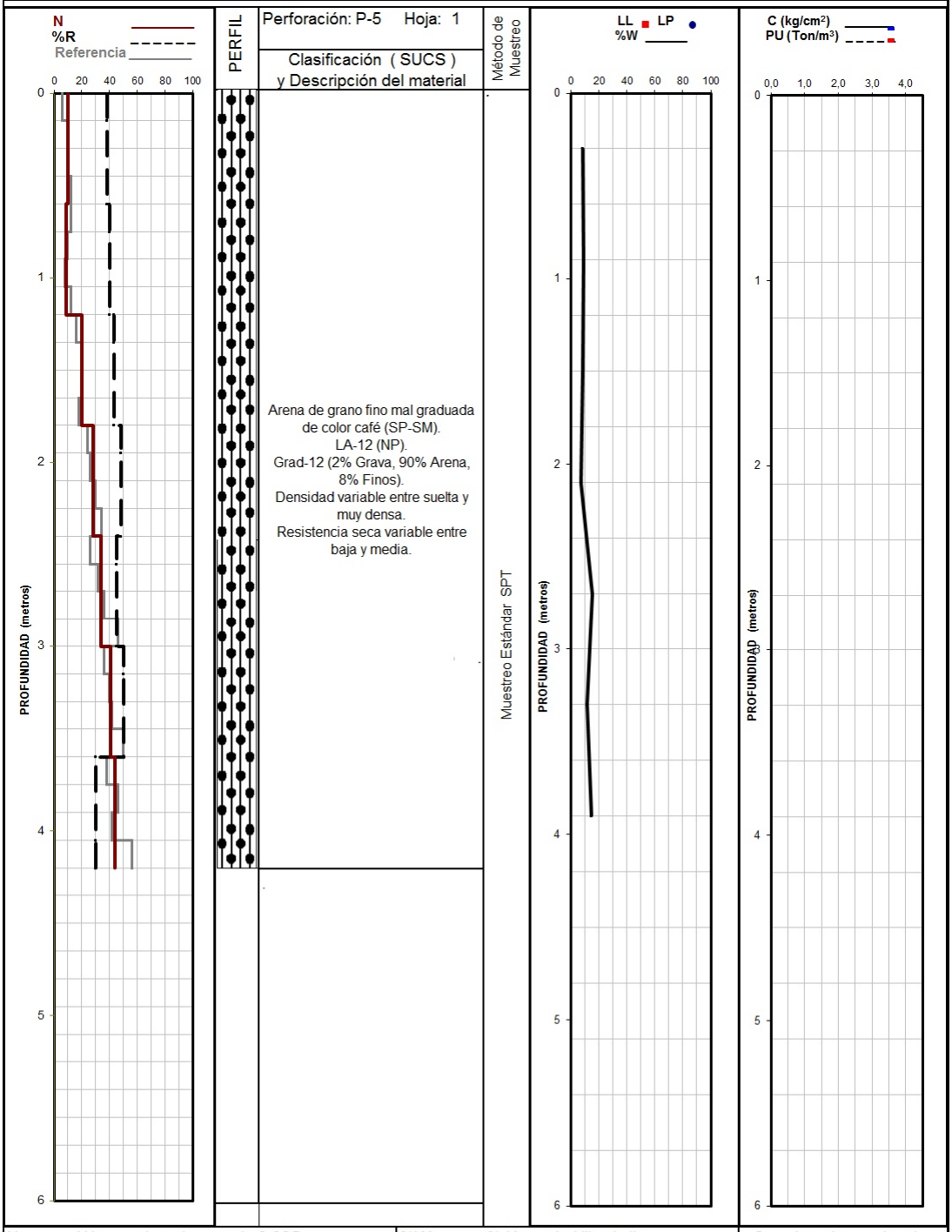
4.2.5 Perforación P-5

Fotografía. Vista de perforación P-5.

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

RESUMEN DE PERFORACION

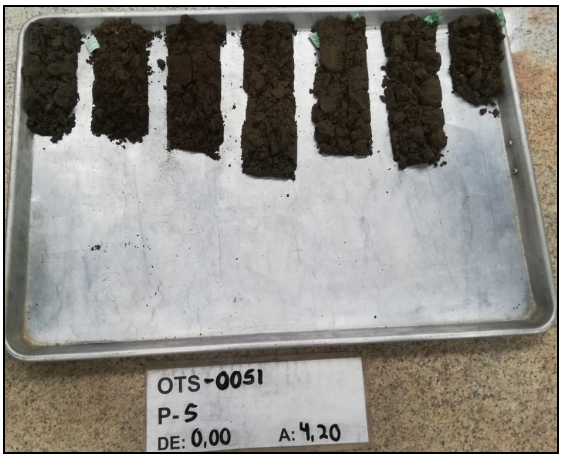
PROYECTO: Construcción de Delegación. **LOCALIZACION:** Jacó, Puntarenas.



N=	Número de golpes cada 0,305 m	%W=	% Humedad "in situ"	Coordenadas nacionales	
%R=	% de Recuperación	LL=	Límite Líquido	Y	1063151.
NF=	Nivel Freático	LP=	Límite Plástico	X	430811.
C=	Resistencia no drenada Cu	PU=	Peso Unitario "in situ"	Fecha:	20-may

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

PERFORACIÓN P-5
(OTS-0051)



Fotografías. Testigos de perforación. De 0,00 m a 4,20 m.

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

5. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Capacidades soportantes

Se presenta en este apartado las estimaciones de capacidad soportante admisible según la profundidad para el sitio de perforación.

Tabla. Capacidad soportante por perforación.

Perforación No	Profundidad desde el nivel actual del terreno (m)	Capacidad soportante admisible FS=3 (ton/m²)
P-1	0,00 – 1,20	3*
	1,20 – 2,40	8
	2,40 – 4,20	13
	4,20 – 4,80	15
	4,80 – 6,00	17
P-2	0,00 – 4,20	6
	4,20 – 6,00	15
	6,00 – 7,20	20
P-3	0,00 – 3,00	6
	3,00 – 4,80	8
	4,80 – 6,00	14
	6,00 – 6,60	18
P-4	0,00 – 1,20	5
	1,20 – 1,80	7
	1,80 – 4,20	12
	4,20 – 5,40	15
P-5	0,00 – 1,20	6
	1,20 – 2,40	10
	2,40 – 4,20	15

FS: Factor de seguridad
** Suelos de compacidad no adecuados para cimentar estructuras de manera convencional.*

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

5.2 Análisis de licuefacción.

5.2.1 Generalidades

El fenómeno de licuefacción se experimenta en determinados ambientes geológicos e hidrogeológicos en los que se encuentren arenas limpias o limos arenosos no plásticos de compacidad suelta y bajo una condición de nivel freático somero. Según la experiencia, se considera que para estratos ubicados a profundidades mayores a unos 15 m, es poco probable que el fenómeno de licuefacción se presente.

El análisis del potencial de licuefacción que se presenta en este informe se realiza mediante una metodología de grado 3, según lo expuesto en el apartado 8.1.4.3 del Código de Cimentaciones de Costa Rica.

5.2.2 Análisis y observaciones

Se presenta a continuación los resultados del análisis considerando una aceleración máxima $a_{máx}$=0,44g, la cual se asocia a un sismo con un periodo de retorno de 500 años, para el tipo de suelo S3 y la zona sísmica nivel IV del país (Código Sísmico de Costa Rica).

Tabla. Análisis de licuefacción. Aceleración pico efectiva a_{ef} = *0,44g.* Sitio de P-1.

Profundidad (m)		$(N_1)_{60}$	σ_0 (ton/m^2)	σ_0' (ton/m^2)	rd	T_{av}/σ'	$[T_{av}/\sigma']_{lab}$	F_L Seed & Idriss	Criterio
0,00	0,60	12	1,11	1,1	0,99	0,289	0,500	1,7288	OK
0,60	1,20	5	2,2	2,2	0,98	0,287	0,500	1,7447	OK
1,20	1,80	14	3,3	3,3	0,97	0,284	0,500	1,7608	OK
1,80	2,40	16	4,4	4,4	0,96	0,281	0,500	1,7773	OK
2,40	3,00	25	5,6	5,6	0,96	0,279	0,500	1,7940	OK
3,00	3,60	39	6,9	6,9	0,95	0,276	0,500	1,8111	OK
3,60	4,20	25	8,3	8,3	0,94	0,273	0,500	1,8285	OK
4,20	4,80	35	9,7	9,7	0,93	0,271	0,500	1,8462	OK
4,80	5,40	28	11,1	11,1	0,92	0,268	0,500	1,8643	OK
5,40	6,00	31	12,5	11,9	0,91	0,279	0,500	1,7921	OK

Tabla. Análisis de licuefacción. Aceleración pico efectiva a_{ef} = *0,44g.* Sitio de P-2.

Profundidad (m)		$(N_1)_{60}$	σ_0 (ton/m^2)	σ_0' (ton/m^2)	rd	T_{av}/σ'	$[T_{av}/\sigma']_{lab}$	F_L Seed & Idriss	Criterio
0,00	0,60	17	1,11	1,1	0,99	0,289	0,500	1,7288	OK
0,60	1,20	19	2,2	2,2	0,98	0,287	0,500	1,7447	OK
1,20	1,80	14	3,3	3,3	0,97	0,284	0,500	1,7608	OK
1,80	2,40	14	4,4	4,4	0,96	0,281	0,500	1,7773	OK
2,40	3,00	9	5,6	5,6	0,96	0,279	0,500	1,7940	OK
3,00	3,60	15	6,7	6,7	0,95	0,276	0,500	1,8111	OK
3,60	4,20	9	7,8	7,8	0,94	0,273	0,500	1,8285	OK
4,20	4,80	23	8,9	8,9	0,93	0,271	0,400	1,4770	OK
4,80	5,40	27	10,3	9,7	0,92	0,285	0,500	1,7554	OK
5,40	6,00	26	11,7	10,5	0,91	0,296	0,500	1,6890	OK
6,00	6,60	31	13,2	11,4	0,90	0,305	0,500	1,6413	OK
6,60	7,20	38	14,6	12,2	0,89	0,312	0,500	1,6042	OK

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

Tabla. Análisis de licuefacción. Aceleración pico efectiva a_{ef} = *0,44g.* Sitio de P-3.

Profundidad (m)		$(N_1)_{60}$	σ_0 (ton/m^2)	σ_0' (ton/m^2)	rd	T_{av}/σ'	$[T_{av}/\sigma']_{lab}$	F_L Seed & Idriss	Criterio
0,00	0,60	16	1,17	1,2	0,99	0,289	0,500	1,7288	OK
0,60	1,20	14	2,3	2,3	0,98	0,287	0,500	1,7447	OK
1,20	1,80	11	3,5	3,5	0,97	0,284	0,500	1,7608	OK
1,80	2,40	15	4,7	4,7	0,96	0,281	0,500	1,7773	OK
2,40	3,00	13	5,9	5,9	0,96	0,279	0,500	1,7940	OK
3,00	3,60	29	7,0	7,0	0,95	0,276	0,500	1,8111	OK
3,60	4,20	17	8,2	8,2	0,94	0,273	0,500	1,8285	OK
4,20	4,80	13	9,4	9,4	0,93	0,271	0,500	1,8462	OK
4,80	5,40	23	10,5	9,9	0,92	0,284	0,310	1,0900	OK
5,40	6,00	26	11,7	10,5	0,91	0,296	0,500	1,6896	OK
6,00	6,60	34	12,9	11,1	0,90	0,306	0,500	1,6356	OK

Tabla. Análisis de licuefacción. Aceleración pico efectiva a_{ef} = *0,44g.* Sitio de P-4.

Profundidad (m)		$(N_1)_{60}$	σ_0 (ton/m^2)	σ_0' (ton/m^2)	rd	T_{av}/σ'	$[T_{av}/\sigma']_{lab}$	F_L Seed & Idriss	Criterio
0,00	0,60	16	1,17	1,2	0,99	0,289	0,500	1,7288	OK
0,60	1,20	9	2,3	2,3	0,98	0,287	0,500	1,7447	OK
1,20	1,80	13	3,7	3,7	0,97	0,284	0,500	1,7608	OK
1,80	2,40	26	5,0	5,0	0,96	0,281	0,500	1,7773	OK
2,40	3,00	28	6,4	6,4	0,96	0,279	0,500	1,7940	OK
3,00	3,60	39	7,7	7,7	0,95	0,276	0,500	1,8111	OK
3,60	4,20	18	9,2	9,2	0,94	0,273	0,500	1,8285	OK
4,20	4,80	27	10,7	10,7	0,93	0,271	0,500	1,8462	OK
4,80	5,40	32	12,2	11,6	0,92	0,282	0,500	1,7729	OK
5,40	6,00	34	13,6	12,4	0,91	0,291	0,500	1,7167	OK
6,00	6,60	22	15,0	13,2	0,90	0,299	0,320	1,0706	OK
6,60	7,20	24	16,3	13,9	0,89	0,305	0,350	1,1470	OK
7,20	7,80	21	17,7	14,7	0,88	0,310	0,320	1,0313	OK
7,80	8,40	22	19,1	15,5	0,87	0,314	0,320	1,0177	OK

Tabla. Análisis de licuefacción. Aceleración pico efectiva a_{ef} = *0,44g.* Sitio de P-5.

Profundidad (m)		$(N_1)_{60}$	σ_0 (ton/m^2)	σ_0' (ton/m^2)	rd	T_{av}/σ'	$[T_{av}/\sigma']_{lab}$	F_L Seed & Idriss	Criterio
0,00	0,60	16	1,17	1,2	0,99	0,289	0,500	1,7288	OK
0,60	1,20	11	2,3	2,3	0,98	0,287	0,500	1,7447	OK
1,20	1,80	19	3,5	3,5	0,97	0,284	0,500	1,7608	OK
1,80	2,40	23	4,7	4,7	0,96	0,281	0,500	1,7773	OK
2,40	3,00	25	5,9	5,9	0,96	0,279	0,500	1,7940	OK
3,00	3,60	31	7,0	7,0	0,95	0,276	0,500	1,8111	OK
3,60	4,20	31	8,2	8,2	0,94	0,273	0,500	1,8285	OK

5.2.3 Observaciones

Los resultados revelan que hasta la profundidad explorada, el terreno no presenta un potencial de licuefacción.

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones técnicas

El estudio realizado ha permitido la caracterización de propiedades físicas y mecánicas de los suelos existentes en los sitios donde se solicitaron las perforaciones.

El terreno está conformado por estratos de suelos de características arenosas que presentan una compacidad variable.

Las condiciones geotécnicas del terreno se consideran adecuadas para el uso de cimentaciones convencionales.

Mientras se tomen en cuenta los resultados obtenidos y recomendaciones generales, se considera que, desde la perspectiva geotécnica, se pueden controlar las condiciones del terreno para la construcción de la edificación del proyecto.

6.2 Observaciones y recomendaciones generales

Para el presente estudio de suelos se realizó un reconocimiento del terreno en conjunto con el Ing. Danilo Sánchez, por parte del Ministerio de Seguridad Pública, quien estableció en campo la zona de interés para la construcción de las nuevas obras del proyecto

Se observa que el terreno estudiado presenta estratos de suelos arenosos de compacidad variable. Al momento de ejecutar las perforaciones, se encontró presencia del nivel freático o de una condición de saturación importante a partir de una profundidad de aproximadamente 4,8 m.

En el apartado 4 de este informe se presenta las características físicas y mecánicas de los suelos encontrados en los sitios de las perforaciones. En este apartado se presenta la clasificación de los suelos, los valores de humedad natural, recuperación y datos de Nspt, entre otras características. La clasificación de los suelos se realizó mediante el procedimiento de ASTM D 2487 y ASTM D 2488.

En el apartado 5, se presentan las capacidades soportantes del terreno según la profundidad, éstas consideran un factor de seguridad igual a 3,0.

Los resultados y otras observaciones contenidas en este informe se presentan utilizando como referencia los niveles del terreno en los sitios donde se realizaron las perforaciones, por lo que se recomienda tomar las previsiones del caso para que la interpretación de la información y las decisiones de diseño revisen este particular.

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

6.2.1 Análisis de cimentación

De acuerdo con los resultados obtenidos, para una edificación de tres niveles se considera que se puede utilizar un sistema de cimentación superficial convencional que transmita las presiones estructurales a los suelos que se encuentran a partir de una profundidad de 1,2 m respecto al nivel actual del terreno.

En este caso, para el edificio del proyecto se puede utilizar placas corridas a una profundidad de desplante de 0,90 m y apoyadas sobre un relleno de sustitución de un espesor de unos 0,30 m, es decir, alcanzando una profundidad total de 1,2 m.

El relleno de sustitución se puede construir con un material de lastre compactado a una densidad mínima del 95% según el ensayo Proctor modificado.

Sobre el relleno de sustitución, se puede considerar una capacidad soportante admisible de 6 ton/m^2 con un factor de seguridad igual a 3,0.

6.2.2 Otras recomendaciones y observaciones

Se recomienda que los movimientos de tierra y preparación de fundaciones se realicen durante la temporada seca. La ejecución de estas tareas en la temporada lluviosa puede requerir de procedimientos de trabajos más rigurosos.

Se debe canalizar y orientar adecuadamente todas las aguas superficiales mediante un sistema de drenaje pluvial debidamente diseñado para el caso específico tomando en cuenta el patrón natural de escorrentía y su relación con las obras del proyecto.

Se debe asegurar que toda edificación cuente con canoas y bajantes cuyas descargas se encuentren integradas al sistema de manejo de aguas superficiales.

Se recomienda la construcción de una acera perimetral para impermeabilizar el terreno inmediatamente circundante a la edificación.

6.3 Recomendaciones para contrapisos

En toda la huella de contrapisos, se recomienda remover todo espesor de suelo meteorizado o con contenido vegetal y colocar una capa de un espesor mínimo de unos 0,25 m de un material granular selecto tipo subbase, compactada a una densidad mínima del 95% según el ensayo Proctor modificado. Sobre este relleno se puede construir la losa de contrapisos.

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

6.4 Parámetros de interés

Para el suelo arenoso del sitio, se pueden utilizar los siguientes parámetros promedio:

- Ø Peso unitario húmedo: (1 850 – 2 000) kg/m³
- Ø Coeficiente de presión pasiva: 2,00 – 2,45
- Ø Coeficiente de presión activa: 0,40 – 0,50
- Ø Cohesión: (30– 50) kPa
- Ø Ángulo de fricción estimado: (0 – 10)°

El coeficiente de reacción vertical no es un parámetro intrínsecamente geotécnico sino que depende de otras variables, como la direccionalidad de la resultante de cargas y las características de la superficie cargada, entre otras. Para su determinación se requiere la ejecución de pruebas de placa rígida; sin embargo, de manera preliminar, para el suelo arenoso del sitio se recomienda considerar un valor no mayor a 3,5 kg/cm³.

6.5 Tipo de suelo para diseño estructural

Para el diseño estructural, se puede considerar un tipo de suelo S3.

6.6 Recomendaciones para rellenos

Todo relleno se debe construir sobre una superficie adecuadamente preparada en la que se haya removido todo espesor de suelo meteorizado o con contenido vegetal.

En el caso de que sea necesario, se puede hacer uso de rellenos de sustitución para distribuir presiones estructurales. El dimensionamiento de los rellenos debe ser realizado como parte del diseño de la cimentación, asegurando que no se sobrepase la capacidad soportante admisible del suelo en el nivel inferior del relleno; para este fin, se deben seguir las indicaciones del apartado 4.3 del Código de Cimentaciones de Costa Rica y las revisiones por parte de un especialista en Geotecnia.

Para la verificación de la adecuada compactación mediante densimetría nuclear se debe contar con información previa de la relación humedad-densidad del material utilizado como relleno.

6.7 Recomendaciones para estructuras de retención

Debido a la topografía del sitio, las condiciones no revelan la necesidad de construcción de obras de retención. En el caso de que se requiera revisar aspectos de diseño de muros, se debe tener en cuenta que toda estructura de retención debe cumplir con los requisitos de estabilidad señalados en las consideraciones de diseño del apartado 6.3 del Código de Cimentaciones de Costa Rica.

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

6.8 Expansividad de suelos

No se han encontrado suelos arcillosos de alta plasticidad que presenten un potencial de expansividad. Por lo que no se tiene amenaza de presiones de hinchamientos sobre cimientos o pisos.

6.9 Asentamientos

Se considera que mientras no se sobrepasen las capacidades soportantes admisibles señaladas en el apartado 5, no es de esperar asentamientos que afecten la funcionalidad estructural de las obras.

Debido a las características arenosas de los suelos del sitio, se considera que no se presentarían asentamientos por consolidación.

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

7. DISCUSIÓN DE LOS GRADOS DE INCERTIDUMBRE Y ALCANCE DEL ESTUDIO

Los resultados de los ensayos de las perforaciones son puntuales y pueden variar ligeramente en cualquier otro punto. Si al momento de realizar excavaciones se encuentran materiales distintos a los reportados en este estudio se recomienda realizar pruebas adicionales para determinar sus características.

En cuanto al nivel freático, hay que resaltar que no es un dato constante en el tiempo sino que depende de la estación en que se realice su medición.

Se aclara que la viabilidad geotécnica en virtud de cualquier obra a desarrollar no depende de las condiciones del terreno sino de cómo el diseño de las obras se ajusta a éstas. Mientras el concepto de diseño para las diferentes obras del proyecto tome en cuenta las recomendaciones presentadas en el informe y tomen en cuenta las condiciones geotécnicas del terreno identificadas en los resultados obtenidos, se considera que se pueden controlar las condiciones del terreno de manera que sea posible tener una **viabilidad geotécnica** en términos de la relación suelo-estructura.

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

8. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

Ø American Society of Testing Material, 2005, Annual Book of ASTM Standard. West Conshokoken, PA, Vol. 04,08

Ø Asociación costarricense de Geotecnia, 2009, Código de Cimentaciones. Cartago, Editorial Tecnológica de Costa Rica, Vol. 1

Ø Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, 2009, Código Sísmico de Costa Rica 2002. Cartago, Editorial Tecnológica de Costa Rica, Vol. 1**.**

Ø Cárdenes, G. & Obando, L. (2005). Índice de erosión-sedimentación costera (IE-SC): una aplicación en la costa del Pacífico Central de Costa Rica. Revista Geológica de América Central, 32, 33-43.

Ø Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. (2010). Código sísmico de Costa Rica (4ta ed.). Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Ø Denyer, P. & Alvarado, G.E. (2007). Mapa geológico de Costa Rica, a escala 1: 400 000. San José, Librería Francesa.

Ø Kussmaul, S. (2000). Estratigrafía de las rocas ígneas. En P. Denyer & S. Kussmaul (Eds.). Geología de Costa Rica (pp. 63-86). Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Ø Laboratorio de Ingeniería Sísmica, (2012). Terremoto del 05 de septiembre de 2012. Recuperado el 29 de mayo de 2020, de http://www.lis.ucr.ac.cr/pdf/set052012/.

Ø Montero, W. (1999).El terremoto del 4 de marzo de 1924 (Ms 7,0): ¿Un gran temblor interplaca relacionado al límite incipiente entre la Placa Caribe y la Microplaca de Panamá? Revista Geológica de América Central, 22, 25-62.

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

ANEXO

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

A1. ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN SUCS

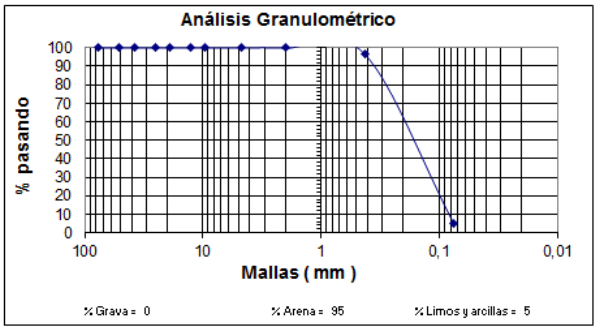
GRADUACIÓN No 1

Resultados de ensayos

Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos AASHTO T 11 y T 27, ASTM C-117 Y C-136, INS L-022
Material más fino que el tamiz 200 en agregado por lavado INS - L-024

Descripción del material (objeto de ensayo): Arena de grano fino mal graduada de color café (SP-SM).

Tamiz No.	%Pasando
76,2 mm	100,0
50,8 mm	100,0
38,1mm	100,0
25,4 mm	100,0
19 mm	100,0
12,7 mm	100,0
9,5 mm	100,0
No. 4	100,0
No. 10	99,9
No. 40	96,8
No. 200	4,8



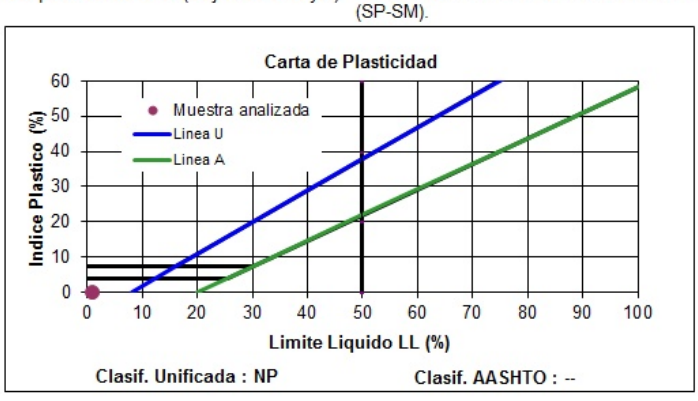
LIMITE DE ATTERBERG No 1

Resultados de ensayos

Método estándar para determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad en suelos según AASHTO T 89 y T 90, ASTM D-4318, INS L-043

Método A
Condición de muestra: Remoldeada

Descripción del material (objeto de ensayo): Arena de grano fino mal graduada de color café (SP-SM).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	NP
Límite plástico	NP
Indice plástico	NP

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

GRADUACIÓN No 2

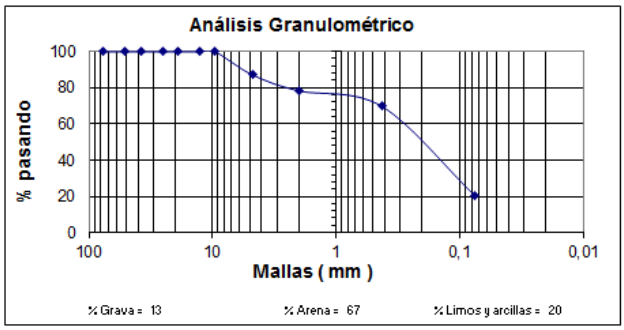
Resultados de ensayos

Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos AASHTO T 11 y T 27, ASTM C-117 Y C-136, INS L-022

Material más fino que el tamiz 200 en agregado por lavado INS - L-024

Descripción del material (objeto de ensayo): Arena de grano fino color café con rastro de grava (SM).

Tamiz No.	%Pasando
76,2 mm	100,0
50,8 mm	100,0
38,1mm	100,0
25,4 mm	100,0
19 mm	100,0
12,7 mm	100,0
9,5 mm	100,0
No. 4	87,2
No. 10	78,3
No. 40	69,7
No. 200	20,0



LIMITE DE ATTERBERG No 2

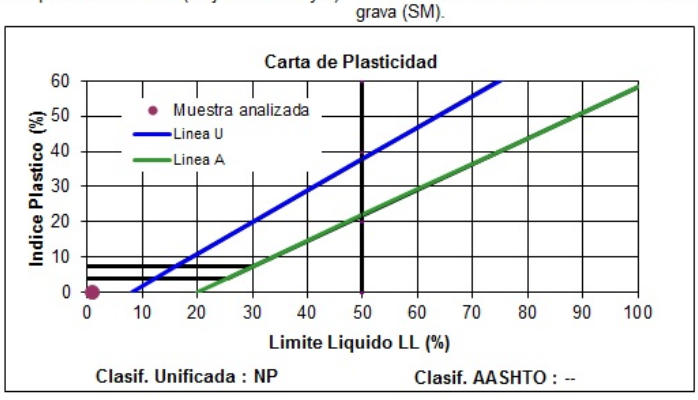
Resultados de ensayos

Método estándar para determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad en suelos según AASHTO T 89 y T 90, ASTM D-4318, INS L-043

Método A

Condición de muestra: Remoldeada

Descripción del material (objeto de ensayo): Arena de grano fino color café con rastro de grava (SM).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	NP
Límite plástico	NP
Indice plástico	NP

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

GRADUACIÓN No 3

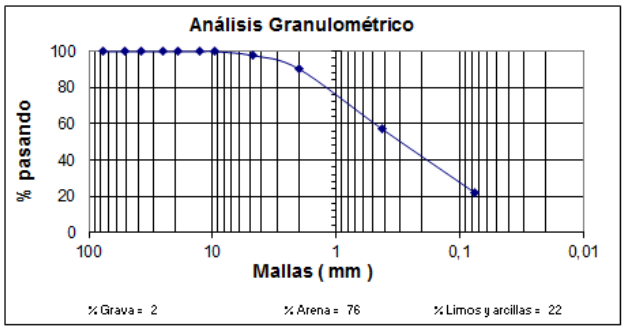
Resultados de ensayos

Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos AASHTO T 11 y T 27, ASTM C-117 Y C-136, INS L-022

Material más fino que el tamiz 200 en agregado por lavado INS - L-024

Descripción del material (objeto de ensayo): Arena de grano fino color café con puntos blancos (SM).

Tamiz No.	%Pasando
76,2 mm	100,0
50,8 mm	100,0
38,1mm	100,0
25,4 mm	100,0
19 mm	100,0
12,7 mm	100,0
9,5 mm	100,0
No. 4	97,9
No. 10	90,6
No. 40	57,5
No. 200	22,2



LIMITE DE ATTERBERG No 3

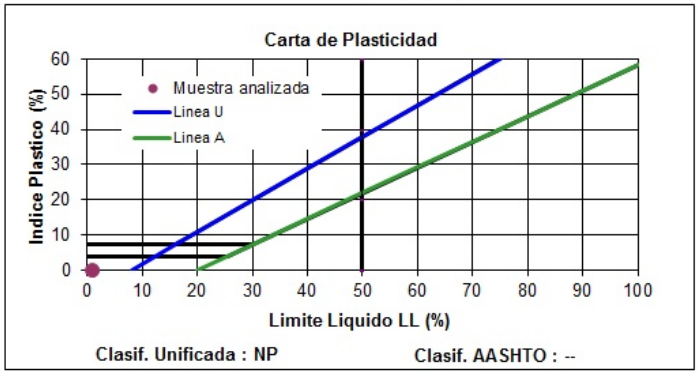
Resultados de ensayos

Método estándar para determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad en suelos según AASHTO T 89 y T 90, ASTM D-4318, INS L-043

Método A

Condición de muestra: Remoldeada

Descripción del material (objeto de ensayo): Arena de grano fino color café con puntos blancos (SM).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	NP
Límite plástico	NP
Indice plástico	NP

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

GRADUACIÓN No 4

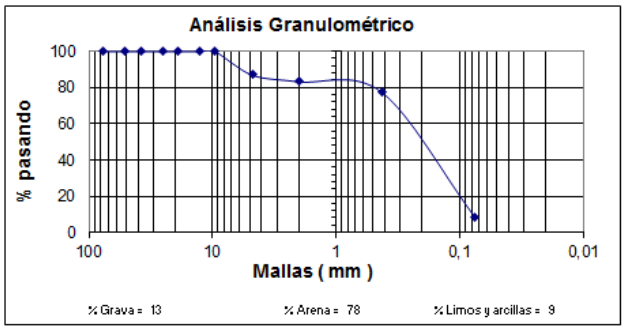
Resultados de ensayos

Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos AASHTO T 11 y T 27, ASTM C-117 Y C-136, INS L-022

Material más fino que el tamiz 200 en agregado por lavado INS - L-024

Descripción del material (objeto de ensayo): Arena de grano fino mal graduada color café con rastro de grava (SP-SM).

Tamiz No.	%Pasando
76,2 mm	100,0
50,8 mm	100,0
38,1mm	100,0
25,4 mm	100,0
19 mm	100,0
12,7 mm	100,0
9,5 mm	100,0
No. 4	87,1
No. 10	83,3
No. 40	77,6
No. 200	8,7



LIMITE DE ATTERBERG No 4

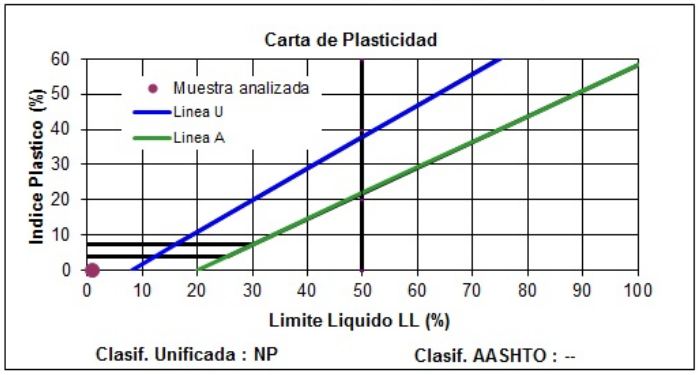
Resultados de ensayos

Método estándar para determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad en suelos según AASHTO T 89 y T 90, ASTM D-4318, INS L-043

Método A

Condición de muestra: Remoldeada

Descripción del material (objeto de ensayo): Arena de grano fino mal graduada color café con rastro de grava (SP-SM).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	NP
Límite plástico	NP
Indice plástico	NP

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

GRADUACIÓN No 5

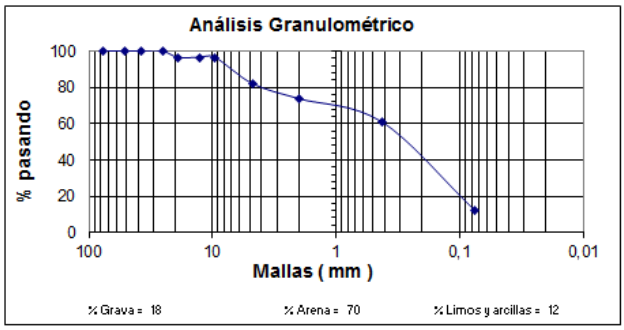
Resultados de ensayos

Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos AASHTO T 11 y T 27, ASTM C-117 Y C-136, INS L-022

Material más fino que el tamiz 200 en agregado por lavado INS - L-024

Descripción del material (objeto de ensayo): Arena de grano fino mal graduada color café con de grava (SP-SM).

Tamiz No.	%Pasando
76,2 mm	100,0
50,8 mm	100,0
38,1mm	100,0
25,4 mm	100,0
19 mm	96,5
12,7 mm	96,5
9,5 mm	96,5
No. 4	82,1
No. 10	73,7
No. 40	60,9
No. 200	12,1



LIMITE DE ATTERBERG No 5

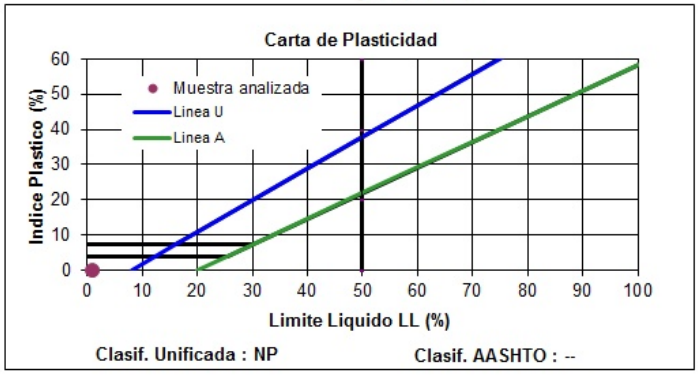
Resultados de ensayos

Método estándar para determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad en suelos según AASHTO T 89 y T 90, ASTM D-4318, INS L-043

Método A

Condición de muestra: Remoldeada

Descripción del material (objeto de ensayo): Arena de grano fino mal graduada color café con grava (SP-SM).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	NP
Límite plástico	NP
Indice plástico	NP

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

GRADUACIÓN No 6

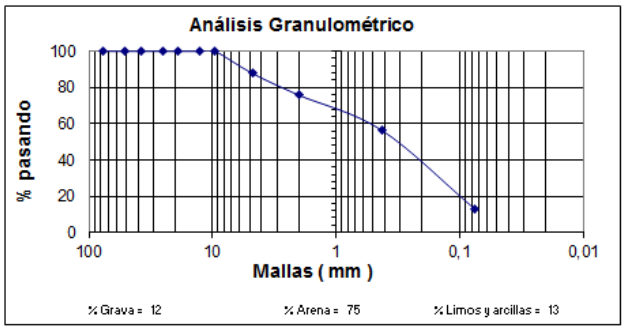
Resultados de ensayos

Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos AASHTO T 11 y T 27, ASTM C-117 Y C-136, INS L-022

Material más fino que el tamiz 200 en agregado por lavado INS - L-024

Descripción del material (objeto de ensayo): Arena de grano fino color café con rastro de grava (SM).

Tamiz No.	%Pasando
76,2 mm	100,0
50,8 mm	100,0
38,1mm	100,0
25,4 mm	100,0
19 mm	100,0
12,7 mm	100,0
9,5 mm	100,0
No. 4	88,0
No. 10	76,0
No. 40	56,6
No. 200	13,2



LIMITE DE ATTERBERG No 6

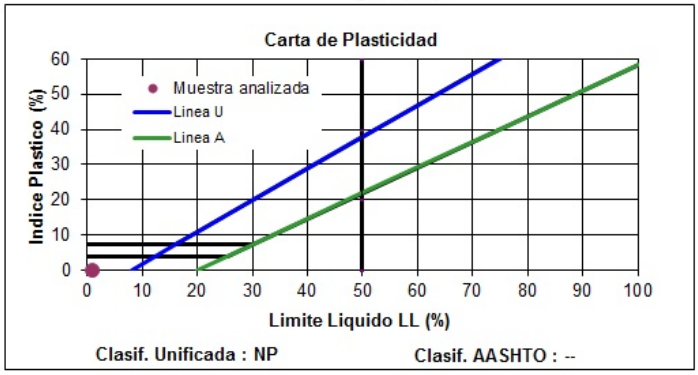
Resultados de ensayos

Método estándar para determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad en suelos según AASHTO T 89 y T 90, ASTM D-4318, INS L-043

Método A

Condición de muestra: Remoldeada

Descripción del material (objeto de ensayo): Arena de grano fino color café con rastro de grava (SM).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	NP
Límite plástico	NP
Indice plástico	NP

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

GRADUACIÓN No 7

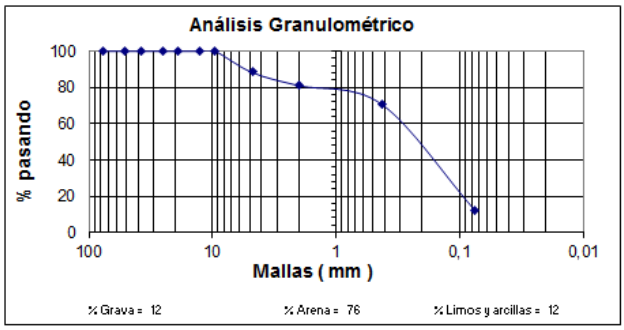
Resultados de ensayos

Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos AASHTO T 11 y T 27, ASTM C-117 Y C-136, INS L-022

Material más fino que el tamiz 200 en agregado por lavado INS - L-024

Descripción del material (objeto de ensayo): Arena de grano fino mal graduada color café con rastro de grava y puntos blanc

Tamiz No.	%Pasando
76,2 mm	100,0
50,8 mm	100,0
38,1mm	100,0
25,4 mm	100,0
19 mm	100,0
12,7 mm	100,0
9,5 mm	100,0
No. 4	88,4
No. 10	81,1
No. 40	70,9
No. 200	12,5



LIMITE DE ATTERBERG No 7

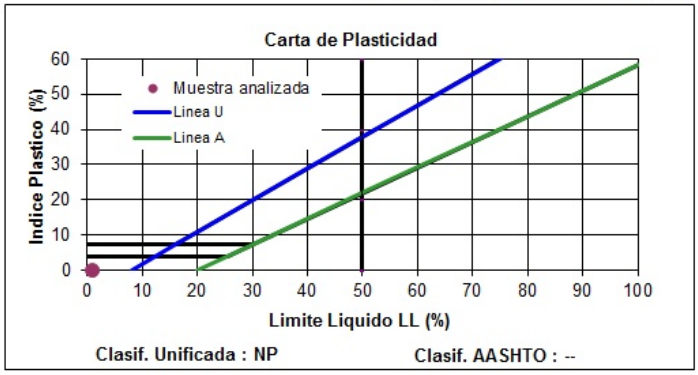
Resultados de ensayos

Método estándar para determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad en suelos según AASHTO T 89 y T 90, ASTM D-4318, INS L-043

Método A

Condición de muestra: Remoldeada

Descripción del material (objeto de ensayo): Arena de grano fino mal graduada color café con rastro de grava y puntos blancos (SP-SM).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	NP
Límite plástico	NP
Indice plástico	NP

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

GRADUACIÓN No 8

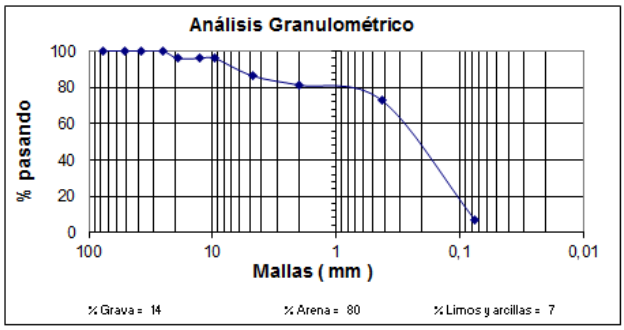
Resultados de ensayos

Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos AASHTO T 11 y T 27, ASTM C-117 Y C-136, INS L-022

Material más fino que el tamiz 200 en agregado por lavado INS - L-024

Descripción del material (objeto de ensayo): Arena de grano fino mal graduada color café con rastro de grava y puntos blanc

Tamiz No.	%Pasando
76,2 mm	100,0
50,8 mm	100,0
38,1mm	100,0
25,4 mm	100,0
19 mm	95,9
12,7 mm	95,9
9,5 mm	95,9
No. 4	86,3
No. 10	81,2
No. 40	72,8
No. 200	6,7



LIMITE DE ATTERBERG No 8

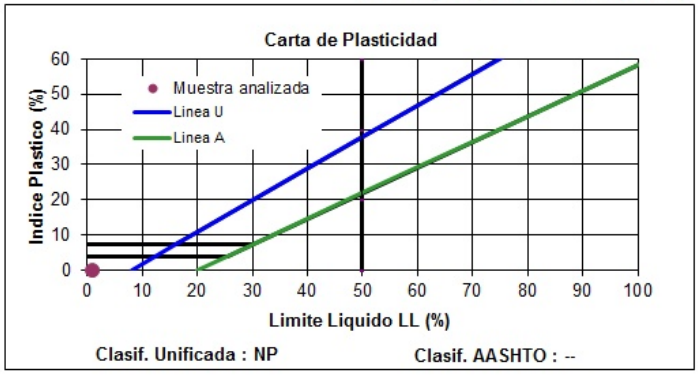
Resultados de ensayos

Método estándar para determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad en suelos según AASHTO T 89 y T 90, ASTM D-4318, INS L-043

Método A

Condición de muestra: Remoldeada

Descripción del material (objeto de ensayo): Arena de grano fino mal graduada color café con rastro de grava y puntos blancos (SP-SM).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	NP
Límite plástico	NP
Indice plástico	NP

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

GRADUACIÓN No 9

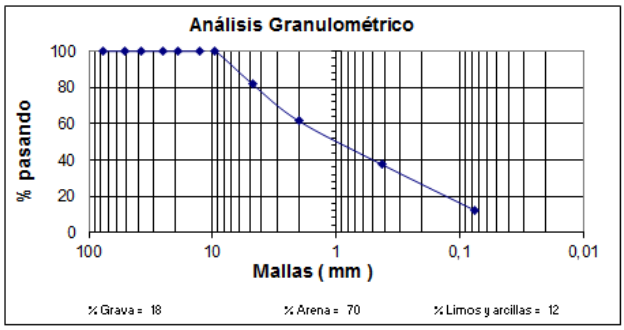
Resultados de ensayos

Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos AASHTO T 11 y T 27, ASTM C-117 Y C-136, INS L-022

Material más fino que el tamiz 200 en agregado por lavado INS - L-024

Descripción del material (objeto de ensayo): Arena de grano fino mal graduada color café con grava (SP-SM).

Tamiz No.	%Pasando
76,2 mm	100,0
50,8 mm	100,0
38,1mm	100,0
25,4 mm	100,0
19 mm	100,0
12,7 mm	100,0
9,5 mm	100,0
No. 4	82,0
No. 10	61,7
No. 40	37,8
No. 200	12,4



LIMITE DE ATTERBERG No 9

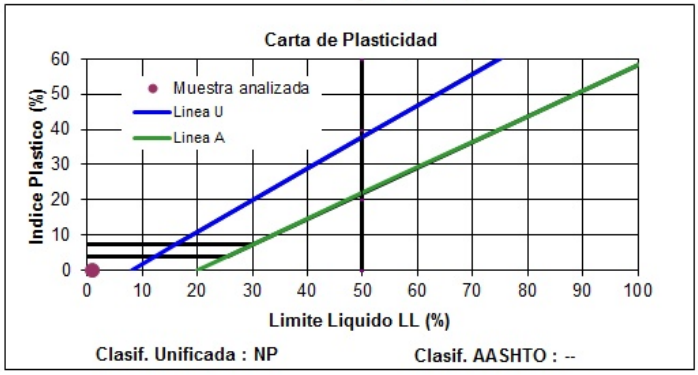
Resultados de ensayos

Método estándar para determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad en suelos según AASHTO T 89 y T 90, ASTM D-4318, INS L-043

Método A

Condición de muestra: Remoldeada

Descripción del material (objeto de ensayo): Arena de grano fino mal graduada color café con grava (SP-SM).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	NP
Límite plástico	NP
Indice plástico	NP

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

GRADUACIÓN No 10

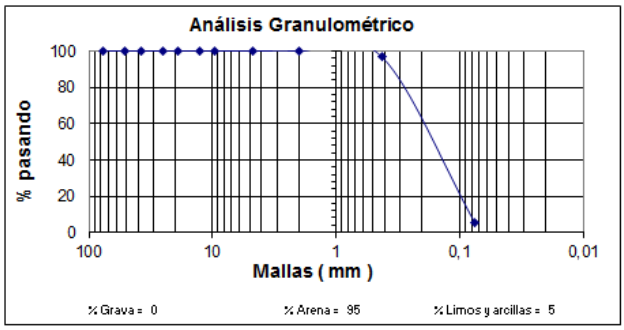
Resultados de ensayos

Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos AASHTO T 11 y T 27, ASTM C-117 Y C-136, INS L-022

Material más fino que el tamiz 200 en agregado por lavado INS - L-024

Descripción del material (objeto de ensayo): Arena de grano fino mal graduada de color café (SP-SM).

Tamiz No.	%Pasando
76,2 mm	100,0
50,8 mm	100,0
38,1mm	100,0
25,4 mm	100,0
19 mm	100,0
12,7 mm	100,0
9,5 mm	100,0
No. 4	100,0
No. 10	100,0
No. 40	97,0
No. 200	5,5



LIMITE DE ATTERBERG No 10

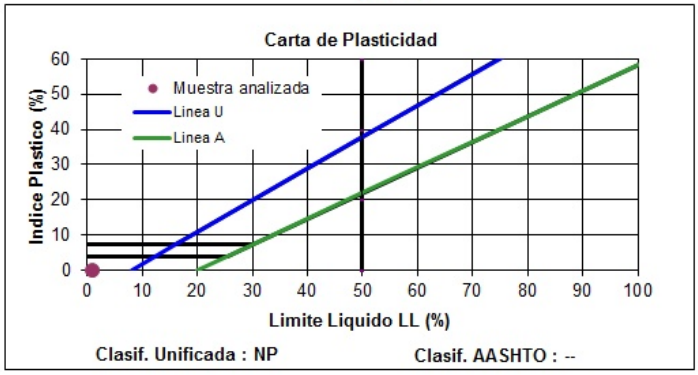
Resultados de ensayos

Método estándar para determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad en suelos según AASHTO T 89 y T 90, ASTM D-4318, INS L-043

Método A

Condición de muestra: Remoldeada

Descripción del material (objeto de ensayo): Arena de grano fino mal graduada de color café (SP-SM).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	NP
Límite plástico	NP
Indice plástico	NP

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

GRADUACIÓN No 11

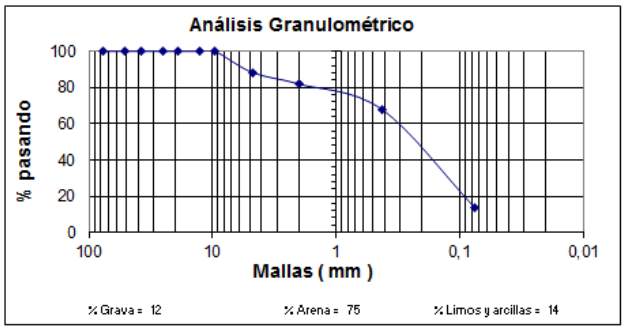
Resultados de ensayos

Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos AASHTO T 11 y T 27, ASTM C-117 Y C-136, INS L-022

Material más fino que el tamiz 200 en agregado por lavado INS - L-024

Descripción del material (objeto de ensayo): Arena de grano fino color café con rastro de grava (SM).

Tamiz No.	%Pasando
76,2 mm	100,0
50,8 mm	100,0
38,1mm	100,0
25,4 mm	100,0
19 mm	100,0
12,7 mm	100,0
9,5 mm	100,0
No. 4	88,4
No. 10	82,0
No. 40	68,0
No. 200	13,7



LIMITE DE ATTERBERG No 11

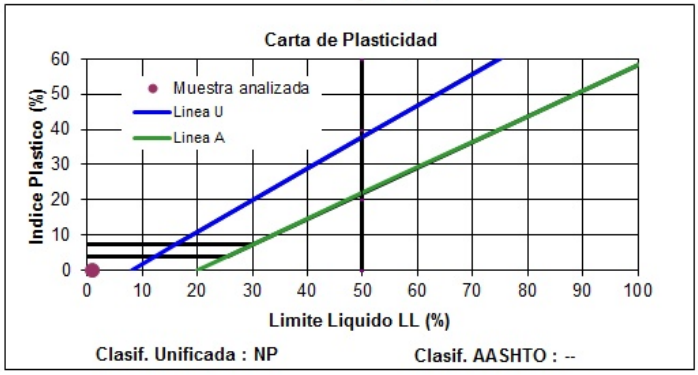
Resultados de ensayos

Método estándar para determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad en suelos según AASHTO T 89 y T 90, ASTM D-4318, INS L-043

Método A

Condición de muestra: Remoldeada

Descripción del material (objeto de ensayo): Arena de grano fino color café con rastro de grava (SM).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	NP
Límite plástico	NP
Indice plástico	NP

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

GRADUACIÓN No 12

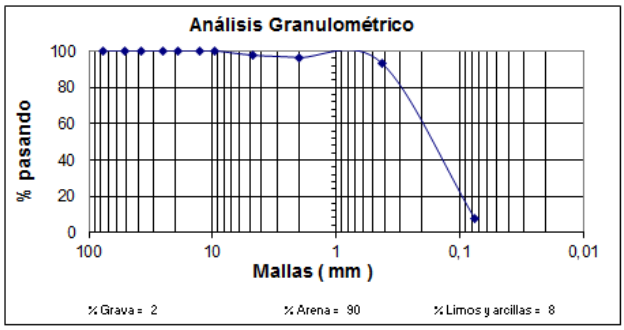
Resultados de ensayos

Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos AASHTO T 11 y T 27, ASTM C-117 Y C-136, INS L-022

Material más fino que el tamiz 200 en agregado por lavado INS - L-024

Descripción del material (objeto de ensayo): Arena de grano fino mal graduada de color café (SP-SM).

Tamiz No.	%Pasando
76,2 mm	100,0
50,8 mm	100,0
38,1mm	100,0
25,4 mm	100,0
19 mm	100,0
12,7 mm	100,0
9,5 mm	100,0
No. 4	97,6
No. 10	96,3
No. 40	93,3
No. 200	7,9



LIMITE DE ATTERBERG No 12

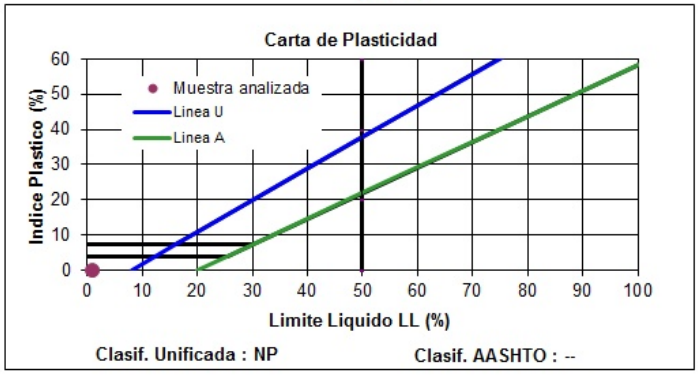
Resultados de ensayos

Método estándar para determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad en suelos según AASHTO T 89 y T 90, ASTM D-4318, INS L-043

Método A

Condición de muestra: Remoldeada

Descripción del material (objeto de ensayo): Arena de grano fino mal graduada de color café (SP-SM).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	NP
Límite plástico	NP
Indice plástico	NP

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

A2. DATOS SOLICITADOS

Tabla. Resumen de datos solicitados. Perforación P-1

Profundidad (m)	Nspt	SUCS	Peso unitario (ton/m³)	LL (%)	LP (%)	% gravas	% arenas	% finos	Humedad natural (%)	Cu (kg/cm²)	$f' = \tan^{-1}\left[\frac{N_{60}}{325}\right]^{0.34}$	Ø efectivo (°)
0.00 - 0.60	7	SM	--	--	--	--	--	--	12,0	--	35	24
0.60 - 1.20	4	SP-SM	--	--	--	--	95	5	8,2	--	28	18
1.20 - 1.80	14		--	--	--	--	95	5	13,7	--	37	24
1.80 - 2.40	19		--	--	--	--	95	5	7,6	--	38	25
2.40 - 3.00	33		--	--	--	--	95	5	15,3	--	42	28
3.00 - 3.60	51	SM	2,328	--	--	13	67	20	16,2	0,18	46	30
3.60 - 4.20	36		--	--	--	13	67	20	14,1	--	43	28
4.20 - 4.80	53		2,266	--	--	13	67	20	12,8	0,17	46	30
4.80 - 5.40	45		2,332	--	--	13	67	20	12,5	0,40	43	29
5.40 - 6.00	52		--	--	--	2	76	22	12,0	--	44	30

Tabla. Resumen de datos solicitados. Perforación P-2

Profundidad (m)	Nspt	SUCS	Peso unitario (ton/m³)	LL (%)	LP (%)	% gravas	% arenas	% finos	Humedad natural (%)	Cu (kg/cm²)	$f' = \tan^{-1}\left[\frac{N_{60}}{325}\right]^{0.34}$	Ø efectivo (°)
0.00 - 0.60	10	SP-SM	--	--	--	13	78	9	10,1	--	39	26
0.60 - 1.20	16		--	--	--	13	78	9	14,5	--	40	27
1.20 - 1.80	14		--	--	--	13	78	9	10,8	--	37	24
1.80 - 2.40	16		--	--	--	13	78	9	8,4	--	37	24
2.40 - 3.00	12		2,153	--	--	18	70	12	18,2	0,06	33	22
3.00 - 3.60	19		--	--	--	18	70	12	14,1	--	36	24
3.60 - 4.20	13		--	--	--	18	70	12	13,4	--	33	22
4.20 - 4.80	33		--	--	--	18	70	12	15,4	--	41	28
4.80 - 5.40	42	SM	2,318	--	--	12	75	13	12,4	0,24	43	29
5.40 - 6.00	41		--	--	--	12	75	13	14,7	--	43	28
6.00 - 6.60	46		2,487	--	--	12	75	13	9,7	--	44	30
6.60 - 7.20	58		2,348	--	--	12	75	13	11,6	0,40	46	31

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

Tabla. Resumen de datos solicitados. Perforación P-3

Profundidad (m)	Nspt	SUCS	Peso unitario (ton/m^3)	LL (%)	LP (%)	% gravas	% arenas	% finos	Humedad natural (%)	Cu (kg/cm^2)	$f' = \tan^{-1}\left[\frac{N_{60}}{325}\right]^{0,34}$	Ø$_{efectivo}$ (°)
0.00 - 0.60	10	SP-SM	--	--	--	12	76	12	10,6	--	38	26
0.60 - 1.20	12		--	--	--	12	76	12	18,2	--	37	25
1.20 - 1.80	11		--	--	--	12	76	12	14,3	--	34	23
1.80 - 2.40	18		--	--	--	12	76	12	10,4	--	37	25
2.40 - 3.00	17		--	--	--	12	76	12	18,5	--	36	24
3.00 - 3.60	38		--	--	--	12	76	12	9,9	--	43	28
3.60 - 4.20	24		--	--	--	14	80	6	19,1	--	39	26
4.20 - 4.80	20		--	--	--	14	80	6	16,6	--	36	24
4.80 - 5.40	35		--	--	--	14	80	6	14,8	--	41	28
5.40 - 6.00	41		--	--	--	18	70	12	13,6	--	43	28
6.00 - 6.60	50		--	--	--	18	70	12	14,2	--	45	30

Donde:

Nspt: Número de golpes medidos en campo
SUCS: Clasificación de suelos según Sistema Unificado
LL: Límite líquido / LP: Límite Plástico
Cu: resistencia no drenada.

Para la estimación del ángulo de fricción, se utiliza la siguiente correlación y se aplica un factor de corrección de un valor de 2/3 según criterio del ingeniero especialista.

Schmertmann [16]	1970	$\phi' = \tan^{-1}\left[\left(\frac{N_{1_{60}}}{32,5}\right)^{0,34}\right]$

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

Tabla. Resumen de datos solicitados. Perforación P-4

Profundidad (m)	Nspt	SUCS	Peso unitario (ton/m³)	LL (%)	LP (%)	% gravas	% arenas	% finos	Humedad natural (%)	Cu (kg/cm²)	$f' = \tan^{-1}\left[\frac{N_{60}}{325}\right]^{0,34}$	Ø efectivo (°)
0.00 - 0.60	10	GM	--	--	--	--	--	--	5,1	--	38	26
0.60 - 1.20	8	SP-SM	--	--	--	--	95	5	9,3	--	33	22
1.20 - 1.80	14		2,244	--	--	--	95	5	14,6	0,09	36	24
1.80 - 2.40	33		--	--	--	--	95	5	6,8	--	43	29
2.40 - 3.00	40		--	--	--	--	95	5	10,3	--	44	29
3.00 - 3.60	53	SM	--	--	--	11	75	14	14,1	--	45	30
3.60 - 4.20	27		2,506	--	--	11	75	14	11,7	0,12	39	26
4.20 - 4.80	43		--	--	--	11	75	14	17,6	--	43	29
4.80 - 5.40	53		--	--	--	11	75	14	13,8	--	45	30
5.40 - 6.00	59		2,276	--	--	11	75	14	14,6	0,23	45	30
6.00 - 6.60	35		--	--	--	--	--	--	--	--	40	26
6.60 - 7.20	40		--	--	--	--	--	--	--	--	38	25
7.20 - 7.80	35		--	--	--	--	--	--	--	--	39	26
7.80 - 8.40	38		--	--	--	--	--	--	--	--	39	26

Tabla. Resumen de datos solicitados. Perforación P-5

Profundidad (m)	Nspt	SUCS	Peso unitario (ton/m³)	LL (%)	LP (%)	% gravas	% arenas	% finos	Humedad natural (%)	Cu (kg/cm²)	$f' = \tan^{-1}\left[\frac{N_{60}}{325}\right]^{0,34}$	Ø efectivo (°)
0.00 - 0.60	10	SP-SM	--	--	--	2	90	8	8,6	--	38	26
0.60 - 1.20	9		--	--	--	2	90	8	9,3	--	34	23
1.20 - 1.80	20		--	--	--	2	90	8	8,7	--	40	27
1.80 - 2.40	28		--	--	--	2	90	8	7,6	--	42	28
2.40 - 3.00	34		--	--	--	2	90	8	15,8	--	42	28
3.00 - 3.60	41		--	--	--	2	90	8	11,7	--	43	29
3.60 - 4.20	44		--	--	--	2	90	8	14,6	--	45	30

Donde:

Nspt: Número de golpes medidos en campo
SUCS: Clasificación de suelos según Sistema Unificado
LL: Límite líquido / LP: Límite Plástico
Cu: resistencia no drenada.

Para la estimación del ángulo de fricción, se utiliza la siguiente correlación y se aplica un factor de corrección de un valor de 2/3 según criterio del ingeniero especialista.

Schmertmann [16]	1970	$\phi' = \tan^{-1}\left[\left(\frac{N_{1_{60}}}{32,5}\right)^{0,34}\right]$

* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr **Ensayo no acreditado.
Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com