

**PROYECTO**

**“Programa CR-T1204-P002:**

**Construcción de Delegación Policial de Río Frío del Ministerio de Seguridad  
Pública”**

**LOCALIZACIÓN**

Distrito: Río Frío  
Cantón: Sarapiquí  
Provincia: Heredia

**BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO**

**PROFESIONALES**

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

**Noviembre 2020**

Heredia, Noviembre de 2020

Señores  
Banco Interamericano de Desarrollo  
Presente

**Asunto: Estudio de suelos. Programa CR-T1204-P002**

Informe número: 20-OTS-0158-7390

Estimados señores:

Sírvanse encontrar a continuación los resultados del estudio de suelos solicitado para el proyecto de **Construcción de Delegación Policial de Río Frío del Ministerio de Seguridad Pública** en el lote con plano de catastro N° H-0829366-2002, el cual se encuentra ubicado en el distrito de Río Frío, cantón de Sarapiquí, provincia de Heredia.

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](http://www.eca.or.cr)



20-OTS-0158-2015

## 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 2022 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 2022, 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-0158-7390 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.

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

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

## 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	7
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	33
5.1 Capacidades soportantes	33
5.2 Análisis de licuefacción	33
6. Conclusiones y recomendaciones	34
6.1 Conclusiones técnicas	34
6.2 Observaciones y recomendaciones generales	34
6.3 Recomendaciones para contrapisos	36
6.4 Parámetros de interés	36
6.5 Tipo de suelo para diseño estructural	37
6.6 Recomendaciones para rellenos	37
6.7 Recomendaciones para estructuras de retención	37
6.8 Expansividad de suelos	37
6.9 Asentamientos	38
7. Discusión de los grados de incertidumbre y alcance del estudio	39
8. Referencia bibliográficas	40
Anexos	41

## 2. INTRODUCCIÓN

### 2.1 Objetivo del estudio

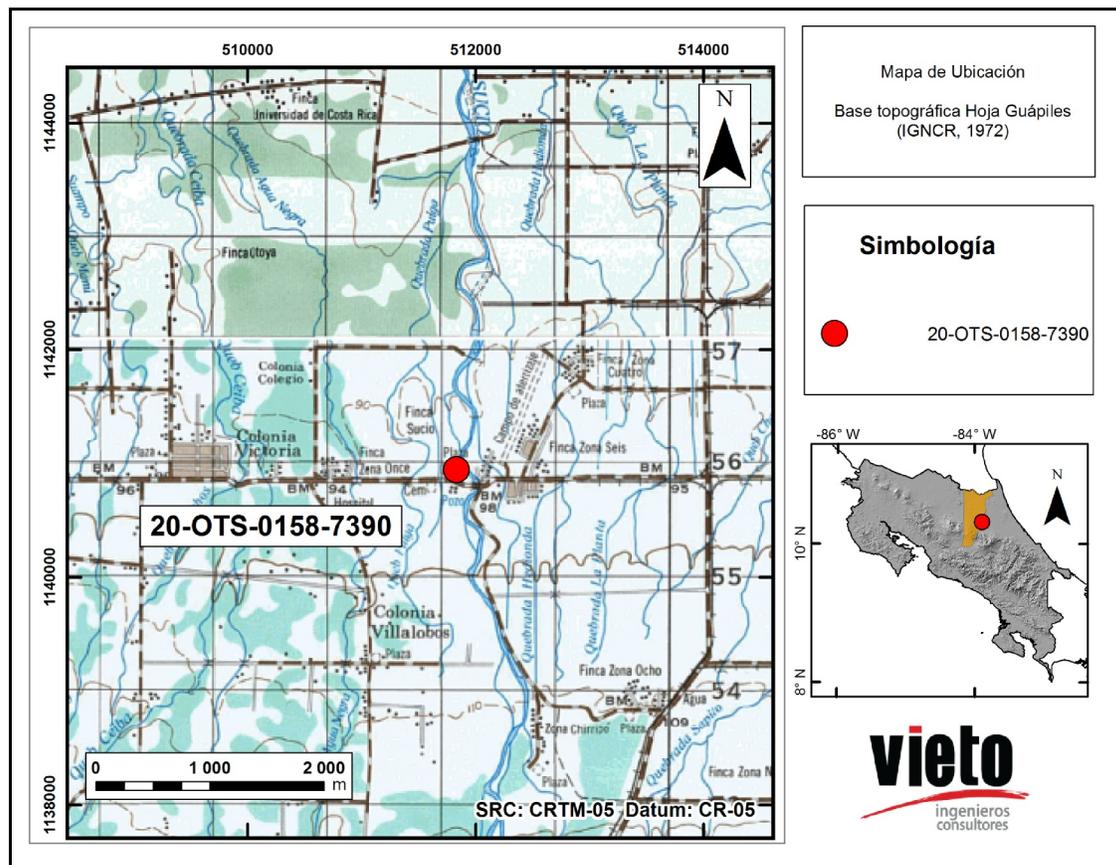
- ∅ Estudiar las características físicas y mecánicas del terreno en la zona de interés.
- ∅ Estimar las capacidades soportantes del terreno en los sitios de las perforaciones.
- ∅ Presentar recomendaciones generales para la cimentación de obras en el sitio.

### 2.2 Coordinación profesional

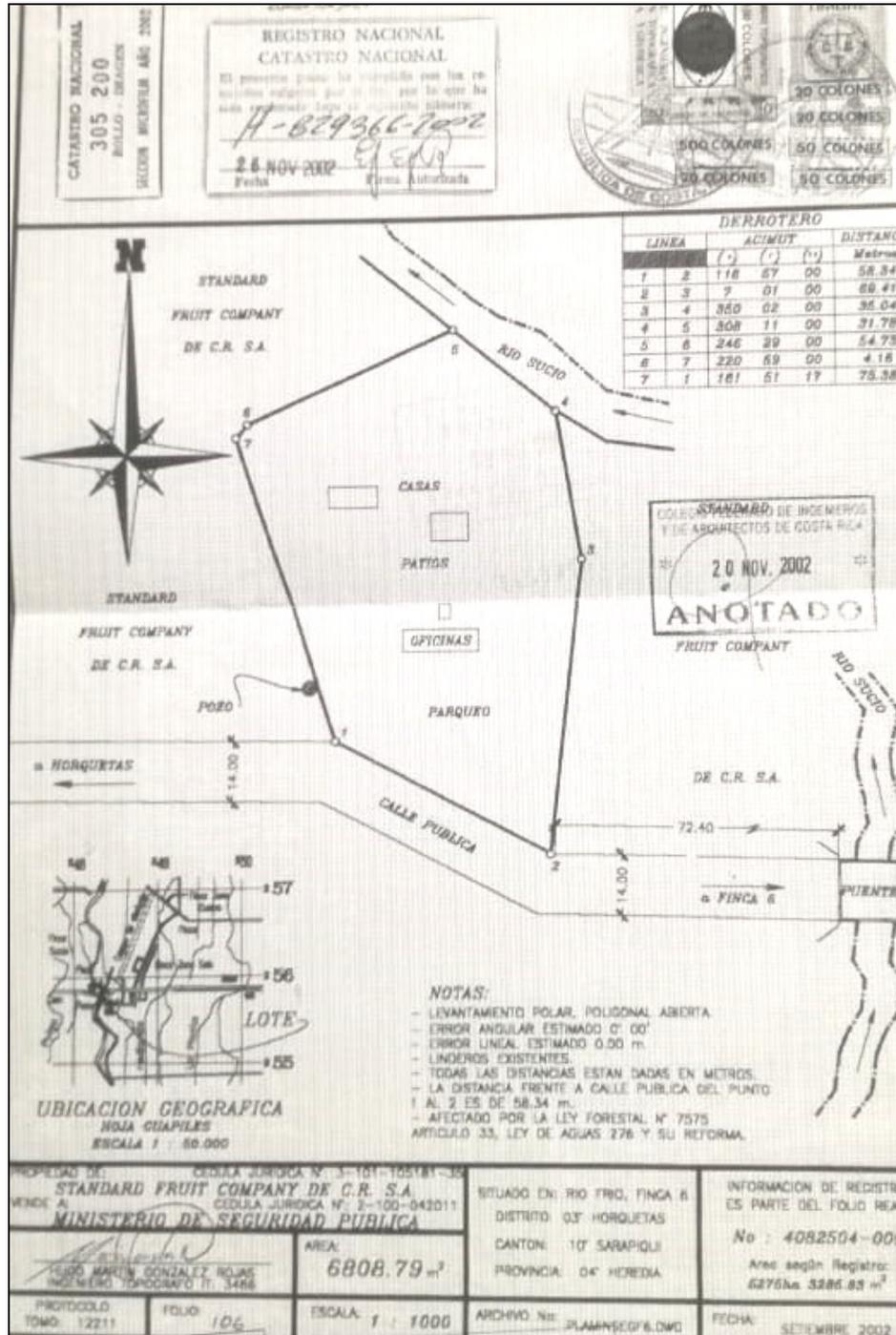
Se realizó el siguiente estudio de suelos coordinado por el Ing. Mario Villegas Jiménez, IC-20699.

### 2.3 Datos sobre el terreno estudiado

El terreno estudiado es parte del lote con plano de catastro N° H-0829366-2020, el cual se encuentra ubicado en el distrito de Río Frío, cantón Sarapiquí, provincia Heredia. Según la información suministrada, en el sitio se proyecta la construcción de la Delegación Policial.



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



**Figura.** Plano de catastro  
Fuente: Información suministrada.

## 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. En el lote existen edificaciones construidas. En el extremo noreste del lote se encuentra el paso del río Sucio.

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



**Fotografía.** Vista sitio en estudio.



**Fotografía.** Vista sitio en estudio.



**Fotografía.** Vista sitio en estudio.



**Fotografía.** Vista sitio en estudio.

## 2.5 Correlación e interacción con datos de geología de la zona

Estratigráficamente, el sitio se localiza sobre los depósitos sedimentarios aluviales cuaternarios y de transición marino costera, acarreados en la cuenca del río Sucio y Chirripó. Esta sedimentación continental y de transición cubre las secuencias sedimentarias y volcánicas del Neógeno al Paleógeno, en procesos de agradación sedimentaria, levantamiento tectónico y erosión del arco volcánico incipiente (Denyer & Alvarado, 2007).

Tectónicamente, no se poseen estructuras cercanas disparadoras de sismicidad (Denyer & Alvarado, 2007).

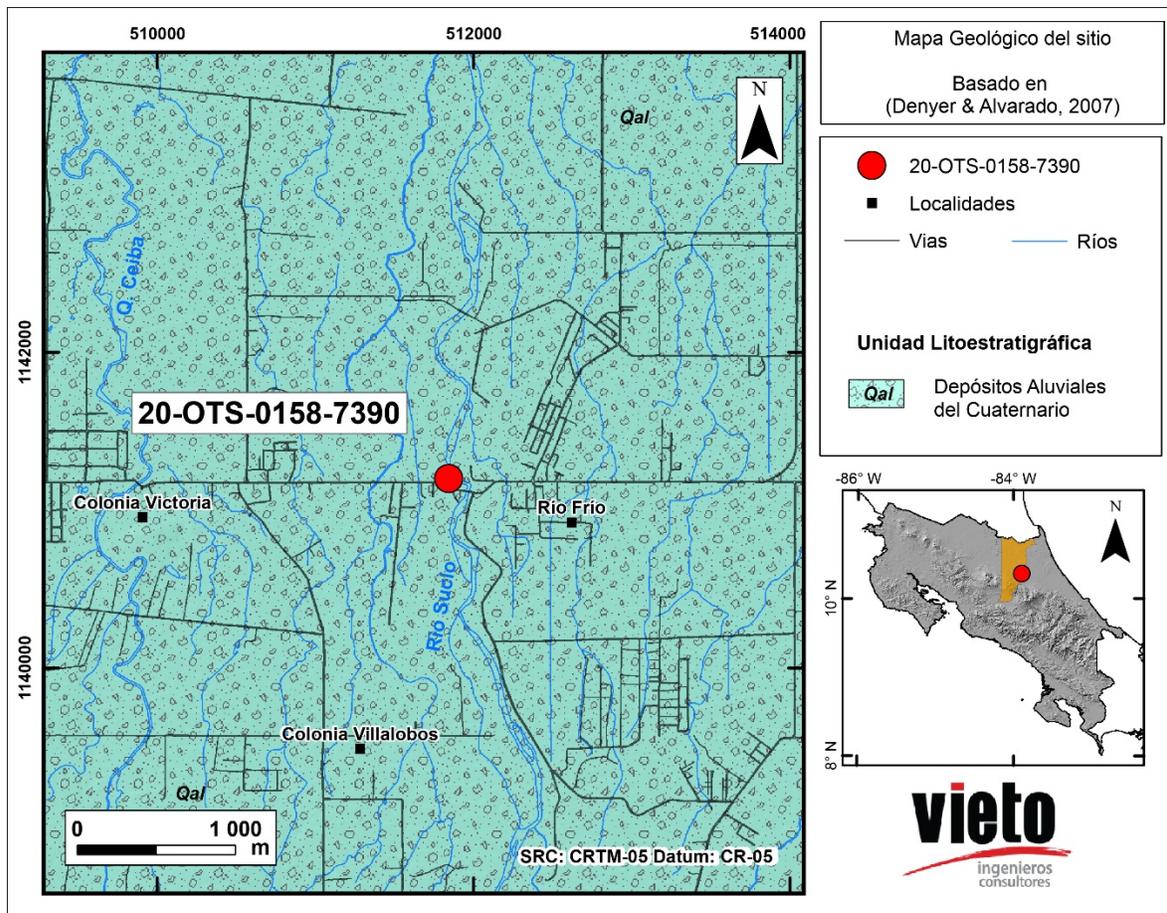


Figura. Mapa geológico del sitio. Fuente: Denyer & Alvarado (2007).

### 3. TRABAJO REALIZADO

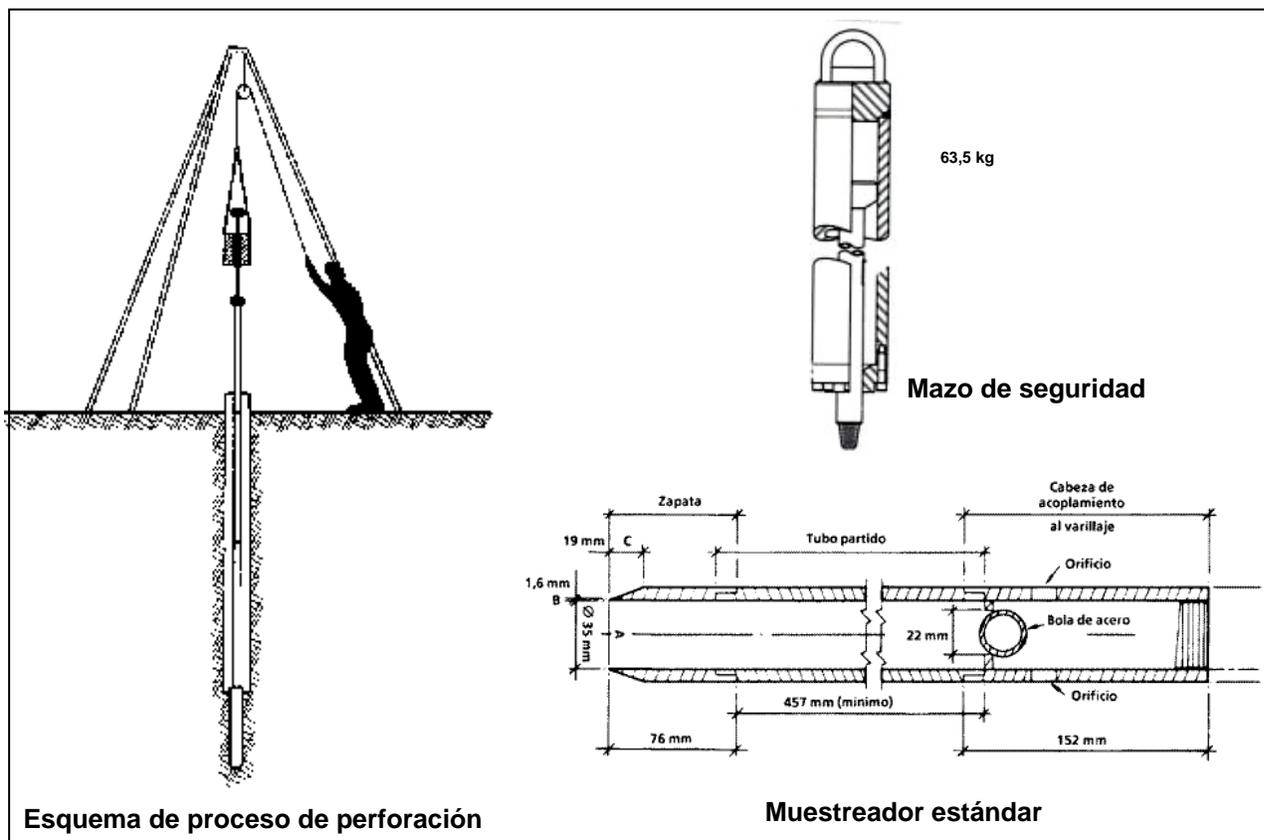
#### 3.1 Sondeos y metodología aplicada

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.

### 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 confinada, humedad natural, límites de consistencia, distribución de tamaños de partículas y clasificación por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

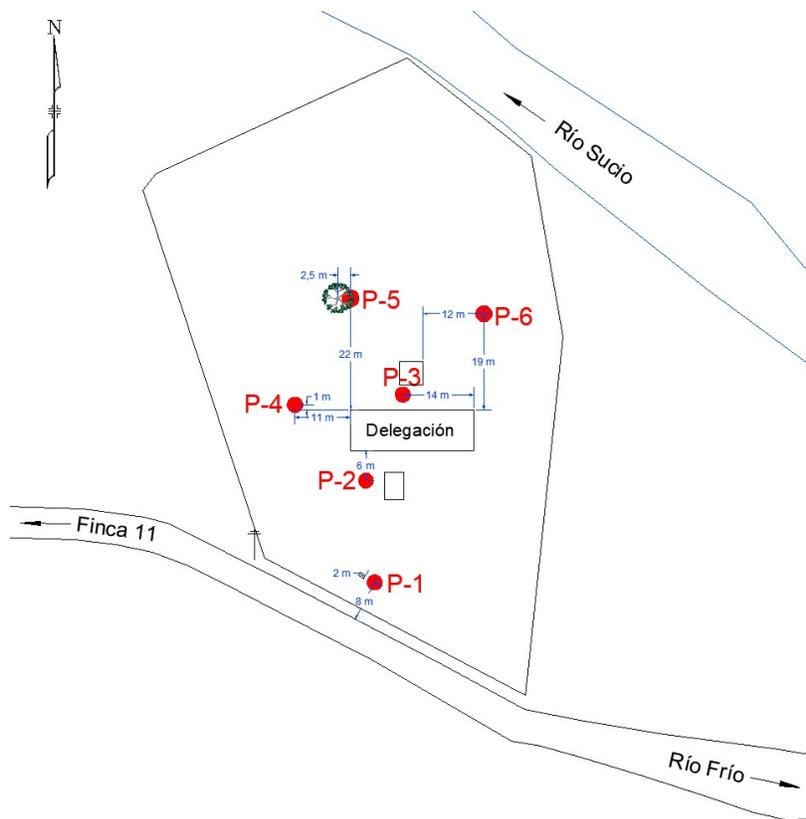
Con base en la información obtenida se elaboró los perfiles de la estratigrafía del suelo en cada zona de estudio los cuales se muestran en las hojas de resumen de la perforación.

Seguidamente se indican los métodos utilizados que se desarrollan en el estudio de acuerdo con la aplicabilidad del caso según las características de los suelos.

Prueba de penetración y muestreo de suelos con muestreador partido (SPT)*	ASTM D1586
Práctica para preservación y transporte de muestras de suelo*	ASTM D4220
Método para el análisis granulométrico en mallas de agregado fino y grueso*	INTE C46 ASTM C136 AASHTO T27
Ensayo para determinar la cantidad de material más fino que 75 µm (No. 200) tamizado mediante lavado*	ASTM D1140
Humedad natural de suelos*	ASTM D2216 AASHTO T265
Método de ensayo para límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelo*	ASTM D4318 AASHTO T89 AASHTO T90
Método de ensayo estándar para esfuerzo de compresión confinada de suelos cohesivos*	ASTM D2166
Práctica para la descripción e identificación de suelos* (Procedimiento visual-manual)	ASTM D2488
Clasificación de suelos para propósitos de ingeniería* (Sistema Unificado de Clasificación de suelos)	ASTM D2487
Peso unitario de suelos**	ASTM D2937
Peso unitario de suelos**	ASTM D7263

\* Ensayo acreditado  
\*\* Ensayo no acreditado

### 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	511836.	1141157.	4,80	4,50
P-2	511824.	1141191.	5,40	4,20
P-3	511836.	1141226.	5,40	4,80
P-4	511843.	1141183.	4,80	No se encontró*
P-5	511836.	1141220.	5,40	5,00
P-6	511851.	1141205.	7,80	4,80

\* Hasta la profundidad explorada.

## 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 0,60 m** Grava limosa mal graduada de color café con arena (GP-GM). LA-1 (NP). Grad-1 (50% Grava, 39% Arena, 11% Finos).  
Compacidad variable entre suelta y densa.  
Resistencia seca media.
- 0,60 m a 2,40 m** Arena limosa de color café con intercalaciones de grava (SM). LA-2 (NA). Grad-2 (69% Arena, 31% Finos).  
Compacidad variable entre muy suelta y medianamente densa.  
Resistencia seca variable entre baja y media.
- 2,40 m a 4,80 m** Limo inorgánico de alta compresibilidad de color café con rastro de arena y grava (MH). LA-3 (LL=54%, LP=45%).  
Grad-3 (6% Grava, 11% Arena, 83% Finos).  
Consistencia variable entre muy blanda y muy rígida.  
Resistencia seca media.

#### Perforación P-2:

- 0,00 m a 0,60 m** Arena limosa color café oscuro.  
Compacidad variable entre muy suelta y suelta.  
Resistencia seca media.
- 0,00 m a 1,20 m** Limo arcilloso color café oscuro.  
Consistencia blanda.  
Resistencia seca media.
- 1,20 m a 4,80 m** Limo inorgánico de alta compresibilidad de color café con arena (MH). LA-4 (LL=54%, LP=45%).  
Grad-4 (2% Grava, 33% Arena, 65% Finos).  
Consistencia variable entre muy blanda y dura.  
Resistencia seca media.
- 4,80 m a 5,40 m** Arena limosa color café con grava.  
Compacidad variable entre densa y muy densa.  
Resistencia seca media.

**Nota:**

LA: Límites de Atterberg (Límites de consistencia)

LL: Límite líquido

LP: Límite plástico

Grad: Graduación (Análisis granulométrico)

### Perforación P-3:

- 0,00 m a 1,20 m** Arena limosa de color café con rastro de grava (SM).  
LA-5 (NA). Grad-5 (5% Grava, 57% Arena, 38% Finos).  
Compacidad muy suelta. Resistencia seca media.
- 1,20 m a 1,50 m** Limo inorgánico de alta compresibilidad de color café con arena (MH).  
LA-6 (LL=54%, LP=45%). Grad-6 (2% Grava, 30% Arena, 68% Finos).  
Consistencia variable entre muy blanda y blanda.  
Resistencia seca media.
- 1,50 m a 1,80 m** Arena de grano fino color café con rastro de grava (SM).  
LA-7 (NP). Grad-7 (7% Grava, 62% Arena, 31% Finos).  
Compacidad muy suelta. Resistencia seca media.
- 1,80 m a 3,00 m** Arena limosa de color café grisáceo (SM).  
LA-8 (LL=37%, LP=30%). Grad-8 (62% Arena, 38% Finos).  
Compacidad variable entre muy suelta y suelta.  
Resistencia seca media.
- 3,00 m a 5,40 m** Limo inorgánico de alta compresibilidad de color café con arena (MH).  
LA-9 (LL=54%, LP=45%). Grad-9 (19% Arena, 81% Finos).  
Consistencia variable entre muy blanda y dura.  
Resistencia seca media.

### Perforación P-4:

- 0,00 m a 0,60 m** Arena de grano medio color café con grava.  
Compacidad variable entre muy suelta y medianamente densa.  
Resistencia seca baja.
- 0,60 m a 2,40 m** Arena limosa de color café con arena (SM).  
LA-10 (LL=37%, LP=30%).  
Grad-10 (15% Grava, 60% Arena, 25% Finos).  
Compacidad variable entre muy suelta y medianamente densa.  
Resistencia seca media.
- 2,40 m a 4,80 m** Limo inorgánico de alta compresibilidad de color café claro con arena (MH/CH). LA-11 (LL=68%, LP=34%).  
Grad-11 (19% Arena, 81% Finos).  
Consistencia variable entre blanda y dura.  
Resistencia seca media.

**Nota:**

LA: Límites de Atterberg (Límites de consistencia)

LL: Límite líquido

LP: Límite plástico

Grad: Graduación (Análisis granulométrico)

## Perforación P-5:

- 0,00 m a 2,10 m** Arena limosa de color café (SM).  
LA-12 (LL=37%, LP=30%). Grad-12 (53% Arena, 47% Finos).  
Compacidad variable entre muy suelta y suelta.  
Resistencia seca media.
- 2,10 m a 2,40 m** Arena limosa de color café claro (SM).  
LA-13 (LL=37%, LP=30%). Grad-13 (52% Arena, 48% Finos).  
Compacidad muy suelta. Resistencia seca media.
- 2,40 m a 5,40 m** Limo inorgánico de alta compresibilidad de color café con arena (MH/CH). LA-14 (LL=68%, LP=34%).  
Grad-14 (27% Arena, 73% Finos).  
Consistencia variable entre muy blanda y dura.  
Resistencia seca media.

## Perforación P-6:

- 0,00 m a 3,60 m** Arena limosa de color café (SM).  
LA-15 (LL=37%, LP=30%). Grad-15 (66% Arena, 34% Finos).  
Compacidad variable entre muy suelta y suelta.  
Resistencia seca media.
- 3,60 m a 5,40 m** Limo arcilloso de baja compresibilidad de color café (ML).  
LA-16 (LL=37%, LP=30%). Grad-16 (4% Arena, 96% Finos).  
Consistencia variable entre muy blanda y medianamente rígida.  
Resistencia seca media.
- 5,40 m a 7,50 m** Limo inorgánico de alta compresibilidad de color café con arena (MH/CH). LA-17 (LL=68%, LP=34%).  
Grad-17 (16% Arena, 84% Finos).  
Consistencia variable entre blanda y dura.  
Resistencia seca media.
- 7,50 m a 7,80 m** Grava limosa de color café con arena (GM).  
LA-18 (LL=68%, LP=34%).  
Grad-18 (39% Grava, 32% Arena, 29% Finos).  
Compacidad muy densa. Resistencia seca media.

### Nota:

LA: Límites de Atterberg (Límites de consistencia)

LL: Límite líquido

LP: Límite plástico

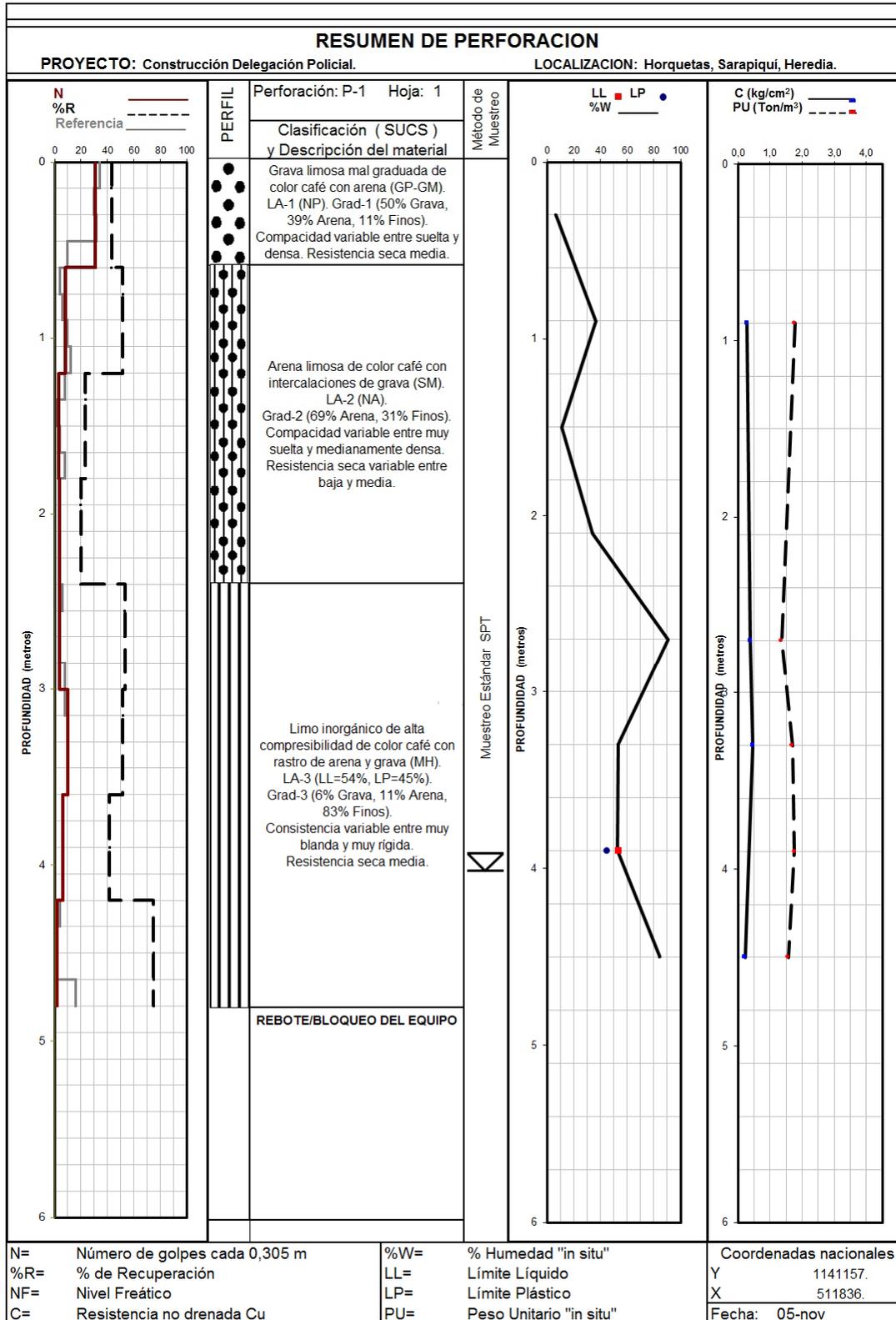
Grad: Graduación (Análisis granulométrico)

## 4.2 Resumen de hojas de perforación y fotos

### 4.2.1 Perforación P-1



**Fotografía.** Vista de perforación P-1.



## PERFORACIÓN P-1 (OTS-0158)

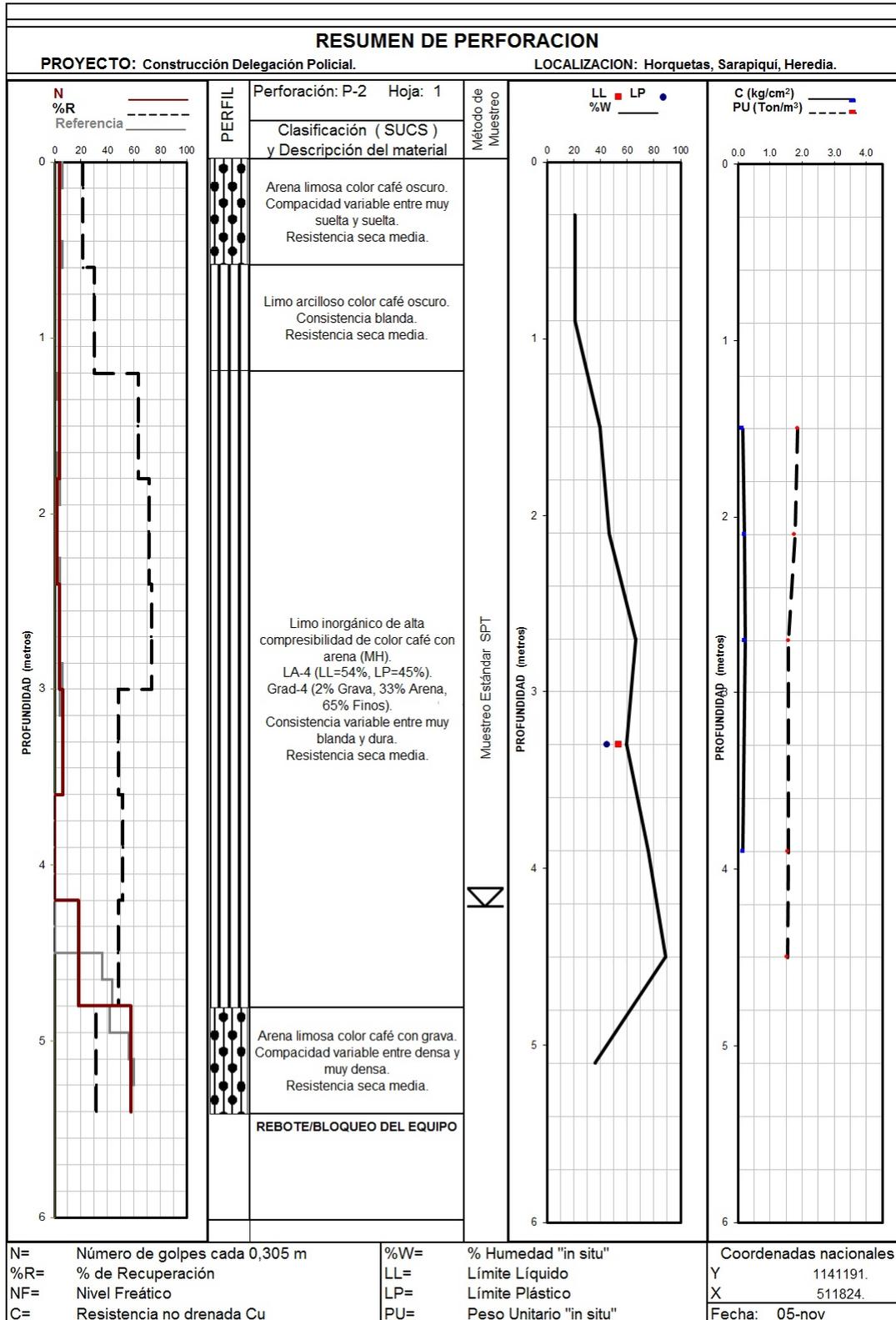


**Fotografías.** Testigos de perforación. De 0,00 m a 4,80 m.

## 4.2.2 Perforación P-2



**Fotografía.** Vista de perforación P-2.



## PERFORACIÓN P-2 (OTS-0158)

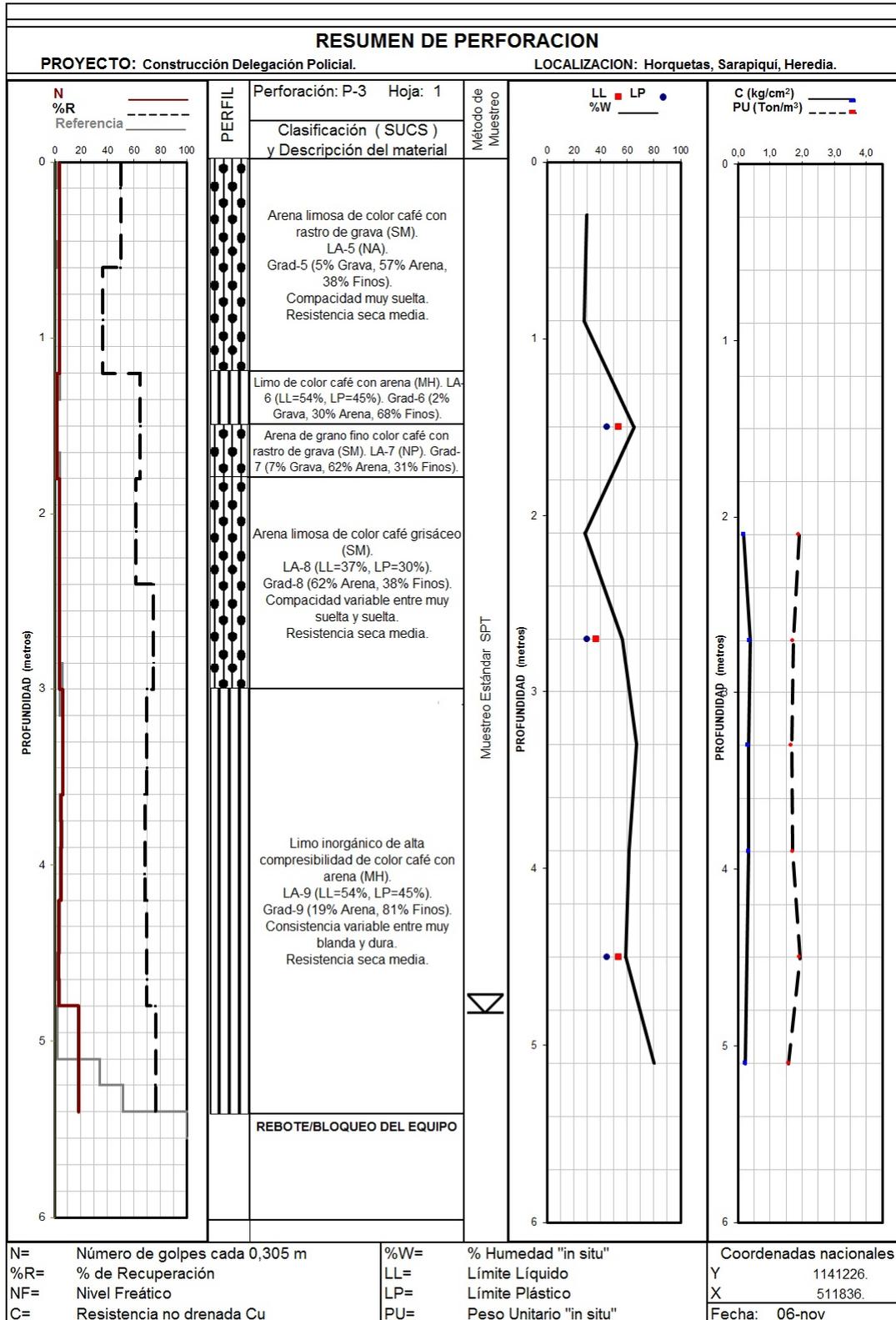


**Fotografías.** Testigos de perforación. De 0,00 m a 5,40 m.

### 4.2.3 Perforación P-3



**Fotografía.** Vista de perforación P-3.



### PERFORACIÓN P-3 (OTS-0158)

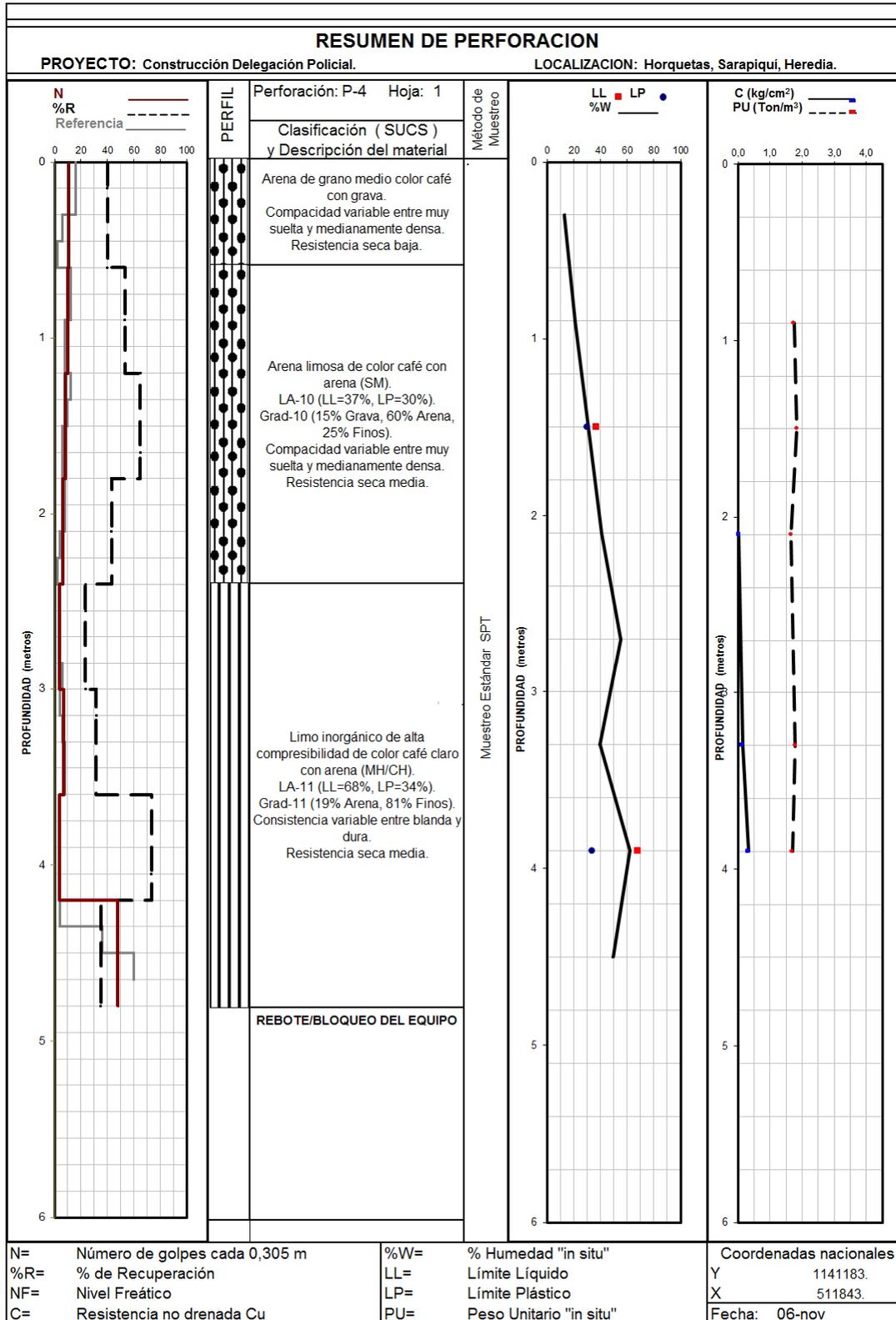


**Fotografías.** Testigos de perforación. De 0,00 m a 5,40 m.

#### 4.2.4 Perforación P-4



**Fotografía.** Vista de perforación P-4.



## PERFORACIÓN P-4 (OTS-0158)

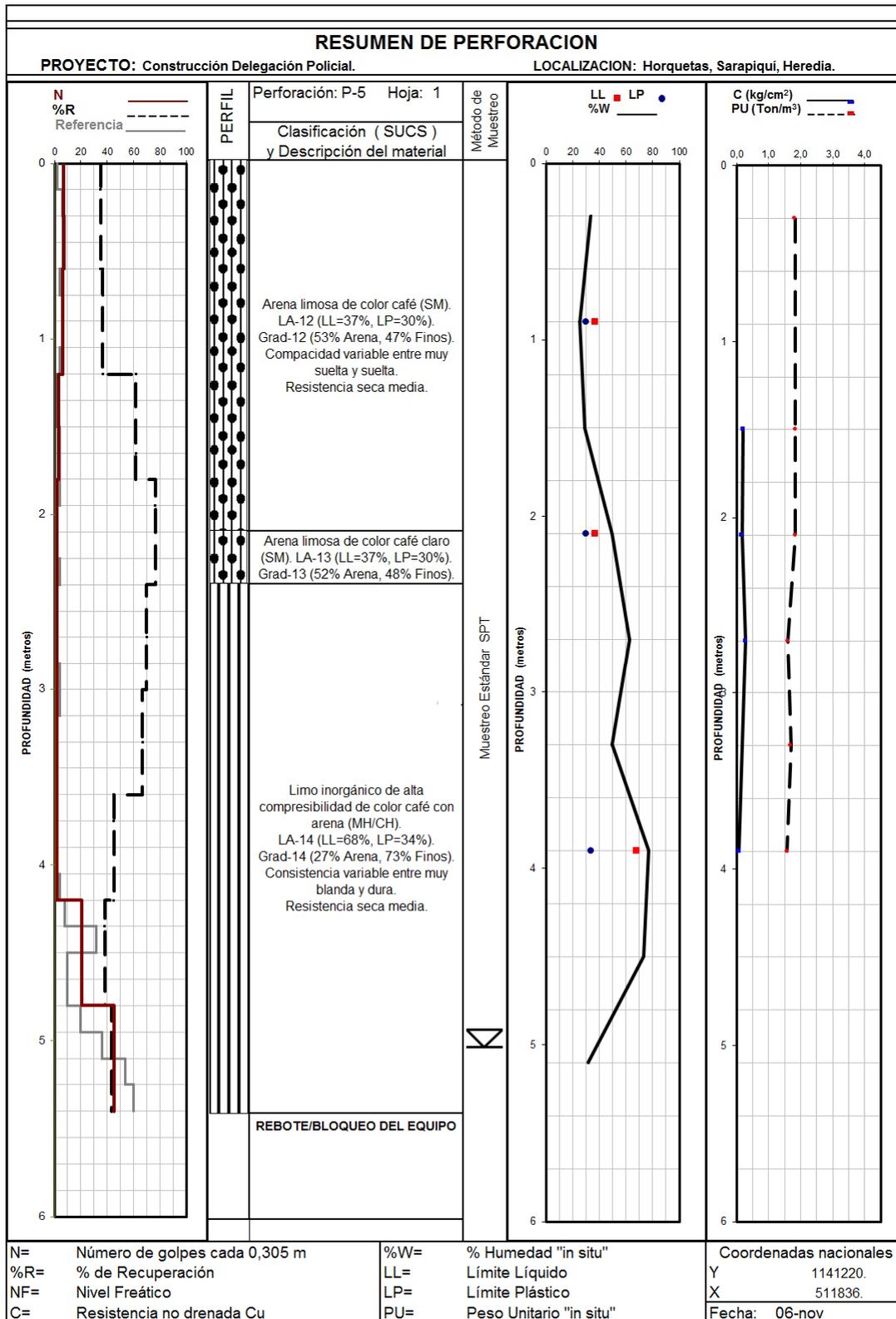


**Fotografías.** Testigos de perforación. De 0,00 m a 4,80 m.

## 4.2.5 Perforación P-5



**Fotografía.** Vista de perforación P-5.



## PERFORACIÓN P-5 (OTS-0158)

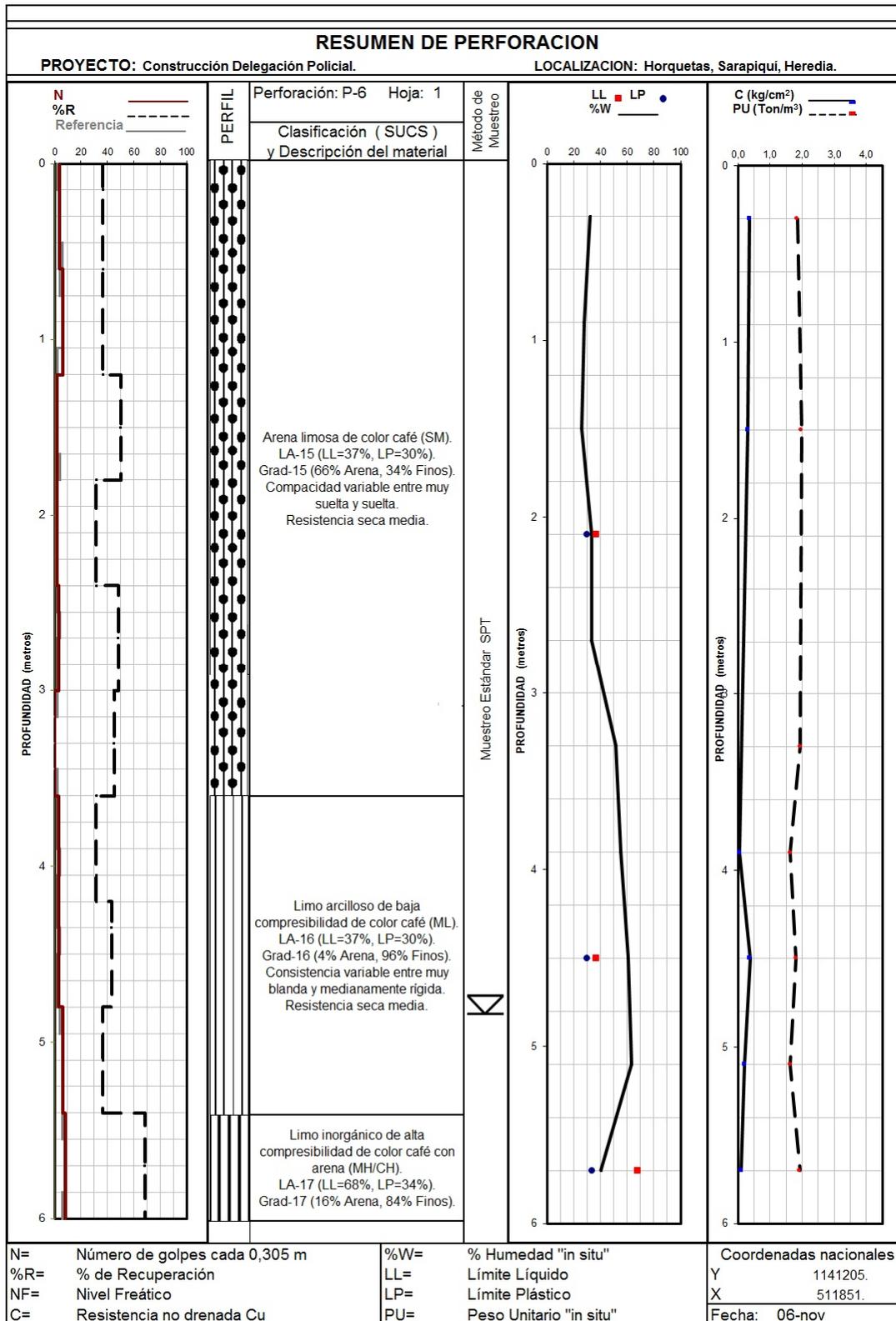


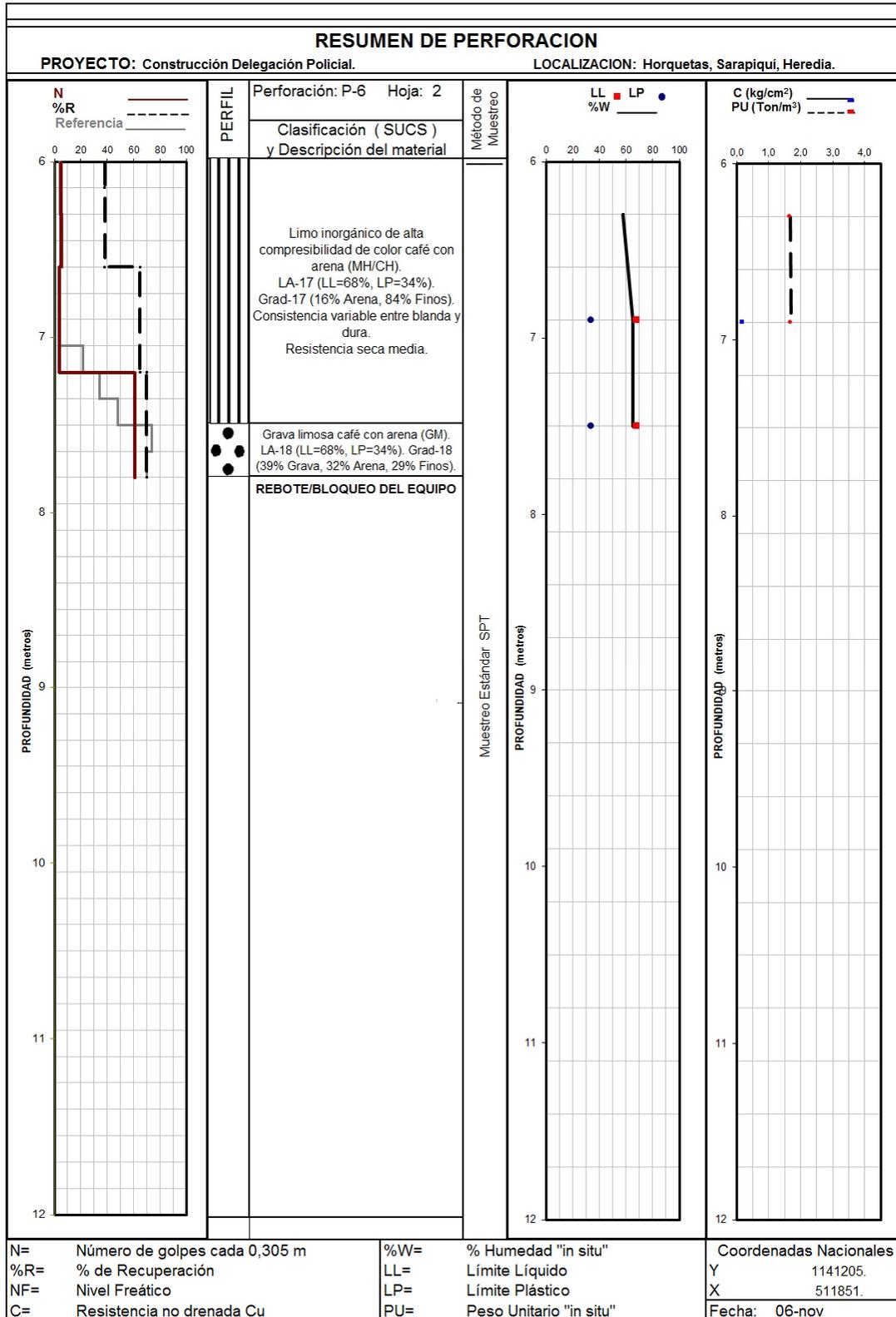
**Fotografías.** Testigos de perforación. De 0,00 m a 8,40 m.

## 4.2.6 Perforación P-6



**Fotografía.** Vista de perforación P-6.





## PERFORACIÓN P-6 (OTS-0158)



**Fotografías.** Testigos de perforación. De 0,00 m a 7,80 m.

## 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 $Q_{adm}$ FS=3 (ton/m <sup>2</sup> )
P-1	0,00 – 3,00	4*
	3,00 – 4,20	5**
	4,20 – 4,80	3
P-2	0,00 – 3,60	4**
	3,60 – 4,20	2*
	4,20 – 5,40	15
P-3	0,00 – 1,80	2*
	1,80 – 4,20	4**
	4,20 – 4,80	2*
	4,80 – 5,40	10
P-4	0,00 – 2,40	5**
	2,40 – 4,20	4
	4,20 – 4,80	15
P-5	0,00 – 4,20	2*
	4,20 – 5,40	15
P-6	0,00 – 3,60	2*
	3,60 – 4,80	3*
	4,80 – 6,00	4**
	6,00 – 7,20	2*
	7,20 – 7,80	10

FS: Factor de seguridad

\* Suelos de consistencia blanda o compactidad suelta.

\*\* Se debe considerar que existe una capa subyacente de menor capacidad soportante.

## 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 el lote del proyecto.

El proyecto es de baja magnitud y se considera que la complejidad geotécnica es baja. Sin embargo, se recomienda realizar un mejoramiento de suelos y utilizar cimentaciones tipo losa debido a la existencia de suelos de pobre calidad mecánica.

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.

Los resultados obtenidos revelan que el terreno presenta espesores importantes de suelos de pobre calidad mecánica. Se observa que a partir de una profundidad de aproximadamente 5 m existen zonas donde se encuentra un horizonte conteniendo clastos en los cuales se tuvo el rebote/bloqueo del equipo de perforación.

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  $N_{spt}$ , 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.

### 6.2.1 Análisis de caso

Los resultados obtenidos revelan que el terreno presenta espesores significativos de suelos de pobre calidad mecánica, los cuales podrían ser susceptibles a experimentar deformaciones.

De acuerdo con los resultados obtenidos y las condiciones del terreno, el cual se recomienda construir una terraza de relleno que ofrezca una mayor elevación al área de proyecto. En esta terraza se puede utilizar cimentaciones tipo losa apoyadas directamente sobre dicho relleno.

En este caso, se recomienda construir un relleno estructural con un material selecto tipo préstamo o subbase, estabilizado mecánicamente en su fundación mediante una geomalla triaxial, el cual se recomienda construir a una profundidad de unos 0,50 m y que ofrezca una sobreelevación mínima de unos 0,40 m respecto al terreno circundante, es decir, se tendría un espesor total de relleno de unos 0,90 m.

Para la estabilización mecánica, se recomienda una geomalla tipo TX5 o equivalente, la cual debe colocarse en el fondo de la excavación realizada para el construir el relleno de sustitución, de modo que ésta trabaje como plataforma para la colocación de la primera capa de material selecto. La geomalla debe colocarse según las recomendaciones del fabricante, de manera preliminar, se recomienda un traslape mínimo entre 0,60 m y 0,90 m.

Se recomienda la colocación de una capa de intermedia de geomalla para ofrecer mejor un mejor confinamiento del material de relleno y aumentar su módulo, esto con el fin de que el relleno sea más rígido y se controle la posibilidad de deformaciones.

El relleno debe compactarse a una densidad mínima del 95% de acuerdo con el ensayo Proctor modificado.

Sobre el relleno indicado, se puede apoyar las cimentaciones tipo losa considerando una capacidad soportante admisible de 3 ton/m<sup>2</sup> con un factor de seguridad igual a 3,0.

Se recomienda que las edificaciones tengan un retiro mínimo de 1,2 m del borde del relleno de la terraza.

Los taludes del relleno se pueden conformar con una pendiente de una relación 2:1 (horizontal:vertical).

### 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.

Las excavaciones temporales para la construcción del relleno recomendado pueden realizarse con paredes de gradiente vertical.

### 6.3 Recomendaciones para contrapisos

La losa de fundación trabajaría como losa de contrapiso.

### 6.4 Parámetros de interés

A partir de los datos obtenidos en el estudio, los cuales se presentan tabulados en el anexo de este informe, se presenta a continuación un resumen de los parámetros geotécnicos de interés para los suelos más característicos encontrados en los sitios donde se realizaron las exploraciones.

**Tabla.** Parámetros geotécnicos de interés.

Tipo de suelo	Peso unitario húmedo (ton/m <sup>3</sup> )	Coefficiente de presión pasiva	Coefficiente de presión activa	Resistencia no drenada (kPa)	Ángulo de fricción estimado (°)
SM	1,80 – 1,85	1,70 – 2,00	0,50 – 0,60	-	15 – 20
MH	1,65 – 1,75	1,40 – 1,55	0,65 – 0,70	15 – 25	10 – 12

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 relleno estructural recomendado se sugiere considerar un valor no mayor a 10 kg/cm<sup>3</sup>.

## 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.

Se ha recomendado la conformación de una terraza de relleno que ofrezca una sobreelevación respecto al terreno circundante, la cual se recomienda que consista en un relleno estructural estabilizado mecánicamente garantizar su confinamiento y aumentar su rigidez.

Para la estabilización mecánica del relleno recomendado, se plantea el uso de una geomalla triaxial tipo TX5 o equivalente.

La geomalla debe colocarse según las indicaciones del fabricante. De manera preliminar, se recomienda un traslape mínimo entre 0,60 m y 0,90 m.

Para el relleno se recomienda el uso de un material selecto tipo préstamo o subbase, compactado a una densidad mínima del 95% según el ensayo Proctor modificado.

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.

## 6.8 Expansividad de suelos

No se han encontrado suelos arcillosos de alta plasticidad que puedan experimentar variaciones volumétricas significativas.

## 6.9 Asentamientos

Para realizar una adecuada estimación de asentamientos, se debe determinar las características de compresibilidad de acuerdo con ASTM D2435 y realizar los análisis del caso para las profundidades y sobrecargas de interés.

Se considera que mientras se siga la recomendación planteada, no es de esperar la ocurrencia de asentamientos diferenciales que afecten la funcionalidad estructural de las obras.

## 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.

## 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 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 Denyer, P., Montero, W & Alvarado, G.E., 2009: Atlas tectónico de Costa Rica.- 79 págs. Ed. Univ. Costa Rica, San José.

## ANEXO

# A1. ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN SUCS

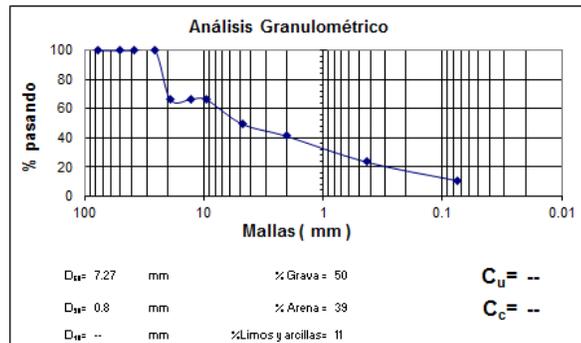
## GRADUACIÓN No 1

### 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 ): Grava limosa mal graduada de color café con arena (GP-GM).

Tamiz No.	%Pasando
76,2 mm	100.0
50,8 mm	100.0
38,1mm	100.0
25,4 mm	100.0
19 mm	66.5
12,7 mm	66.5
9,5 mm	66.5
No. 4	49.7
No. 10	41.2
No. 40	23.4
No. 200	10.8



## LIMITE DE ATTERBERG No 1

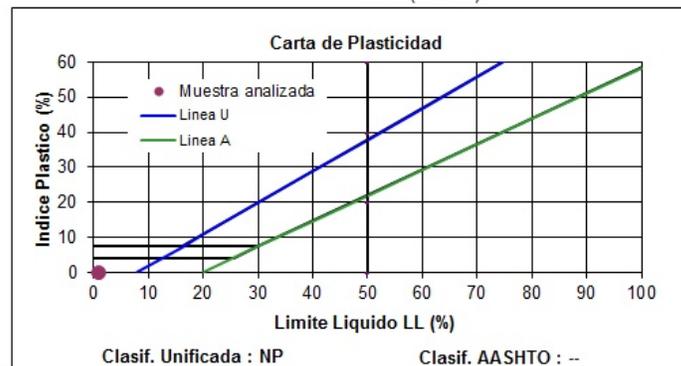
### Resultados de ensayos

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 ): Grava limosa mal graduada de color café con arena (GP-GM).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	NP
Límite plástico	NP
Índice plástico	NP

## GRADUACIÓN No 2

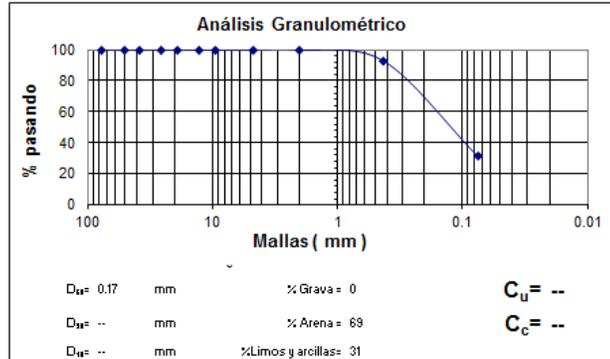
### Resultados de ensayos

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 limosa de color café con intercalaciones 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	100.0
No. 10	99.8
No. 40	92.7
No. 200	31.1



## LIMITE DE ATTERBERG No 2

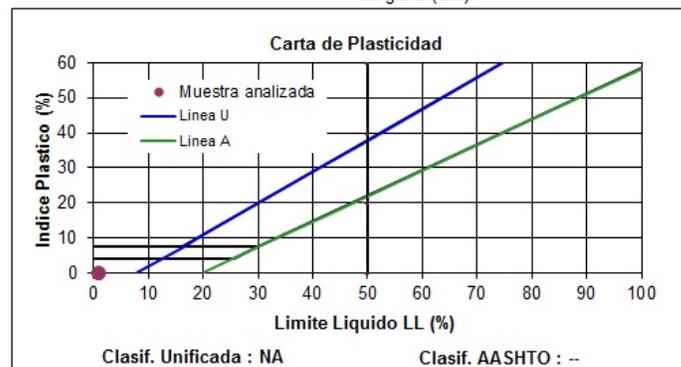
### Resultados de ensayos

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 limosa de color café con intercalaciones de grava (SM).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	NA
Límite plástico	NA
Índice plástico	NA

## GRADUACIÓN No 3

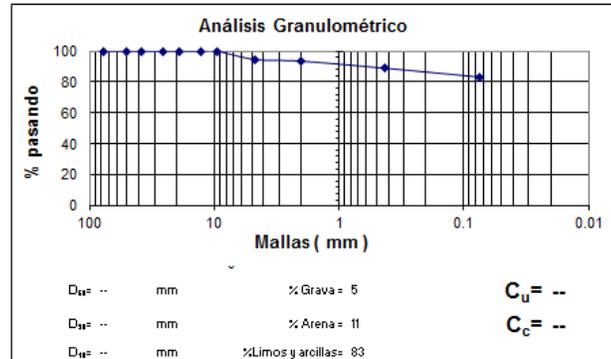
### Resultados de ensayos

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 ): Limo inorgánico de alta compresibilidad de color café con rastro de arena y gra

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	94.6
No. 10	93.5
No. 40	88.9
No. 200	83.3



## LIMITE DE ATTERBERG No 3

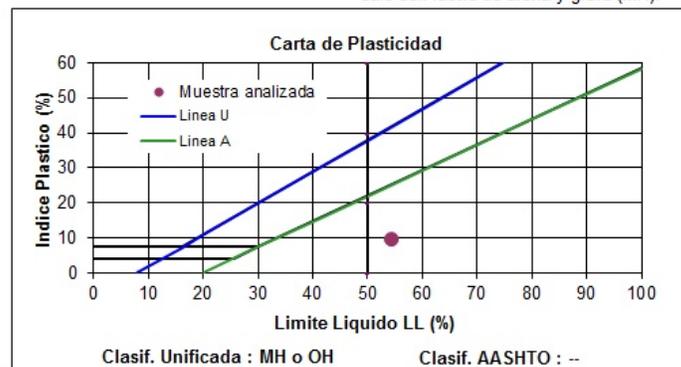
### Resultados de ensayos

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 ): Limo inorgánico de alta compresibilidad de color café con rastro de arena y grava (MH).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	54
Límite plástico	45
Índice plástico	10

## GRADUACIÓN No 4

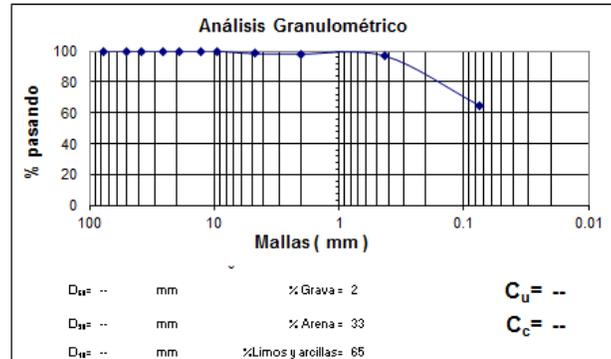
### Resultados de ensayos

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 ): Limo inorgánico de alta compresibilidad de color café con arena (MH).

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	98.3
No. 10	98.2
No. 40	96.8
No. 200	64.9



## LIMITE DE ATTERBERG No 4

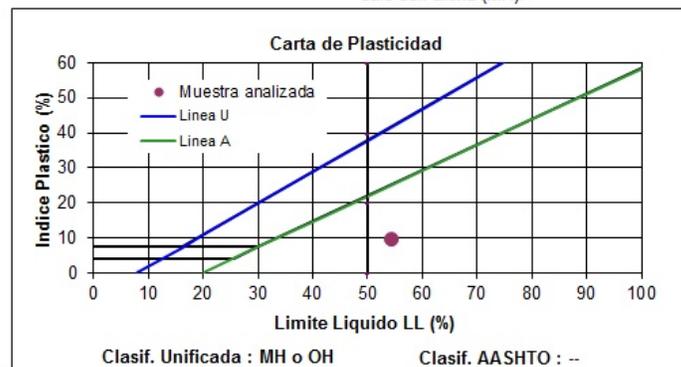
### Resultados de ensayos

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 ): Limo inorgánico de alta compresibilidad de color café con arena (MH).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	54
Límite plástico	45
Índice plástico	10

## GRADUACIÓN No 5

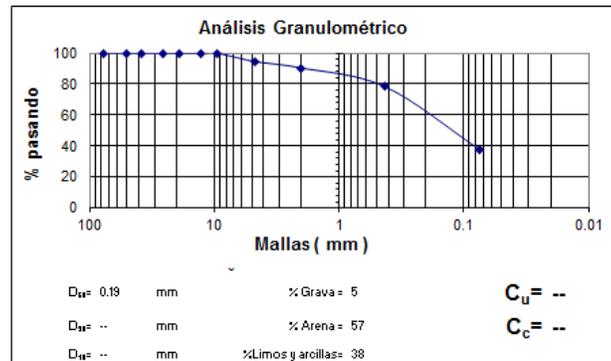
### Resultados de ensayos

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 limosa de 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	94.6
No. 10	90.4
No. 40	78.3
No. 200	37.9



## LIMITE DE ATTERBERG No 5

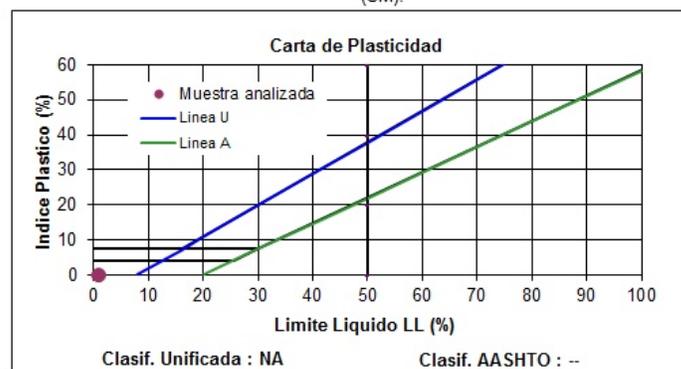
### Resultados de ensayos

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 limosa de color café con rastro de grava (SM).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	NA
Límite plástico	NA
Índice plástico	NA

## GRADUACIÓN No 6

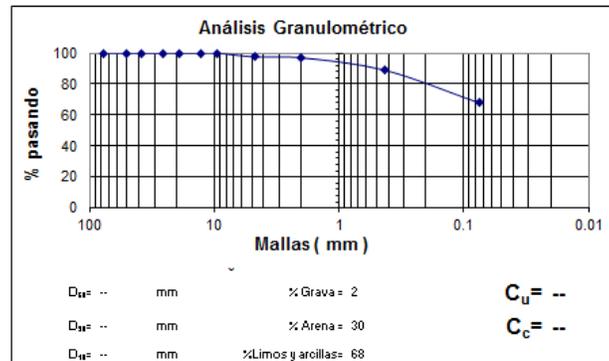
### Resultados de ensayos

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 ): Limo inorgánico de alta compresibilidad de color café con arena (MH).

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	97.0
No. 40	88.9
No. 200	67.8



## LIMITE DE ATTERBERG No 6

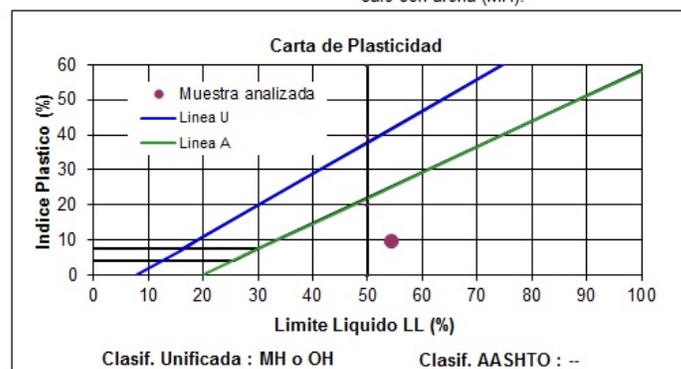
### Resultados de ensayos

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 ): Limo inorgánico de alta compresibilidad de color café con arena (MH).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	54
Límite plástico	45
Índice plástico	10

## GRADUACIÓN No 7

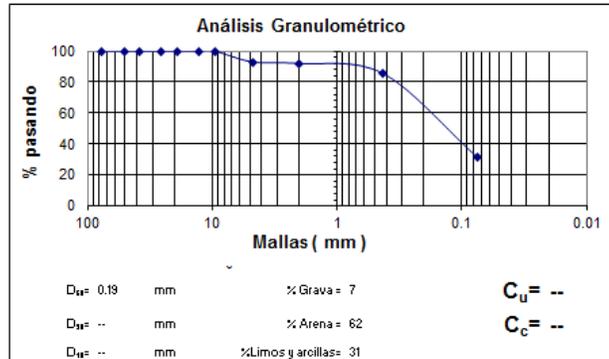
### Resultados de ensayos

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 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	93.0
No. 10	92.0
No. 40	85.5
No. 200	31.5



## LIMITE DE ATTERBERG No 7

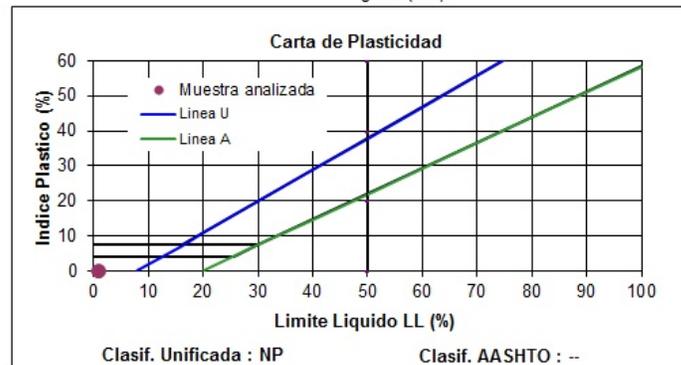
### Resultados de ensayos

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 color café con rastro de grava (SM).



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

## GRADUACIÓN No 8

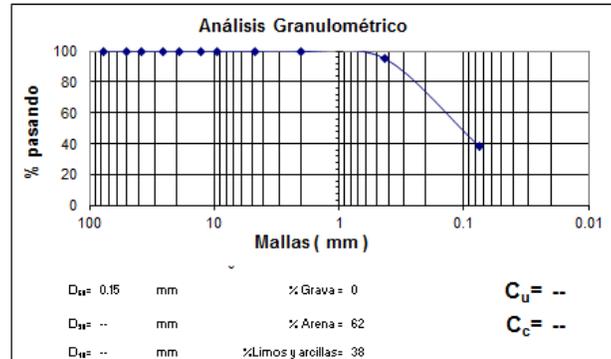
### Resultados de ensayos

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 limosa de color café grisáceo (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	94.9
No. 200	38.4



## LIMITE DE ATTERBERG No 8

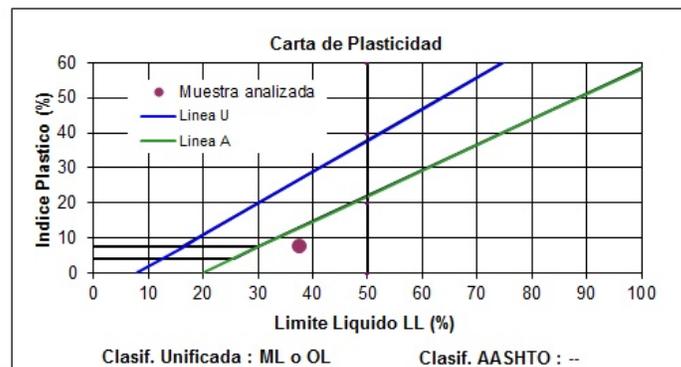
### Resultados de ensayos

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 limosa de color café grisáceo (SM).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	37
Límite plástico	30
Índice plástico	8

## GRADUACIÓN No 9

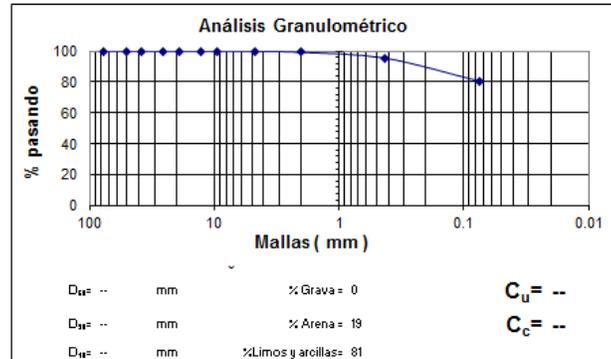
### Resultados de ensayos

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 ): Limo inorgánico de alta compresibilidad de color café con arena (MH).

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	99.8
No. 10	99.2
No. 40	95.4
No. 200	80.7



## LIMITE DE ATTERBERG No 9

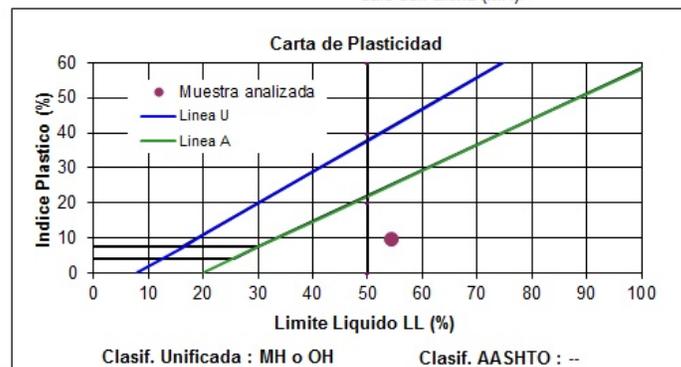
### Resultados de ensayos

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 ): Limo inorgánico de alta compresibilidad de color café con arena (MH).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	54
Límite plástico	45
Índice plástico	10

## GRADUACIÓN No 10

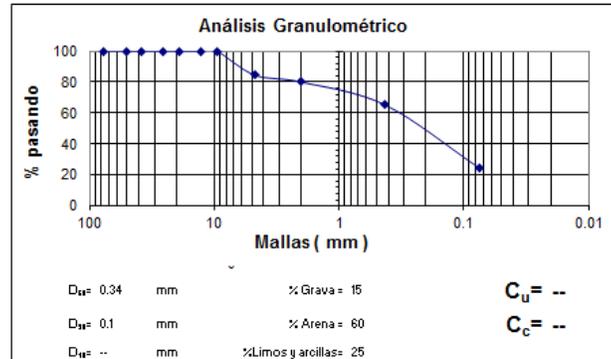
### Resultados de ensayos

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 limosa de color café con arena (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	84.6
No. 10	80.0
No. 40	65.2
No. 200	24.6



## LIMITE DE ATTERBERG No 10

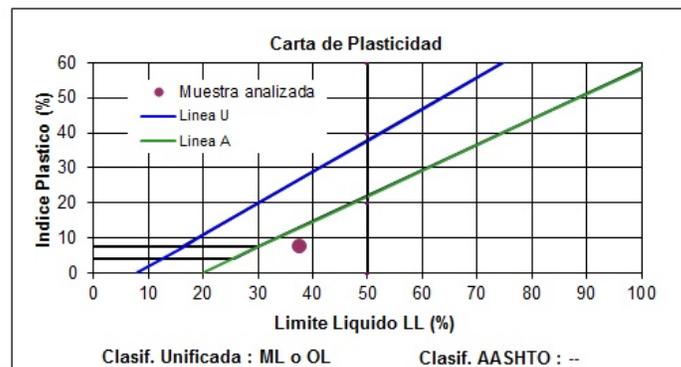
### Resultados de ensayos

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 limosa de color café con arena (SM).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	37
Límite plástico	30
Índice plástico	8

## GRADUACIÓN No 11

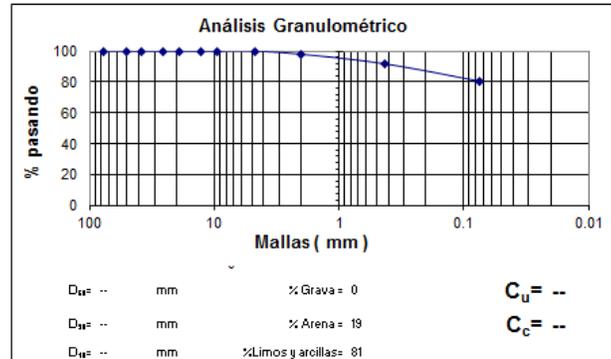
### Resultados de ensayos

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 ): Limo inorgánico de alta compresibilidad de color café claro con arena (MH/CH)

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	98.0
No. 40	91.8
No. 200	80.6



## LIMITE DE ATTERBERG No 11

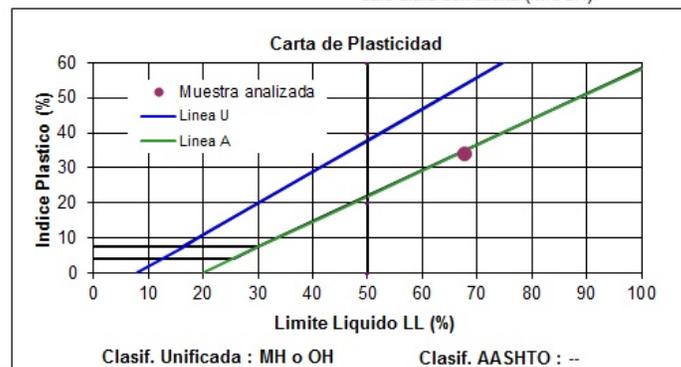
### Resultados de ensayos

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 ): Limo inorgánico de alta compresibilidad de color café claro con arena (MH/CH).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	68
Límite plástico	34
Índice plástico	34

## GRADUACIÓN No 12

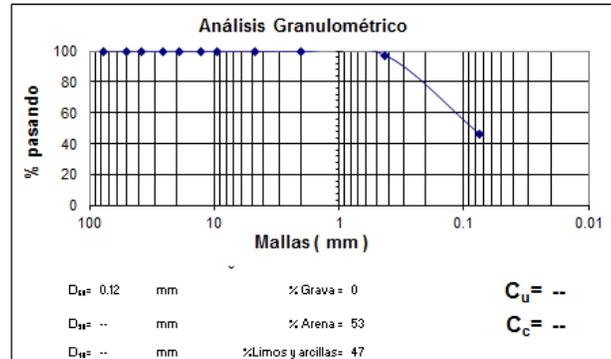
### Resultados de ensayos

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 limosa de color café (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	99.8
No. 40	97.4
No. 200	46.6



## LIMITE DE ATTERBERG No 12

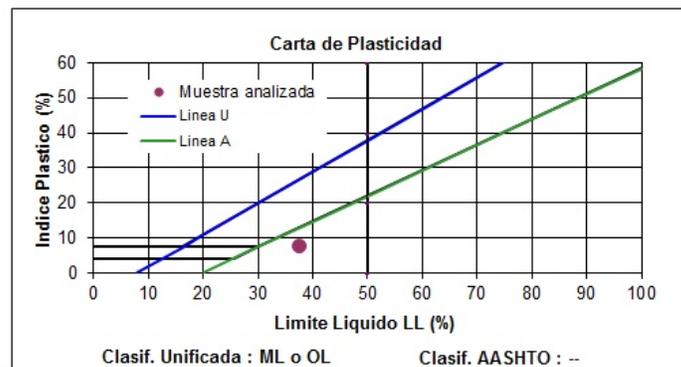
### Resultados de ensayos

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 limosa de color café (SM).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	37
Límite plástico	30
Índice plástico	8

## GRADUACIÓN No 13

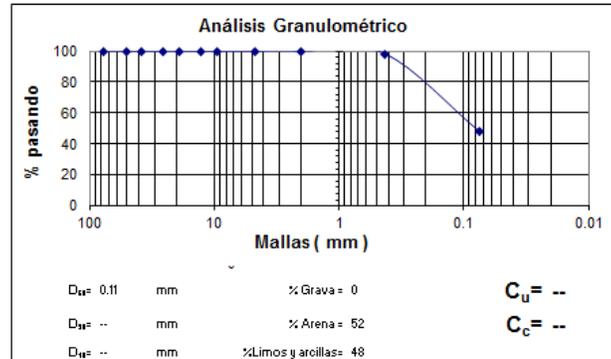
### Resultados de ensayos

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 limosa de color café claro (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	98.2
No. 200	48.2



## LIMITE DE ATTERBERG No 13

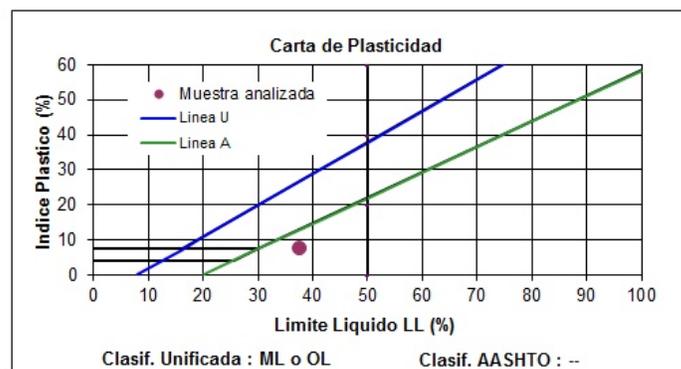
### Resultados de ensayos

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 limosa de color café claro (SM).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	37
Límite plástico	30
Índice plástico	8

## GRADUACIÓN No 14

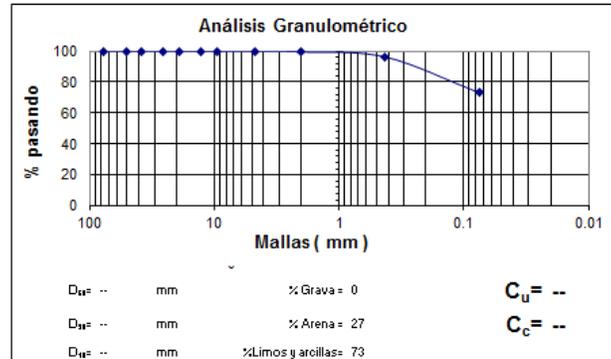
### Resultados de ensayos

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 ): Limo inorgánico de alta compresibilidad de color café con arena (MH/CH).

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	99.5
No. 40	96.2
No. 200	73.1



## LIMITE DE ATTERBERG No 14

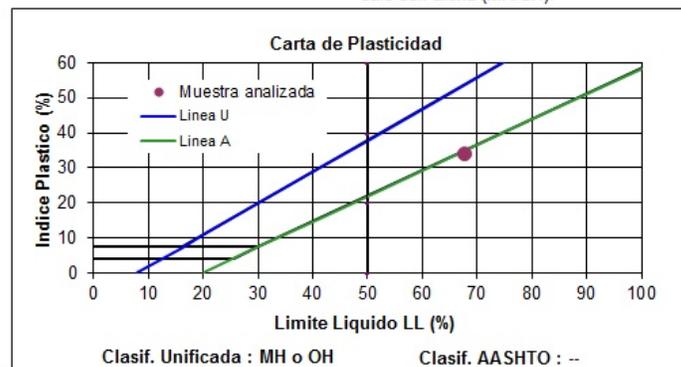
### Resultados de ensayos

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 ): Limo inorgánico de alta compresibilidad de color café con arena (MH/CH).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	68
Límite plástico	34
Índice plástico	34

## GRADUACIÓN No 15

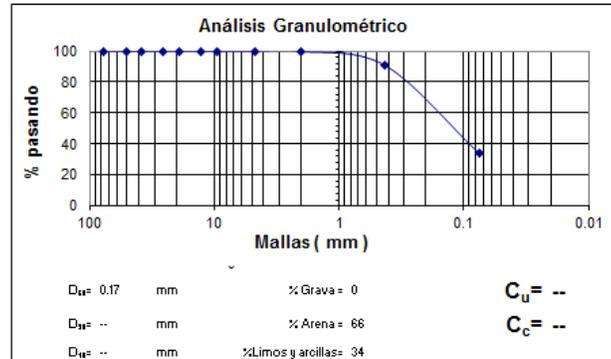
### Resultados de ensayos

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 limosa de color café (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	99.8
No. 40	90.7
No. 200	33.9



## LIMITE DE ATTERBERG No 15

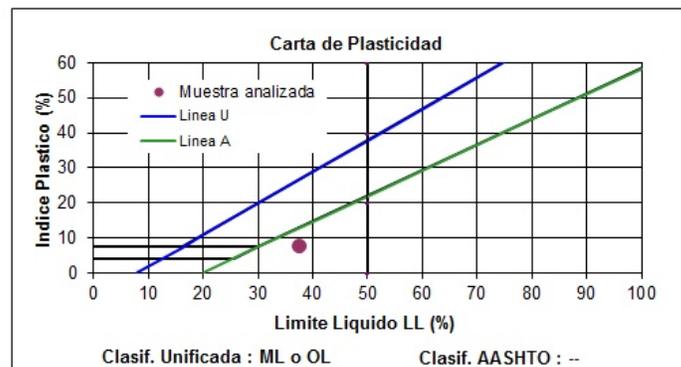
### Resultados de ensayos

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 limosa de color café (SM).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	37
Límite plástico	30
Índice plástico	8

## GRADUACIÓN No 16

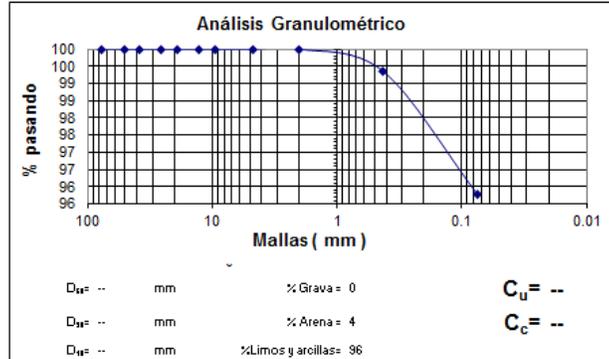
### Resultados de ensayos

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 ): Limo arcilloso de baja compresibilidad de color café (ML).

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	99.4
No. 200	95.8



## LIMITE DE ATTERBERG No 16

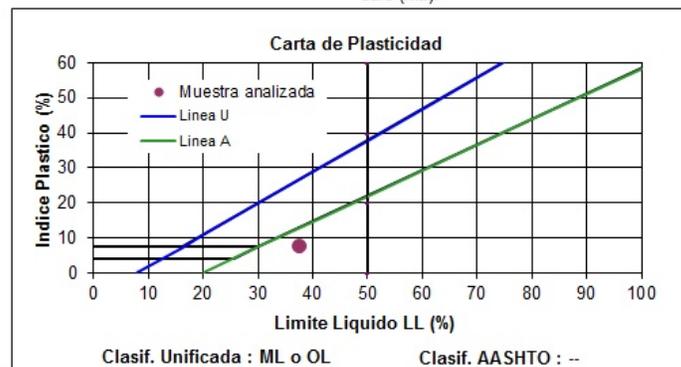
### Resultados de ensayos

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 ): Limo arcilloso de baja compresibilidad de color café (ML).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	37
Límite plástico	30
Índice plástico	8

## GRADUACIÓN No 17

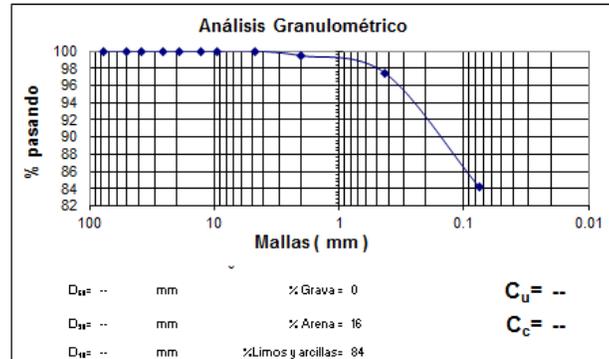
### Resultados de ensayos

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 ): Limo inorgánico de alta compresibilidad de color café con arena (MH/CH).

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	99.5
No. 40	97.4
No. 200	84.2



## LIMITE DE ATTERBERG No 17

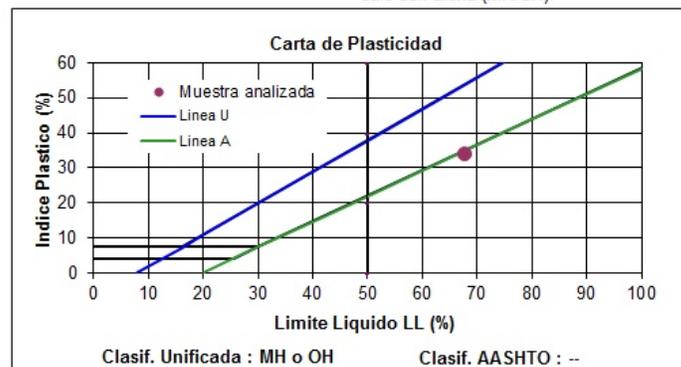
### Resultados de ensayos

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 ): Limo inorgánico de alta compresibilidad de color café con arena (MH/CH).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	68
Límite plástico	34
Índice plástico	34

## GRADUACIÓN No 18

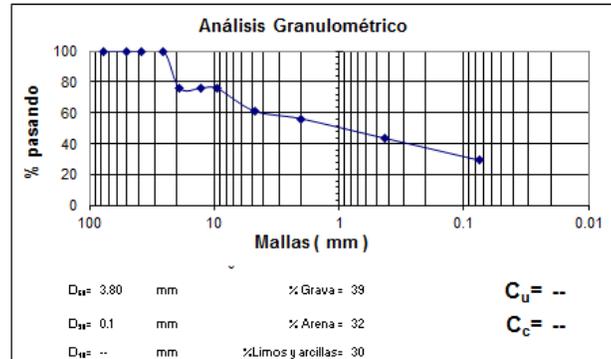
### Resultados de ensayos

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 ): Grava limosa de color café con arena (GM).

Tamiz No.	%Pasando
76,2 mm	100.0
50,8 mm	100.0
38,1mm	100.0
25,4 mm	100.0
19 mm	76.1
12,7 mm	76.1
9,5 mm	76.1
No. 4	61.3
No. 10	56.3
No. 40	43.7
No. 200	29.6



## LIMITE DE ATTERBERG No 18

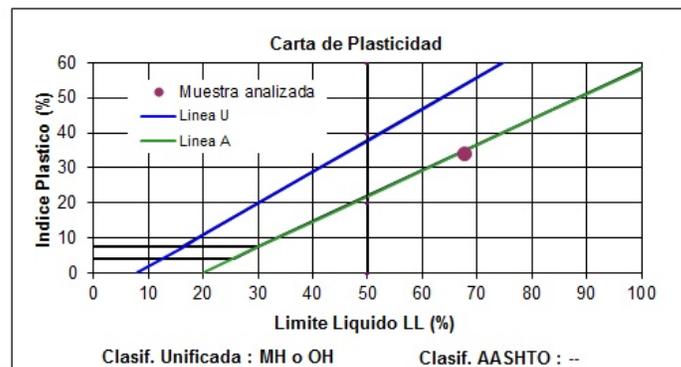
### Resultados de ensayos

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 ): Grava limosa de color café con arena (GM).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	68
Límite plástico	34
Índice plástico	34

## A2. DATOS SOLICITADOS

Tabla. Resumen de datos solicitados. Perforación P-1.

Profundidad (m)	Nspt	SUCS	Peso unitario (ton/m <sup>3</sup> )	LL (%)	LP (%)	% gravas	% arenas	% finos	Humedad natural (%)	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	$f' = \tan^{-1} \left[ \frac{N_{60}}{325} \right]^{-1,34}$	$\phi'$ efectivo (°)
0,00 – 0,60	31	GP-GM	--	--	--	50	39	11	6,6	--	50	33
0,60 – 1,20	8	SM	1,781	--	--	--	69	31	36,5	0,30	34	22
1,20 – 1,80	3		--	--	--	--	69	31	11,3	--	24	16
1,80 – 2,40	4		--	--	--	--	69	31	34,4	--	25	17
2,40 – 3,00	4	MH	1,246	54	45	6	11	83	90,6	0,36	--	--
3,00 – 3,60	10		1,697	54	45	6	11	83	53,4	0,47	--	--
3,60 – 4,20	6		1,759	54	45	6	11	83	52,6	--	--	--
4,20 – 4,80	2		1,566	54	45	6	11	83	84,3	0,22	--	--

Tabla. Resumen de datos solicitados. Perforación P-2.

Profundidad (m)	Nspt	SUCS	Peso unitario (ton/m <sup>3</sup> )	LL (%)	LP (%)	% gravas	% arenas	% finos	Humedad natural (%)	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	$f' = \tan^{-1} \left[ \frac{N_{60}}{325} \right]^{-1,34}$	$\phi'$ efectivo (°)
0,00 – 0,60	4	SM	--	--	--	--	--	--	21,0	--	30	20
0,60 – 1,20	4	MH	--	--	--	--	--	--	21,3	--	--	--
1,20 – 1,80	4		1,870	54	45	2	33	65	39,9	0,15	--	--
1,80 – 2,40	2		1,775	54	45	2	33	65	46,9	0,21	--	--
2,40 – 3,00	4		1,586	54	45	2	33	65	66,5	0,22	--	--
3,00 – 3,60	6		--	54	45	2	33	65	59,5	--	--	--
3,60 – 4,20	0		1,574	54	45	2	33	65	76,0	0,16	--	--
4,20 – 4,80	18		1,548	54	45	2	33	65	89,0	--	--	--
4,80 – 5,40	58	SM	--	--	--	--	--	--	36,3	--	47	32

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.

$$\text{Schmertmann [16]} \quad 1970 \quad \phi' = \tan^{-1} \left[ \left( \frac{N_{160}}{32,5} \right)^{0,34} \right]$$

**Tabla.** Resumen de datos solicitados. Perforación P-3.

Profundidad (m)	Nspt	SUCS	Peso unitario (ton/m <sup>3</sup> )	LL (%)	LP (%)	% gravas	% arenas	% finos	Humedad natural (%)	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	$f' = \tan^{-1} \left[ \frac{N_{60}}{325} \right]^{1,34}$	$\phi_{\text{efectivo}} (^{\circ})$
0,00 – 0,60	4	SM	--	--	--	5	57	38	29,9	--	31	20
0,60 – 1,20	4		--	--	--	5	57	38	27,9	--	28	19
1,20 – 1,80	2	--	--	54	45	2 - 7	30 - 62	68 - 31	65,3	--	--	--
1,80 – 2,40	4	SM	1,912	37	30	--	62	68	28,3	0,19	25	17
2,40 – 3,00	4		1,728	37	30	--	62	68	56,5	0,38	24	16
3,00 – 3,60	6	MH	1,676	54	45	--	19	81	67,1	0,33	--	--
3,60 – 4,20	5		1,714	54	45	--	19	81	61,2	0,34	--	--
4,20 – 4,80	3		1,935	54	45	--	19	81	59,0	--	--	--
4,80 – 5,40	18		1,585	54	45	--	19	81	80,2	0,24	--	--

**Tabla.** Resumen de datos solicitados. Perforación P-4.

Profundidad (m)	Nspt	SUCS	Peso unitario (ton/m <sup>3</sup> )	LL (%)	LP (%)	% gravas	% arenas	% finos	Humedad natural (%)	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	$f' = \tan^{-1} \left[ \frac{N_{60}}{325} \right]^{1,34}$	$\phi_{\text{efectivo}} (^{\circ})$
0,00 – 0,60	11	SM	--	--	--	--	--	--	13,3	--	40	26
0,60 – 1,20	10		--	37	30	15	60	25	20,9	--	35	24
1,20 – 1,80	8		1,848	37	30	15	60	25	30,8	--	32	21
1,80 – 2,40	6		1,664	37	30	15	60	25	40,8	0,03	28	19
2,40 – 3,00	4	MH/CH	--	68	34	--	19	81	55,5	--	--	--
3,00 – 3,60	7		1,785	68	34	--	19	81	39,5	0,15	--	--
3,60 – 4,20	4		1,694	68	34	--	19	81	62,4	0,33	--	--
4,20 – 4,80	48		--	68	34	--	19	81	49,7	--	--	--

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.

$$\text{Schmertmann [16]} \quad 1970 \quad \phi' = \tan^{-1} \left[ \left( \frac{N_{160}}{32,5} \right)^{0,34} \right]$$

**Tabla.** Resumen de datos solicitados. Perforación P-5.

Profundidad (m)	Nspt	SUCS	Peso unitario (ton/m <sup>3</sup> )	LL (%)	LP (%)	% gravas	% arenas	% finos	Humedad natural (%)	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	$f' = \tan^{-1} \left[ \frac{N_{60}}{325} \right]^{1,34}$	Ø efectivo (°)
0,00 – 0,60	7	SM	1,833	37	30	--	53	47	33,7	--	35	24
0,60 – 1,20	6		--	37	30	--	53	47	25,4	--	31	21
1,20 – 1,80	3		1,837	37	30	--	53	47	29,1	0,21	24	16
1,80 – 2,40	2		1,841	37	30	--	52	48	49,4	0,17	20	13
2,40 – 3,00	2	MH/CH	1,615	68	34	--	27	73	62,9	0,30	--	--
3,00 – 3,60	2		1,699	68	34	--	27	73	49,5	--	--	--
3,60 – 4,20	2		1,589	68	34	--	27	73	77,0	0,09	--	--
4,20 – 4,80	21		--	68	34	--	27	73	73,2	--	--	--
4,80 – 5,40	45		--	68	34	--	27	73	31,7	--	--	--

**Tabla.** Resumen de datos solicitados. Perforación P-6.

Profundidad (m)	Nspt	SUCS	Peso unitario (ton/m <sup>3</sup> )	LL (%)	LP (%)	% gravas	% arenas	% finos	Humedad natural (%)	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	$f' = \tan^{-1} \left[ \frac{N_{60}}{325} \right]^{1,34}$	Ø efectivo (°)
0,00 – 0,60	4	SM	1,862	37	30	--	66	34	32,6	0,37	30	20
0,60 – 1,20	6		--	37	30	--	66	34	27,8	--	31	21
1,20 – 1,80	2		1,985	37	30	--	66	34	26,0	0,31	21	14
1,80 – 2,40	2		--	37	30	--	66	34	33,5	--	20	13
2,40 – 3,00	3		--	37	30	--	66	34	33,5	--	22	15
3,00 – 3,60	0		1,942	37	30	--	66	34	51,8	--	15	10
3,60 – 4,20	3	ML	1,633	37	30	--	4	96	55,1	0,05	22	14
4,20 – 4,80	3		1,815	37	30	--	4	96	60,8	0,38	21	14
4,80 – 5,40	6		1,639	37	30	--	4	96	63,5	0,22	26	17
5,40 – 6,00	8	MH/CH	1,939	68	34	--	16	84	40,6	0,11	28	19
6,00 – 6,60	5		1,676	68	34	--	16	84	57,9	--	25	17
6,60 – 7,20	4		1,695	68	34	--	16	84	65,3	0,19	23	16
7,20 – 7,80	61	GM	--	68	34	39	32	29	65,2	--	47	32

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.

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

### A3. CAPACIDAD SOPORTANTE

Para la estimación de la capacidad soportante del terreno se consideran los resultados obtenidos en la prueba de perforación estándar, para lo cual se toma en cuenta el número de golpes  $N_{SPT}$  promedio para cada tramo homogéneo en el avance de la perforación (ver tablas de datos geotécnicos por perforación).

De acuerdo con Skempton (1986) y Seed & otros (1985)<sup>1</sup>, se debe tener en cuenta que *existen factores que contribuyen a la variación del número de golpes  $N_{SPT}$ , como por ejemplo la eficiencia del martillo, el diámetro de la perforación, el método de muestreo y el factor de longitud de barra perforadora*. Según Das (2006), con base en observaciones de campo, parece razonable estandarizar el número de golpes de perforación como una función de la energía entrante de hincado y su disipación alrededor del muestreador hacia el suelo circundante de la siguiente manera:

$$N_{60} = \frac{N_{spt} \cdot \eta_H \cdot \eta_B \cdot \eta_S \cdot \eta_R}{60}$$

Donde,

$N_{spt}$ = Número de golpes N

$\eta_H$ = eficiencia de martillo

$\eta_B$ = corrección por diámetro de la perforación

$\eta_S$ = corrección del muestreador

$\eta_R$ = corrección por longitud de la barra perforadora

Las variaciones de los factores se encuentran basadas en recomendaciones de **Seed et al. (1985)** y **Skempton (1986)**.

**Tabla.** Variación de  $\eta_H$

Tipo de martillo	Liberación de martillo	$\eta_H$
Seguridad	cuerda y polea	45

**Tabla.** Variación de  $\eta_S$

Variable	$\eta_S$
Muestreador estándar	1,0
Con forro para arcilla y arena densa	0,8
Con forro para arena suelta	0,9

<sup>1</sup> Das, Braja. Principios de ingeniería de cimentaciones- 5ta edición.

**Tabla.** Variación de  $\eta_B$

Diámetro		$\eta_B$
mm	pulgada	
60-120	2,4 - 4,7	1
150	6	1,05
200	8	1,15

**Tabla.** Variación de  $\eta_R$

Profundidad		$\eta_R$
m	pies	
>10	>30	1
6 -10	20-30	0,95
4 -6	12-20	0,85
0 - 4	0-12	0,75

Con base en lo anterior, y a partir de los números de golpes se toma en cuenta la recomendación de Parry (1977) propuesta por **Bowles (1988)** que considera como fórmula general que la capacidad soportante última se puede estimar a partir de:

$$q_{ult} = 30N \text{ (kPa)}^2$$

En este análisis, se va a considerar a  $N$  como un valor aproximado al  $N_{1,60}$ , determinado con el uso de los siguientes factores:  $N_{1,60} = C_N N_{60}$

Luego, para el caso de estimación de capacidad soportante según un método de diseño por esfuerzos de trabajo, se sabe que,

$$q_{adm} = \frac{q_{ult}}{FS}^3$$

De manera complementaria, se realizan considerando las siguientes relaciones presentadas por el Ing. William Rodríguez Serquen<sup>4</sup>:

Caso arenas:  $q_{adm} = 1,09 * N \text{ (ton/m}^2\text{)}$

Caso arcillas:  $q_{adm} = 1,25 * N \text{ (ton/m}^2\text{)}$

A partir de los resultados obtenidos, se aplican factores de corrección según corresponda a casos de talud, nivel freático, relación límites de consistencia-humedad natural, otros, según el criterio del ingeniero especialista.

<sup>2</sup> Bowles, Joseph. Foundation Analysis and Desing. Fourth edition.

<sup>3</sup> Código de cimentaciones de Costa Rica, 2009.pág. 46.

<sup>4</sup> (Ingeniería Geotécnica. Rodríguez Serquen, William. Universidad Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque, 2016.

**Tabla.** Memoria de estimación de capacidad soportante. Perforación P-1.

Profundidad (m)		SPT			Factor de corrección $\phi$	Q <sub>adm</sub> (ton/m <sup>2</sup> )			SUCS
De	A	N <sub>spt</sub>	C <sub>N</sub>	(N1) <sub>60</sub>		Caso general	Arenas o gravas	Limos o arcillas	
0,0	0,6	31	3,1	53	1,00	53,3	58,2	--	GP-GM
0,6	1,2	8	2,2	10	1,00	9,7	10,6	--	SM
1,2	1,8	3	1,8	3	1,00	3,0	3,2	--	
1,8	2,4	4	1,5	3	1,00	3,4	3,8	--	
2,4	3,0	4	1,4	3	1,00	3,2	--	4,0	MH
3,0	3,6	10	1,3	7	1,00	7,2	--	9,0	
3,6	4,2	6	1,2	5	1,00	4,5	--	5,7	
4,2	4,8	2	1,1	1	0,70	1,0	--	1,2	

**Tabla.** Memoria de estimación de capacidad soportante. Perforación P-2.

Profundidad (m)		SPT			Factor de corrección $\phi$	Q <sub>adm</sub> (ton/m <sup>2</sup> )			SUCS
De	A	N <sub>spt</sub>	C <sub>N</sub>	(N1) <sub>60</sub>		Caso general	Arenas o gravas	Limos o arcillas	
0,0	0,6	4	3,0	7	1,00	6,7	7,3	--	SM
0,6	1,2	4	2,1	5	1,00	4,7	--	5,9	MH
1,2	1,8	4	1,7	4	1,00	3,9	--	4,8	
1,8	2,4	2	1,5	2	1,00	1,7	--	2,1	
2,4	3,0	4	1,4	3	1,00	3,1	--	3,8	
3,0	3,6	6	1,3	4	1,00	4,2	--	5,3	
3,6	4,2	0,002	1,2	0	1,00	0,0	--	0,0	
4,2	4,8	18,001	1,1	13	1,00	13,2	--	16,4	SM
4,8	5,4	58	1,1	42	0,70	29,1	31,7	--	

**Tabla.** Memoria de estimación de capacidad soportante. Perforación P-3.

Profundidad (m)		SPT			Factor de corrección $\phi$	Q <sub>adm</sub> (ton/m <sup>2</sup> )			SUCS
De	A	N <sub>spt</sub>	C <sub>N</sub>	(N1) <sub>60</sub>		Caso general	Arenas o gravas	Limos o arcillas	
0,0	0,6	4	3,1	7	1,00	7,0	7,6	--	SM
0,6	1,2	4	2,2	5	1,00	4,9	5,4	--	
1,2	1,8	2	1,8	2	1,00	2,0	--	2,5	MH
1,8	2,4	4	1,6	3	1,00	3,5	3,8	--	SM
2,4	3,0	4	1,4	3	1,00	3,1	3,4	--	
3,0	3,6	6	1,3	4	1,00	4,3	--	5,4	MH
3,6	4,2	5	1,2	4	1,00	3,8	--	4,7	
4,2	4,8	3	1,1	2	1,00	2,1	--	2,6	
4,8	5,4	18	1,1	12	0,70	8,6	--	10,7	

**Tabla.** Memoria de estimación de capacidad soportante. Perforación P-4.

Profundidad (m)		SPT			Factor de corrección $\phi$	Q <sub>adm</sub> (ton/m <sup>2</sup> )			SUCS
De	A	N <sub>spt</sub>	C <sub>N</sub>	(N1) <sub>60</sub>		Caso general	Arenas o gravas	Limos o arcillas	
0,0	0,6	11	3,0	19	1,00	18,6	20,3	--	SM
0,6	1,2	10	2,1	12	1,00	11,9	13,0	--	
1,2	1,8	8	1,7	8	1,00	7,8	8,5	--	
1,8	2,4	6	1,5	5	1,00	5,1	5,6	--	
2,4	3,0	4	1,4	3	1,00	3,1	--	3,9	MH/CH
3,0	3,6	7	1,3	5	1,00	4,9	--	6,2	
3,6	4,2	4	1,2	3	1,00	3,0	--	3,7	
4,2	4,8	48	1,1	33	1,00	33,3	--	41,7	

**Tabla.** Memoria de estimación de capacidad soportante. Perforación P-5.

Profundidad (m)		SPT			Factor de corrección $\phi$	Q <sub>adm</sub> (ton/m <sup>2</sup> )			SUCS
De	A	N <sub>spt</sub>	C <sub>N</sub>	(N1) <sub>60</sub>		Caso general	Arenas o gravas	Limos o arcillas	
0,0	0,6	7	3,0	12	1,00	11,9	12,9	--	SM
0,6	1,2	6	2,1	7	1,00	7,2	7,8	--	
1,2	1,8	3	1,7	3	1,00	2,9	3,2	--	
1,8	2,4	2	1,5	2	1,00	1,7	1,8	--	
2,4	3,0	2	1,4	2	1,00	1,5	--	1,9	MH/CH
3,0	3,6	2	1,3	1	1,00	1,4	--	1,8	
3,6	4,2	2	1,2	1	1,00	1,5	--	1,9	
4,2	4,8	21	1,1	15	1,00	14,7	--	18,4	
4,8	5,4	45	1,1	30	1,00	30,5	--	38,1	

**Tabla.** Memoria de estimación de capacidad soportante. Perforación P-6.

Profundidad (m)		SPT			Factor de corrección $\phi$	Q <sub>adm</sub> (ton/m <sup>2</sup> )			SUCS
De	A	N <sub>spt</sub>	C <sub>N</sub>	(N1) <sub>60</sub>		Caso general	Arenas o gravas	Limos o arcillas	
0,0	0,6	4	3,0	7	1,00	6,7	7,3	--	SM
0,6	1,2	6	2,1	7	1,00	7,1	7,8	--	
1,2	1,8	2	1,7	2	1,00	1,9	2,1	--	
1,8	2,4	2	1,5	2	1,00	1,7	1,8	--	
2,4	3,0	3	1,3	2	1,00	2,2	2,4	--	
3,0	3,6	1	1,2	1	1,00	0,7	0,7	--	
3,6	4,2	3	1,1	2	1,00	2,1	--	2,7	ML
4,2	4,8	3	1,1	2	1,00	2,0	--	2,5	
4,8	5,4	6	1,0	4	0,70	2,8	--	3,4	
5,4	6,0	8	1,0	5	0,70	3,6	--	4,5	MH/CH
6,0	6,6	5	1,0	3	0,70	2,4	--	3,1	
6,6	7,2	4	1,0	3	0,70	1,9	--	2,4	
7,2	7,8	61	0,9	41	0,70	28,7	31,3	--	GM