



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DE MICROPILOTES PARA SOPORTAR LAS CARGAS
DE LAS VIVIENDAS DEL CONDOMINIO VILLA CHORRILLOS EN
LA AVENIDA HERNANDO DE LAVALLE**

PRESENTADA POR

**EVELYN NERETVA CERRÓN DEL CASTILLO
TERESA MAGALY DELGADO RIVERA**

ASESOR

JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LIMA – PERÚ

2018



**Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada
CC BY-NC-ND**

Los autores permiten que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede cambiar de ninguna manera ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTIN DE PORRES

**FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DE MICROPILOTES PARA SOPORTAR LAS CARGAS
DE LAS VIVIENDAS DEL CONDOMINIO VILLA CHORRILLOS
EN LA AVENIDA HERNANDO DE LAVALLE**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

PRESENTADA POR

**CERRÓN DEL CASTILLO, EVELYN NERETVA
DELGADO RIVERA, TERESA MAGALY**

LIMA – PERÚ

2018

Dedicatoria

Dedico la presente a Dios por ponerme retos, a fin de distinguir lo bueno y lo malo de la vida. A mi mamá Lili, quien con su ejemplo y dedicación me enseñó que nada es imposible y que gracias a su apoyo incondicional llegué a cumplir mis metas. A mis abuelitos Suleyde y Salomon, por las enseñanzas y valores que me inculcaron de niña y de quienes siempre recibí su cariño y apoyo incondicional. A mi familia y a todos los que me apoyaron para concluir mis sueños y metas.

E. Cerrón

Dedicatoria

Dedico la presente a Dios, el creador de todo, quien me dio la fortaleza para continuar y cumplir todas mis metas. A mi madre Bertha, quien supo formarme con buenos hábitos y valores. A mi padre José, por estar siempre a mi lado brindándome todo su apoyo. A mi hermano Christian, quien siempre me motivó para lograr mis sueños y por ser el mejor ejemplo a seguir. A mi familia, por su cariño y apoyo incondicional. A ustedes, mi agradecimiento infinito.

T. Delgado

Agradecimiento

A nuestros asesores, por guiarnos en el proceso de elaboración de nuestro trabajo de investigación.

A nuestros maestros, por sus conocimientos brindados en el transcurso de nuestra carrera profesional.

A nuestros familiares, ya que nos acompañaron y motivaron a seguir adelante brindándonos todo su apoyo.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xv
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Situación problemática	1
1.2 Formulación del problema	2
1.3 Objetivos	3
1.4 Justificación	3
1.5 Alcances y limitaciones	4
1.6 Viabilidad del estudio	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	6
2.1 Antecedentes de la investigación	6
2.2 Bases teóricas	8
2.3 Definición de términos básicos	34
2.4 Formulación de la hipótesis	37
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	38
3.1 Tipo de investigación	38
3.2 Nivel de investigación	38
3.3 Diseño de investigación	39

3.4	Variables	39
3.5	Población y muestra	40
3.6	Técnicas de investigación	40
3.7	Materiales y equipos	42
3.8	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	42
3.9	Procesamiento y análisis estadístico de los datos	43
3.10	Cronograma de actividades	44
CAPÍTULO IV. DESARROLLO Y PRUEBAS DEL PROYECTO		45
4.1	Generalidades	45
4.2	Estudio de suelos	48
4.3	Metrado de Cargas de las viviendas	79
4.4	Diseño de Micropilotes	83
4.5	Ensayo de Carga de Placa	92
CAPÍTULO V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS		95
5.1	Contraste de la hipótesis	95
5.2	Análisis de Resultados	96
CONCLUSIONES		99
RECOMENDACIONES		101
FUENTES DE INFORMACIÓN		103
ANEXOS		105

ÍNDICE DE TABLAS

	Pagina
Tabla 1: Límite elástico de los aceros para las armaduras tubulares, f_y	12
Tabla 2: Límite elástico de los aceros para las armaduras corrugadas de acero, f_{sk}	12
Tabla 3: Recubrimientos mínimos r (mm)	15
Tabla 4: Reducción de espesor de armadura r_e (mm)	16
Tabla 5: Cuadro de fórmulas de la resistencia a la compresión	17
Tabla 6: Coeficiente $F_{u,c}$	18
Tabla 7: Coeficiente F_e	19
Tabla 8: Coeficiente CR	19
Tabla 9: Coeficiente $F_{u,c}$	21
Tabla 10: Diámetros más habituales de perforación D_p , micropilote D y armadura tubular d_e .	26
Tabla 11: Operacionalización de la variable independiente	39
Tabla 12: Operacionalización de la variable dependiente	40
Tabla 13: Cronograma para la elaboración de la tesis	44

Tabla 14: Cálculo del porcentaje de humedad de la muestra de suelo	58
Tabla 15: Símbolos de grupo SUCS	59
Tabla 16: Símbolos de grupo SUCS	60
Tabla 17: Tamices para el ensayo granulométrico	61
Tabla 18: Resultados del porcentaje de humedad de la muestra	64
Tabla 19: Resultados del análisis granulométrico	64
Tabla 20: Resultados de ensayos	77
Tabla 21: módulo de elasticidad del suelo	78
Tabla 22: Peso propio de losa aligerada	82
Tabla 23: Peso propio de losa aligerada	82
Tabla 24: Resultados de longitud total y capacidad admisible ($R_{c,d}$) de un micropilote	91
Tabla 25: Prueba de Carga PC-1, PC-2,PC-3	94
Tabla 26: Información Primaria y Secundaria de las técnicas de investigación	98

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Ejemplo de cimentación de nueva planta con micropilotes	09
Figura 2: Ejemplo de recalce de cimentación existente	09
Figura 3: Como estructura de contención o sostenimiento	10
Figura 4: Como paraguas de sostenimiento	10
Figura 5: Como mejora del terreno	11
Figura 6: Rozamiento unitario Límite por Fuste	23
Figura 7: Secuencia típica en la construcción de un micropilote	25
Figura 8: Equipo de perforación de micropilotes	27
Figura 9: Inyección Única Global	30
Figura 10: Inyección Repetitiva	30
Figura11: Secuencia de desarrollo de actividades	41
Figura 12: Vista aérea del condominio Villa Chorrillos	46
Figura 13: Vista en planta del condominio Villa Chorrillos	46
Figura 14: Vista en planta de la distribución de las viviendas típicas	47
Figura 15: Excavación de calicata C-1	50
Figura 16: Excavación de calicata C-2 y C-3	50
Figura 17: Auscultación cono Peck CP-1	50
Figura 18: Auscultación cono Peck CP-2	51
Figura 19: Cazuela o Aparato de Casa Grande	53
Figura 20: Equipo de laboratorio para ensayo	53

Figura 21: Muestra pasada por el tamiz N°40	54
Figura 22: Muestra pasada por el tamiz N°40	54
Figura 23: Recipientes 1, 1A y 5C pesados en la balanza	55
Figura 24: Muestra colocada en la Casa grande	56
Figura 25: Peso húmedo de las muestras	57
Figura 26: Gráfica del límite líquido de la muestra	58
Figura 27: Tamices de laboratorio de mecánica de suelos	61
Figura 28: Peso de 3000 gr de muestra para el ensayo	62
Figura 29: Peso de 3000 gr de muestra para el ensayo	62
Figura 30: Pesando las muestras retenidas en cada tamiz	63
Figura 31: Pesos retenidos en el fondo de las muestras C-1 y C-2	63
Figura 32: Pesos retenidos en la Malla N° 200 de C-1 y C-2	63
Figura 33: Equipo de corte directo	66
Figura 34: Caja de corte y partes de la misma	67
Figura 35: Excavación de la calicata en la zona de estudio	68
Figura 36: Muestra inalterada llevada al laboratorio	68
Figura 37: Peso de los anillos sin material	68
Figura 38: Peso de los anillos con la muestra inalterada	69
Figura 39: Extracción de la muestra inalterada con la ayuda de anillos	69
Figura 40: Colocación de la muestra en la máquina de corte	70
Figura 41: Resultado de la muestra después del corte directo	71
Figura 42: Gráfica de envolvente de falla	71
Figura 43: Gráfica de esfuerzo cortante vs desplazamiento horizontal	72
Figura 44: Gráfica del ángulo de fricción del suelo	73
Figura 45: Valores de los factores de capacidad de carga	74
Figura 46: Auscultación de suelos con Cono Peck	76
Figura 47: Auscultación cono Peck CP-1 y CP-2	76
Figura 48: Vista en planta de vivienda, columnas y zapatas	79
Figura 49: Cuadro de columnas	80
Figura 50: Rozamiento unitario Límite por Fuste	89

RESUMEN

El presente trabajo de investigación denominado “Diseño de micropilotes para soportar las cargas de las viviendas del condominio Villa Chorrillos en la Avenida Hernando de Lavalle”. Se desarrolló con el objetivo de diseñar un micropilote que tenga la capacidad de soportar las cargas originadas por dieciocho viviendas típicas que se encuentran en el condominio Villa Chorrillos.

Para el desarrollo de la tesis fue necesario realizar el estudio de suelo, se concluyó en que el suelo contenía capas superiores de relleno con desmonte y a la vez existía la presencia de nivel freático elevado por lo que el suelo no era apto para recibir cargas estructurales.

El diseño de micropilotes se realizó considerando las cargas actuantes a nivel de cimentación, la carga máxima vertical actuante en servicio calculada fue de 20Tn., la carga máxima horizontal en servicio calculada fue de 5Tn., y la carga máxima vertical actuante en condición dinámica calculada fue de 25Tn. Para poder transmitirla equitativamente se utilizaron dos micropilotes inclinados, de tal manera que se pueda disminuir los posibles problemas de inestabilidad debido a los momentos horizontales originados. Se realizaron los siguientes cálculos: Fallo Estructural del micropilote, que consiste en calcular la resistencia

estructural del micropilote a compresión, a tracción y a cortante; fallo de capacidad de soporte del terreno, que consiste en calcular el fallo por hundimiento y fallo por arrancamiento.

Finalmente, se realizó el ensayo de Carga de Placa para comprobar que los micropilotes si tienen la capacidad de soportar las cargas de la estructura de las viviendas, transmitiendo estas cargas hacia un suelo más estable y evitando que se sigan presentando los problemas estructurales en las viviendas construidas en el área de estudio.

Palabras Claves: micropilotes, cargas estructurales, ensayo de placa.

ABSTRACT

The present work of investigation denominated Design of micropiles to support the loads of the condominium Villa Chorrillos in the Hernando de Lavalle Avenue. It was developed with the aim of designing a micropile that has the capacity to support the loads originated by eighteen typical homes that are in the Villa Chorrillos condominium.

For the development of the thesis it was necessary to carry out the soil study, it was concluded that the soil contained upper layers of landfill with deforestation and at the same time there was a high water table so the soil was not able to receive structural loads.

The design of micropiles was made considering the loads acting at foundation level, the maximum vertical load acting in calculated service was 20Tn., The maximum horizontal load in service calculated was 5Tn., And the maximum vertical load acting in dynamic condition calculated It was 25Tn. To be able to transmit it equally, two inclined micropiles were used, in such a way that the possible instability problems due to the horizontal moments originated can be diminished. The following calculations were made: Structural failure of the micropile, which consists of calculating the structural resistance of the micropile

to compression, tension and shear; Ground support capacity failure, which consists in calculating the failure due to subsidence and breakdown failure.

Finally, the plate loading test was carried out to verify that the micropiles do have the capacity to support the loads of the structure of the houses, transmitting these loads towards a more stable floor and avoiding that the structural problems in the houses continue to be presented built in the study area.

Keywords: micropiles, structural loads, plate test.

INTRODUCCIÓN

Lima se encuentra expuesta a un alto nivel de peligro sísmico, producto de la actividad sísmica que genera la subducción de la Placa de Nazca debajo de la Placa Sudamericana, cuyos bordes convergen a pocos kilómetros del litoral peruano-chileno. Nuestro país corre el riesgo de sufrir en cualquier momento un sismo de gran magnitud por lo que urge la necesidad de aplicar los mejores procesos técnicos de construcción en nuestras viviendas con la finalidad de disminuir la pérdida de vidas humanas.

El uso de los micropilotes cumple un rol muy importante en el campo de la ingeniería. En un principio, fueron usados como cimentaciones profundas, pero hoy en la actualidad son elementos muy versátiles, pues son usados en proyectos donde es necesario aplicar soluciones geotécnicas como estabilización de taludes, pantallas de contención, mejoramiento de capacidad portante en suelos, drenaje, paraguas de sostenimiento, etc. y además su uso es recomendable para suelos inestables, no aptos para la construcción.

La tesis está estructurada en cinco (5) capítulos. En el primero, se presenta el planteamiento de la investigación, el problema, los objetivos y la relevancia de la investigación, la justificación, los alcances y limitaciones de la

misma; además de la viabilidad del estudio. En el segundo, se abordan los aspectos teóricos relacionados con el diseño de micropilotes. En el tercero, se hace referencia a la metodología empleada para realizar la investigación como el tipo, nivel y diseño de investigación. También se presentan los materiales, equipos, técnicas e instrumentos de recolección de datos, el procesamiento y análisis estadísticos de los datos, así como el cronograma de actividades para realizar toda la investigación.

En el cuarto capítulo, se aborda el desarrollo de la investigación la misma que estudia los suelos de la zona, luego se muestra el metrado de cargas de las viviendas, considerando las cargas actuantes a nivel de cimentación. Después se realizó el diseño de micropilotes con las fórmulas que se muestran en las bases teóricas. Asimismo, se presenta el ensayo de placa de dos micropilotes típicos con las mismas condiciones de suelos y las mismas dimensiones para la comprobación de la capacidad de soportar las cargas las viviendas típicas en el condominio. Y en el último capítulo, se hace el análisis y la interpretación de resultados del diseño de micropilotes como del ensayo de placas.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Situación problemática

En los últimos años los daños sufridos por las viviendas ubicadas en zonas de alto riesgo sísmico, en el Perú, son muy graves y sin dejar de mencionar la gran cantidad de pérdida de vidas humanas, que traen como consecuencia sufrimiento y dolor en las familias peruanas.

El suelo del distrito de Chorrillos es uno de los más peligrosos y vulnerables ante los sismos según los resultados del estudio realizado por el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas e investigación de Desastres y la Asociación Peruana de Empresas de Seguros, la construcción informal de viviendas sin la realización de un previo estudio de suelos deja como consecuencia el asentamiento, la presencia de fisuras e incluso el colapso de las construcciones construidas sin la intervención de profesionales capacitados.

Las cargas aplicadas por las estructuras son transmitidas a los cimientos y estos transmiten las cargas al suelo, teniendo un suelo inestable y de baja

capacidad portante como en el caso del suelo del distrito de Chorrillos se pueden dar problemas de asentamiento, la presencia de fisuras, etc.

Por este motivo, se planteó la aplicación de micropilotes previamente diseñados, con el objetivo de lograr transmitir las cargas aplicadas por las estructuras (viviendas) hacia un suelo más estable.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema principal:

¿De qué manera el diseño de micropilotes logrará soportar las cargas de las viviendas del condominio Villa Chorrillos en la avenida Hernando de Lavalle?

1.2.2 Problemas específicos:

¿De qué manera el estudio de suelos influirá en el diseño de micropilotes para soportar las cargas de las viviendas del condominio Villa Chorrillos en la avenida Hernando de Lavalle?

¿Cómo diseñar y ejecutar los micropilotes para soportar las cargas transmitidas por las viviendas del condominio Villa Chorrillos en la avenida Hernando de Lavalle?

¿Cómo demostrar la capacidad de los micropilotes para soportar las cargas transmitidas por las viviendas del Condominio Villa Chorrillos en la Avenida Hernando de Lavalle?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general:

Demostrar que las cargas de las viviendas del condominio Villa Chorrillos en la avenida Hernando de Lavalle son soportadas por los micropilotes.

1.3.2 Objetivos específicos:

Analizar los suelos para el diseño de micropilotes y soportar las cargas transmitidas por las viviendas del condominio Villa Chorrillos.

Diseñar y ejecutar los micropilotes para soportar las cargas transmitidas por las viviendas del condominio Villa Chorrillos en la avenida Hernando de Lavalle.

Demostrar la capacidad de los micropilotes para soportar las cargas transmitidas por las viviendas del condominio Villa Chorrillos en la avenida Hernando de Lavalle.

1.4 Justificación

Según el informe de Microzonificación Sísmica del distrito de Chorrillos, las intensidades sísmicas determinadas para este distrito han sido mayores en comparación con otros distritos de Lima, esto debido a las características de sitio que se encuentran en el distrito y que influyen en su respuesta sísmica.

La importancia del presente estudio se basa en la necesidad de soportar las cargas de las viviendas del condominio Villa Chorrillos y a la vez lograr la estabilización del suelo a través de micropilotes.

El condominio Villa Chorrillos se encuentra sobre un suelo cuya superficie está cubierta por material de relleno con desmorte que se fue acumulando a través del tiempo, además de contener nivel freático elevado a 1.50m de profundidad y que el suelo está compuesto por arena fina, limosa, gravosa, suelta a medianamente densa; por ello, se propone el uso de micropilotes para la solución de dicho problema.

1.5 Alcances y limitaciones

Los ensayos para el estudio de suelos se realizaron gracias a los equipos y al apoyo del personal técnico del laboratorio de suelos de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Martín de Porres y también al esfuerzo de los autores de la elaboración de la presente tesis. Los principales equipos y herramientas proporcionados por la Facultad, son los siguientes:

- Máquina para el ensayo de corte directo.
- Herramientas para el ensayo de límite líquido.
- Herramientas para el ensayo de compresión no confinada.

En cuanto a las limitaciones, se realizó la ejecución de dos micropilotes de un total de 26 que se encuentran distribuidos en cada una de las viviendas típicas del condominio. La ejecución de los dos micropilotes fue necesaria para demostrar la capacidad de carga de las 25 tn que transmitía la zapata con mayor peso en la vivienda, a través del ensayo de Carga de Placa.

Para el ensayo de Carga de Placa se contó con el apoyo de la empresa Antares Contratistas S.A.C., dedicada a la construcción de viviendas, centros comerciales y condominios residenciales.

1.6 Viabilidad del estudio

- **Viabilidad técnica:** se contó con mano de obra calificada para la realización del estudio de suelos y para el ensayo de carga de placa, así como también bibliografía pertinente para elaborar el metrado de cargas de las viviendas y el diseño de los micropilotes.
- **Viabilidad económica:** La presente tesis fue financiada íntegramente con los recursos de los autores. La Universidad de San Martín de Porres nos apoyó en los ensayos de laboratorio para el estudio de suelos. El ensayo de carga de placa fue financiado por la empresa Antares Contratistas S.A.C., dedicada a la construcción de viviendas, centros comerciales y condominios residenciales. Este aporte sin fines de lucro impulsó la correcta realización del estudio.
- **Viabilidad social:** No existen inconvenientes o impactos socio/ambientales negativos al realizar los ensayos de laboratorio correspondientes. Al comprobar la capacidad portante de los micropilotes y a la vez demostrar la importancia de su uso para el tipo de suelo del condominio, aumenta la vida útil, tranquilidad y seguridad de las familias residentes.
- **Viabilidad operativa:** Los ensayos de laboratorio se realizaron con toma de muestras ejecutables y procesos estandarizados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Los primeros micropilotes fueron instalados en Italia en los años 50 y fueron propuestos como un método para cimentar edificios y recalzar los monumentos históricos, y en los años 80 este sistema fue introducido en EEUU, y ya entonces tuvo aceptación para cimentar y realzar estructuras existentes.

El micropilote es: “mecanismo que sea capaz de transmitir esfuerzos a un nivel competente que se encuentra a una profundidad relativa” siendo una práctica que se desarrolló desde los primeros tiempos.

La hinca de troncos de madera con métodos manuales se realiza en terrenos flojos, en los cuales se pueden introducir de forma fácil para alcanzar estratos duros y poder garantizar su funcionamiento, en la antigüedad fue desarrollado por el hombre sedentario para ubicar su hábitat en lugares cercanos a los ríos.

Se han encontrado numerosos restos arqueológicos de estos sistemas constructivos en áreas pantanosas “donde presentaba la doble función de cimentaciones y de separación de la base de la vivienda de las lagunas circundantes”. En la Edad Media, se desarrollaban numerosas construcciones de este tipo en Venecia y en Holanda. (Hernández, 2002).

Chinchay (2015), ciudad Lima, Universidad Nacional de Ingeniería; presentó la tesis denominada “Ejecución de micropilotes como pantalla para excavación de túnel – aplicación al proyecto Vía Parque Rímac”, presenta una metodología de ejecución de pantalla de micropilotes para el sostenimiento de taludes en la excavación que se requiere para la construcción de un túnel de una longitud de dos kilómetros, aproximadamente, que pasara debajo del río Rímac aliviando considerablemente el flujo de tránsito de la Vía Evitamiento e integrando once distritos de Lima. En el desarrollo de su tesis, se presenta una visión general de la ejecución de los micropilotes a lo largo del tiempo, luego aborda el fundamento teórico que involucra la ejecución de micropilotes como solución geotécnica, se explica el procedimiento constructivo de los micropilotes, se mencionan los posibles problemas constructivos que se suscitan al momento de la ejecución de micropilotes y finalmente concluye con algunas recomendaciones.

Botello (2015), ciudad Madrid, Universidad Politécnica de Madrid presentó la tesis doctoral, denominada “Comportamiento de micropilotes trabajando a flexión y/o cortante en estructuras de tierra”, su objetivo principal es estudiar el comportamiento de los micropilotes que están sometidos a esfuerzos de flexión y cortante, profundizando en el estudio del empleo de micropilotes en taludes, presentando casos reales de obras ejecutadas, datos estadísticos, problemas de diseño y ejecución, métodos de cálculo simplificados y modelación teórica en cada caso.

Forero (2014), ciudad de Zipaquirá, Corporación Universitaria Minuto de Dios; presentó el trabajo final de investigación de grado, denominado “Análisis

Teórico de métodos y procesos en construcción de micropilotes inyectados para fundaciones”.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Definición de micropilote

Los micropilotes son un tipo de solución geotécnica que consiste en la ejecución de estructuras de forma cilíndrica con un diámetro menor a los 300 milímetros, perforados en el terreno, armados con tubería de acero reforzada a veces con una o varias barras corrugadas, e inyectado con lechada o mortero de cemento en una o varias fases según sea el caso.

Los micropilotes son usados cuando los suelos de fundación no tienen una suficiente resistencia mecánica para soportar las cargas que se pretenden instalar, por lo tanto, es necesario transmitir esos esfuerzos a suelos de mayor capacidad portante, a modo de evitar asentamientos y roturas o fallas en la estructura.

2.2.2 Principales aplicaciones

Según la Guía para el Proyecto y Ejecución de los micropilotes de España, (2005). Los micropilotes son usados como:

- a. Estructuras de cimentación:** pueden emplearse tanto en obra nueva como en recalces, reparaciones, etc., de estructuras preexistentes:
- b. Obras de nueva planta:** su campo de aplicación fundamental son las estructuras con espacio de trabajo reducido o acceso complicado, los terrenos difíciles de perforar por intercalación de niveles rocosos o bloques de grandes dimensiones. Los micropilotes transmiten las cargas de manera menos concentrada y más uniforme que los pilotes, pudiendo suponer una ventaja en determinadas circunstancias, como por ejemplo en zonas constituidas por roca alterada, etc.

- Obras de reparación, refuerzo, rehabilitación, mejora o recalce de **estructuras preexistentes**: incluye la remodelación de aquellas que presentan incrementos de las solicitaciones, la actuación frente a determinadas patologías geotécnicas, etc.

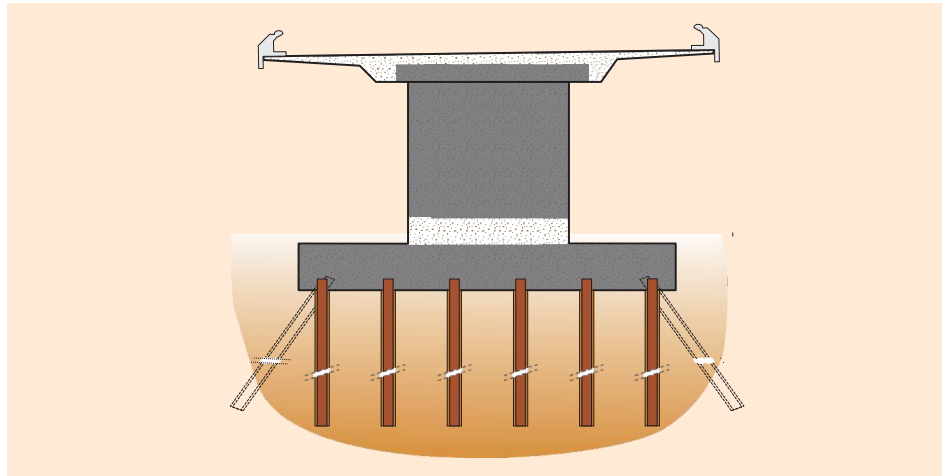


Figura 1: Ejemplo de cimentación de nueva planta con micropilotes

Fuente: Guía para el Proyecto y Ejecución de los micropilotes.

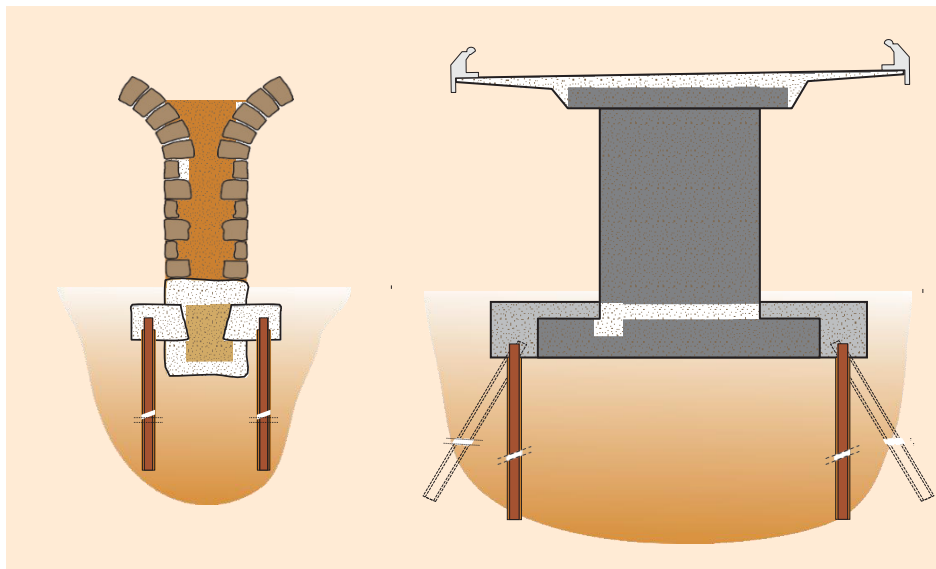


Figura 2: Ejemplo de recalce de cimentación existente

Fuente: Guía para el Proyecto y Ejecución de los micropilotes.

- c. **Estructuras de contención o sostenimiento del terreno:** normalmente se disponen formando alineaciones o grupos numerosos con varias inclinaciones, se encepzan en cabeza y se acompañan de anclajes u otras unidades de obra. Se sitúan en un mismo plano (generalmente vertical) o formando abanico.

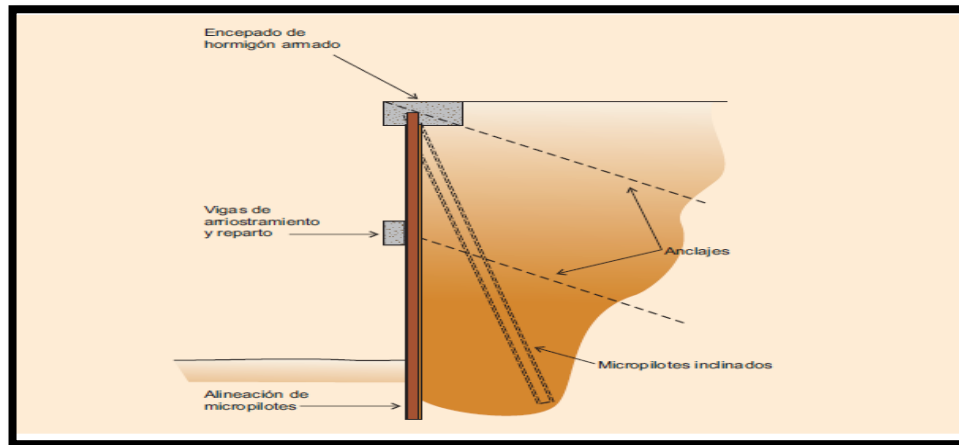


Figura 3: Como estructura de contención o sostenimiento

Fuente: Guía para el Proyecto y Ejecución de los micropilotes.

- d. **Paraguas de sostenimiento:** ejecutados como sostenimiento del terreno en la excavación de túneles, normalmente antes de la fase de avance, bien con carácter general en toda una obra, en emboquilles, zonas de especial dificultad, etc.

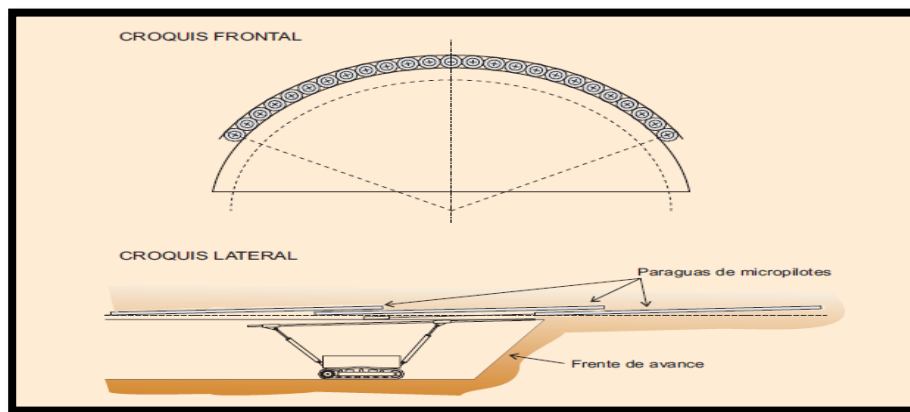


Figura 4: Como paraguas de sostenimiento

Fuente: Guía para el Proyecto y Ejecución de los micropilotes.

- e. **Mejora del terreno:** pretenden el aumento de la capacidad de soporte global de una masa de terreno y la reducción de asientos de las estructuras, cimentadas, posteriormente, sobre el mismo.

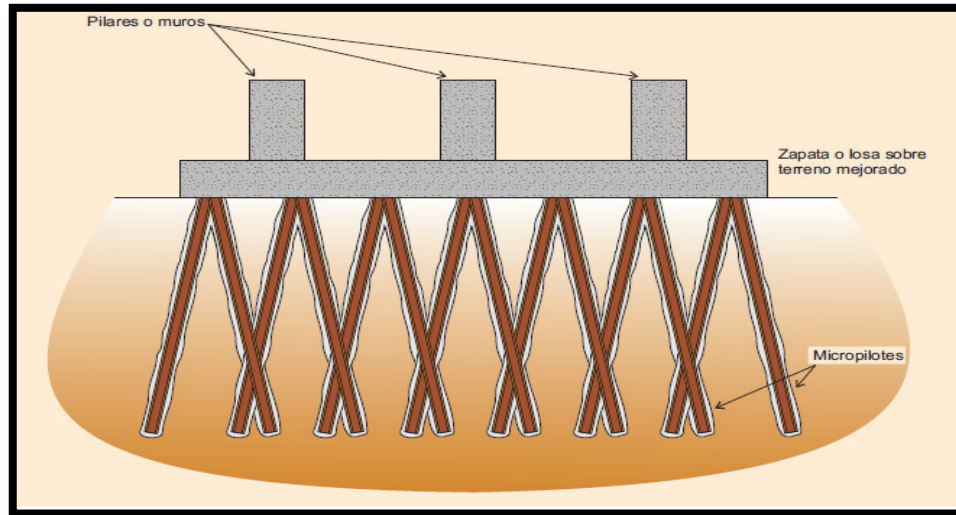


Figura 5: Como mejora del terreno

Fuente: Guía para el Proyecto y Ejecución de los micropilotes.

2.2.3 Armaduras

La armadura de los micropilotes estará constituida por un tubo de acero estructural.

Según el proceso de fabricación empleado, la armadura tubular deberá cumplir lo especificado en una de las dos normas siguientes, según el caso de que se trate:

- UNE EN 10210. Perfiles huecos para construcción, acabados en caliente, de acero no aleado de grano fino.
- UNE EN 10219. Perfiles huecos para construcción, conformados en frío, de acero no aleado y de grano fino.

A efectos de cálculo, los límites elásticos de los aceros más habituales empleados como armadura tubular son los siguientes:

Tabla 1: Límite elástico de los aceros para las armaduras tubulares, f_y

DESIGNACIÓN UNE EN 10027		LÍMITE ELÁSTICO f_y (MPa)
S	235	235
S	275	275
S	355	355
S	420	420
S	460	460

Fuente: Guía para el Proyecto y Ejecución de los micropilotes.

Tabla 2: Límite elástico de los aceros para las armaduras corrugadas de acero, f_{sk}

DESIGNACIÓN UNE EN 36068:94			LÍMITE ELÁSTICO f_{sk} (MPa)
B	400	S	400
B	500	S	500

Fuente: Guía para el Proyecto y Ejecución de los micropilotes.

2.2.4 Lechadas y morteros de cemento

Se definen las **lechadas** como mezclas de cemento, agua y aditivos en su caso. Asimismo, se denominan también lechadas, aquellas mezclas que incluyan la adición de polvo mineral o arena de tamaño inferior a dos milímetros (2 mm) en cantidad, inferior en peso, a la total de cemento de la mezcla. Las mezclas que incluyan áridos que superen las limitaciones anteriores de tamaño máximo o de peso total, serán consideradas como **morteros**.

2.2.4.1 Lechadas de cemento

La resistencia característica a compresión de la lechada a utilizar en micropilotes debe cumplir:

- A veintiocho días de edad (28 d) será superior o igual a veinticinco megapascales ($f_{ck} \geq 25 \text{ MPa}$).
- A siete días de edad (7 d) será superior o igual que el sesenta por ciento de la requerida a los veintiocho días ($f_{ck,7} \geq 0,6 f_{ck}$).

Los ensayos para determinar la resistencia de la lechada se efectuarán con probetas cilíndricas fabricadas, curadas y ensayadas a compresión.

La relación agua/cemento, en peso, deberá mantenerse aproximadamente entre cuarenta y cincuenta y cinco centésimas ($0,40 \leq a/c \leq 0,55$). En caso de que sea necesario recurrir a lechadas con relaciones agua/cemento por debajo de cuarenta centésimas ($a/c < 0,40$), normalmente deberán agregarse aditivos a las mismas para permitir que se puedan bombear de forma adecuada.

2.2.4.2 Morteros de cemento

La resistencia característica a compresión a veintiocho días (28 d) de los morteros de cemento a utilizar en micropilotes, será superior o igual a veinticinco megapascales ($f_{ck} \geq 25 \text{ MPa}$).

Los ensayos para determinar la resistencia del mortero se efectuarán con probetas cilíndricas fabricadas, curadas y ensayadas a compresión a veintiocho días de edad (28 d) según la normativa.

Respecto a su dosificación, los morteros deberán presentar un contenido mínimo de cemento de trescientos setenta y cinco kilogramos por metro cúbico (375 kg/m³).

Su relación agua/cemento, en peso, deberá ser inferior a sesenta centésimas ($a/c < 0,60$) y la distribución granulométrica del árido a emplear deberá cumplir:

$$D_{85} \leq 4\text{mm}$$

$$D_{100} \leq 8\text{mm}$$

Donde:

Dx: Tamiz por el que pasa el x% de la muestra

2.2.5 Protección contra la corrosión

Las armaduras de los micropilotes y el resto de elementos metálicos de los mismos, como por ejemplo los de unión, deberán estar protegidos frente a la corrosión durante su vida útil.

El sistema de protección se basa en la disposición de un recubrimiento mínimo de la armadura, mediante lechada o mortero de cemento y en la consideración de una reducción del espesor de acero debido a la corrosión.

Para micropilotes en ambientes agresivos, el proyecto podrá disponer protecciones adicionales, tales como:

- Uso de cemento y aceros especiales.
- Protección catódica.
- Entubación permanente en el tramo de terreno considerado como agresivo.
- Tratamiento superficial.

Recubrimiento mínimo

Se recomienda que la punta de la armadura no apoye directamente sobre el fondo y que el recubrimiento mínimo entre armadura y terreno se materialice mediante centradores.

Los valores mínimos del recubrimiento se deberán tomar de la Tabla 03, debiendo garantizarse, incluso en las secciones de empalme de las armaduras.

Tabla 3: Recubrimientos mínimos r(mm)

LECHADA		MORTERO
Compresión	20 mm	30mm
Tracción	25mm	35mm

Fuente: Guía para el Proyecto y Ejecución de los micropilotes.

Reducción de espesor

En el cálculo de la resistencia estructural de los micropilotes, deberá tenerse en cuenta la correspondiente reducción de espesor de las armaduras por corrosión, en función de la vida útil de la estructura proyectada y de las características del terreno.

Salvo justificación expresa del proyecto, la reducción de espesor de la armadura que debe considerarse, a causa de la corrosión, por el contacto del micropilote con el terreno (con o sin presencia de agua subterránea) será mayor o igual que la reflejada en la Tabla 04.

Tabla 4: Reducción de espesor de armadura re (mm)

TIPO DE TERRENO	VIDA ÚTIL REQUERIDA AL MICROPILOTE (años)				
	5	25	50	75	100
Suelos naturales sin alterar	0,00	0,30	0,60	0,90	1,20
Suelos naturales contaminados o suelos industriales	0,15	0,75	1,50	2,25	3,00
Suelos naturales agresivos (turberas, ciénagas, etc.)	0,20	1,00	1,75	2,50	3,25
Rellenos no agresivos sin compactar	0,18	0,70	1,20	1,70	2,20
Rellenos agresivos sin compactar (cenizas, escorias, etc.)	0,50	2,00	3,25	4,50	5,75

Fuente: Guía para el Proyecto y Ejecución de los micropilotes

2.2.6 Fallo estructural del micropilote

a) Resistencia estructural del micropilote a compresión

Se debe comprobar:

$$NcRd \geq NcEd$$

Donde:

$NcRd$ (T_n) : Resistencia estructural del micropilote a compresión

$NcEd$: Esfuerzo axial de cálculo (compresión), obtenido a partir de acciones mayoradas.

La resistencia estructural del micropilote sometido a esfuerzos de compresión se puede determinar en general, mediante la siguiente expresión:

Tabla 5: Cuadro de fórmulas de la resistencia a la compresión

CUADRO DE FORMULAS
$Nc, Rd = (0,85 Ac fcd + As fsd + Aa fyd) \cdot \frac{R}{1,20 Fe}$
$fcd = \frac{fck}{\gamma_c}, fsd = \frac{fsk}{\gamma_s} \leq 400MPa, fyd = \frac{fy}{\gamma_a} \leq 400MPa$
$Aa = \frac{\pi}{4} [(de - 2re)^2 - di^2] \cdot Fuc$
$R = 1,07 - 0,027 \cdot CR \leq 1$

Elaboración: las autoras

Donde:

- A_c (cm²) : Área neta de la lechada, descontando armaduras.
- f_{cd} (Kg/cm²) : Resistencia de cálculo de la lechada a compresión.
- f_{ck} (Kg/cm²) : Resistencia de la lechada a compresión simple a 28 días de edad.
- γ_c : Coeficiente parcial de seguridad para la lechada, su valor es de ($\gamma_c = 1,50$)
- A_s (cm²) : Área total de las barras corrugadas de acero.
- f_{sd} (Kg/cm²) : Resistencia de cálculo del acero de las armaduras corrugadas.
- f_{sk} (Kg/cm²) : Límite elástico del acero de las armaduras corrugadas
- γ_s : Coeficiente parcial de seguridad para el acero de las armaduras corrugadas.
- f_{yd} (Kg/cm²) : Resistencia de cálculo del acero de la armadura tubular.
- f_y (Kg/cm²) : Límite elástico del acero de la armadura, Tabla 01.
- γ_a : Coeficiente parcial de seguridad para el acero de la armadura tubular ($\gamma_a = 1,10$).

- A_a (cm²) : Área de cálculo de la armadura tubular de acero.
- d_e : Diámetro exterior nominal de la armadura tubular.
- r_e : Reducción de espesor de la armadura por efecto de la corrosión, Tabla 04.
- d_i : Diámetro interior nominal de la armadura tubular.
- $F_{u,c}$: Coeficiente de minoración del área de la armadura tubular en función del tipo de unión (compresión), Tabla 05.
- F_e : Coeficiente de influencia del tipo de ejecución que tiene en cuenta la naturaleza del terreno y sistema de perforación empleado, Tabla 06.
- R : Factor empírico de pandeo o coeficiente de reducción de la capacidad estructural del micropilote por efecto del pandeo.
- C_R : Coeficiente adimensional cuyo valor se toma de la Tabla 07.

Tabla 6: Coeficiente $F_{u,c}$

TIPO DE UNIÓN	$F_{u,c}$
Mediante manguitos exteriores doblemente roscados, sin disminución de sección	1,0
De rosca machihembrada con sección ensanchada	
De rosca machihembrada, sin sección ensanchada y con contacto a tope en ambos extremos	
Otras uniones diseñadas específicamente para no sufrir pérdidas de resistencia	
Resto de casos	0,5

Fuente: Guía para el Proyecto y Ejecución de los micropilotes

Tabla 7: Coeficiente F_e

TIPO DE TERRENO Y DE PERFORACIÓN	F_e
Terreno con nivel freático por encima de la punta del micropilote y perforación sin revestir, sin empleo de lodos	1,50
Terreno con nivel freático permanentemente bajo la punta del micropilote y perforación sin revestir, sin empleo de lodos	1,30
Cualquier tipo de terreno perforado con lodos	1,15
Cualquier tipo de terreno perforado al amparo de revestimiento recuperable	1,05
Micropilote con tubería de revestimiento dejada «in situ» de forma permanente (camisa perdida)	1,00

Fuente: Guía para el Proyecto y Ejecución de los micropilotes

Tabla 8: Coeficiente C_R

TIPO DE COACCIÓN LATERAL	C_R
Fangos y turbas con $15 \text{ kPa} \leq s_u \text{ (kPa)} \leq 25$	18 - 12
Arcillas y limos blandos con $15 \text{ kPa} \leq s_u \text{ (kPa)} \leq 25$	12 - 8
Suelos no cohesivos de compacidad ²¹ media ($0,35 < I_D < 0,65$) que cumplan alguno de los siguientes requisitos: <ul style="list-style-type: none"> – Encontrarse permanentemente por encima del nivel freático – Presentar un coeficiente de uniformidad mayor o igual que dos ($D_{60}/D_{10} \geq 2$) 	8 - 7
Suelos cohesivos de consistencia media ($25 \text{ kPa} \leq s_u \text{ (kPa)} \leq 50$)	
<i>Libre</i> (sin terreno o rodeado de terreno <i>inestable</i> ²²)	H/DR

Fuente: Guía para el Proyecto y Ejecución de los micropilotes

b) Resistencia estructural del micropilote a tracción

Para el caso de fallo estructural a tracción la formulación empleada es la siguiente.

$$N_{t,Rd} = (A_s f_{sd} + A_a f_{yd}) \cdot \frac{1}{1.10}$$

Donde:

$N_{t,Rd}$ (Tn) : Resistencia estructural del micropilote sometido a tracción.

A_s (cm²) : Área total de las barras corrugadas de acero.

A_a (cm²) : Área de cálculo de la armadura tubular de acero.

$$f_{sd} = \frac{f_{sk}}{\gamma_s}$$

f_{sd} (Kg/cm²) : Resistencia de cálculo del acero de las armaduras corrugadas.

f_{sk} (Kg/cm²) : Límite elástico del acero de las armaduras corrugadas

γ_s : Coeficiente parcial de seguridad para el acero de las armaduras corrugadas.

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_a}$$

f_{yd} (Kg/cm²) : Resistencia de cálculo del acero de la armadura tubular.

f_y (Kg/cm²) : Límite elástico del acero de la armadura, Tabla 01.

γ_a : Coeficiente parcial de seguridad para el acero de la armadura tubular ($\gamma_a = 1,10$).

A_a (cm²) : Área de cálculo de la armadura tubular de acero.

$$A_a = \frac{\pi}{4} [(d_e - 2r_e)^2 - d_i^2] \cdot F_{ut}$$

d_e : Diámetro exterior nominal de la armadura tubular.

r_e : Reducción de espesor de la armadura por efecto de la corrosión, Tabla 04.

- d_i : Diámetro interior nominal de la armadura tubular.
- $F_{u,t}$: Coeficiente de minoración del área de la armadura tubular en función del tipo de unión (tracción), Tabla 06.

Tabla 9: Coeficiente $F_{u,c}$

TIPO DE UNIÓN	$F_{u,t}$
Mediante manguitos exteriores doblemente roscados, sin disminución de sección	1,0
De rosca machihembrada con sección ensanchada	
Otras uniones diseñadas específicamente para no sufrir pérdidas de resistencia	
Resto de casos	0,5

Fuente: Guía para el Proyecto y Ejecución de los micropilotes

c) Resistencia estructural del micropilote a cortante

Para el caso de fallo estructural a cortante la formulación empleada es la siguiente.

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{2A_{pr}}{\pi} \cdot \frac{1}{3^{\frac{1}{2}}} \cdot \frac{f_y}{\gamma_a}$$

$$A_{pr} = \frac{\pi \cdot ((de - 2re)^2 - (di)^2)}{4}$$

Donde:

- $V_{c,Rd}$ (Tn) : Resistencia de cálculo de la sección a esfuerzo cortante
- $V_{pl,Rd}$ (Tn) : Valor de cálculo de la resistencia plástica de la sección a esfuerzo cortante
- A_{pr} (cm²) : Sección reducida de la armadura tubular de acero, calculada teniendo en cuenta la reducción de espesor por corrosión.

2.2.7 Fallo de capacidad de soporte del terreno

a. Resistencia frente al modo de fallo por hundimiento

Para poder considerar la resistencia por punta es preciso que se verifique, simultáneamente, en la zona de influencia de la misma.

En terrenos **granulares**, el índice N del ensayo SPT según UNE 103800 sea superior a treinta ($N > 30$), es decir, compacidad densa a muy densa.

En terrenos **cohesivos**, la resistencia a compresión simple del terreno, según UNE 103400, o mediante correlación con otros ensayos, sea superior a cien kilo pascuales ($q_u > 100\text{kPa}$), es decir, consistencia firme, muy firme o dura.

De acuerdo con lo inmediatamente expuesto, la resistencia de cálculo frente al modo de fallo de hundimiento $R_{c,d}$, en micropilotes sometidos a esfuerzos de compresión habrá de determinarse de alguna de las dos maneras que se indican a continuación, según pueda o no considerarse la contribución de la punta:

Observación: Cuando no pueda considerarse la resistencia por punta habrá de tenerse en cuenta únicamente la resistencia por fuste de cálculo del micropilote R_{fcd} .

La formulación para el cálculo por fallo al hundimiento cuando no se considera la resistencia por punta y para un solo estrato es la siguiente:

$$R_{c,d} = R_{fcd} = A_l * r_{fcd} = L * 2 * \pi * \frac{\phi_{\text{perf}}}{2} * \frac{r_{\text{flim}}}{2}$$

Donde:

$R_{c,d}$ (Tn) : Resistencia de cálculo frente al modo de fallo de hundimiento.

R_{fcd} (Tn) : Resistencia de cálculo por fuste frente a esfuerzos a compresión, se calcula a partir de estimaciones del rozamiento unitario por fuste.

- A_L (m²) : Área lateral del micropilote.
- $r_{fc,d}$ (Tn/m²) : Rozamiento unitario por fuste de cálculo frente a esfuerzos de compresión.
- L (m) : Longitud del estrato evaluado.
- Φ_{perf} (m) : Diámetro de perforación.
- $r_{f,lim}$ (Tn/m²) : Rozamiento unitario límite por fuste.

La figura 6 relaciona el rozamiento unitario límite por fuste $r_{f,lim}$, con una serie de parámetros geotécnicos representativos como el índice N del ensayo SPT en terrenos granulares, la resistencia a compresión simple en los terrenos cohesivos q_u , o la presión límite del terreno en el ensayo presiométrico P_{lim} . Aunque en abscisas se usa una escala doble, ha de entenderse como una facilidad adicional para la obtención del rozamiento unitario límite por fuste $r_{f,lim}$, pero nunca como correlación entre las variables indicadas en dichos ejes paralelos.

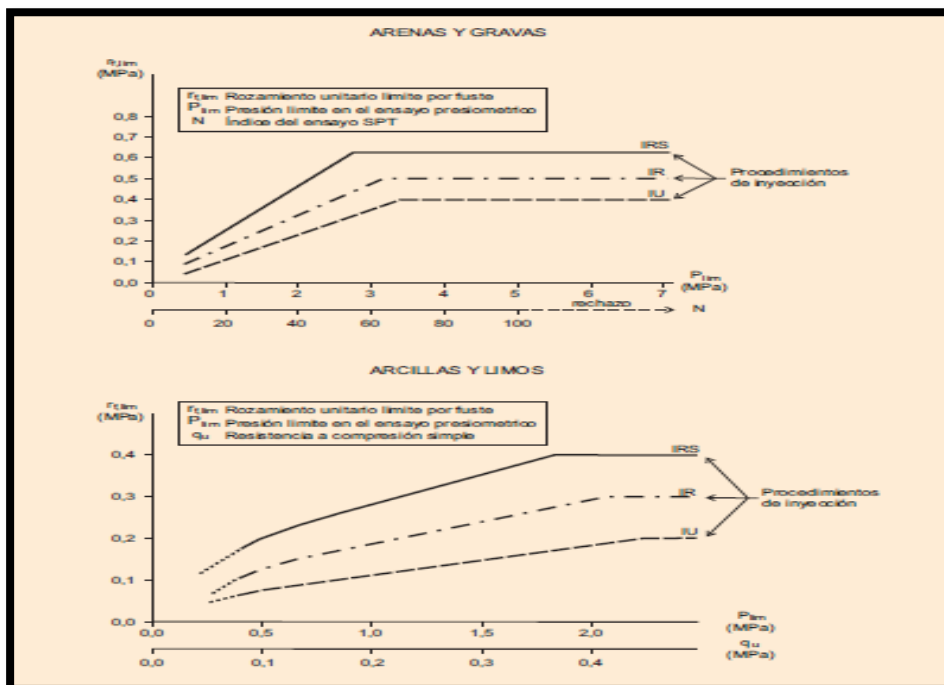


Figura 6: Rozamiento unitario Límite por Fuste

Fuente: Guía para el Proyecto y Ejecución de los micropilote

b. Resistencia frente al modo de fallo por arrancamiento

Para el caso del cálculo frente al modo de fallo por arrancamiento, la formulación empleada es la siguiente.

$$R_{td} = R_{ftd} + \frac{W_e}{F_{we}} = AL \cdot r_{ftd} + \frac{W_e}{F_{we}}$$

Donde:

$R_{t,d}$ (Tn) : Resistencia de cálculo frente al modo de fallo por arrancamiento.

$R_{ft,d}$ (Tn) : Resistencia de cálculo por fuste frente a esfuerzos de tracción.

$r_{ft,d}$ (Tn/m²) : Rozamiento unitario de cálculo por fuste frente a esfuerzos de tracción igual al 60 % de $r_{fc,d}$.

W_e (Tn) : Componente del peso propio del micropilote en la dirección de su eje.

F_{we} (Tn) : Coeficiente de minoración, deberá adoptarse un valor de ($F_{we} = 1.2$).

AL : Área lateral del micropilote.

2.2.9 Ejecución de micropilotes

a. Operaciones básicas

La ejecución de un micropilote comprende normalmente la realización de las siguientes operaciones básicas, que se esquematizan en la figura 6 en forma de fases sucesivas:

- Perforación del taladro del micropilote (fases 1, 2 y 3).
- Colocación de la armadura (fase 4).
- Inyección del micropilote (fase 5).
- Conexión con la estructura (fase 6) o con el resto de los micropilotes, mediante un encepado.

Para poder realizar estas operaciones se deberá disponer una plataforma de trabajo que cuente con la superficie necesaria para ubicar tanto el material como los equipos. El gálibo debe ser adecuado a dichas necesidades.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la normativa vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

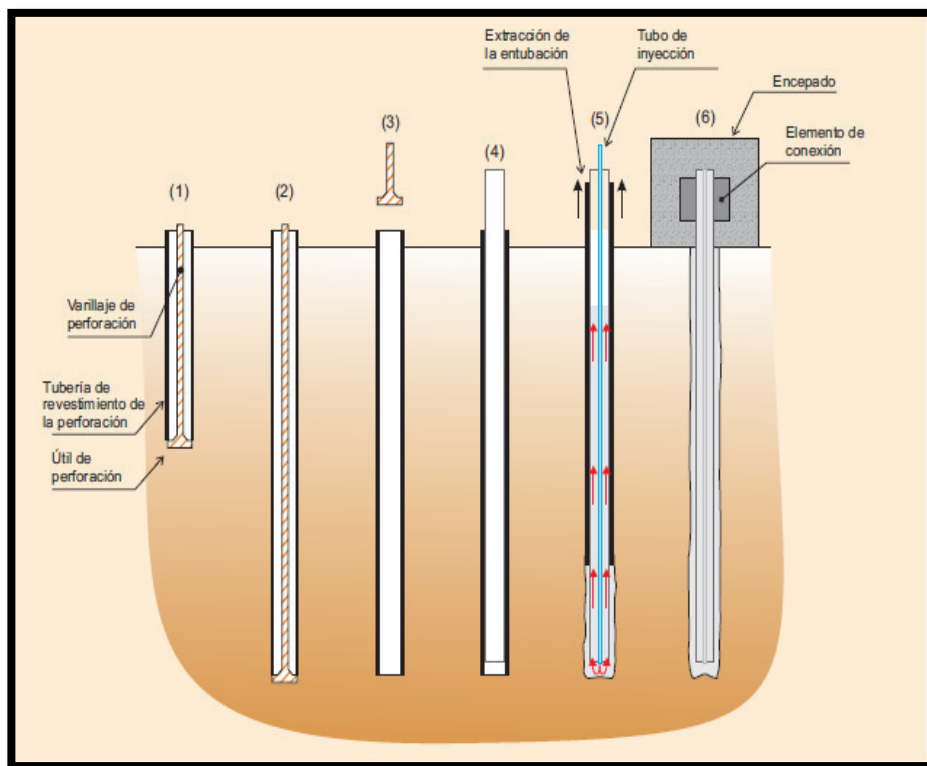


Figura 7: Secuencia típica en la construcción de un micropilote

Fuente: Guía para el Proyecto y Ejecución de los micropilotes.

b. Perforación del taladro del micropilote

Las perforaciones se efectuaron respetando las posiciones, diámetros, longitudes e inclinaciones, indicadas en los planos del proyecto.

El diámetro del taladro debe garantizar el recubrimiento mínimo de la armadura tubular a lo largo de todo el micropilote.

Los diámetros más habituales de perforación D_p , con revestimiento provisional, en relación con el diámetro de la tubería de revestimiento D , y con los exteriores de armaduras tubulares d_e , que resultan más habituales en la práctica, son:

Tabla 10: diámetros más habituales de perforación D_p , micropilote D y armadura tubular d_e

D_p	D	D_e
120	114,3	60,3 - 73,0
140	133,0	60,3 - 73,0 - 88,9
160	152,4	73,0 - 88,9 - 101,6
185	177,8	88,9 - 101,6 - 114,3 - 127,0
200	193,7	101,6 - 114,3 - 127,0 - 139,0
225	219,1	114,3 - 127,0 - 139,0 - 168,3

Fuente: Guía para el Proyecto y Ejecución de los micropilotes.

c. Máquina de perforación

Para la perforación se utilizarán máquinas de rotación o roto-percusión, de dimensiones adecuadas al gálibo disponible en cada tajo.

Las partes principales de los equipos de perforación más habituales son:



Figura 8: Equipo de perforación de micropilotes

Fuente: Guía para el Proyecto y Ejecución de los micropilotes.

d. Sistemas de perforación

Según la consistencia del terreno y su posible riesgo de colapso frente al agua, se determinará si la perforación se debe efectuar al amparo de entubación metálica, recuperable o no, o simplemente de los fluidos más adecuados en cada circunstancia. Si los trabajos forman parte de obras de recalce, o en el caso de suelos susceptibles al agua, resulta fundamental el empleo de aire en lugar de agua.

En el caso de terrenos blandos, colapsables, etc., será necesario el empleo de entubaciones provisionales. Normalmente se usa la entubación perdida en zonas de huecos o cavernas.

Los sistemas de perforación a utilizar serán:

Perforación a **rotación**: consiste en provocar la rotura del terreno, o los materiales a perforar (en el caso de cimentaciones preexistentes), por la fricción generada en la rotación del útil de perforación.

Perforación a **rotopercusión**: consiste en provocar la trituración de los materiales a perforar, por fricción y percusión de manera conjunta. Se emplean para ello, martillos de fondo o en cabeza.

e. Colocación de la armadura

La colocación de la armadura se efectúa sin alterar la posición de ninguno de sus elementos (centradores, manguitos, etc.).

Se emplea el número de centradores necesario para garantizar la correcta colocación de la armadura y asegurar el recubrimiento mínimo frente a la corrosión, disponiéndose de modo tal, que no impidan el correcto proceso de inyección del micropilote y sean solidarios a la armadura tubular. Salvo justificación expresa en otro sentido, se colocan al menos cada tres metros (3 m) de longitud de la armadura. En cualquier caso, e independientemente de la longitud del micropilote, el número mínimo de secciones transversales en que se instalen centradores será de dos (2).

En caso de utilizarse, además de la armadura tubular, barras de acero corrugadas, será necesario disponer elementos que las centren o mantengan en la posición adecuada.

Se recomienda que la armadura tubular quede a una distancia mínima de diez centímetros (10 cm) del fondo del taladro.

f. Inyección del micropilote

La inyección del micropilote, con lechada o mortero de cemento, tiene los siguientes objetivos fundamentales:

- Constituir el fuste y la punta del micropilote propiamente dichos, materializando tanto el contacto con las paredes de la perforación como el relleno interior de la armadura tubular.
- Proteger a la armadura de la corrosión.

El tiempo transcurrido entre la perforación, instalación de la armadura e inyección habrá de ser el menor posible, debiéndose establecer de forma expresa en el proyecto y en todo caso, en el protocolo de ejecución, según las características del terreno y de las obras a realizar. Se recomienda que en ningún caso este tiempo sea superior a veinticuatro horas (24 h).

g. Tipos de inyección

Inyección única global (IU):

Efectuada en una sola fase, rellena el hueco comprendido entre el taladro de la perforación y la armadura tubular, así como el interior de esta.

La inyección se debe realizar desde la punta a la cabeza del micropilote, pudiéndose efectuar de alguna de las siguientes maneras:

- Mediante inyección a través de un tubo, generalmente de plástico, colocado en el fondo del taladro, produciéndose el ascenso de la lechada tanto por el exterior como por el interior de la armadura tubular. En este caso, y debido al pequeño diámetro de los tubos de plástico empleados, sólo se puede inyectar lechada.
- Inyectando directamente la lechada o mortero por el interior de la armadura tubular para que rellene tanto el hueco entre esta y el terreno (ascendiendo por la corona exterior), como el interior de la armadura tubular.
- En la siguiente figura se observa el proceso de inyección única global, con la ayuda de un tubo de plástico se observa que se aplica la lechada de cemento.

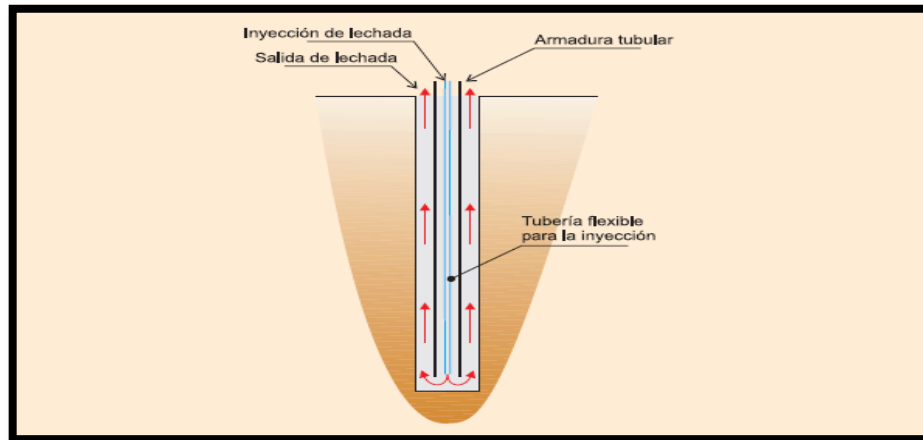


Figura 09: Inyección Única Global

Fuente: Guía para el Proyecto y Ejecución de los micropilotes.

Inyección repetitiva (IR):

En estos micropilotes, el relleno e inyección se realiza en dos fases:

- En primer lugar, y una vez introducida la armadura, se realiza un relleno del taladro con lechada en la forma ya descrita para los micropilotes del tipo IU.
- Posteriormente, se realiza la reinyección.

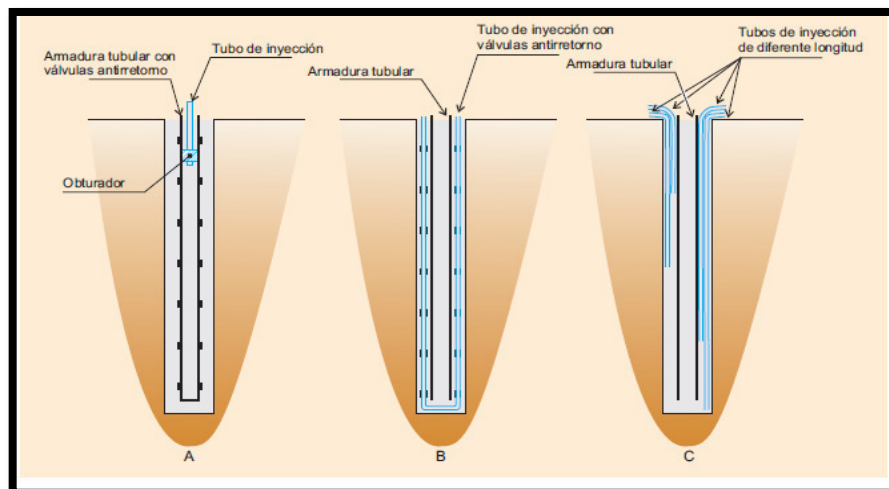


Figura 10: Inyección Repetitiva

Fuente: Guía para el Proyecto y Ejecución de los micropilotes.

Inyección repetitiva selectiva (IRS):

Realizada mediante inyección a presión de la perforación, desde el interior de la armadura tubular, con doble obturador, a través de manguitos instalados en dicha armadura.

Se puede inyectar más de dos veces a través de aquellos manguitos que se desee en función, normalmente, de la admisión de lechada obtenida.

2.2.10 Estudios preliminares

2.2.10.1 Estudio de suelos

Un estudio de suelos permite dar a conocer las características físicas y mecánicas del suelo, dando así datos y herramientas al ingeniero civil para conocer el comportamiento del mismo.

Propiedades importantes como la capacidad portante de los suelos, permeabilidad, los asentamientos, la presión de poros, resistencia a la compresión, ángulo de fricción y cohesión, son determinadas gracias a los estudios en laboratorio e In-situ a muestras tomadas y cuyos valores se convierten en el insumo de diseños ingenieriles que garantizan seguridad, durabilidad y estabilidad.

Con toda la información obtenida se puede estudiar qué tipo de estructura o sobretodo que tipo de cimentación se necesitará para asegurar la estabilidad de las estructuras.

Los ensayos de suelo realizados en el laboratorio fueron:

Ensayo de Límite Líquido

Ensayo de Análisis Granulométrico

Ensayo de Corte Directo

2.2.10.2 Metrado de Cargas de las viviendas

Según San Bartolomé Ramos, A. (1998) El metrado de cargas es una técnica con la cual se estiman las cargas actuantes sobre los distintos elementos estructurales que componen al edificio. Este proceso es aproximado ya que por lo general se desprecian los efectos hiperestáticos producidos por los momentos flectores, salvo que estos sean muy importantes.

Cargas estáticas: Son aquellas que se aplican lentamente sobre la estructura, lo cual hace que se originen esfuerzos y deformaciones que alcanzan sus valores máximos en conjunto con la carga máxima. Prácticamente, estas solicitaciones no producen vibraciones en la estructura, ya su vez clasifican en:

- a. **Cargas permanentes o muertas.** Son cargas gravitacionales que actúan durante la vida útil de la estructura, como, por ejemplo, el peso propio de la estructura y el peso de los elementos añadidos a la estructura (acabados, tabiques, maquinarias para ascensores y cualquier otro dispositivo de servicio que quede fijo en la estructura).
- b. **Carga viva o sobrecarga.** Son cargas gravitacionales de carácter movable, que podrían actuar en forma esporádica sobre los ambientes del edificio. Entre estas solicitaciones se tiene al peso de los ocupantes, muebles, nieve, agua, equipos removibles, puente grúa, etc. Las magnitudes de estas cargas dependen del uso al cual se destinen los ambientes.

Cargas dinámicas: Son aquellas cuya magnitud, dirección y sentido varían rápidamente con el tiempo, por lo que los esfuerzos y desplazamientos que originan sobre la estructura, también cambian con el tiempo; cabe indicar que el instante en que ocurre la máxima respuesta estructural, no necesariamente coincide con el de la máxima solicitación. Estas cargas clasifican en:

- a. **Vibraciones causadas por maquinarias.** Cuando las máquinas vibratorias no han sido aisladas de la estructura principal, sus vibraciones pueden afectar tanto a la estructura que las soporta como a las estructuras vecinas.
 - b. **Viento.** El viento es un fluido en movimiento; sin embargo, para simplificar el diseño, se supone que actúa como una carga estática sobre las estructuras convencionales, pero para estructuras muy flexibles (puentes colgantes, chimeneas, etc.) es necesario verificar que su período natural de vibrar no coincida con el de las ráfagas de viento, de lo contrario, podría ocurrir la resonancia de la estructura.
 - c. **Sismos.** Las ondas sísmicas generan aceleraciones en las masas de la estructura y por lo tanto, fuerzas de inercia que varían a lo largo del tiempo; sin embargo, las estructuras convencionales pueden ser analizadas empleando cargas estáticas equivalentes a las producidas por el sismo.
 - d. **Cargas impulsivas.** Son aquellas que tienen corta duración (dt), por ejemplo: las explosiones. Después que esta sollicitación culmina, se produce el movimiento en vibración libre de la estructura.
- **Norma de cargas E-020:**

En la Norma Peruana de Cargas E-020 se especifican las cargas estáticas mínimas que se deben adoptar para el diseño estructural; asimismo, se proporciona las cargas estáticas equivalentes producidas por el viento, mientras que más bien las cargas sísmicas se especifican en las Normas de Diseño Sismo-resistente (E-030). Esas cargas se denominan "cargas de servicio" porque son las que realmente actúan en el edificio, sin producirle fallas o fisuras visibles, a diferencia de las "cargas últimas" que son cargas ficticias obtenidas al amplificar por ciertos factores a las "cargas de servicio", con el objeto de diseñar en condición de "rotura" a los distintos elementos estructurales.

Cabe también mencionar que en nuestro país las cargas sísmicas predominan sobre las causadas por el viento, salvo que la estructura sea muy liviana (por ejemplo, con techo metálico y cobertura con planchas de asbesto-cemento, calaminas, etc.), o que el edificio esté ubicado en una zona de baja sismicidad, pero con fuertes vientos (por ejemplo, en la selva); por lo que siendo el objetivo de este libro analizar los casos convencionales, no se tratará los efectos causados por el viento.

2.3 Definición de términos básicos

Según la Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes (Ministerio de Fomento- España), se definen los siguientes términos:

ARMADURA TUBULAR. Tubo de acero estructural, longitudinal al micropilote, que comprende la práctica totalidad de su longitud, y contribuye a su capacidad estructural.

ASIENTO MÁXIMO. Asiento correspondiente a la carga máxima (de prueba) en una prueba de carga.

ASIENTO NOMINAL. Asiento medido durante una prueba de carga, al aplicar la carga nominal.

CABEZA. Parte del micropilote que sirve como vínculo con el elemento estructural a cimentar, encepado o viga de atado. Salvo aplicaciones horizontales o en contrapendiente constituye la zona a mayor cota del micropilote.

CARGA DE PRUEBA. Carga máxima a la que se somete a un micropilote durante una prueba de carga. Ha de ser igual o inferior a la de hundimiento y normalmente, al menos un cincuenta por ciento (50%) superior a la nominal.

CARGA DE TRABAJO. Carga realmente actuante sobre los micropilotes, debida a las acciones externas aplicadas.

CARGA NOMINAL. Solicitación obtenida en el proyecto de la estructura, máxima a que se prevé que sea sometido el micropilote durante su vida útil.

CENTRADOR. Elemento solidario a la armadura que sirve para garantizar su posición y recubrimiento.

CONECTADOR. Elemento que, fijado a la armadura tubular del micropilote en la zona de conexión de ésta con la cimentación, sirve para aumentar la capacidad de transmisión de esfuerzos entre ambos.

DIÁMETRO NOMINAL. Diámetro del micropilote considerado a efectos de cálculo, que será menor o igual que el de perforación.

DIÁMETRO DE PERFORACIÓN. Diámetro realmente obtenido por el útil de perforación empleado.

ENCEPADO. Elemento de hormigón armado dimensionado para transmitir los esfuerzos de la estructura a los micropilotes, en el que se unen las cabezas de los mismos, procurando su trabajo conjunto. En determinados casos de recalce, el cimiento preexistente puede constituir en sí mismo el encepado.

FUSTE. Superficie lateral del micropilote que permanece enterrada. Salvo indicación expresa en otro sentido y a los efectos del cálculo resistente, su área se obtendrá considerando el diámetro nominal y la longitud enterrada, excepto en las zonas con huecos.

INYECCIÓN. Proceso, en la ejecución de un micropilote, que permite rellenar la zona existente entre el terreno y la armadura, así como el interior de ésta y los posibles huecos existentes en el terreno. Para realizar la inyección se emplean lechadas o morteros de cemento.

LATIGUILLO. Tubería flexible que tiene un extremo conectado a la bomba de inyección y el otro en el interior del micropilote. En el caso de inyecciones tipo IU, este extremo se encuentra abierto; en las repetitivas está cerrado por un tapón y el tramo introducido en el micropilote se

encuentra perforado y aislado por uno o dos obturadores, según se trate de inyecciones IR ó IRS, respectivamente.

OBTURADOR. Dispositivo hidráulico o neumático, que permite aislar una zona específica de la armadura tubular, con el objetivo de inyectar una determinada zona del terreno.

PERFORACIÓN. Taladro ejecutado en el terreno hasta la profundidad definida en el proyecto, para alojar el micropilote en su interior.

PRUEBA DE CARGA. Ensayo «in situ» efectuado sobre un micropilote (o grupo de micropilotes) en el que se miden sus movimientos al someterlo, según un procedimiento definido previamente, a la denominada carga de prueba de compresión, tracción o lateral.

PUNTA. Extremo opuesto a la cabeza del micropilote. Salvo aplicaciones horizontales o en contrapendiente constituye la zona a menor cota del mismo.

REINYECCIÓN. Segunda o posteriores inyecciones en los micropilotes tipos IR ó IRS.

SECCIÓN TRANSVERSAL. Sección recta perpendicular al eje del micropilote. A efectos de cálculo se considera circular y de diámetro igual al nominal.

TUBO-MANGUITO. Elemento cilíndrico dotado de válvulas antirretorno regularmente espaciadas, que permiten la realización de inyecciones repetitivas utilizando un dispositivo de obturación.

VÁLVULA ANTIRRETORNO. Dispositivo que permite el flujo de la inyección en un sólo sentido.

2.4 Formulación de la hipótesis

2.4.1. Hipótesis principal

El diseño de micropilotes logra soportar las cargas de las viviendas del Condominio Villa Chorrillos en la Avenida Hernando de Lavalle.

2.4.2. Hipótesis específicas

-El estudio de suelos influye directamente en el soporte de las cargas de las viviendas del condominio Villa Chorrillos en la avenida Hernando de Lavalle.

-Los micropilotes logran soportar las cargas transmitidas por las viviendas del condominio Villa Chorrillos en la avenida Hernando de Lavalle.

-Los micropilotes resisten las cargas transmitidas por las viviendas del condominio Villa Chorrillos en la avenida Hernando de Lavalle.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación es descriptiva, ya que implica observar y describir los hechos tal como son observados. En la presente tesis, se analizaron los resultados obtenidos mediante planos y gráficos.

Asimismo, es aplicativo, porque tiene como objetivo dar solución a situaciones o problemas concretos e identificables.

3.2 Nivel de investigación

El nivel de investigación se refiere al grado de profundidad con el que se aborda un fenómeno o un evento de estudio. Esta investigación fue de nivel explicativo ya que se analizaron, obtuvieron y calcularon los datos para diagnosticar y obtener resultados, narrando a detalle los pasos a seguir para aplicar el método del proyecto.

3.3 Diseño de investigación

El diseño de investigación es experimental porque permite identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro de un estudio, además se llega al objetivo principal.

3.4 Variables

En la tesis se ha identificado el objeto de estudio, la variable dependiente y la variable independiente.

- Objeto de estudio: Diseño de micropilotes para soportar las cargas de las viviendas del Condominio Villa Chorrillos.

Tabla 11: Operacionalización de la variable independiente

	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDICION
VARIABLE INDEPENDIENTE: CARGAS DE LAS VIVENDAS	CARGA VIVA	Peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques y otros elementos.	Nominal
	CARGA MUERTA	Peso de los ocupantes, materiales, equipos, muebles y elementos móviles.	Nominal

Elaboración: las autoras

La variable dependiente es el diseño de los micropilotes donde se considera el estudio de suelos, el diseño estructural, el diseño por capacidad portante y el ensayo de carga de placa; con este último se demostró que el micropilote resiste las cargas de las viviendas del condominio Villa Chorrillos. A continuación, para la variable dependiente nos basaremos en sus dimensiones, indicadores e instrumento de medición.

Tabla 12: Operacionalización de la variable dependiente

	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDICION
VARIABLE DEPENDIENTE: DISEÑO DE MICROPILOTES	ESTUDIO DE SUELOS	Granulometría, corte directo, límite líquido, ensayo de penetración estándar, compresión no confinada	Nominal
	DISEÑO ESTRUCTURAL	Fallo por Compresión, fallo por tracción, fallo por hundimiento y fallo por arrancamiento	Nominal
	ENSAYO DE CARGA DE PLACA	Carga máxima de resistencia	Nominal

Elaboración: las autoras

3.5 Población y muestra

La población o universo tomado para la investigación de la tesis fueron los micropilotes que están soportando las cargas actuantes de la vivienda típica, la cual consta de 13 zapatas y, a la vez, cada zapata contiene dos micropilotes. La muestra fueron dos micropilotes que se encuentran en la zapata típica (donde se realizara el ensayo de carga de placa).

3.6 Técnicas de investigación

Para realizar el contraste de la hipótesis se siguió la siguiente secuencia lógica:

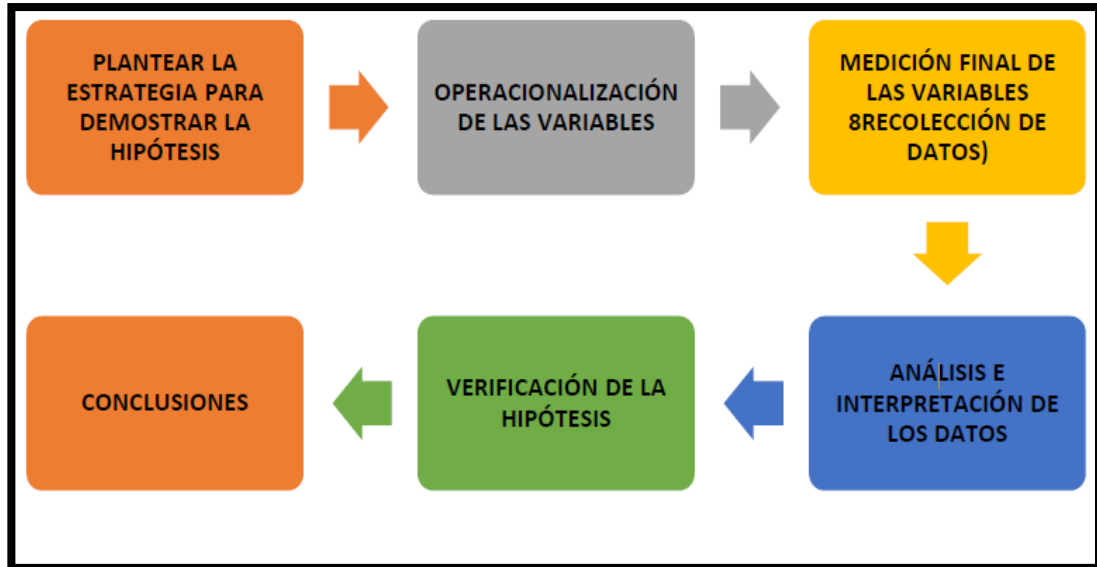


Figura11: Secuencia de desarrollo de actividades

Elaboración: las autoras

1. Para el planteamiento de la estrategia, se deben realizar ensayos de laboratorio para el estudio de suelos y ensayos de placa para demostrar la cantidad de carga que resisten los micropilotes
2. En este paso, se definen las variables implicadas y se aplica la experimentación:
 - V. Independiente -> Cargas de las viviendas.
 - V. Dependiente -> Diseño de micropilotes.
3. Se realizaron tres ensayos de placa para verificar la resistencia de los micropilotes, de las cuales dos ensayos fueron verticales y un ensayo horizontal.
4. De acuerdo con el desarrollo de la investigación, se procedió a diseñar los micropilotes a partir de los ensayos de laboratorio realizados para el estudio de suelos. Se empleó para el diseño estructural los fallos de compresión, tracción, hundimiento y arrancamiento.
5. Se realiza el contraste de la hipótesis de acuerdo con los resultados obtenidos.

6. Se determinan las conclusiones de acuerdo con la interpretación de los resultados obtenidos.

3.7 Materiales y equipos

Los principales equipos a utilizar en la ejecución de micropilotes y en el ensayo de placa.

- Amortiguador
- Tuberías de Perforación
- Martillo
- Adaptador de broca
- Broca
- Zapatas o coronas
- Máquina de perforación KLEM-805
- Gata Hidráulica de 100 Tn de capacidad.
- Celda de Carga digital de 100 Tn de capacidad
- Placa metálica circular de 0.30m de diámetrox1.5 pulg
- Acoplamientos de instalación
- Medidores de desplazamiento
- Cronometro
- Unidad colectora de datos

3.8 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos, se utilizó la técnica de observación experimental, ya que los datos para el estudio de suelo se obtuvieron de la ejecución de ensayos estandarizados de laboratorio debidamente controlados, así como el ensayo de placa en micropilotes.

3.9 Procesamiento y análisis estadístico de los datos

El procesamiento de los datos de los ensayos se realizó en hojas de cálculo en el programa Microsoft Excel cuyos formatos contenían las fórmulas necesarias de cada ensayo.

El análisis de los resultados se presentó a través de gráficos, también con la ayuda de Microsoft Excel, donde se registraron los datos de los ensayos realizados.

3.10 Cronograma de actividades

Tabla 13 : Cronograma para la elaboración de la tesis.

ACTIVIDAD	AGOSTO				SETIEMBRE					OCTUBRE				NOVIEMBRE			
	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12	SEMANA 13	SEMANA 14	SEMANA 15	SEMANA 16	SEMANA 17
Recopilación de información	x	x	x	x	x	x	x	x									
Consultas y asesoría			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					
Redacción			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					
Presentación de avances			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					
Estudio de Suelo				x	x	x	x										
Diseño de Cargas de las viviendas típicas					x	x	x	x									
Diseño Estructural del micropilote							x	x	x	x							
Diseño por capacidad Portante del micropilote								x	x	x	x						
Ejecución del micropilote									x	x	x						
Ensayo de Carga de Placa											x	x	x				
Presentación y primer sustento de tesis													x				
Revisión y Corrección de Observaciones														x	x	x	
Sustentación Final																	x

Elaboración: Las autoras

CAPÍTULO IV

DESARROLLO Y PRUEBAS DEL PROYECTO

4.1 Generalidades

4.1.1 Ubicación del área de estudio

El área del terreno donde se ubica el condominio Villa Chorrillos tiene una extensión de 9,427.49 m² y se encuentra ubicado en la avenida Hernando de Lavallo, colindando con la parte posterior del campo de golf del Country Club de Villa, en la urbanización La Encantada de Villa, distrito de Chorrillos, provincia y departamento de Lima.

Como se puede observar en la imagen, el condominio se ubica en una zona muy cercana a los pantanos de Villa por el este y por el oeste colinda con las viviendas del distrito de Chorrillos.



Figura 12: vista aérea del condominio Villa Chorrillos

Elaboración: Las autoras

4.1.2 Características del condominio Villa Chorrillos

El condominio Villa Chorrillos se encuentra dividido en 18 viviendas típicas de dos pisos cada una, y se encuentran distribuidas de manera ordenada como se observa en la imagen, las viviendas son unifamiliares y a diferencia de las viviendas colectivas son en las que reside solamente una familia.

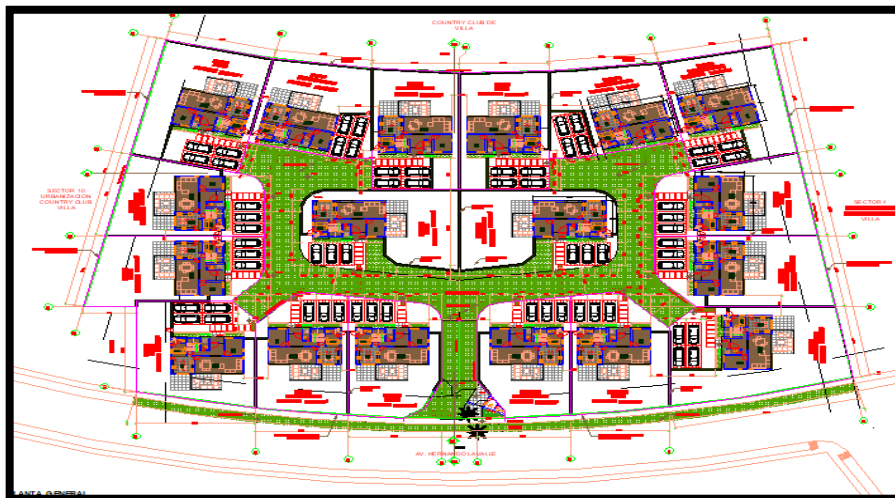


Figura 13: vista en planta del condominio Villa Chorrillos

Elaboración: Las autoras

4.1.3 Características de las viviendas

El proyecto consta de 18 viviendas y cada vivienda consta de dos pisos, las dimensiones de las viviendas típicas son de 25m de largo por 8.50m de ancho y un área de 104,12 m², cada vivienda cuenta con 13 zapatas y debajo de cada zapata se ubican 02 micropilotes, sumando así un total de 468 micropilotes en todo el condominio.

Las viviendas cuentan con los siguientes ambientes:

- Sala-comedor
- Cocina
- Dormitorio
- Estudio
- Baño

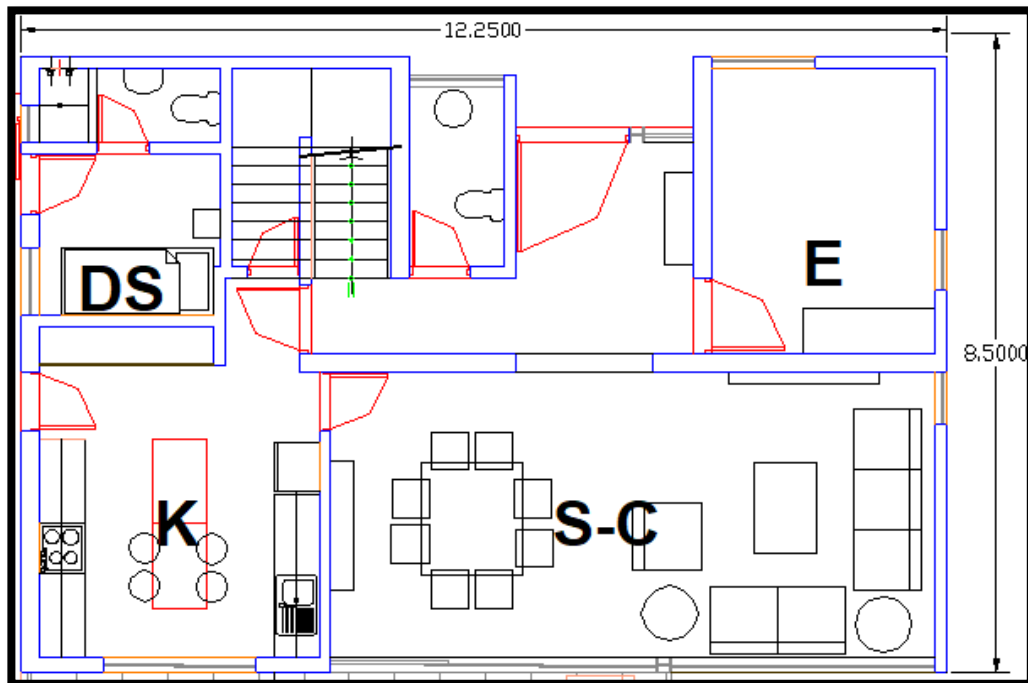


Figura 14: vista en planta de la distribución de las viviendas típicas

Elaboración: Las autoras

4.2 Estudio de suelos

En el estudio de suelos, se trataron de recopilar todos los datos requeridos para evaluar las características del terreno y propiedades, así como conocer la capacidad portante del suelo del condominio Villa Chorrillos.

En los años 1996 y 2002 se realizó el estudio de suelos de la misma zona, estos datos nos ayudaron a reforzar los estudios realizados recientemente.

En desarrollo de la tesis, se observaron los resultados obtenidos.

4.2.1 Objetivos del estudio de suelos

Un estudio de suelos permite dar a conocer las características físicas y mecánicas del suelo, dando así datos y herramientas al ingeniero civil para conocer el comportamiento del mismo. Propiedades importantes como la capacidad portante de los suelos, permeabilidad, los asentamientos, la presión de poros, resistencia a la compresión, ángulo de fricción y cohesión, son determinadas gracias a los estudios en laboratorio e In-situ a muestras tomadas y cuyos valores se convierten en el insumo de diseños ingenieriles que garantizan seguridad, durabilidad y estabilidad.

Con toda la información obtenida se puede estudiar qué tipo de estructura o sobretodo que tipo de cimentación se necesitará para asegurar la estabilidad de las estructuras.

Los ensayos de suelo realizados en el laboratorio fueron:

Ensayo de Límite Líquido

Ensayo de Análisis Granulométrico

Ensayo de Corte Directo

Realizar el ensayo de Penetración Estándar.

4.2.2 Metodología de trabajo

Se recopiló la información geológica a través del estudio de suelos.

4.2.3 Descripción general del terreno

El terreno estudiado tiene una extensión de 9,427.49 m² y se encuentra ubicado en la avenida Hernando de Lavalle, colindando con la parte posterior del campo de golf del Country Club de Villa, en la urbanización La Encantada de Villa, distrito de Chorrillos, provincia y departamento de Lima.

Posee una forma alargada, con un frente curvo de 134.69 m y 79.55 m de fondo en promedio. Además, presenta una topografía relativamente plana, se encuentra parcialmente cercado por arbustos y muros de albañilería. Su superficie está cubierta por material de relleno con desmonte, y se observa, en algunos sectores, montículos de gran cantidad de desmonte.

4.2.4 Trabajo de campo

El programa de exploración de campo llevado a cabo comprendió:

- Tres calicatas excavadas en forma manual de 2.50 a 3.50 m de profundidad con respecto a la superficie actual del terreno, denominadas C-1, C-2 y C-3. Se
- De cada calicata, se tomaron 30 Kg como muestras respectivas del suelo, que fueron trasladadas al laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad de San Martín de Porres.
- Dos Auscultaciones con cono de Peck, denominadas CP-1A y CP-2A, las cuales alcanzaron rechazo a 5.10 y 4.20 m de profundidad, respecto a la superficie actual del terreno.



Figura 15: excavación de calicata C-1

Elaboración: Las autoras



Figura 16: excavación de calicata C-2 y C-3

Elaboración: Las autoras



Figura 17: Auscultación cono Peck CP-1

Elaboración: Las autoras



Figura 18: Auscultación como Peck CP-2|

Elaboración: Las autoras

4.2.5 Trabajo de Laboratorio

En el laboratorio se verificó la clasificación visual de todas las muestras obtenidas y se escogieron muestras representativas para ejecutar con ellas los siguientes ensayos:

Análisis Granulométrico por Tamizado

Ensayo de Límite Líquido

Ensayo de Corte Directo

Ensayo de Cono Peck / Ensayo de Penetración Estándar.

Los ensayos de laboratorio fueron realizados en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad de San Martín de Porres, a excepción del ensayo de penetración estándar que por tener un costo elevado fue realizado por la empresa Antares Contratistas S.A.C. De acuerdo con las normas ASTM y con los resultados obtenidos se procedió a efectuar una comparación con las características de los suelos obtenidas en el campo y las compatibilizaciones correspondientes en los casos en que fue necesario para obtener los perfiles de suelos definitivos, que son los que se presentan.

En las láminas No M3945-7 a M3945-12 y en el Cuadro No M3945-1 se presentan los resultados de los ensayos de laboratorio.

ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO

Generalidades

El límite líquido se define como el porcentaje de humedad del suelo, por debajo del cual se presenta un comportamiento plástico, datos que ayudan a estimar asentamientos en problemas de consolidación. Cuando los suelos alcanzan porcentajes de humedad mayores al límite líquido, su comportamiento será el de un fluido viscoso.

Equipo

- Aparato de Casa Grande: la cuchara o cazuela de Casa Grande es el aparato usado en ingeniería civil y geotecnia, para determinar el límite líquido de los suelos. Compuesto por una cazuela normalmente de bronce, la cual esta fija a un dispositivo de rotación por manivela, que permite la elevación y la caída (10mm) de la cazuela produciendo un golpe de rebote contra la base del aparato.
- Ranurador: es un elemento clave en la realización del ensayo. Normalmente hecho de acero inoxidable y de forma plana o curva, con el cual se realiza la ranura en el material de ensayo. Puede hacer parte de este un bloque de acero de dimensiones exactas y con el cual se realiza la verificación de la altura de caída de la cazuela.
- Balanza: debe trabajar con aproximación de 0,1 g o 0,1 % del peso de la muestra.
- Horno: debe trabajar y mantener una temperatura de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Tamiz N° 40 (425 μm).

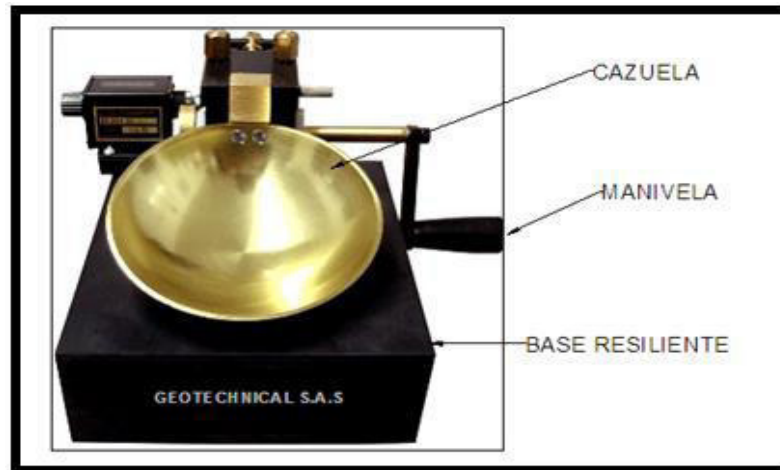


Figura 19: Cazuela o Aparato de Casa Grande

Fuente: Botía, W. (2015). Manual de procedimientos de ensayos de suelos

- Recipientes: todos los necesarios para determinar el contenido de humedad
- Espátula: Debe ser de hoja flexible con una longitud que oscile entre 75-100 mm y un ancho de 20 mm.
- Placa de vidrio esmerilado: Debe ser lo suficientemente grande para trabajar con comodidad el material y maniobrar sin problema la espátula.

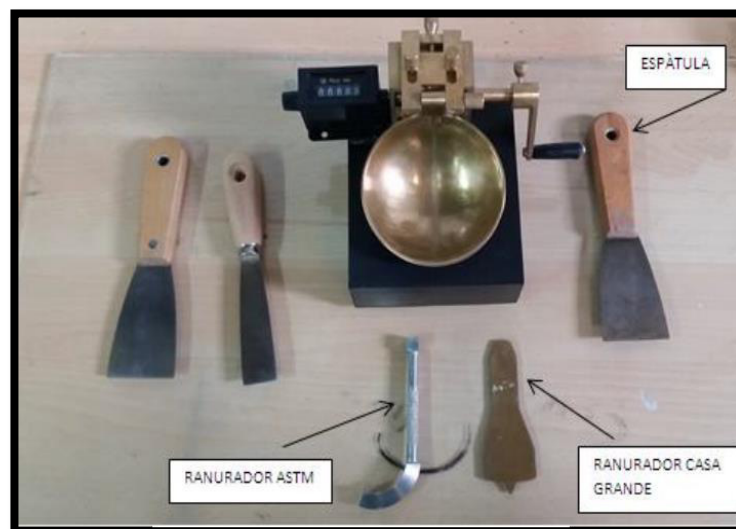


Figura 20: Equipo de laboratorio para ensayo

Fuente: Botía, W. (2015). Manual de procedimientos de ensayos de suelos

Muestra

Se tomaron 150 gr de la muestra luego de haber excavado las calicatas, tratando de mantener su humedad natural hasta llegar al momento del ensayo. La muestra se pasó por el tamiz N°40 (425 μm) en una cantidad de por lo menos 150 g.



Figura 21: muestra pasada por el tamiz N°40

Elaboración: Las autoras



Figura 22: muestra pasada por el tamiz N°40

Elaboración: Las autoras

Preparación de la muestra

Por medio de métodos visuales y manuales se debe garantizar que el material no contenga granos que sean retenidos por el tamiz N°40 (425 μm). Una vez se esté seguro de la situación anterior, con ayuda de agua destilada y una espátula se prepara el material variando su humedad de manera que se requieran golpes en el rango de 15-35 para cerrar su ranura.

Procedimiento

- Se pesan los recipientes sin material.

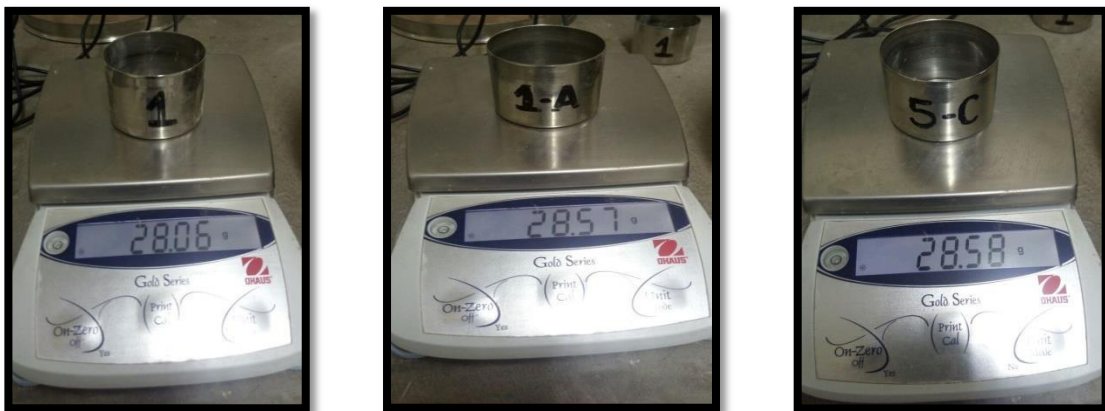


Figura 23: recipientes 1, 1A y 5C pesados en la balanza

Elaboración: Las autoras

- Una vez se haya preparado el material, se coloca una parte de este en la cazuela y se comprime y extiende sobre la misma, procurando no dejar burbujas de aire y que su máximo valor de profundidad sea aprox. 10 mm.
- Utilizando un ranurador realizar una ranura lo más uniforme posible sobre la muestra.

- Se acciona la cazuela a una razón de aprox. 2 golpes por segundo, contando el número de golpes necesario hasta que el talud de la ranura se cierre a lo largo de 13mm.
- Se extrae una parte del suelo presente en la cazuela, asegurándose que sea de lado y lado de la ranura y se coloca en un recipiente de masa conocida y se tapa.



Figura 24: muestra colocada en la Casa grande

Fuente: Elaboración propia

- El suelo sobrante se pasa a la zona de mezclado y con ayuda agua destilado se varía la humedad de este según se necesite aumentar o disminuir el número de golpes.
- Se lava y se limpia tanto el ranurador como la cazuela y se realizan dos tanteos más.
- Es necesario que los datos de golpes estén comprendidos en los siguientes intervalos. 25-35, 20-30, 15-25.
- Se registra el valor del peso de recipiente más la porción de suelo. Se somete a secado en el horno a una temperatura de ± 110 °C y una vez se

obtengan valores de masa constante se registra el peso de suelo seco más recipiente.



Figura 25: peso húmedo de las muestras.

Elaboración: Las autoras

Cálculos

El número de golpes obtenidos para cada muestra fueron de:

5C	33
1	28
1A	20

Este ensayo tiene por finalidad, determinar el contenido de humedad en porcentaje (%) de una muestra de suelo.

Usando la siguiente formula:

$$W = \frac{W_w}{W_s} * 100 \quad (\%)$$

Donde:

W = Contenido de humedad expresado en %

W_w = Peso del agua existente en la masa de la muestra

W_s = Peso de seco de la muestra.

Resultados

Con ello se obtiene la siguiente tabla de resultados:

Tabla 14 : cálculo del porcentaje de humedad de la muestra de suelo

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO		
	5C	1	1A
Cápsula	28.58	28.06	28.57
Peso de cápsula (g)	28.58	28.06	28.57
Peso de cápsula + M. Húmeda (g)	46.45	43.02	43.71
Peso de cápsula + M. Seca (g)	39.77	37.42	38.01
Peso de agua (g)	6.68	5.6	5.7
Peso de M. Seca (g)	11.19	9.36	9.44
Contenido de Humedad (%)	59.70	59.83	60.38
N° de Golpes	33	28	20
Promedio Humedad (%)	60.078		

Elaboración: Las autoras

Curva de Fluidez. Contenido de humedad vs número de golpes

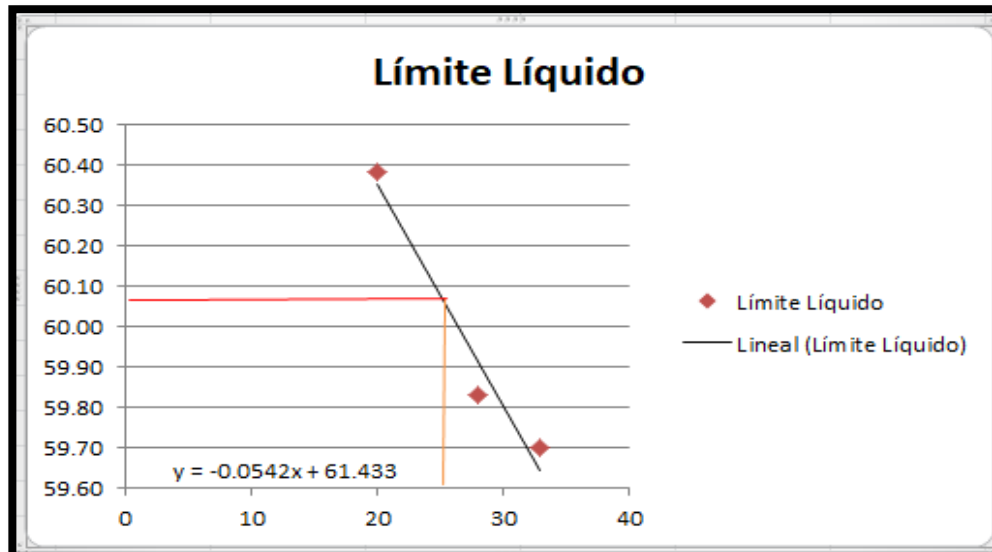


Figura 26: gráfica del límite líquido de la muestra

Elaboración: Las autoras

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Generalidades

Se denomina clasificación granulométrica a la medición y gradación de muestras de suelos, con fines de análisis, el método de determinación granulométrico es hacer pasar las partículas por una serie de mallas de distintos anchos de entramado (tamices) que actúen como filtros de los granos que se llama comúnmente columna de tamices.

Clasificación de suelos SUCC

En 1952 nació el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCC); este sistema fue adoptado por la ASTM como parte de sus métodos normalizados.

Esta clasificación se vale de unos símbolos de grupo, consistentes en un prefijo que designa la composición del suelo y un sufijo que matiza sus propiedades.

TIPO DE SUELO	PREFIJO	SUBGRUPO	SUFIJO
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobrementemente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite líquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Límite líquido bajo (<50)	H

Tabla 15: Símbolos de grupo SUCC

Fuente: Manual de Carreteras, autor Luis Bañón Blazquez

SÍMBOLO	Características generales		
GW	GRAVAS (>50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos<5%)	Bien graduadas
GP			Pobremente graduadas
GM		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
GC			Componente arcilloso
SW	ARENAS (<50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos<5%)	Bien graduadas
SP			Pobremente graduadas
SM		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
SC			Componente arcilloso
ML	LIMOS	Baja plasticidad (LL<50)	
MH		Alta plasticidad (LL>50)	
CL	ARCILLAS	Baja plasticidad (LL<50)	
CH		Alta plasticidad (LL>50)	
OL	SUELOS ORGÁNICOS	Baja plasticidad (LL<50)	
OH		Alta plasticidad (LL>50)	
Pt	TURBA	Suelos altamente orgánicos	

Tabla 16: Símbolos de grupo SUCS

Fuente: Manual de Carreteras, autor Luis Bañón Blazquez

Equipos y materiales

- 01 balanza electrónica con una aproximación de 0.01 gr
- 01 agitador
- 01 cuarteador
- Juego de tamices
- 02 recipientes
- 01 horno
- 02 recipiente para las muestras
- 5 kg aproximado de cada muestra

Procedimiento

- Se cuartea el total de las muestras de C-1, C-2 y C3, se toma 5 kg de cada uno para el ensayo.
- De los 5 kg de cada muestra se hace secar por 24 horas en el horno a 110 °C.

- Se selecciona los tamices para el ensayo, los tamaños elegidos fueron de acuerdo al manual de ensayos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones el MTC E 107, se seleccionó la segunda alternativa ya que el laboratorio no contaba con el tamiz N° 140

TAMICES	ABERTURA (mm)	TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000	3"	75,000
2"	50,800	1 ½"	38,100
1 ½"	38,100	¾"	19,000
1"	25,400	⅝"	9,500
¾"	19,000	N° 4	4,760
⅝"	9,500	N° 8	2,360
N° 4	4,760	N° 16	1,100
N° 10	2,000	N° 30	0,590
N° 20	0,840	N° 50	0,297
N° 40	0,425	N° 100	0,149
N° 60	0,260	N° 200	0,075
N° 140	0,106		
N° 200	0,075		

Tabla 17 : Tamices para el ensayo granulométrico

Fuente: Manual de ensayos MTC E 107



Figura 27: tamices de laboratorio de mecánica de suelos

Elaboración: Las autoras

- Se toma 3 kg de cada muestra seca para el ensayo granulométrico



Figura 28: peso de 3000 gr de muestra para el ensayo

Elaboración: Las autoras

- Se agitan las muestras en el agitador por 3 minutos; se dividió en dos partes ya que en el agitador no entraban todos los tamices.



Figura 29: peso de 3000 gr de muestra para el ensayo

Elaboración: Las autoras

- Se extraen las muestras del agitador y se pesó la muestra retenida en cada tamiz con una balanza electrónica con una aproximación de 0.01 gr.



Figura 30: Pesando las muestras retenidas en cada tamiz

Elaboración: Las autoras



Figura 31: Pesos retenidos en el fondo de las muestras C-1 y C-2

Elaboración: Las autoras



Figura 32: Pesos retenidos en la Malla N° 200 de C-1 y C-2 respectivamente

Elaboración: Las autoras

Resultados

MUESTRA		LIMITES DE ATTERBERG			HUMEDAD	SUCS
Sondaje	Profundidad (m)	L.L	L.P	I.P	(ω)	
		%	%	%	%	
C - 1	1.60 - 1.80	60	42	18	46.4	OH
C - 1	2.30 - 2.50	69	47	22	79.1	MH
C - 2	2.30 - 2.50	19	17	2	29.2	SW-SM
C - 3	1.00 - 1.20	44	27	17	78	ML
C - 3	3.00 - 3.20	17	14	3	24.7	SP-SM

Tabla 18 : Resultados del porcentaje de humedad de la muestra

Elaboración: Las autoras

MUESTRA		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO										
Sondaje	Profundidad (m)	% QUE PASA LA MALLA N°										
		1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°20	N°40	N°100	N°200
C - 1	1.60 - 1.80						100	95	93	91	80	76
C - 1	2.30 - 2.50						100	96	92	87	71	68
C - 2	2.30 - 2.50						100	84	76	58	16	11
C - 3	1.00 - 1.20						100	93	90	84	56	52
C - 3	3.00 - 3.20						100	97	95	66	11	9

Tabla 19 : Resultados del análisis granulométrico

Elaboración: Las autoras

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Generalidades

EL ensayo de corte directo sirve para hallar la resistencia al corte de un suelo, esta resistencia del suelo determina factores como la estabilidad de un talud, la capacidad de carga admisible para una cimentación y el empuje de un suelo contra un muro de contención.

El ensayo de corte directo consiste en inducir una falla en una muestra de suelo, a través de la imposición de dos esfuerzos: el primero de ellos un esfuerzo normal, que se da mediante la aplicación de una carga vertical y que está direccionado a inducir las condiciones de presión a las que está sometida dicha muestra en su entorno natural y un esfuerzo cortante que se da mediante la aplicación de una carga horizontal y que cuyos valores de esfuerzos obtenidos a través del ensayo permiten obtener un plano de ejes coordenados y a través del cual se determinan los valores de cohesión y ángulo de fricción.

En el año de 1776 Coulomb observó que si el empuje de un suelo contra un muro produce un desplazamiento en el muro, en el suelo retenido se forma un plano recto de deslizamiento. Él postuló que la máxima resistencia al corte, τ_f , en el plano de falla, está dada:

$$\tau_f = c + \sigma \cdot \text{Tg}(\emptyset)$$

Donde:

σ : es el esfuerzo normal total en el plano de falla

\emptyset : Es el ángulo de fricción del suelo

C: Es la cohesión del suelo

La anterior es una relación empírica basada en la ley de Fricción de Amonton para el deslizamiento de dos superficies planas en suelos con cohesión, pero para suelos granulares donde la cohesión es cero cumple lo siguiente:

$$\tau_f = \sigma \cdot Tg(\phi)$$

Equipos y materiales

- 01 balanza electrónica
- Tres anillos de acero
- Espátulas
- Agua destilada
- 02 recipiente para saturar las muestras
- 02 diales
- Equipo de corte directo
- Pesas de 1.0 , 2.0 y 4.0 kg

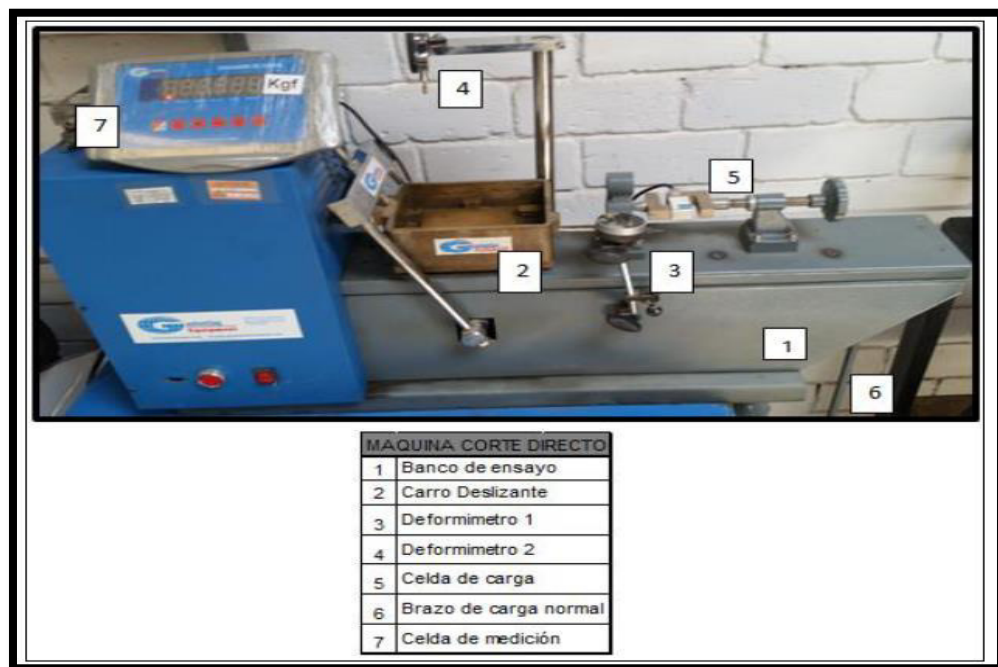


Figura 33: Equipo de corte directo.

Fuente: Botía, W. (2015). Manual de procedimientos de ensayos de suelos

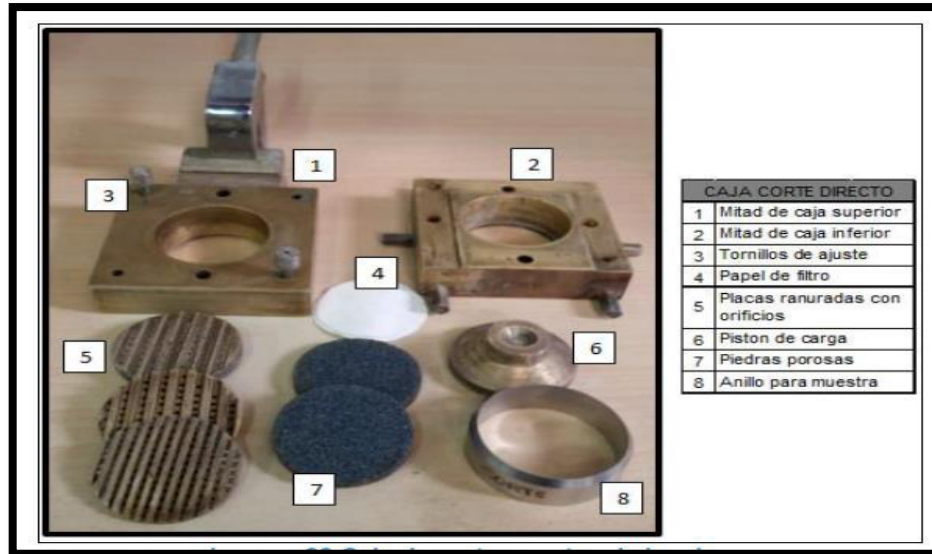


Figura 34: Caja de corte y partes de la misma.

Fuente: Botía, W. (2015). Manual de procedimientos de ensayos de suelos.

Procedimiento

Extracción de muestra inalterada

Del fondo de la calicata, extraer una muestra inalterada de suelo, esta consiste en obtener una muestra de tierra tratando de que no pierda humedad y sin producir compactación sobre la muestra. Luego se explica el procedimiento para obtener una muestra inalterada:

- Se excavó la calicata hasta una profundidad de dos metros tratando de dejar en el fondo la forma de un cubo de 20x20x20 cm de lado.
- Mientras se le va dando forma a la muestra en forma de cubo, se baña con cera derretida la muestra para evitar que se pierda la humedad.
- Cuando ya se obtiene la forma completa del cubo, se empieza a sacar la muestra con mucho cuidado cortando con un alambre desde la base.
- Seguir bañando toda el área del cubo con la cera derretida.
- Llevar la muestra al laboratorio.



Figura 35: Excavación de la calicata en la zona de estudio

Elaboración: Las autoras



Figura 36: Muestra inalterada llevada al laboratorio

Elaboración: Las autoras

- Pesamos los 3 anillos en la balanza de dimensiones 6x6x3 cm.



Figura 37: peso de los anillos sin material

Elaboración: Las autoras

- Pesamos los 3 anillos más la muestra inalterada del suelo.



Figura 38: peso de los anillos con la muestra inalterada.

Elaboración: Las autoras

Preparación de la muestra para el corte y corte de la muestra

- Se corta una porción de la muestra de aproximadamente 40 mm de altura y se coloca sobre una superficie plana y que no afecte sus condiciones de humedad. Aplicando una presión controlada deslizamos el anillo sobre la muestra hasta que esta llene por completo la cavidad del anillo.



Figura 39: extracción de la muestra inalterada con la ayuda de anillos

Elaboración: Las autoras

- Con la ayuda de una hoja de segueta afilada o una hoja de bisturí, corte el material que rebasa los extremos del anillo y engrase perfectamente las superficies. Se debe tener especial cuidado de no producir compactación en la muestra mientras se realiza el procedimiento.
- Armar con cuidado la caja de corte para que no tenga separación entre los tornillos de empalme y la caja de corte.
- Colocar la muestra en la caja de corte y saturar con agua destilada por el tiempo de 24 horas.



Figura 40: colocación de la muestra en la máquina de corte.

Elaboración: Las autoras

- Se aplica la carga vertical y se coloca un dial para determinar el desplazamiento vertical y otro dial para medir el tiempo de lectura en la carga horizontal, colocando la pantalla de lectura en 35 °C y la lectura del peso en 0.00 kg.
- Comenzar con la carga horizontal y tomar lecturas del deformímetro de carga.
- El mismo procedimiento se realiza en las muestras que se encuentran en los anillos 1, 2 y 3.

- Para el anillo 1 colocamos un peso de 1 kg, para en anillo 2 colocamos un peso de 2 kg. Y para el anillo 3 colocamos un peso de 4 kg.



Figura 41: resultado de la muestra después del corte directo.

Elaboración: Las autoras

Resultados

Después de los ensayos se obtuvieron las siguientes tablas y graficas (Ver Anexo).

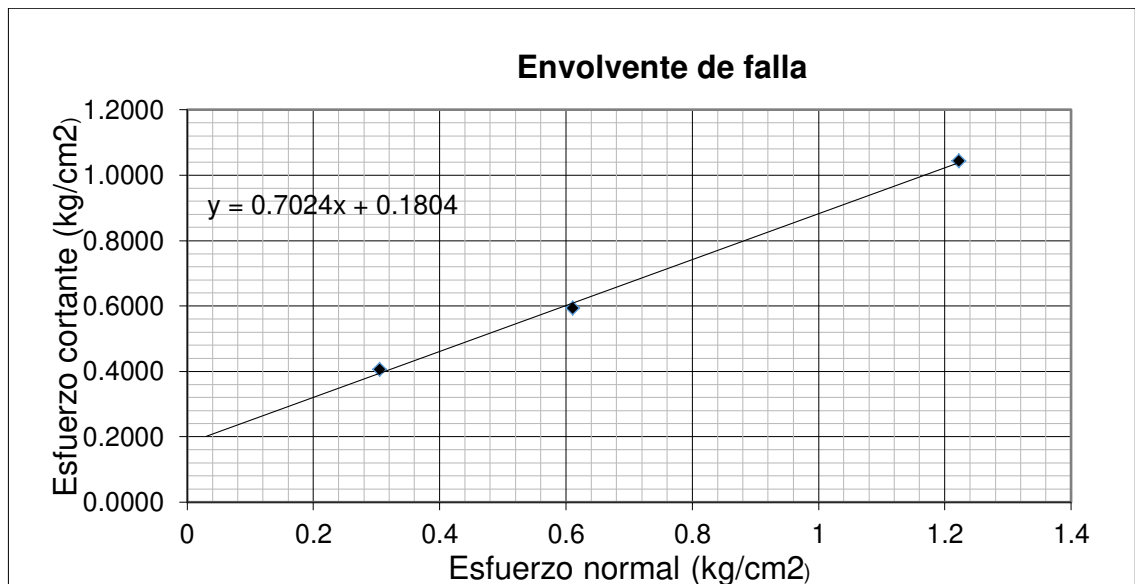


Figura 42: Grafica de envolvente de falla.

Elaboración: Las autoras

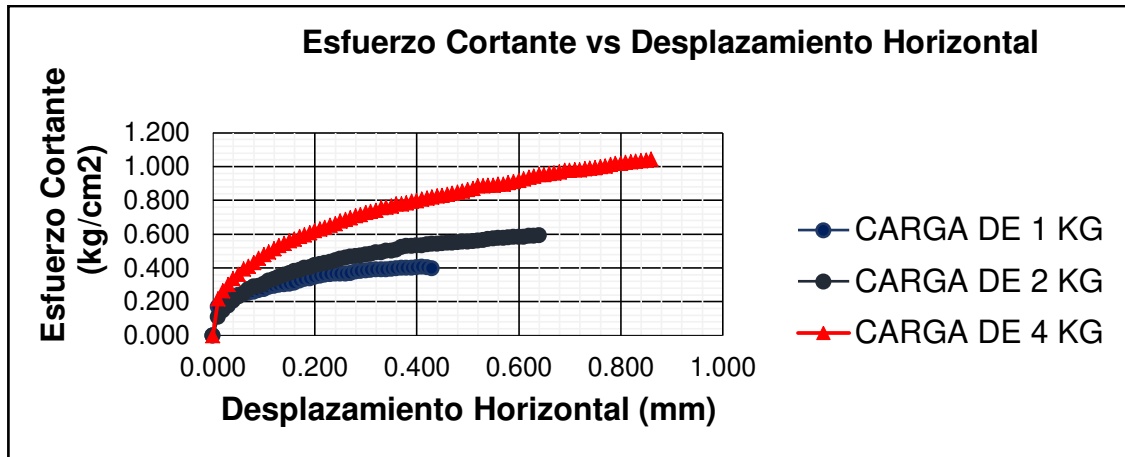


Figura 43: Grafica de esfuerzo cortante vs desplazamiento horizontal.

Elaboración: Las autoras

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO

Para el cálculo de la capacidad portante del suelo se utiliza la siguiente ecuación:

Fórmula de TERZHAGI: $q_u = C \cdot N_c + \gamma \cdot h \cdot N_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$

Donde:

Q_u = Capacidad ultima

C = cohesión del suelo

γ = peso específico del suelo

F_s = Factor de seguridad = 4

N_c , N_q , N_γ = factores de capacidad de carga que zona dimensionales y funciones solo del ángulo de fricción del suelo (ϕ).

Para el cálculo del ángulo de fricción, utilizamos la ecuación del Envolvente de falla, previamente calculado:

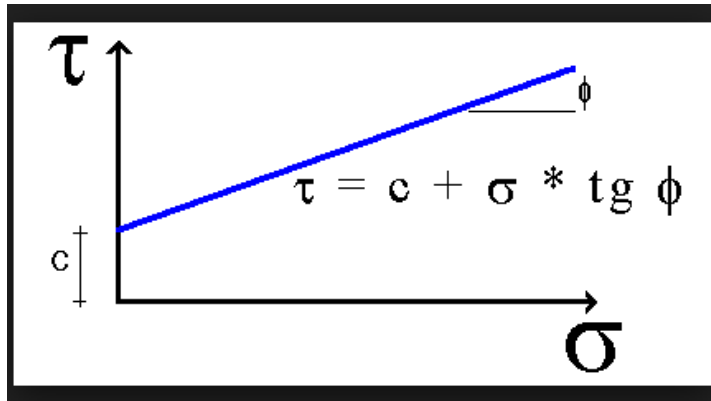


Figura 44: GRAFICA DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN DEL SUELO

Fuente: Botía, W. (2015). Manual de procedimientos de ensayos de suelos.

$$Y = 0.7024X + 0.1804$$

$$0 = 0.7024X - 1Y + 0.1804$$

$$\frac{-A}{B} = \text{Tang } \phi$$

$$\frac{-0.7024}{-1} = \text{Tang } \phi$$

$$\phi = 35^{\circ} 5' 3.14''$$

$$\phi = 35,084$$

Para el cálculo de la cohesión (C) del suelo, se elimina la variable x ya que no existe desplazamiento en esa dirección:

$$0 = 0.7024X - 1Y + 0.1804$$

$$Y = 0.1804$$

$$Y = C = 0.1804$$

DATOS:

COHESIÓN	C = 0.1804	kg/cm ²
ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA	Φ = 35.00	grados
PESO ESPECÍFICO	γ = 0.001635	kg/cm ²
PROFUNDIDAD DE DESPLANTE	h = 200.00	cm
MENOR ANCHO DE LA ESTRUCTURA	B = 0.20	cm

CÁLCULO DE COEFICIENTES:

Los factores de capacidad de carga se calculan con la tabla siguiente:

ϕ'	N'_c	N'_q	N'_γ	ϕ'	N'_c	N'_q	N'_γ
0	5.70	1.00	0.00	26	15.53	6.05	2.59
1	5.90	1.07	0.005	27	16.30	6.54	2.88
2	6.10	1.14	0.02	28	17.13	7.07	3.29
3	6.30	1.22	0.04	29	18.03	7.66	3.76
4	6.51	1.30	0.055	30	18.99	8.31	4.39
5	6.74	1.39	0.074	31	20.03	9.03	4.83
6	6.97	1.49	0.10	32	21.16	9.82	5.51
7	7.22	1.59	0.128	33	22.39	10.69	6.32
8	7.47	1.70	0.16	34	23.72	11.67	7.22
9	7.74	1.82	0.20	35	25.18	12.75	8.35
10	8.02	1.94	0.24	36	26.77	13.97	9.41
11	8.32	2.08	0.30	37	28.51	15.32	10.90
12	8.63	2.22	0.35	38	30.43	16.85	12.75
13	8.96	2.38	0.42	39	32.53	18.56	14.71
14	9.31	2.55	0.48	40	34.87	20.50	17.22
15	9.67	2.73	0.57	41	37.45	22.70	19.75
16	10.06	2.92	0.67	42	40.33	25.21	22.50
17	10.47	3.13	0.76	43	43.54	28.06	26.25
18	10.90	3.36	0.88	44	47.13	31.34	30.40
19	11.36	3.61	1.03	45	51.17	35.11	36.00
20	11.85	3.88	1.12	46	55.73	39.48	41.70
21	12.37	4.17	1.35	47	60.91	44.45	49.30
22	12.92	4.48	1.55	48	66.80	50.46	59.25
23	13.51	4.82	1.74	49	73.55	57.41	71.45
24	14.14	5.20	1.97	50	81.31	65.60	85.75
25	14.80	5.60	2.25				

Figura 45: Valores de los factores de capacidad de carga

Fuente: Botía, W. (2015). Manual de procedimientos de ensayos de suelos.

$$N_c = 25$$

$$N_q = 13$$

$$N_\gamma = 9$$

Reemplazamos los datos en la fórmula:

$$q_u = C \cdot N_c + \gamma \cdot h \cdot N_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

$$q_u = 8.76$$

$$\frac{q_u}{F_s} = \frac{8.76}{4} = 2.20 \text{ Kg/cm}^2$$

Por lo tanto, la capacidad portante del suelo es de 2.20 kg/cm².

ENSAYO DE CONO PECK / ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

Calibración Cono de Peck

El cono de Peck es un método dinámico de auscultación, consistente en el hincado en el subsuelo de una barra de 2 pulg de diámetro, provista en su extremo inferior, de una punta cónica de 2.5 pulg de diámetro y ángulo de 60°.

La hincada se efectúa en forma continua empleando un martillo de 140 lb de peso y 30 pulg de caída, registrándose el número de golpes requerido por cada 15 cm de penetración; los resultados se presentan en un registro continuo de número de golpes por cada 30 cm de penetración.

La relación entre los resultados del cono de Peck con el Ensayo Estándar de Penetración (SPT) es la siguiente:

$$N = 0.5 C_n$$

Donde:

N = Número de golpes por 30 cm de penetración en el ensayo estándar de penetración.

Cn = Número de golpes por 30 cm de penetración mediante auscultación con cono de Peck.



Figura 46: auscultación de suelos con Cono Peck

Elaboración: Las autoras

Los resultados de 02 ensayos cono Peck son los siguientes:

AUSCULTACION CP-1		AUSCULTACION CP-2	
PROF. (m)	GOLPES / 30 cm	PROF. (m)	GOLPES / 30 cm
0.00	0	0.00	0
0.30	8	0.30	7
0.60	11	0.60	13
0.90	6	0.90	12
1.20	5	1.20	5
1.50	2	1.50	5
1.80	16	1.80	10
2.10	77	2.10	14
2.40	138	2.40	15
2.70	131	2.70	34
3.00	193	3.00	52
3.30	270	3.30	73
3.60	400	3.60	173
		3.90	225
		4.20	450

Figura 47: Auscultación cono Peck CP-1 y CP-2

Elaboración: Las autoras

Según el informe geotécnico para obtener el valor N_{SPT} se va a dividir entre 2 al número de golpes obtenido en el ensayo Cono Peck.

El suelo no es licuable a partir de los 3.30 m de profundidad, razón por la cual en el cálculo este espesor no aportará resistencia en los micropilotes y será despreciado. A partir de esta profundidad (3.30m), respecto al nivel actual del terreno, el valor N_{SPT} varía de 36 (para 73 golpes según cono Peck a una profundidad de 3.3 m) hasta 50 (golpes superiores a 173 según cono Peck para profundidades mayores o iguales a 3.6 m, pero al dividirse entre 2 los valores N_{SPT} son mayores a 50 y se sabe que según las formulaciones de cálculo estos no pueden ser mayores a este último valor).

Por lo mismo que el micropilote va desde los 3.30 m y va a llegar hasta los 5.5 m de profundidad, y teniendo en cuenta que el valor N_{SPT} se obtiene al dividir los valores del cono Peck entre 2 y que los valores N_{SPT} no pueden ser mayores a 50, el valor N_{SPT} promedio entre las profundidades de 3.3m y 5.5 m es calculado a continuación.

Tabla 20: resultados de ensayos

Profundidad	Golpes Cono Peck	$N_{SPT} (\leq 50)$
3.3	73	36
3.6	173	50
3.9	225	50
4.2	450	50
4.5	450	50
4.8	450	50
5.1	450	50
5.4	450	50
NSPT Promedio		48

Elaboración: Las autoras

Por lo tanto, del lado de la seguridad, el valor N_{SPT} recomendable para el diseño de micropilotes debe de estar entre 35 y 45.

A partir de los resultados de ensayos SPT, el módulo de elasticidad del suelo en la zona resistente, se calculará utilizando las formulaciones siguientes, estas figuran en artículos de la U. S. Department of the Navy, 1982 y de Bowles, 1982.

Tabla 21: módulo de elasticidad del suelo

Limos arenosos, limos y suelos ligeramente cohesivos	$E_s=8N$
Arenas finas y medias y arenas ligeramente limosas	$E_s=14N$
Arena gruesa y arena con gravilla	$E_s=20N$
Grava arenosa y grava	$E_s=24N$

Elaboración: Las autoras

Considerando la formulación para arenas finas y medias, para el fuste resistente se puede tomar un valor $NSPT$ de 40 y para la punta un valor $NSPT$ de 50, en consecuencia, los módulos de elasticidad obtenidos son de 560 y 700 Kg/cm^2 para el fuste resistente y la punta respectivamente.

Tal como se aprecia en la siguiente tabla (del libro de Cimentaciones de Concreto Armado de Edificaciones del ACI), los valores obtenidos para los módulos de elasticidad se encuentran dentro del rango permitido (para arenas densas).

4.3 Metrado de Cargas de las viviendas

La Norma de Cargas E.020 especifica las características y valores de las cargas mínimas a ser consideradas durante un metrado de cargas en edificación para efectos del diseño estructural. Incluye valores para determinar la carga estática equivalente a viento y refiere hacia la E.030 para determinar las cargas debido a sismos.

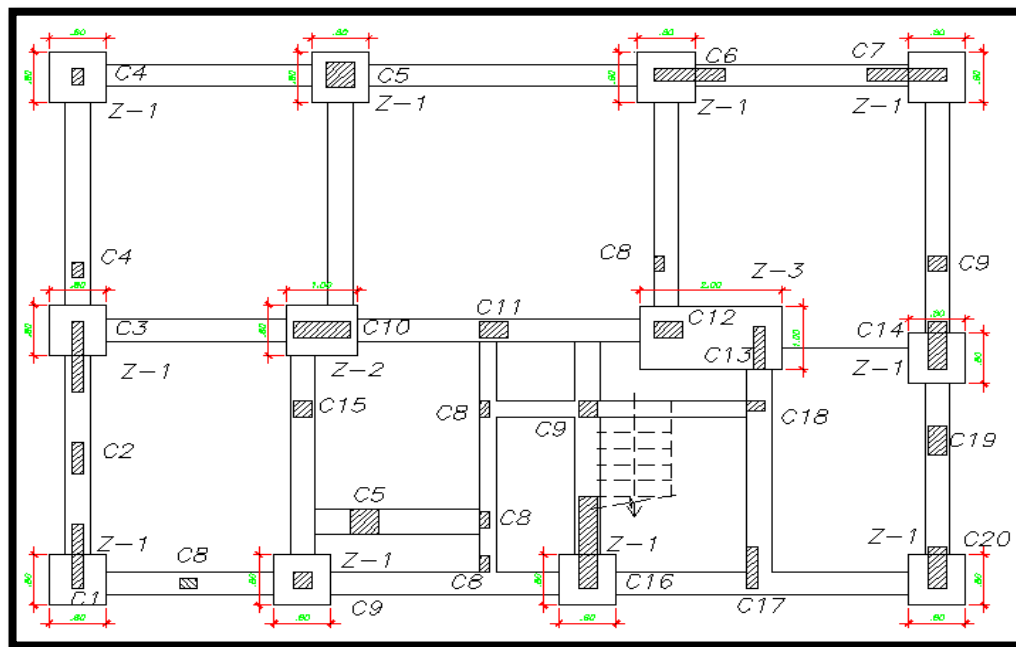


Figura 48: vista en planta de vivienda, columnas y zapatas

Elaboración: Las autoras

➤ Carga Muerta

Se realizó el metrado de cargas solo de una vivienda, las otras viviendas tienen las mismas medidas y están construidas con el mismo material, por lo que ya no es necesario calcularlas.

Metrado de Columnas piso 1 y 2:

CUADRO DE COLUMNAS										
NIVEL	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8	C-9	C-10
Piso 1	.15X1.00 12ø1/2" 3Ø3/8"ø.25	.15X.50 8ø1/2" 2Ø3/8"ø.25	.15X1.10 12ø1/2" 3Ø3/8"ø.25	.15X.25 4ø1/2" 1Ø3/8"ø.25	.15X.20 4ø1/2" 1Ø3/8"ø.25	.20X1.00 12ø5/8" 3Ø3/8"ø.25	.20X1.10 12ø5/8" 3Ø3/8"ø.25	.15X.25 4ø1/2" 1Ø3/8"ø.25	.25X.25 4ø1/2" Ø3/8"ø.25	.25X.80 10ø5/8" 2Ø4 3/8"ø.25
Piso 2	.15X1.00 12ø1/2" 3Ø3/8"ø.25	.15X.50 8ø1/2" 2Ø3/8"ø.25	.15X1.10 12ø1/2" 3Ø3/8"ø.25	.15X.25 4ø1/2" 1Ø3/8"ø.25	.15X.20 4ø1/2" 1Ø3/8"ø.25	.20X1.00 12ø5/8" 3Ø3/8"ø.25	.20X1.10 12ø5/8" 3Ø3/8"ø.25			.25X.80 10ø5/8" 2Ø4 3/8"ø.25

NIVEL	C-11	C-12	C-13	C-14	C-15	C-16	C-17	C-18	C-19	C-20
Piso 1	.25X.40 8ø5/8" 2Ø3/8"ø.25	.25X.40 8ø5/8" 2Ø3/8"ø.25	.15X.67 8ø1/2" 2Ø3/8"ø.25	.25X.75 10ø5/8" 2Ø4 3/8"ø.25	.25X.25 4ø5/8" Ø3/8"ø.25	.25X1.45 4ø3/4"+12ø5/8" 4Ø3/8"ø.25	.15X.65 8ø1/2" 2Ø3/8"ø.25	.15X.25 4ø3/8" 1Ø1/4"ø.25		
Piso 2	.25X.40 8ø5/8" 2Ø3/8"ø.25	.25X.40 8ø5/8" 2Ø3/8"ø.25		.25X.75 10ø5/8" 2Ø4 3/8"ø.25	.25X.25 4ø5/8" Ø3/8"ø.25	.25X1.45 4ø3/4"+12ø5/8" 4Ø3/8"ø.25	.15X.65 8ø1/2" 2Ø3/8"ø.25	.15X.25 4ø3/8" 1Ø1/4"ø.25	.15X.45 8ø1/1" 2Ø3/8"ø.25	.15X.25 4ø1/2" 1Ø3/8"ø.25

Figura 49: cuadro de columnas

Elaboración: Las autoras

H columnas = 3.00 m

Columna 1 : $3.00 \times 0.15 \times 1.00 \times 2400 \times 2 = 2160 \text{ kg/m}$

Columna 2 : $3.00 \times 0.15 \times 0.50 \times 2400 \times 2 = 1080 \text{ kg/m}$

Columna 3 : $3.00 \times 0.15 \times 1.10 \times 2400 \times 2 = 2376 \text{ kg/m}$

Columna 4 : $3.00 \times 0.15 \times 0.25 \times 2400 \times 2 = 540 \text{ kg/m}$

Columna 5 : $3.00 \times 0.15 \times 0.20 \times 2400 \times 2 = 432 \text{ kg/m}$

Columna 6 : $3.00 \times 0.20 \times 1.00 \times 2400 \times 2 = 2880 \text{ kg/m}$

Columna 7 : $3.00 \times 0.20 \times 1.10 \times 2400 \times 2 = 3168 \text{ kg/m}$

Columna 8 : $3.00 \times 0.15 \times 0.25 \times 2400 = 270 \text{ kg/m}$

Columna 9 : $3.00 \times 0.25 \times 0.25 \times 2400 = 450 \text{ kg/m}$

Columna 10 : $3.00 \times 0.25 \times 0.80 \times 2400 \times 2 = 2880 \text{ kg/m}$

Columna 11 : $3.00 \times 0.25 \times 0.40 \times 2400 \times 2 = 1440 \text{ kg/m}$

Columna 12 : $3.00 \times 0.25 \times 0.40 \times 2400 \times 2 = 1440 \text{ kg/m}$

Columna 13 : $3.00 \times 0.15 \times 0.67 \times 2400 = 723.6 \text{ kg/m}$

Columna 14 : $3.00 \times 0.25 \times 0.75 \times 2400 \times 2 = 2700 \text{ kg/m}$

Columna 15 : $3.00 \times 0.25 \times 0.25 \times 2400 \times 2 = 900 \text{ kg/m}$

Columna 16 : $3.00 \times 0.25 \times 1.45 \times 2400 \times 2 = 5220 \text{ kg/m}$

Columna 17 : $3.00 \times 0.15 \times 0.65 \times 2400 \times 2 = 1404 \text{ kg/m}$

Columna 18 : $3.00 \times 0.15 \times 0.25 \times 2400 \times 2 = 540 \text{ kg/m}$

Columna 19 : $3.00 \times 0.15 \times 0.45 \times 2400 = 486 \text{ kg/m}$

Columna 20 : $3.00 \times 0.15 \times 0.25 \times 2400 = 270 \text{ kg/m}$

Total, peso columnas = 28,119.60 kg/m

Metrado de Vigas piso 1 y 2:

Viga típica X : $31.75 \times 0.35 \times 0.20 \times 2400 \times 2 = 10,668.00 \text{ kg/m}$

Viga típica Y : $27.15 \times 0.35 \times 0.20 \times 2400 \times 2 = 9,122.40 \text{ kg/m}$

Total, peso vigas = 19,790.40 kg/m

Metrado de Losa (H=0.20 m):

LOSA : $300 \times 12.25 \times 8.50 \times 2 = 62,475.00 \text{ kg/m}$

Con vigueta 0,10 m de ancho y 0,40 m entre ejes		
Espesor del aligerado (m)	Espesor de losa superior en metros	Peso propio kPa (kgf/m ²)
0,17	0,05	2,8 (280)
0,20	0,05	3,0 (300)
0,25	0,05	3,5 (350)
0,30	0,05	4,2 (420)

Tabla 22: peso propio de losa aligerada

Fuente: Norma E020

Metrado de Piso terminado:

Piso terminado : 150 x 12.25 x 8.50 = 15,618.75kg/m

Metrado de Tabiquería:

Tabiquería : 150 x 12.25 x 8.50 = 15,618.75kg/m

➤ **Carga Viva:**

Techo : 150 x 12.25 x 8.50 = 15,618.75kg/m

Carga (vivienda) : 200 x 12.25 x 8.50 = 20,825.00kg/m

Tiendas	5,0 (500)
Corredores y escaleras	5,0 (500)
Viviendas	2,0 (200)
Corredores y escaleras	2,0 (200)

Tabla 23: peso propio de losa aligerada.

Fuente: Norma E020.

CARGA TOTAL DE LA VIVIENDA = CARGA VIVA + CARGA MUERTA

CARGA TOTAL DE LA VIVIENDA = 178,066.25 kg/m = 178.07 T

Se concluyó que las cargas actuantes finales son las siguientes:

Carga máxima vertical actuante en servicio: 20 Tn

Carga máxima horizontal en servicio: 5 Tn (25 % de la carga vertical)

Carga máxima vertical actuante en condición dinámica: 25 Tn

Para el diseño del micropilote se usó la carga máxima vertical en condición dinámica.

4.4 Diseño de Micropilotes

4.4.1 Diseño estructural de micropilotes

a) Resistencia estructural del micropilote a compresión

La resistencia estructural del micropilote sometido a esfuerzos de compresión se puede determinar en general, mediante la siguiente expresión:

$N_c, R_d = (0,85 A_c f_{cd} + A_s f_{sd} + A_a f_{yd}) \cdot \frac{R}{1,20 F_e}$
$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}, f_{sd} = \frac{f_{sk}}{\gamma_s} \leq 400 \text{MPa}, f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_a} \leq 400 \text{MPa}$
$A_a = \frac{\pi}{4} [(de - 2re)^2 - di^2] \cdot F_{uc}$
$R = 1,07 - 0,027 \cdot CR \leq 1$

Donde:

- A_c (cm²) : Área neta de la lechada, descontando armaduras
- f_{cd} (Kg/cm²) : Resistencia de cálculo de la lechada a compresión
- f_{ck} (Kg/cm²) : Resistencia de la lechada a compresión simple a 28 días de edad
- γ_c : Coeficiente parcial de seguridad para la lechada, su valor es de ($\gamma_c = 1,50$)
- A_s (cm²) : Área total de las barras corrugadas de acero
- f_{sd} (Kg/cm²) : Resistencia de cálculo del acero de las armaduras corrugadas.
- f_{sk} (Kg/cm²) : Límite elástico del acero de las armaduras corrugadas
- γ_s : Coeficiente parcial de seguridad para el acero de las armaduras corrugadas ($\gamma_s = 1,15$)
- f_{yd} (Kg/cm²) : Resistencia de cálculo del acero de la armadura tubular
- f_y (Kg/cm²) : Límite elástico del acero de la armadura tubular, Tabla 01.
- γ_a : Coeficiente parcial de seguridad para el acero de la armadura tubular ($\gamma_a = 1,10$).
- A_a (cm²) : Área de cálculo de la armadura tubular de acero.
- d_e : Diámetro exterior nominal de la armadura tubular.
- r_e : Reducción de espesor de la armadura por efecto de la corrosión, Tabla 04.
- d_i : Diámetro interior nominal de la armadura tubular
- $F_{u,c}$: Coeficiente de minoración del área de la armadura tubular en función del tipo de unión (compresión), Tabla 05. $F_{u,c} = 1.00$
- F_e : Coeficiente de influencia del tipo de ejecución que tiene en cuenta la naturaleza del terreno y sistema de perforación empleado, Tabla 06. $F_e = 1.05$.

- R : Factor empírico de pandeo o coeficiente de reducción de la capacidad estructural del micropilote por efecto del pandeo
- C_R : Coeficiente adimensional cuyo valor se toma de la Tabla 07. Será igual a 7 (para suelos con coeficientes de uniformidad mayor o igual a 2).

DESARROLLO DE FÓRMULAS:

d _e	7.3	Cm
d _s (Φ armadura corrugada)	0	Cm
t	0.45	Cm
r _e	0.15	Cm
F _{ck}	250	Kg/cm ²
γ _c	1.5	
F _{sk}	4200	Kg/cm ²
γ _s	1.15	
F _y	2400	Kg/cm ²
γ _a	1.1	
F _{u,c}	1	
F _e	1.05	
C _R	7	

Resistencia de cálculo de la lechada a compresión

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$f_{cd} = \frac{250}{1.5}$$

$$f_{cd} = 166.67$$

Resistencia de cálculo del acero de la armadura tubular

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_a}$$

$$f_{yd} = \frac{2400}{1.10}$$

$$f_{yd} = 2181.82$$

Diámetro interior del acero:

$$D_i = d_e - 2t$$

$$D_i = 7.3 - 2(0.45)$$

$$D_i = 6.4 \text{ cm}$$

Área de cálculo de la armadura tubular de acero:

$$A_c = \frac{\pi \cdot d_i^2}{4}$$

$$A_c = \frac{\pi \cdot 6.85^2}{4} = 36.85 \text{ cm}^2$$

$$R = 1.07 - 0.27 (7) \leq 1$$

$$R = -0.82$$

Área del acero tubular:

$$A_a = \frac{\pi}{4} [(d_e - 2r_e)^2 - d_i^2] \cdot F_{uc}$$

$$A_a = \frac{\pi}{4} [(7.3 - 2 \cdot 0.15)^2 - 6.4^2] \cdot 1 = 6.31 \text{ cm}^2$$

Resistencia estructural del micropilote a compresión:

$$N_{c,Rd} = (0.85 A_c f_{cd} + A_s f_{sd} + A_a f_{yd}) \cdot \frac{R}{1.20 F_e}$$

$$N_{c,Rd} = (0.85 \cdot 36.85 \cdot 166.67 + 6.31 \cdot 2181.82) \cdot \frac{0.82}{1.20 \cdot 1.05}$$

$$N_{c,Rd} = 12.82 \text{ TN}$$

b) Resistencia estructural del micropilote a tracción

Para el caso de fallo estructural a tracción, la formulación empleada es la siguiente.

$$N_{tRd} = (A_s f_{sd} + A_a f_{yd}) \cdot \frac{1}{1.10}$$

Donde:

$N_{t,Rd}$ (Tn): Resistencia estructural del micropilote sometido a tracción.

$$N_{tRd} = (A_a f_{yd}) \cdot \frac{1}{1.10}$$

Área del acero tubular:

$$A_a = \frac{\pi}{4} [(de - 2re)^2 - di^2] \cdot Fuc$$

$$A_a = \frac{\pi}{4} [(7.3 - 2 * 0.15)^2 - 6.4^2] \cdot 1 = 6.31 \text{ cm}^2$$

Resistencia de cálculo del acero de la armadura tubular

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_a}$$

$$f_{yd} = \frac{2400}{1.10}$$

$$f_{yd} = 2181.82$$

Resistencia estructural del micropilote sometido a tracción

$$N_{tRd} = (6.31 * 2181.82) \cdot \frac{1}{1.10}$$

$$N_{tRd} = 12.52 \text{ TN}$$

c) Resistencia estructural del micropilote a cortante

Para el caso de fallo estructural a cortante, la formulación empleada es la siguiente.

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{2A_{pr}}{\pi} \cdot \frac{1}{3^2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_a}$$

$$A_{pr} = \frac{\pi * ((de - 2re)^2 - (di)^2)}{4}$$

Donde:

$V_{c,Rd}$ (Tn) : Resistencia de cálculo de la sección a esfuerzo cortante

$V_{pl,Rd}$ (Tn) : Valor de cálculo de la resistencia plástica de la sección a esfuerzo cortante

A_{pr} (cm²) : Sección reducida de la armadura tubular de acero, calculada teniendo en cuenta la reducción de espesor por corrosión.

$$A_{pr} = \frac{\pi * ((de - 2re)^2 - (di)^2)}{4}$$

$$A_{pr} = \frac{\pi * ((7.3 - 2 * 0.15)^2 - (6.4)^2)}{4}$$

$$A_{pr} = 6.31$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{2 * 6.31}{\pi} * \frac{1}{3^{\frac{1}{2}}} * \frac{4200}{1.10} = 5.06 \text{ TN}$$

4.4.2 Fallo de capacidad de soporte del terreno

a) Resistencia frente al modo de fallo por hundimiento

La formulación para el cálculo por fallo al hundimiento cuando no se considera la resistencia por punta y para un solo estrato es la siguiente:

$$R_{c,d} = R_{fcd} = A_l * r_{fcd} = L * 2 * \pi * \frac{\phi_{perf}}{2} * \frac{r_{flim}}{Fr}$$

Donde:

$R_{c,d}$ (Tn) : Resistencia de cálculo frente al modo de fallo de hundimiento.

$R_{fc,d}$ (Tn) : Resistencia de cálculo por fuste frente a esfuerzos a compresión, se calcula a partir de estimaciones del rozamiento unitario por fuste.

- A_L (m²) : Área lateral del micropilote.
- $r_{fc,d}$ (Tn/m²) : Rozamiento unitario por fuste de cálculo frente a esfuerzos de compresión.
- L (m) : Longitud del estrato evaluado.
- Φ_{perf} (m) : Diámetro de perforación. (IU=0.2)
- $r_{f,lim}$ (Tn/m²) : Rozamiento unitario límite por fuste igual a 0.20 MPa para NSPT igual a 35 (se obtiene de la guía de micropilotes ingresando el valor NSPT, el tipo de inyección y el tipo de suelo, ver siguiente figura al final de este párrafo)

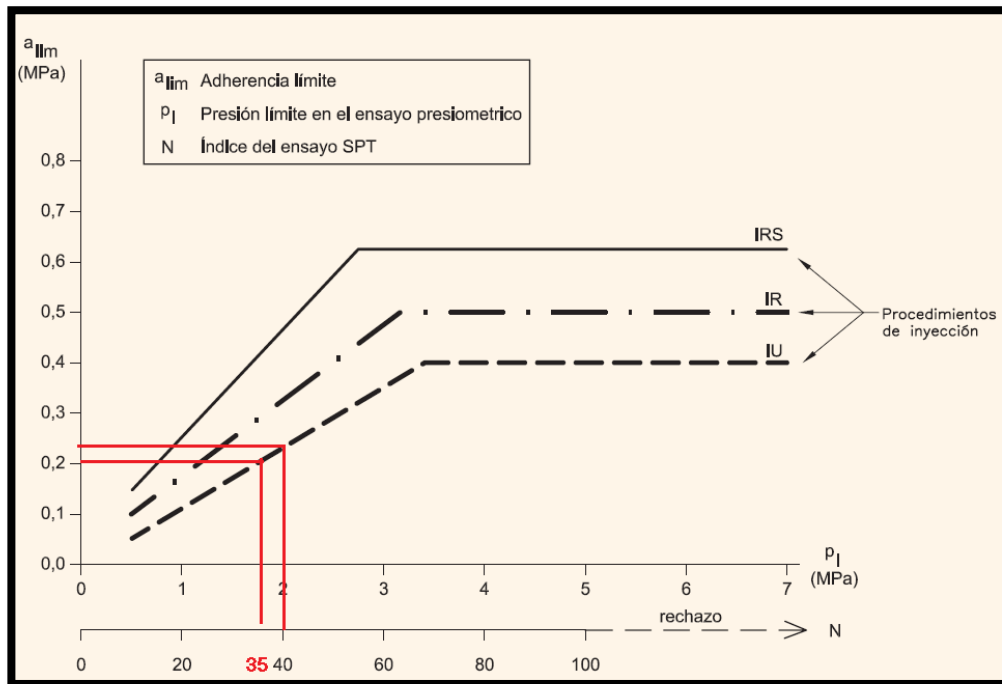


Figura 50: Rozamiento unitario Límite por Fuste

Fuente: Guía para el Proyecto y Ejecución de los micropilotes.

$$R_{c,d} = R_{fcd} = A_l * r_{fcd} = 10 * 2 * \pi * \frac{0.2}{2} * \frac{0.2}{2} = 0.62TN$$

b) Resistencia frente al modo de fallo por arrancamiento

Para el caso del cálculo frente al modo de fallo por arrancamiento la formulación empleada es la siguiente.

$$R_{td} = R_{ftd} + \frac{W_e}{F_{we}} = AL \cdot r_{ftd} + \frac{W_e}{F_{we}}$$

Donde:

$R_{t,d}$ (Tn) : Resistencia de cálculo frente al modo de fallo por arrancamiento.

$R_{ft,d}$ (Tn) : Resistencia de cálculo por fuste frente a esfuerzos de tracción.

$r_{ft,d}$ (Tn/m²) : Rozamiento unitario de cálculo por fuste frente a esfuerzos de tracción igual al 60 % de $r_{fc,d}$.

W_e (Tn) : Componente del peso propio del micropilote en la dirección de su eje.

F_{we} (Tn) : Coeficiente de minoración, deberá adoptarse un valor de ($F_{we} = 1.2$).

AL : Área lateral del micropilote.

$$R_{td} = R_{ftd} + \frac{W_e}{F_{we}} = 12.5 * 0.6 * \pi * \frac{0.2}{4} + \frac{2.4}{1.2}$$

$$R_{td} = 7.61 \text{ TN}$$

Resultados

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente se tiene el siguiente cuadro de resultados de longitud total y capacidad admisible de un micropilote.

Tabla 24: Resultados de longitud total y capacidad admisible ($R_{c,d}$) de un micropilote

Prof. (m)		Tipo de inyección	Tipo de suelo	$N_{c,Rd}$ (Tn)	NSPT	Φ perf (m)	$r_{f,lim}$ (tn/m ²)	L (m)	$R_{c,d}$ (Tn)	LT (m)	$R_{t,d}$ (Tn)	$N_{t,Rd}$ (Tn)	$V_{c,Rd}$ (Tn)	Cantidad de micropilotes por zapata
0.0	3.3	-	Suelo licuable		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.3	10.0	IU	Arenas con limos	12.50	35	0.2	20	1.7	12.50	5.00	7.50	12.50	5.00	2.0

Elaboración: Las autoras

Por lo mismo que los micropilotes se empotrarán en arenas con N_{SPT} igual 50 en la punta, en definitiva, el asentamiento en cada micropilote será muy inferior a 2.5 cm, igual este será calculado en caso de ser adjudicado con los trabajos. No se ha considerado la eficiencia del grupo de micropilotes por lo mismo que se tiene un 25 % aproximadamente de capacidad adicional a compresión, y además, la separación entre micropilotes en la zona de trabajo será superior a 3 veces el diámetro nominal.

4.5 Ensayo de Carga de Placa

En este ítem se presentan los resultados de las pruebas de carga de placa sobre un micropilote las cuales fueron tres pruebas de cargas de placa: 2 verticales y 1 prueba horizontal, fueron realizadas dentro de una excavación de 1.00m de profundidad con respecto al nivel de la superficie del terreno ubicado en el módulo 4, Columna C-10, zapata Z-2

Las pruebas de carga fueron tomando como referencia la norma ASTM D-1194-94, utilizando el siguiente equipo:

- Gata hidráulica de 100 Ton.
- Una celda de carga de 100 Ton tipo C2S.
- Placa metálica circular de 0.60m,0.45m de diámetro.
- Placa cuadrada de 0.60x0.60m
- Cuatro extensómetros digitales de 50mm de carrera y 0.01mm de precisión.
- Acoplamientos metálicos de instalación de diales.
- Una unidad colectora de datos (para extensómetros digitales)
- Cronómetro
- Nivel de burbuja
- Punto de reacción (05 Viga de Acero w)

Los trabajos previos a la instalación en los puntos, comprendieron la excavación en un área de 0.90x3.00. de largo y 1.00m de profundidad. Las pruebas fueron ejecutadas sobre un bloque de concreto.

Cada placa de ensayo fue centrada cuidadosamente sobre el punto definido para la prueba. Alineados sobre la placa de carga circular de 60 cm de diámetro y la placa cuadrada de 60 cm de lado, se colocaron placas menores y

discos de acoplamiento concéntricos distribuidos en forma piramidal. Sobre la última placa dispuesta, se centró la gata hidráulica y posteriormente la celda de carga para aplicar la fuerza de reacción contra una viga anclada.

Los extensómetros utilizados para medir la deformación del suelo bajo la acción de la carga, fueron apoyados sobre la placa de ensayo a nomas de 10mm desde el borde, dispuestos cada 120 grados y asegurados a una estructura cuyos soportes estarán alejados como mínimo 0.50m de la placa de ensayo.

Se aplicó una carga no mayor a 500kg en todo el sistema para verificar contacto entre la gata y la placa de carga. Luego de la verificación y conformidad del sistema, se aplicaron cargas de 20 Tn. y posteriormente 31.8 Tn, en la prueba PC-01, en la prueba PC-02 se aplicaron cargas de 6.25 TN. y posteriormente 8.0 Tn., en la prueba PC-03 se aplicaron 20 TN,37TN y 46TN, que permitieron obtener lecturas para dibujar las curvas cargas-tiempo. Se registró la carga y las lecturas finales para cada variación de carga.

En todas las variaciones de carga, el menor tiempo de permanencia de carga, antes de proceder al siguiente incremento o siguiente fase, fue de 15 minutos.

En cada lectura de tiempo y fuerza sobre la placa de carga, las deformaciones en los cuatro puntos extremos del plato de carga, fueron registradas en los extensómetros, los cuales promediadas representan la deformación media del sistema.

A continuación, se muestra la tabla donde se realizan las tres pruebas de carga, la prueba de carga PC-1, la prueba de carga PC-2 y la prueba de carga PC-3.

Tabla 25: Prueba de carga PC-1, PC-2, PC-3

Prueba de Carga	Carga Aplicada(kg)	Deformación Total de la Placa
PC-1		
Ciclo de Carga	20,000.00	0.034
	31,800.00	0.046

Prueba de Carga	Carga Aplicada(kg)	Deformación Total de la Placa
PC-2		
Ciclo de Carga	6,250.00	1.369
	8.000.00	2.386

Prueba de Carga	Carga Aplicada(kg)	Deformación Total de la Placa
PC-3		
Ciclo de Carga	20,000.00	0.781
	37,000.00	1.105
	46,000.00	1.161

Elaboración: Las autoras

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Contraste de la hipótesis

5.1.1 Hipótesis general:

- ✓ El diseño de micropilotes soporta las cargas de las viviendas del Condominio Villa Chorrillos en la Avenida Hernando de Lavalle.

La hipótesis concluye que, si es verdad, el diseño de micropilotes soportan las cargas de las viviendas del condominio Villa Chorrillos en la Avenida Hernando de Lavalle.

5.1.2 Hipótesis específicas:

- ✓ El estudio de suelos influye positivamente en el diseño de los micropilotes para soportar las cargas de las viviendas del condominio

La hipótesis concluye que si es verdad, el estudio de suelos influye positivamente en el diseño de los micropilotes para soportar las cargas de las viviendas del condominio.

- ✓ Los micropilotes logran soportar las cargas transmitidas por las viviendas del condominio Villa Chorrillos en la Avenida Hernando de Lavalle.

La hipótesis concluye que, si es verdad, los micropilotes logran soportar las cargas transmitidas por las viviendas del condominio Villa Chorrillos en la Avenida Hernando de Lavalle.

- ✓ Los micropilotes resisten las cargas transmitidas por las viviendas del condominio Villa Chorrillos en la Avenida Hernando de Lavalle.

La hipótesis concluye que, si es verdad, los micropilotes resisten las cargas transmitidas por las viviendas del condominio Villa Chorrillos en la Avenida Hernando de Lavalle.

5.2 Análisis de Resultados

- De la **Tabla N°24** se puede decir lo siguiente:
 - ✓ La resistencia por comprensión fue de 12.50 Tn por micropilote, en la zapata se colocaron dos micropilotes, teniendo en total una resistencia de 25 TN por zapata.
 - ✓ La resistencia por hundimiento fue de 12.50 Tn por micropilote, en la zapata se colocaron dos micropilotes, teniendo en total una resistencia de 25 TN por zapata.
 - ✓ La resistencia por tracción fue de 12.50 Tn por micropilote, en la zapata se colocaron dos micropilotes, teniendo en total una resistencia de 25 TN por zapata.
 - ✓ La resistencia por arrancamiento fue de 7.50 Tn por micropilote, en la zapata se colocaron dos micropilotes, teniendo en total una resistencia de 15 TN por zapata.
 - ✓ La resistencia por corte fue de 5 Tn por micropilote, en la zapata se colocaron dos micropilotes, teniendo en total una resistencia de 10 TN por zapata.

- El micropilote propuesto tuvo los siguientes datos técnicos:

Diámetro de perforación (Φ_{perf})	: 200 mm
Diámetro exterior del tubo (d_e)	: 73.0 mm
Espesor mínimo de la pared del tubo (t)	: 4.5 mm utilizado en el cálculo para soportar las 25 Tn, pero por razones comerciales será de 5.5 mm, por lo tanto, se está del lado conservador.
Límite elástico del tubo (f_y)	: > 2400 Kg/cm ²
Recubrimiento mínimo	: 20 mm (porque será con lechada), pero será superior a 50 mm.
Reducción de espesor por corrosión (re)	: 1.20 mm (para una vida útil de 100 años en suelos naturales sin alterar), pero del lado conservador se ha considerado 1.50 mm en el cálculo.
Resistencia de la lechada (f_{ck})	: > 25 MPa (a los 28 días)
Relación agua cemento de la lechada	: A/C entre 0.40 y 0.55, el recomendado será 0.5.
Tipo de inyección de la lechada	: Inyección única (IU).
Cemento	: Tipo V

- ✓ Se usó cemento tipo V por el contenido de sulfatos solubles del suelo determinado mediante análisis químicos de laboratorio en una muestra representativa del agua freática es igual a 3,630 p.p.m. (Ver Tabla 14).

Tabla 26: Información Primaria y Secundaria de las técnicas de investigación

Contenido de Sales	Consideraciones
$X < 150$ ppm	Nivel de sulfatos despreciable
$150 \text{ ppm} < X < 1000$ ppm	Nivel de sulfatos positivo
$X > 1000$ ppm	Nivel de sulfatos considerable

Fuente: Norma E-050 suelos y cimentaciones

- En cuanto a los resultados del ensayo de carga de placa se puede decir:
 - ✓ Resultados de los ensayos que justifiquen que el micropilote cumple las características anteriormente diseñadas.
 - ✓ La carga que llegó a soportar el micropilote en el primer ensayo es de 31 TN, en el tercer ensayo 46 TN, el micropilote debe soportar 20 TN de carga actuante en las viviendas, entonces se comprueba que el diseño realizado fue el correcto.
 - ✓ La carga que llegó a soportar el micropilote en el segundo ensayo es de 8 TN, el micropilote debe soportar 8 TN de carga actuante en las viviendas, entonces se comprueba que el diseño realizado fue el correcto.

CONCLUSIONES

- 1) Los micropilotes son una técnica de cimentación profunda muy extendida tanto a nivel nacional como a nivel mundial. Se ha podido observar a través de este trabajo que esta tipología de cimentación profunda ya se extiende desde hace unos 60 años, los cuales empezaron a desarrollarse en recalces y refuerzos estructurales de edificios antiguos y con gran importancia histórica
- 2) Si bien es cierto, profundizando más el micropilote (y/o incrementando el diámetro si es que fuera necesario) puede ser suficiente un solo micropilote para soportar las cargas que transmite la cimentación, pero por razones constructivas siempre se va a tener excentricidades que generan momentos, por lo mismo que es imposible que el eje de la carga coincida con el eje real del pilote o micropilote una vez ejecutado, ante esta situación se ha planteado ejecutar como mínimo dos micropilotes por zapata. Este planteamiento se ve avalado por lo establecido en el Código Técnico de la Edificación de España.

- 3) Según resultados, bajo la zapata, cuyo nivel está a 0.95 m de profundidad, la longitud de cada micropilote será igual o mayor a 4.0 m y la profundidad mínima a la cual debe de quedar la punta del micropilote, respecto al nivel del terreno natural actual, es de 5.0 m, pero como una mejora a nuestra propuesta, la longitud mínima bajo la zapata es de 4.50 m y la profundidad mínima a la que debe de llegar la punta del micropilote es de 5.50m.
- 4) Según cálculos para los dos micropilotes propuestos por cada zapata los resultados obtenidos son los siguientes:
- Capacidad admisible a compresión en servicio: 25 Tn (no se ha considerado la resistencia por punta a pesar de que el valor N_{SPT} es mayor a 30).
- Capacidad admisible transversal en servicio: ≥ 8 Tn
- Capacidad admisible a tracción en servicio: ≥ 15 Tn
- Carga crítica por pandeo : ≥ 25 Tn
- 5) Como seguridad adicional y para tener mayor capacidad ante cargas horizontales, se plantea ejecutar los micropilotes con una inclinación entre 5 y hasta 10° en ambos sentidos respecto al eje vertical del micropilote, esta inclinación será hacia el exterior de la zapata para de esta forma los micropilotes se comporten como anclajes ante solicitaciones horizontales.
- 6) De encontrarse material suelto o material de calidad inferior al tipo de suelo considerado en diseño, se debe de recalcular las longitudes de los micropilotes y/o adicionarse micropilotes o alguna otra variación que garantice que las capacidades resistentes sean superiores a las cargas actuantes.

RECOMENDACIONES

- 1) La técnica de auscultación de suelos usando el Cono Peck es única y no cuenta con una norma de ensayo que la avale. Se recomienda al comité encargado de la revisión de la norma E.050 del R.N.E., presentar a Indecopi, una norma específica denominada “Prueba de Penetración Dinámica con el Cono Peck”, elaborada en base a la norma española UNE 103-801-94.
- 2) Para evitar problemas y adoptar criterios geotécnicos bien fundados, es recomendable tomar en consideración el probable comportamiento del suelo, que está conformado por limos, arcilla y grava, y un nivel freático a 1.35 se ha confiado en el pasado demasiado en su resistencia y soporte lateral, sin estimar la magnitud de sus movimientos y las probables consecuencias que puede acarrear. No prever estudios serios y bien documentados que establezcan valores confiables de los parámetros geotécnicos de resistencia al cortante de estos suelos, valores que, por lo general, se toman de referencias pasadas o en base a los pocos ensayos realizados.

- 3) Como mejor forma de comprobar los cálculos y garantizar la seguridad de las viviendas, se ha considerado para la etapa de construcción ensayos de placa de carga *in situ* tanto para carga vertical como para carga lateral, así como también verificar que, mediante ensayos DPL, SPT o Cono Peck si fuera el caso, los parámetros resistentes del terreno sean iguales o superiores a los considerados en la etapa de diseño.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Bibliográficas:

Atala Abad, C.A. (2011), *Estudio experimental sobre correlaciones en suelos granulares finos (arenas) compactados, usando equipos de penetración*. Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias con mención en Ingeniería Geotécnica. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.

Botello Rojas, A. (2015), *Sobre el comportamiento de micropilotes trabajando a flexión y/o cortante en estructuras de tierra*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España.

Chinchay Córdova, P. E. (2015): *Ejecución de micropilotes como pantalla para excavación de túnel-aplicación al proyecto Vía Parque Rímac*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.

Ministerio de Fomento, Secretaría de Estado de Infraestructura y Planificación (2005), Dirección Técnica de la Dirección General de Carreteras. *Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera*. Madrid, España.

Norma Técnica Peruana NTP 339.133 (1999), *Método de ensayo de Penetración estándar Spt.*

Reglamento Nacional de Edificaciones (2006), Norma E-050 suelos y cimentaciones.

Karl Terzaghi / Ralph B. Peck, *Mecánica de suelos en la ingeniería Práctica.* Segunda Edición 1973.

ANEXOS
















1. Matriz de Consistencia
2. Resultado del estudio de suelos.
3. Plano de ubicación
4. Plano de Arquitectura
5. Plano de Estructuras
6. Plano de detalle de micropilotes
7. Carga de Placa
8. Protocolo de micropilotes
9. Certificado de máquina perforadora klem-805
10. Certificado de compresora
11. Certificado de calibración de la celda para ensayo

ANEXO 1
MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA							
DISEÑO DE MICROPILOTES PARA SOPORTAR LAS CARGAS DE LAS VIVIENDAS DEL CONDOMINIO VILLA CHORRILLOS EN LA AVENIDA HERNANDO DE LAVALLE							
PROBLEMAS	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDICION	DISEÑO METODOLÓGICO
PROBLEMA PRINCIPAL	OBJETIVO PRINCIPAL	HIPOTESIS PRINCIPAL	VARIABLE DEPENDIENTE: DISEÑO DE MICROPILOTES	ESTUDIO DE SUELOS	GRANULOMETRIA, CORTE DIRECTO, LIMITE LIQUIDO, ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR, ENSAYO DE COMPRESION NO CONFINADA	Nominal	TIPO: DESCRIPTIVO, PORQUE TIENE POR FINALIDAD DETALLAR LOS HECHOS TAL COMO SON OBSERVADOS.
¿DE QUE MANERA EL DISEÑO DE MICROPILOTES LOGRARÁ SOPORTAR LAS CARGAS DE LAS VIVIENDAS DEL CONDOMINIO VILLA CHORRILLOS EN LA AVENIDA HERNANDO DE LAVALLE?	DETERMINAR CÓMO EL DISEÑO DE MICROPILOTES LOGRARÁ SOPORTAR LAS CARGAS DE LAS VIVIENDAS DEL CONDOMINIO VILLA CHORRILLOS EN LA AVENIDA HERNANDO DE LAVALLE	EL DISEÑO DE MICROPILOTES LOGRA SOPORTAR LAS CARGAS DE LAS VIVIENDAS DEL CONDOMINIO VILLA CHORRILLOS EN LA AVENIDA HERNANDO DE LAVALLE		DISEÑO ESTRUCTURAL	FALLO POR COMPRESION, FALLO POR TRACCION Y FALLO POR HUNDIMIENTO	Nominal	TIPO: APLICATIVO, PORQUE TIENE COMO OBJETIVO RESOLVER UN DETERMINADO PROBLEMA
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPOTESIS ESPECÍFICAS		ENSAYO DE CARGA DE PLACA	CARGA MAXIMA DE RESISTENCIA	Nominal	
¿EN QUE MEDIDA EL ESTUDIO DE SUELOS INFLUIRÁ EN EL DISEÑO DE MICROPILOTES PARA SOPORTAR LAS CARGAS DE LAS VIVIENDAS DEL CONDOMINIO VILLA CHORRILLOS EN LA AVENIDA HERNANDO DE LAVALLE	REALIZAR EL ESTUDIO DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE MICROPILOTES Y A LA VEZ SOPORTAR LAS CARGAS TRANSMITIDAS POR LAS VIVIENDAS DEL CONDOMINIO VILLA CHORRILLOS	EL ESTUDIO DE SUELOS INFLUYE DIRECTAMENTE EN EL SOPORTE DE LAS CARGAS DE LAS VIVIENDAS DEL CONDOMINIO VILLA CHORRILLOS EN LA AVENIDA HERNANDO DE LAVALLE	VARIABLE INDEPENDIENTE: CARGAS DE LAS VIVIENDAS	CARGA VIVA	PESO DE LOS MATERIALES, DISPOSITIVOS DE SERVICIO, EQUIPOS, TABIQUES Y OTROS ELEMENTOS	Nominal	NIVEL: EXPLICATIVO, PORQUE NARRA EN DETALLE LOS PASOS A SEGUIR PARA APLICAR EL METODO DEL PROYECTO.
¿COMO DISEÑAR Y EJECUTAR LOS MICROPILOTES PARA SOPORTAR LAS CARGAS TRANSMITIDAS POR LAS VIVIENDAS DEL CONDOMINIO VILLA CHORRILLOS EN LA AVENIDA HERNANDO DE LAVALLE?	DISEÑAR Y EJECUTAR LOS MICROPILOTES PARA SOPORTAR LAS CARGAS TRANSMITIDAS POR LAS VIVIENDAS DEL CONDOMINIO VILLA CHORRILLOS EN LA AVENIDA HERNANDO DE LAVALLE	CON LA EJECUCION DE LOS MICROPILOTES SE DEMUESTRA QUE LAS CARGAS DE LAS VIVIENDAS DEL CONDOMINIO SON TRANSMITIDAS HACIA UN SUELO MAS ESTABLE.		CARGA MUERTA	PESO DE LOS OCUPANTES, MATERIALES, EQUIPOS, MUEBLES Y ELEMENTOS MOVILES	Nominal	DISEÑO: EXPERIMENTAL, PORQUE MEDIANTE ENSAYOS SE LLEGA AL OBJETIVO PRINCIPAL
¿COMO DEMOSTRAR LA CAPACIDAD DE LOS MICROPILOTES PARA SOPORTAR LAS CARGAS TRANSMITIDAS POR LAS VIVIENDAS DEL CONDOMINIO VILLA CHORRILLOS EN LA AVENIDA HERNANDO DE LAVALLE?	DEMOSTRAR LA CAPACIDAD DE LOS MICROPILOTES PARA SOPORTAR LAS CARGAS TRANSMITIDAS POR LAS VIVIENDAS DEL CONDOMINIO VILLA CHORRILLOS EN LA AVENIDA HERNANDO DE LAVALLE	LOS MICROPILOTES RESISTEN LAS CARGAS TRANSMITIDAS POR LAS VIVIENDAS DEL CONDOMINIO VILLA CHORRILLOS EN LA AVENIDA HERNANDO DE LAVALLE				Nominal	

ANEXO 2

RESULTADO DEL ESTUDIO DE SUELOS

PROYECTO N° M3945		PERFIL DE SUELOS	LAMINA N° M3945 - 2	
Sondaje: C-1		Tipo: Calicata	Proyecto: TERRENO EN LA ENCANTADA CHORRILLOS - LIMA	
Cota del Terreno: ---		Registrado: J. ESCAJADILLO		
Prof. del Agua Subterránea: 1.50 m		Revisado: M. MARTINELLI	Fecha: FEBRERO 2012	
Profund. (m)	Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	sucs
0.50			Relleno, Arena fina, limosa, gravosa, suelta, seca, marrón. Finos de plasticidad baja, Restos de desmonte (pedazos de concreto).	
1.00				
1.50			Suelo orgánico, Limo arcilloso, arenoso, de plasticidad alta, blando, saturado, marrón claro, Raíces delgadas.	OH
2.00			Arena fina, mal graduada, medianamente densa, saturada, plomo.	SP
2.50			Limo arcilloso, arenoso, de plasticidad baja, blando, saturado, plomo, Raíces delgadas, Olor fétido.	ML
2.50			Limo arcilloso, arenoso, de plasticidad alta, medianamente compacto, saturado, plomo.	MH
3.00			Arena fina a media, limosa, medianamente densa, saturada, plomo, Finos de plasticidad baja.	
3.50				
4.00				
4.50				
5.00				
5.50				
LEYENDA		OBSERVACIONES:		
	M. Alterada		M. en Bloque	
	M. Inalterada		M. de agua	

PROYECTO
N°
M3945



PERFIL DE SUELOS

LAMINA N° M3945 - 3

Sondaje: C-2

Tipo: Calicata

Proyecto: TERRENO EN LA ENCANTADA
CHORRILLOS - LIMA

Cota del Terreno: —

Registrado: J. ESCAJADILLO

Prof. del Agua Subterránea: 2.00 m

Revisado: M. MARTINELLI

Fecha: FEBRERO 2012

Profund. (m)	Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	sucs
0.50			Relleno. Arena fina, limosa, gravosa, suelta, seca, marrón; con piedras y bolones redondeados de 8 pulg de tamaño máximo. Finos de plasticidad baja. Restos de desmonte y basura (pedazos de concretos, ladrillos, trapos, vidrios y plásticos).	
1.00				
1.50			Arena fina a medja, ligeramente limosa, ligeramente orgánica, bien graduada, medianamente densa, saturado, plomo. Finos de plasticidad baja. Raíces delgadas. Olor fétido.	SW-SM
2.00				
2.50				
3.00				
3.50				
4.00				
4.50				
5.00				
5.50				

LEYENDA

- M. Alterada
- M. Inalterada
- M. en Bloque
- M. de agua

OBSERVACIONES:



PERFIL DE SUELOS

LAMINA N° M3945 - 4

Sondaje: **C-3** Tipo: **Calicata** Proyecto: **TERRENO EN LA ENCANTADA CHORRILLOS - LIMA**
 Cota del Terreno: **---** Registrado: **J. ESCAJADILLO**
 Prof. del Agua Subterránea: **1,50 m** Revisado: **M. MARTINELLI** Fecha: **FEBRERO 2012**

Profund. (m)	Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	sucs
0.50			Rejillo. Arena fina, limosa, gravosa, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón, con piedras y bolones redondeadas de 7 pulg de tamaño máximo. Finos de plasticidad baja. Restos de desmonte (pedazos de concretos y ladrillos).	
1.00			Turba. Limo arcilloso, de plasticidad baja, blando, húmedo a saturado, negro. Raíces en descomposición.	Pt
1.00			Limo arcilloso, arenoso, de plasticidad media, blando, saturado, marrón plomizo. Raíces delgadas. Olor fétido.	ML
1.50			Arena fina, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa, saturada, plomo. Finos no plásticos.	SP-SM
2.50			Arena fina a media, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa a densa, saturada, plomo. Finos de plasticidad baja.	SP-SM
3.50				
4.00				
4.50				
5.00				
5.50				

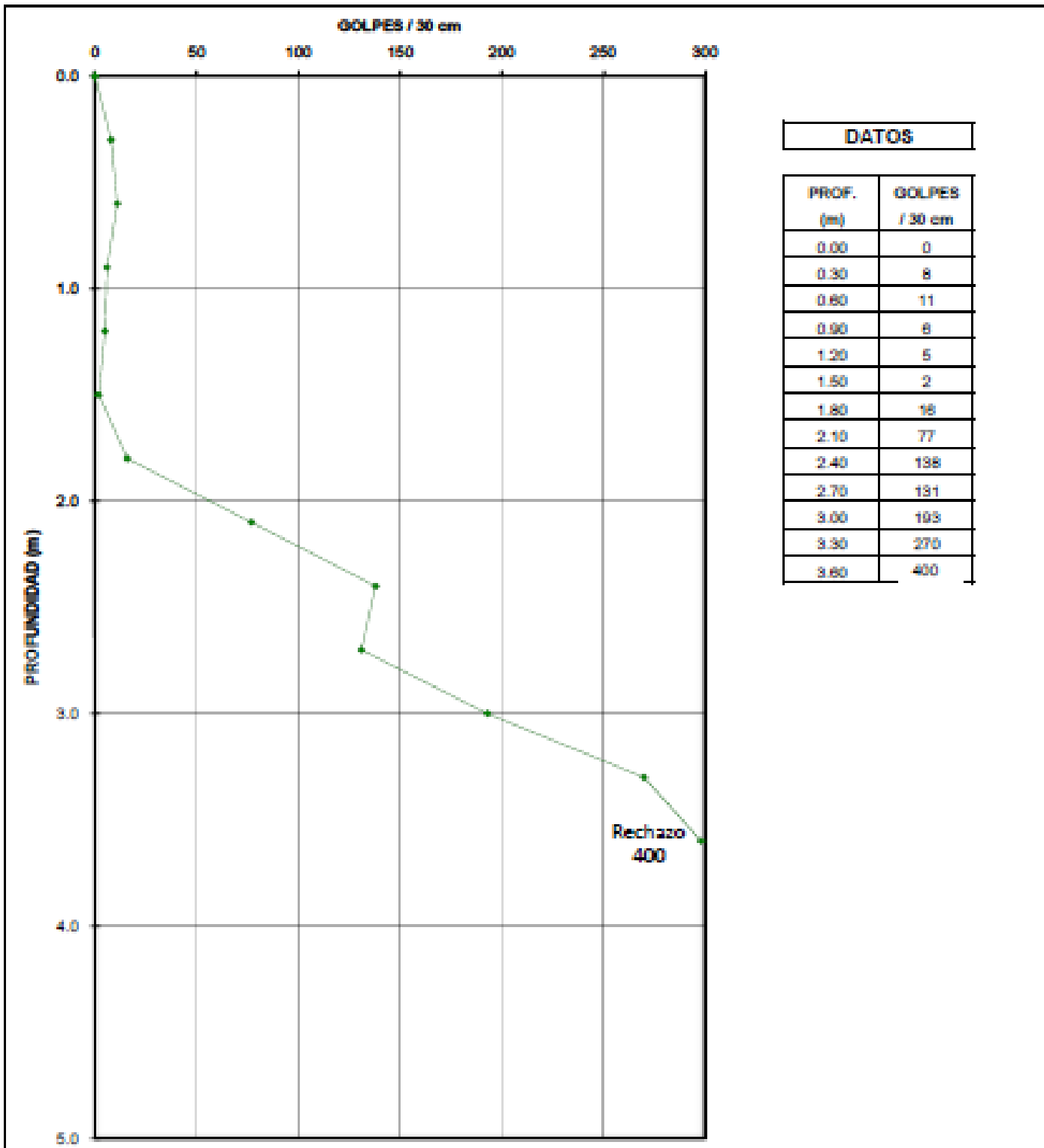
LEYENDA		OBSERVACIONES:
M. Alterada	M. en Bloque	
M. Inalterada	M. de agua	

LÁMINA N° M3945-5
AUSCULTACIÓN CON CONO DE PECK CP-1

PROYECTO : TERRENO EN LA ENCANTADA, CHORRILLOS - LIMA

REGISTRO : J. ESCAJADILLO

REVISÓ : M.MARTINELLI



DATOS

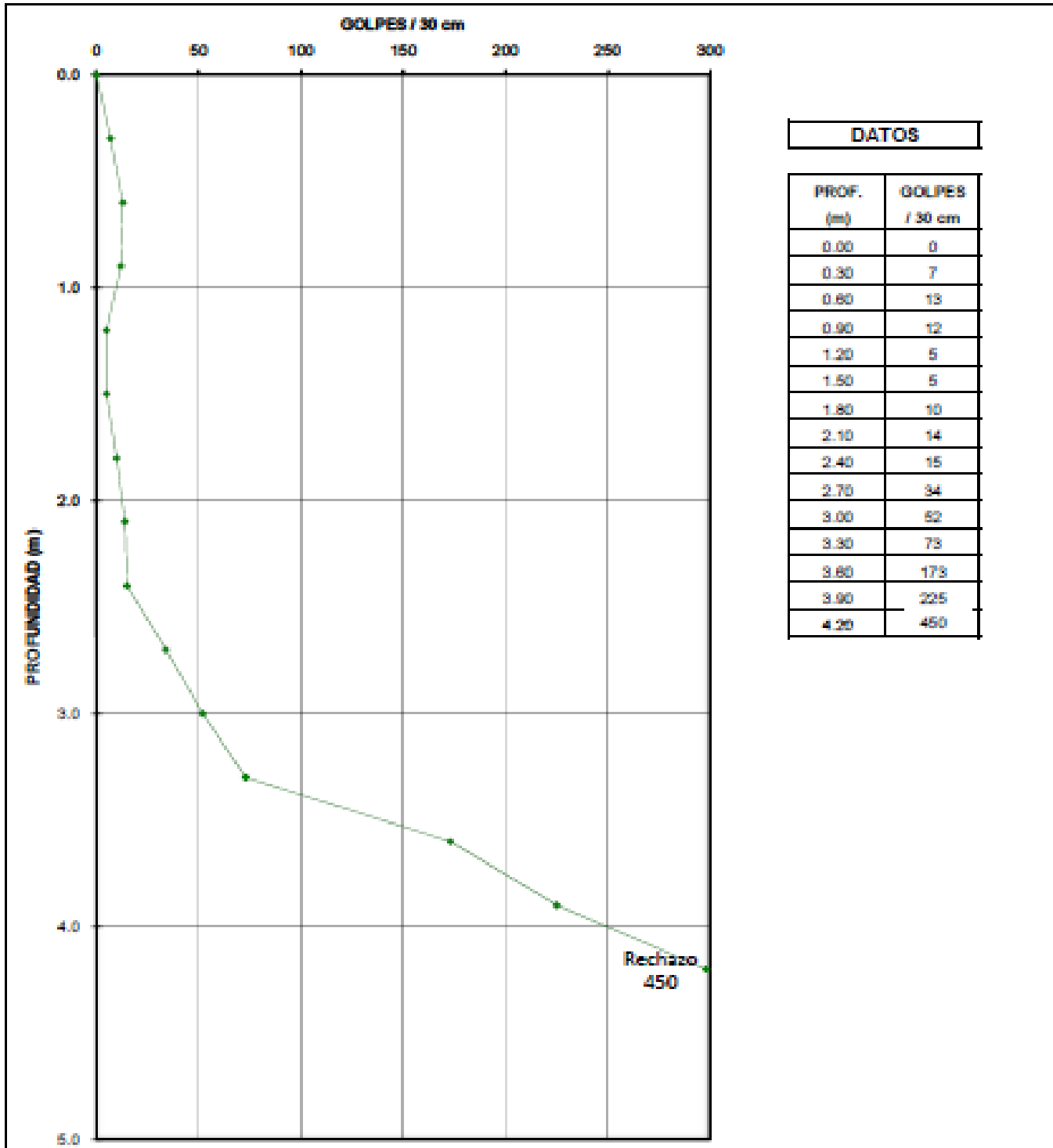
PROF. (m)	GOLPES / 30 cm
0.00	0
0.30	8
0.60	11
0.90	8
1.20	5
1.50	2
1.80	18
2.10	77
2.40	138
2.70	131
3.00	193
3.30	270
3.60	400

LÁMINA N° M3945-6
AUSCULTACIÓN CON CONO DE PECK CP-2

PROYECTO : TERRENO EN LA ENCANTADA, CHORRILLOS - LIMA

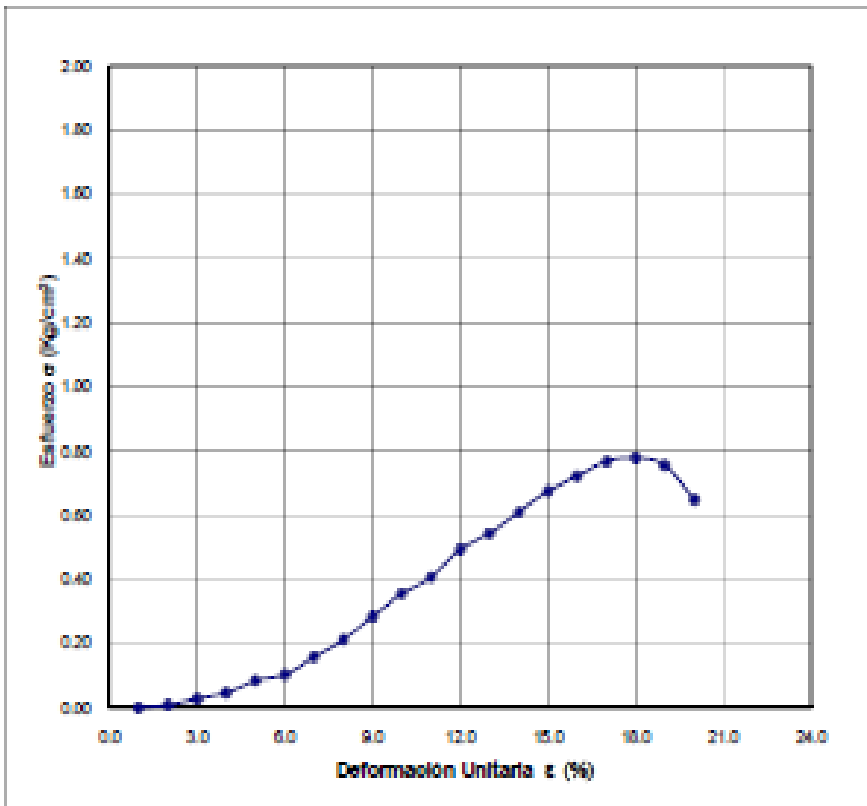
REGISTRO : J. ESCAJADILLO

REVISO : M.MARTINELLI



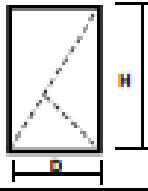
ENSAYO DE COMPRESION NO CONFINADA ASTM D-2166

PROYECTO : TERRENO EN LA ENCANTADA
UBICACIÓN : CHORRILLOS - LIMA
SONDAJE : C - 1
PROFUNDIDAD : 2.30 - 2.50 m



Q_u	::	0.78	kg/cm ²
γ	::	1.426	gr/cm ³
γ_s	::	0.796	gr/cm ³
w	::	79.05	%
G_s	::	--	gr/cm ³
H	::	87.20	mm
D	::	40.35	mm

ESQUEMA DE FALLA



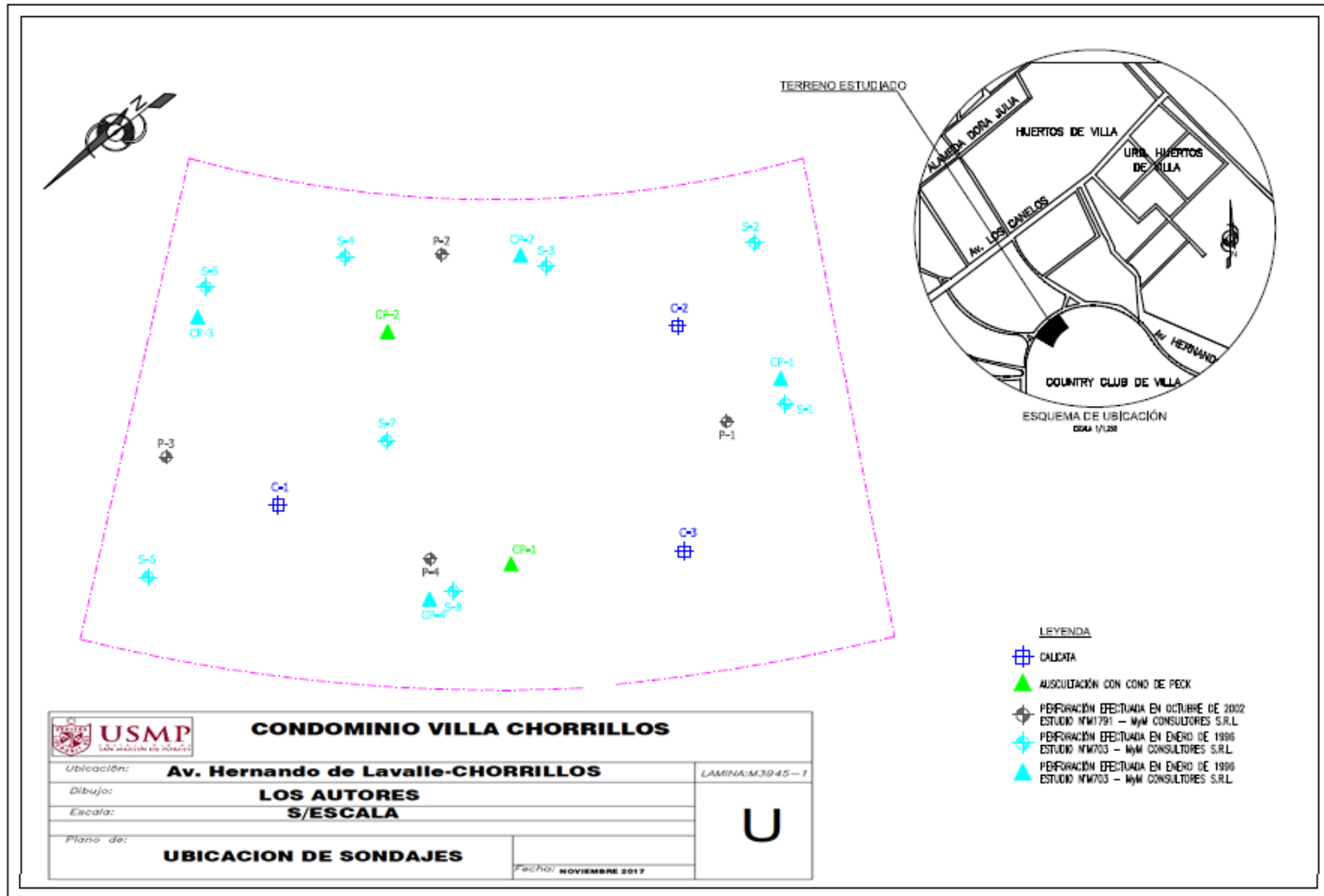
CUADRO N° M3945-1

TERRENO EN LA ENCANTADA, CHORRILLOS - LIMA

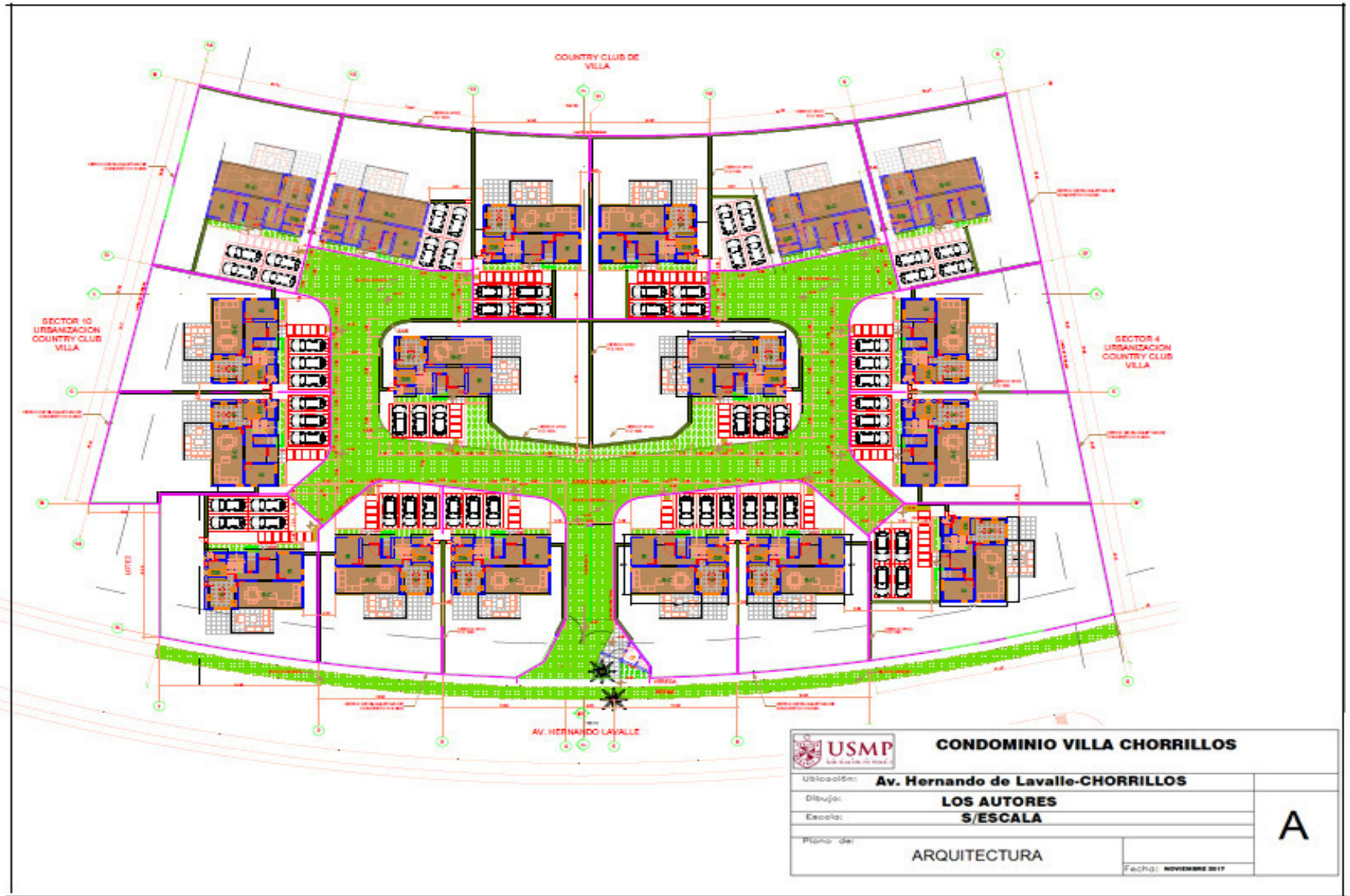
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO, LÍMITES DE ATTERBERG, CONTENIDO DE HUMEDAD Y CLASIFICACIÓN UNIFICADA

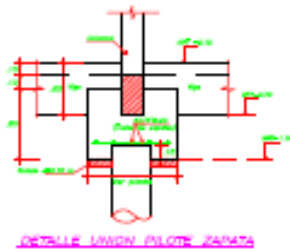
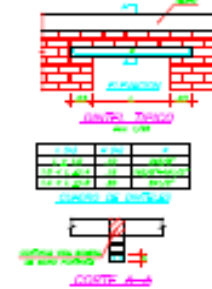
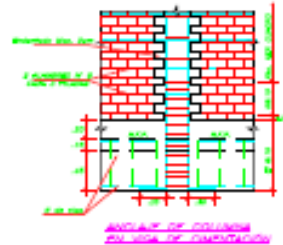
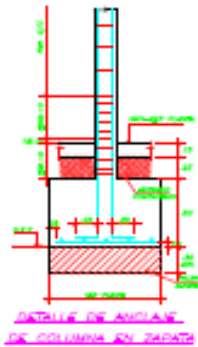
MUESTRA		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO										LÍMITES DE ATTERBERG			HUMEDAD	SUCS	
Sondaje	Profundidad (m)	% QUE PASA LA MALLA N°										L.L	L.P	I.P	(w)		
		1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°20	N°40	N°100	N°200	%	%	%		%
C - 1	1.60 - 1.80						100	95	93	91	80	76	60	42	18	46.4	OH
C - 1	2.30 - 2.50						100	96	92	87	71	68	69	47	22	79.1	MH
C - 2	2.30 - 2.50						100	84	76	58	16	11	19	17	2	29.2	SW-SM
C - 3	1.00 - 1.20						100	93	90	84	56	52	44	27	17	78	ML
C - 3	3.00 - 3.20						100	97	95	66	11	9	17	14	3	24.7	SP-SM

ANEXO 3 PLANO DE UBICACIÓN



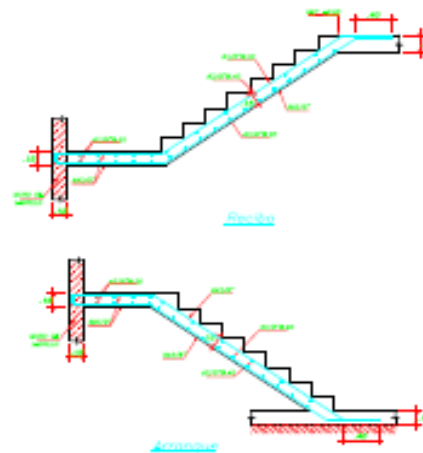
ANEXO 4 PLANO DE ARQUITECTURA



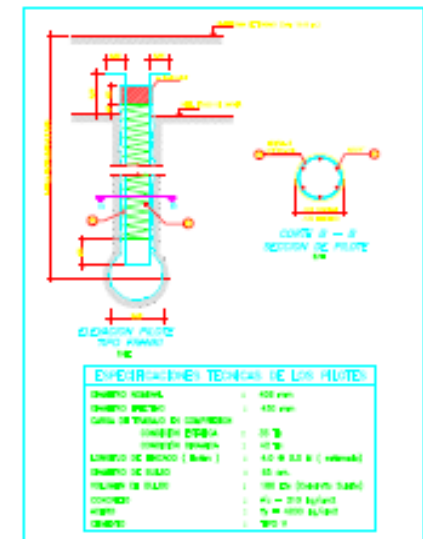


Tubo	1.50	4.50	6.00
2-1	0.80	0.80	0.80
2-2	0.80	0.80	0.80
2-3	1.00	0.80	0.80

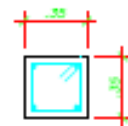
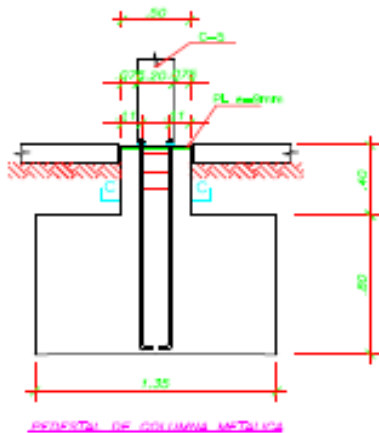
CUBO DE ZAPATA



ESCALERA - TÍPICA
1/0-400 según




ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ACEROS:	
DIÁMETRO BARRA	10 mm
DIÁMETRO BARRA	10 mm
CANTIDAD DE BARRAS DE COMPRESIÓN	4
DIÁMETRO BARRA	10 mm
DIÁMETRO BARRA	10 mm
DIÁMETRO DE BARRA (Barra)	10 mm (10 mm)
DIÁMETRO DE BARRA	10 mm
DIÁMETRO DE BARRA	10 mm (10 mm)
DIÁMETRO	10 mm
DIÁMETRO	10 mm



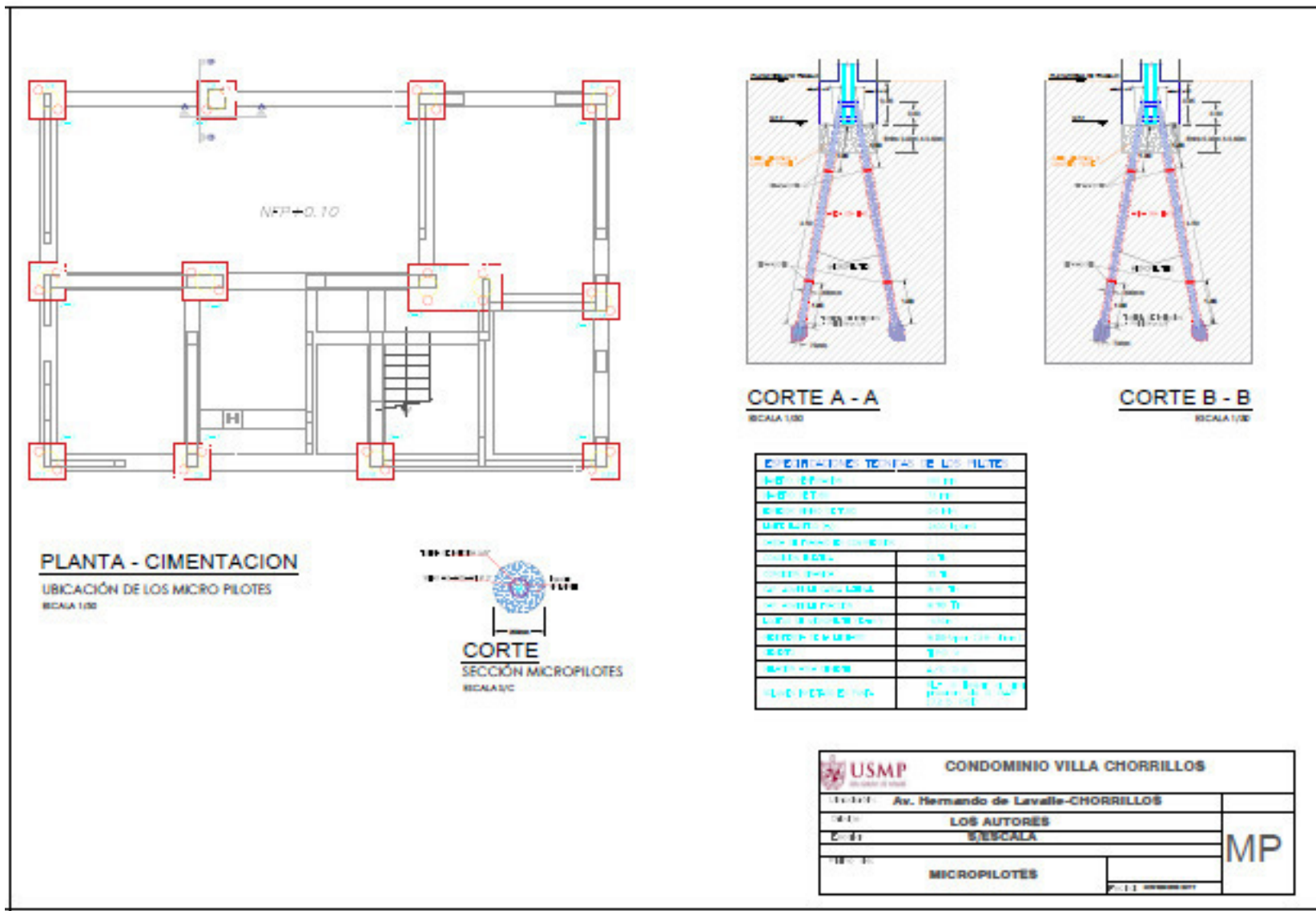
483/4"
2 (3/8" x 10.10

COMP. C-C

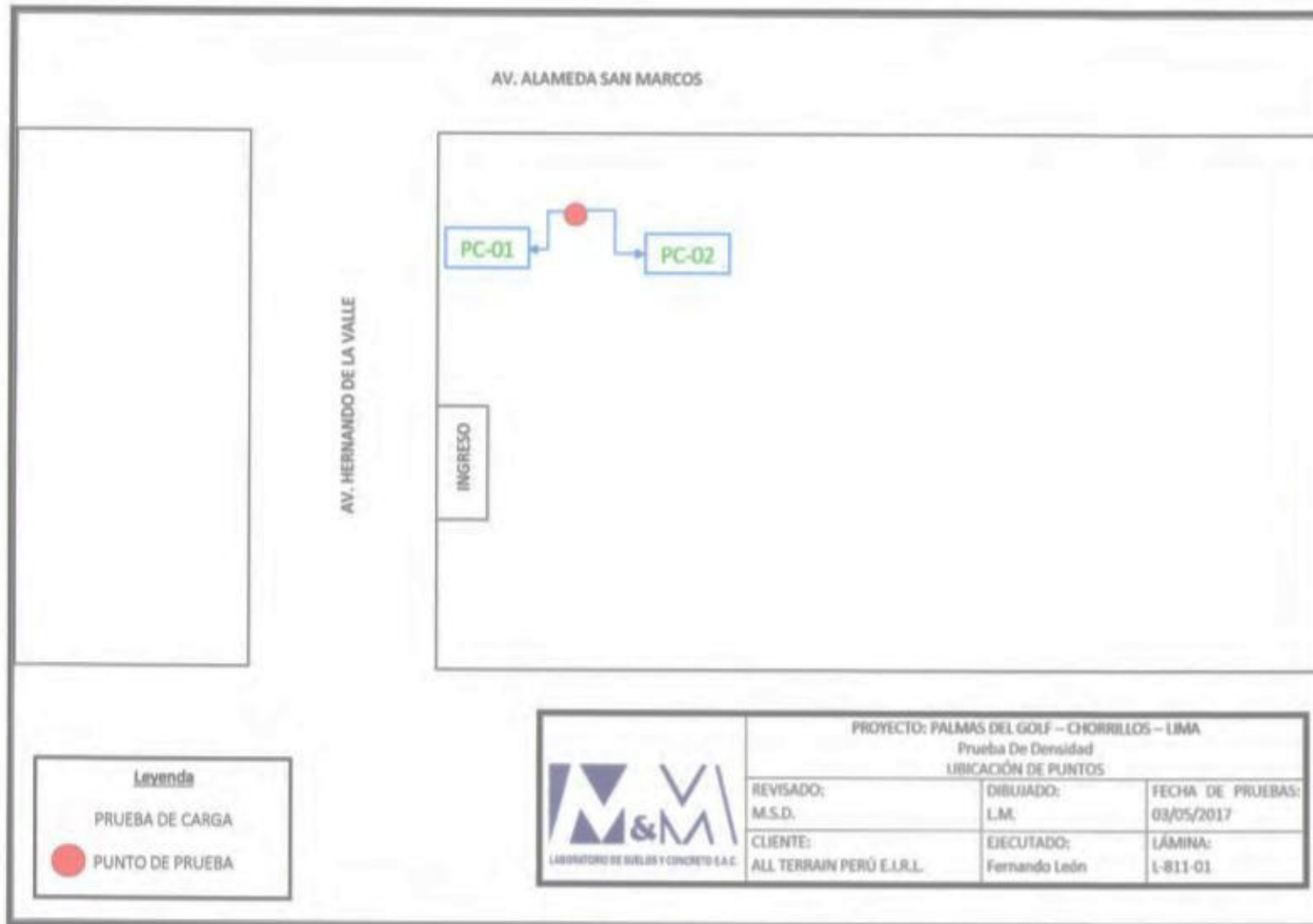
 CONDOMINIO VILLA CHORRILLOS		E2
Universidad:	Av. Hernando de Lavallo-CHORRILLOS	
Dibujo:	LOS AUTORES	
Acero:	S/ESCALA	
Plano de:	CIMENTACION	

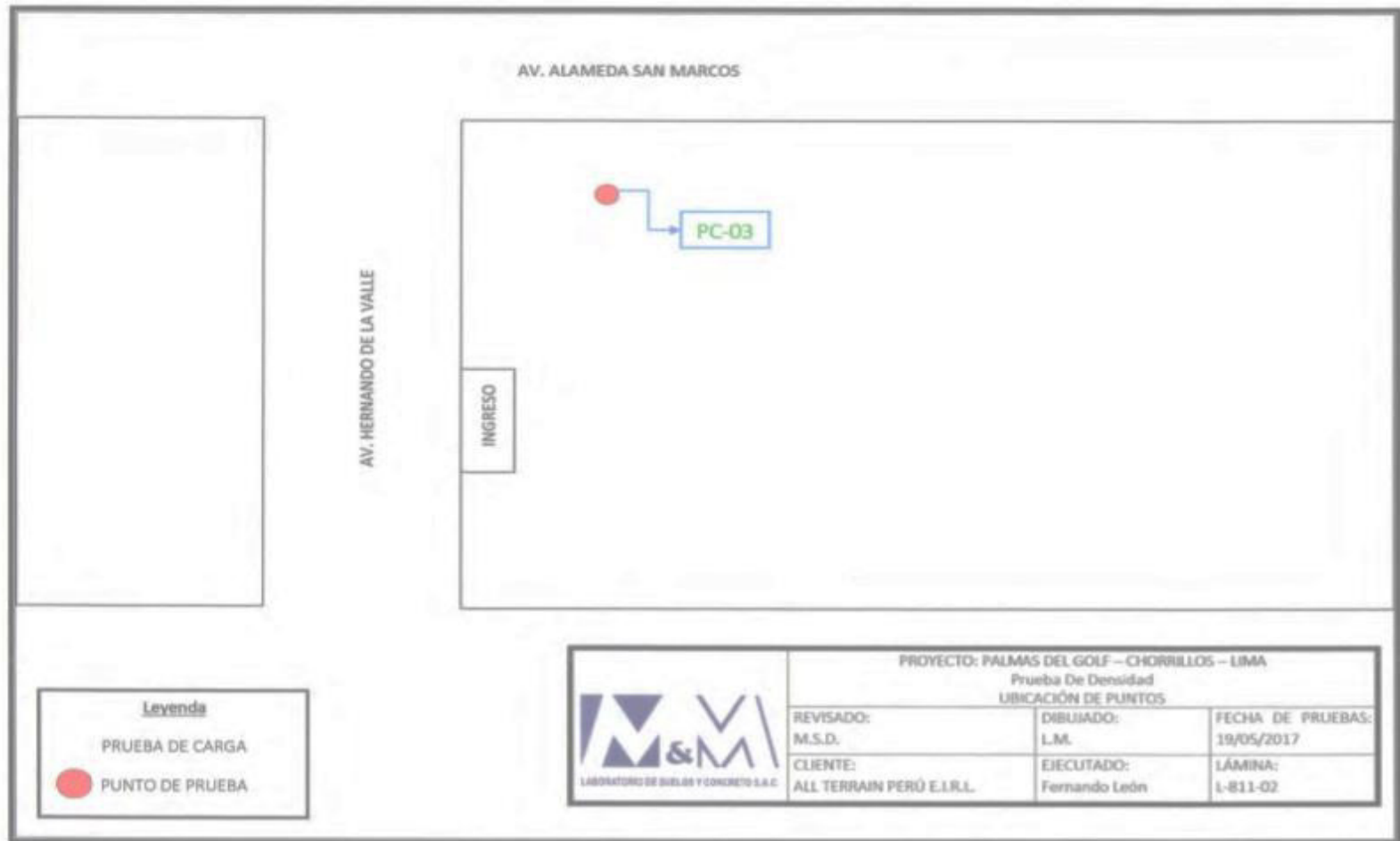
ANEXO 6


PLANO DE DETALLE DE MICROPILOTES




ANEXO 7 CARGA DE PLACA





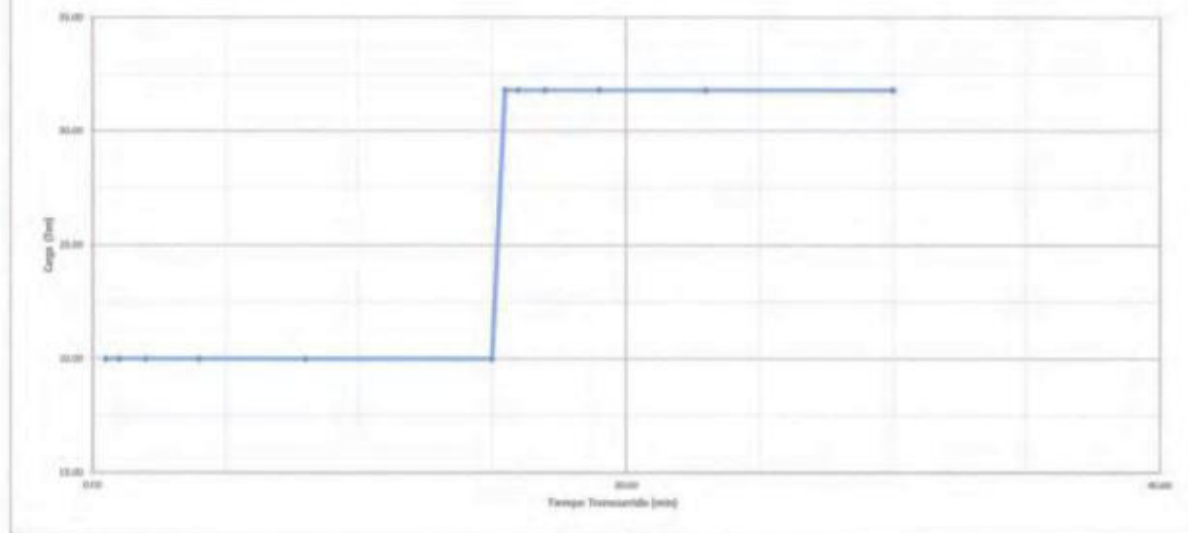
Leyenda	
	PRUEBA DE CARGA
	PUNTO DE PRUEBA

 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO S.A.C.	PROYECTO: PALMAS DEL GOLF – CHORRILLOS – LIMA Prueba De Densidad UBICACIÓN DE PUNTOS		
	REVISADO: M.S.D.	DIBUJADO: L.M.	FECHA DE PRUEBAS: 19/05/2017
	CLIENTE: ALL TERRAIN PERÚ E.I.R.L.	EJECUTADO: Fernando León	LÁMINA: L-811-02

ENSAYO DE CARGA DE PLACA - GRAFICO CARGA VS. TIEMPO TRANSCURRIDO

Fecha de ensayo:	03 de Mayo de 2017	Proyecto:	Palmas del Golf - Pruebas de Carga sobre Micropilotes
Solicitante:	AB Terrain Perú S.R.L.	Ubicación de la Prueba:	Modulo 4, Columna C10, Zapata Z-2

Prueba de Carga PC-01

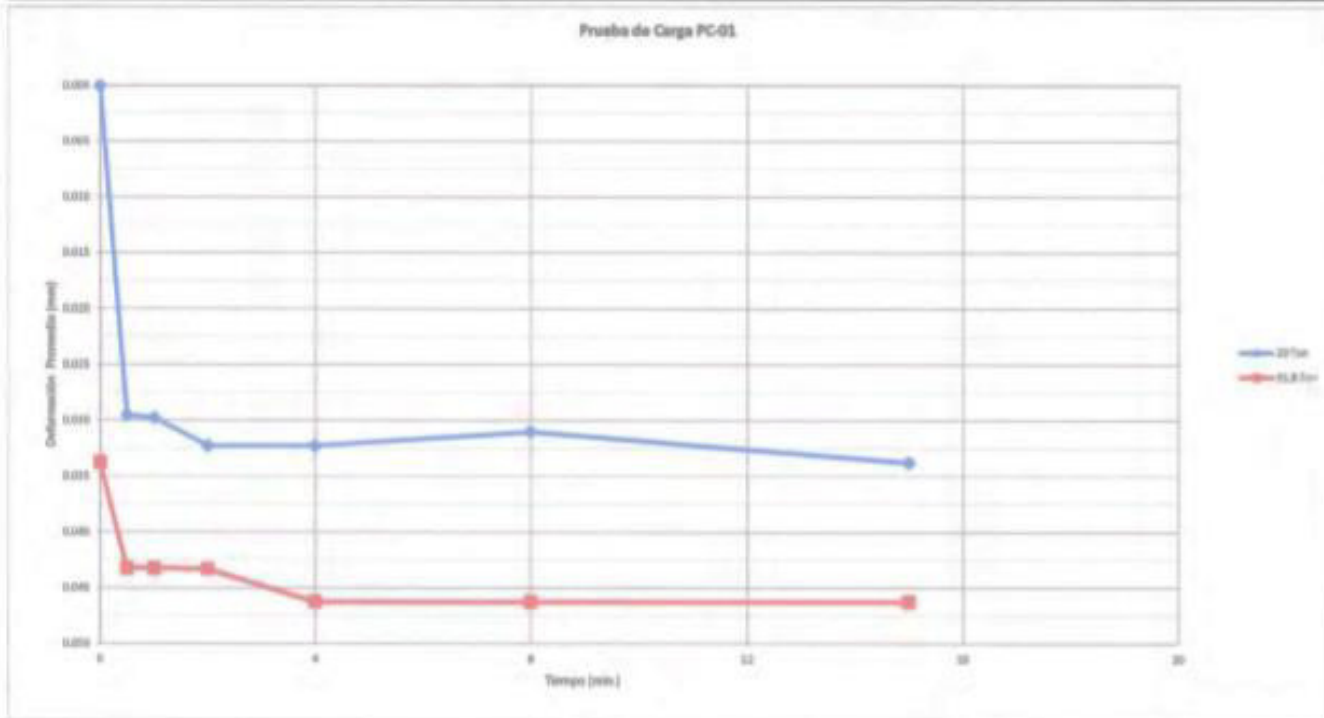


ENSAYO DE CARGA DE PLACA - GRAFICO DEFORMACION VS. TIEMPO

Página 7 de 8

Fecha de ensayo:	03 de Mayo de 2017	Proyecto:	Palmas del Golf - Pruebas de Carga sobre Microplistas
Solicitante:	All Terrain Perú E.R.L.	Ubicación de la Prueba:	Módulo 4, Columna C30, Zapata Z-2

Prueba de Carga PC-01



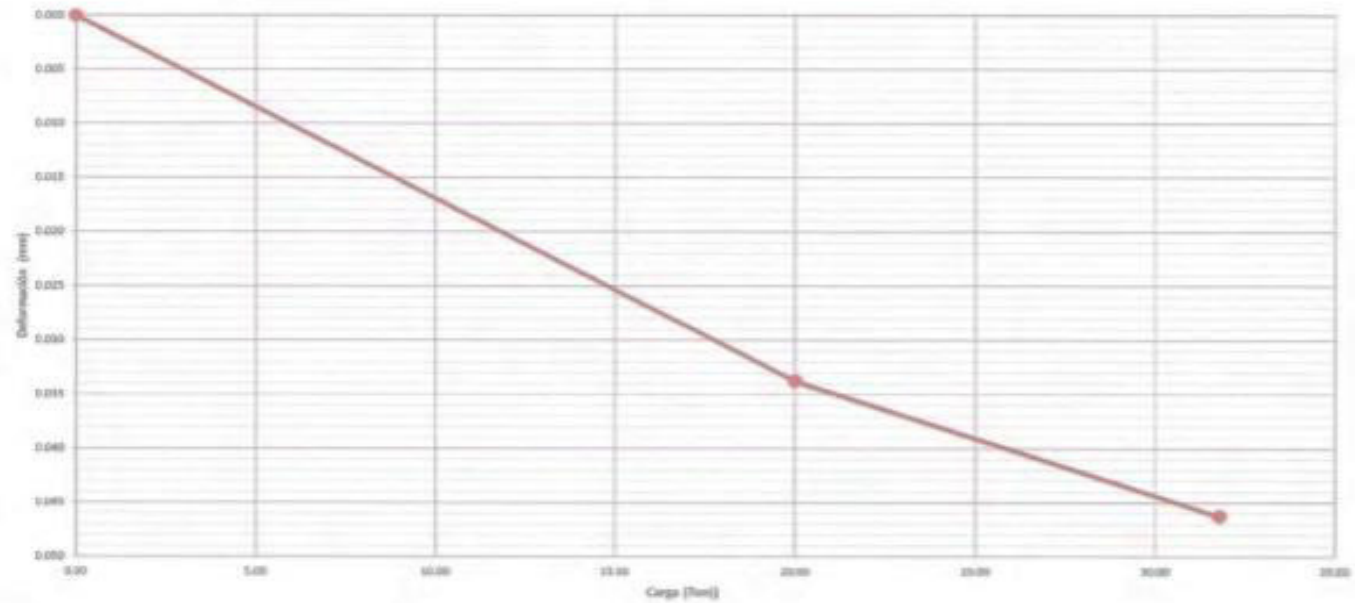
ENSAYO DE CARGA DE PLACA - GRAFICO CARGA VS. DEFORMACION

Fecha de ensayo: 03 de Mayo de 2017
Solicitante: All Terrain Perú E.R.L.

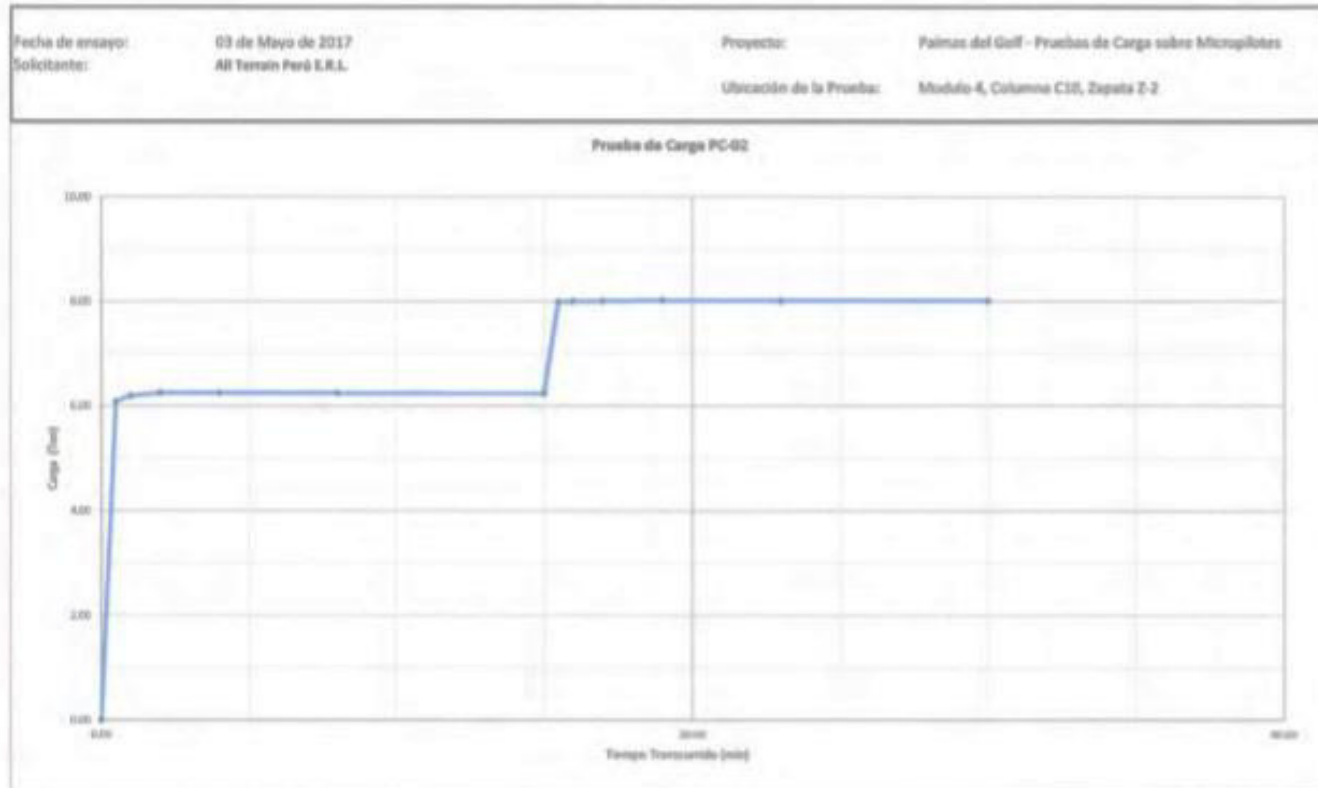
Proyecto: Palmas del Golf - Pruebas de Carga sobre Micropilotes

Ubicación de la Prueba: Módulo 4, Columna C10, Zapata Z-2

Prueba de Carga PC-01

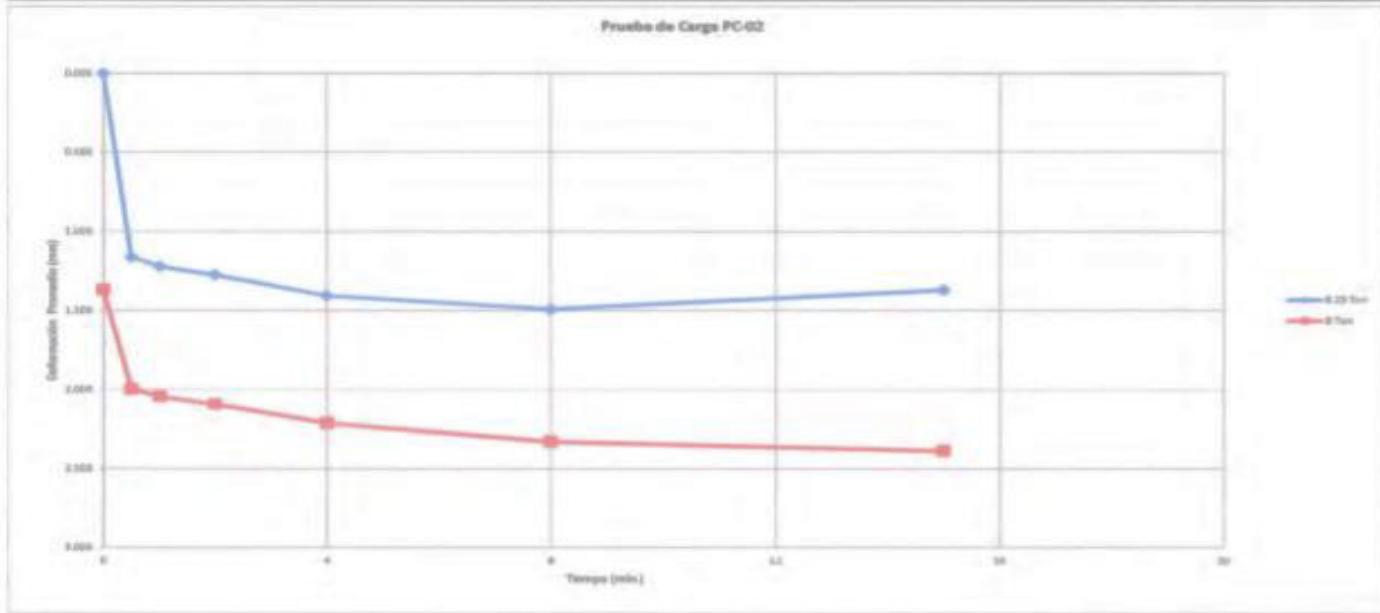


ENSAYO DE CARGA DE PLACA - GRAFICO CARGA VS. TIEMPO TRANSCURRIDO



ENSAYO DE CARGA DE PLACA - GRAFICO DEFORMACION VS. TIEMPO

Fecha de ensayo:	03 de Mayo de 2017	Proyecto:	Palmas del Golf - Pruebas de Carga sobre Micropilotes
Solicitante:	All Terrain Perú E.R.L.	Ubicación de la Prueba:	Modulo A, Columna C10, Zapata Z-2

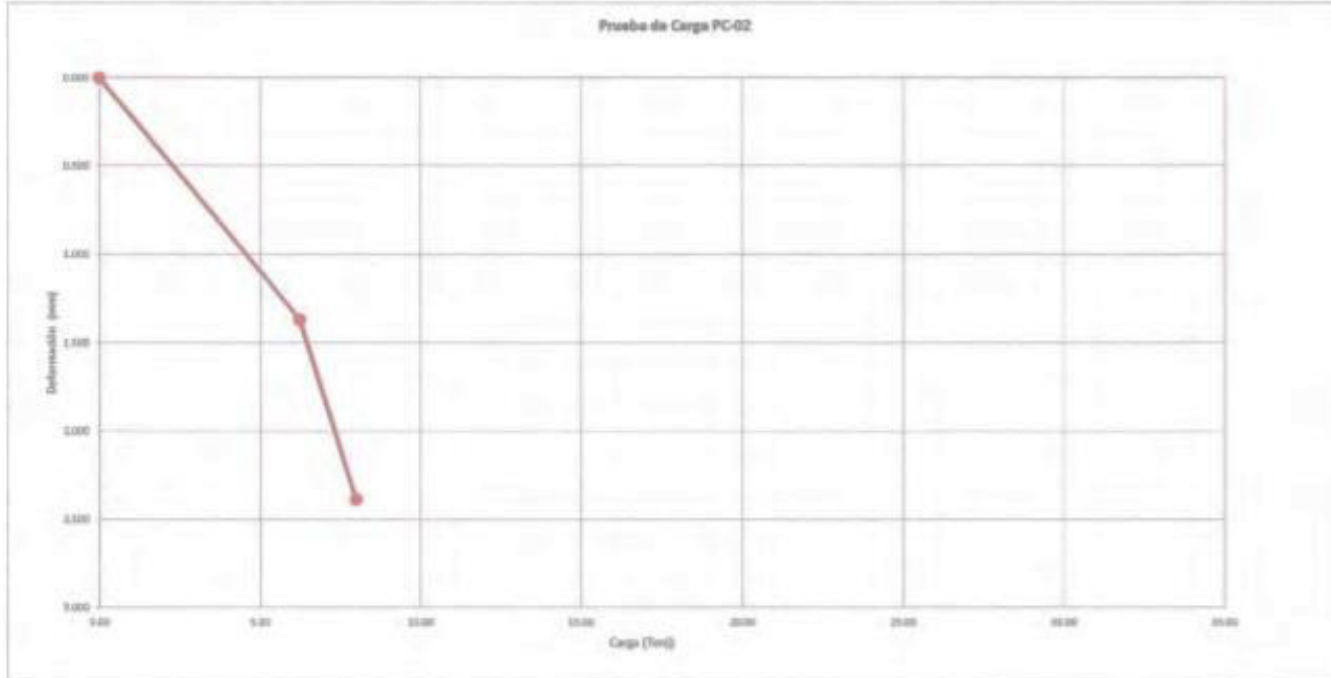


ENSAYO DE CARGA DE PLACA - GRAFICO CARGA VS. DEFORMACION

Fecha de ensayo: 03 de Mayo de 2017
Solicitante: All Terrain Perú E.R.L.

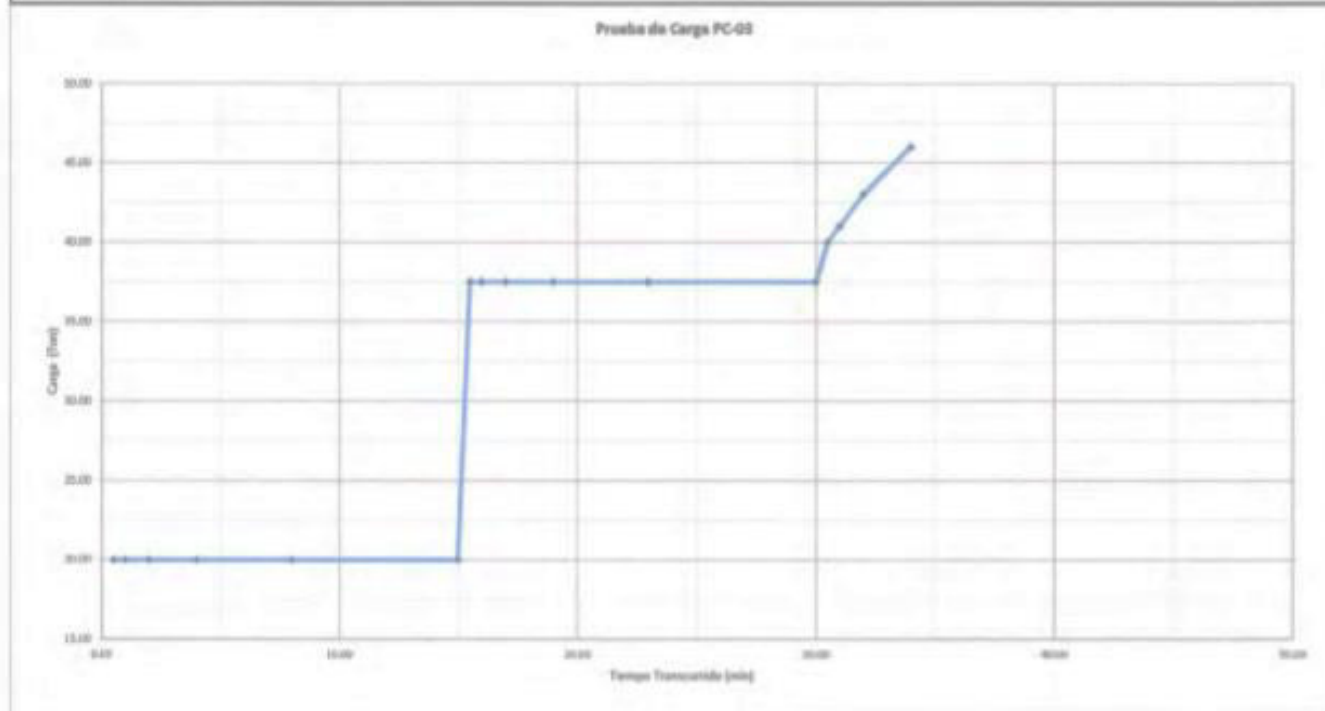
Proyecto: Palmas del Golf - Pruebas de Carga sobre Microplotos
Utilización de la Prueba: Módulo 4, Columna C10, Zapata Z-2

Prueba de Carga PC-02



ENSAYO DE CARGA DE PLACA - GRAFICO CARGA VS. TIEMPO TRANSCURRIDO

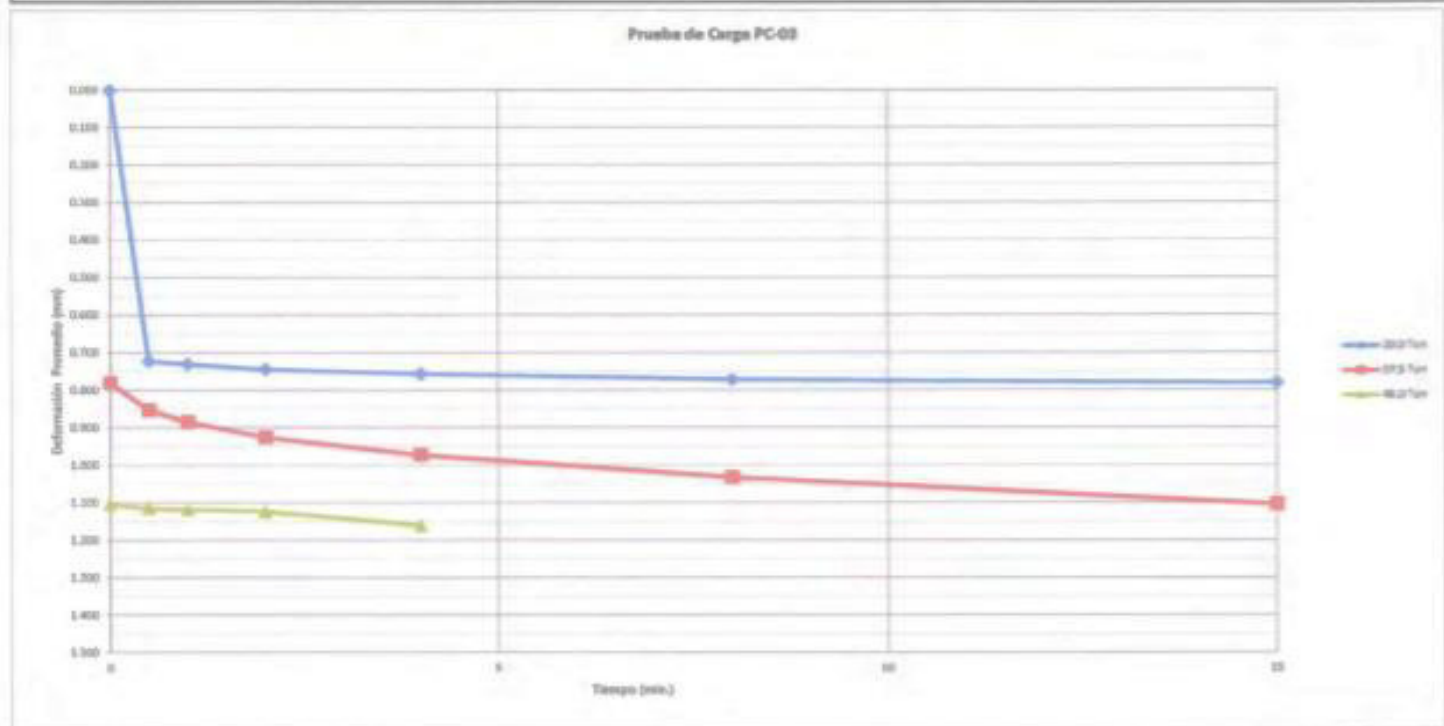
Fecha de ensayo:	19 de Mayo de 2017	Proyecto:	Palmas del Golf - Pruebas de Carga sobre Micropilotes
Solicitante:	All Terrain Perú E.R.L.	Ubicación de la Prueba:	--
PRUEBA DE CARGA VERTICAL PC-03			



ENSAYO DE CARGA DE PLACA - GRAFICO DEFORMACION VS. TIEMPO

Página 3 de 4

Fecha de ensayo:	19 de Mayo de 2017	Proyecto:	Palmas del Golf - Pruebas de Carga sobre Micropilotes
Solicitante:	All Terrain Perú E.R.L.	Ubicación de la Prueba:	-

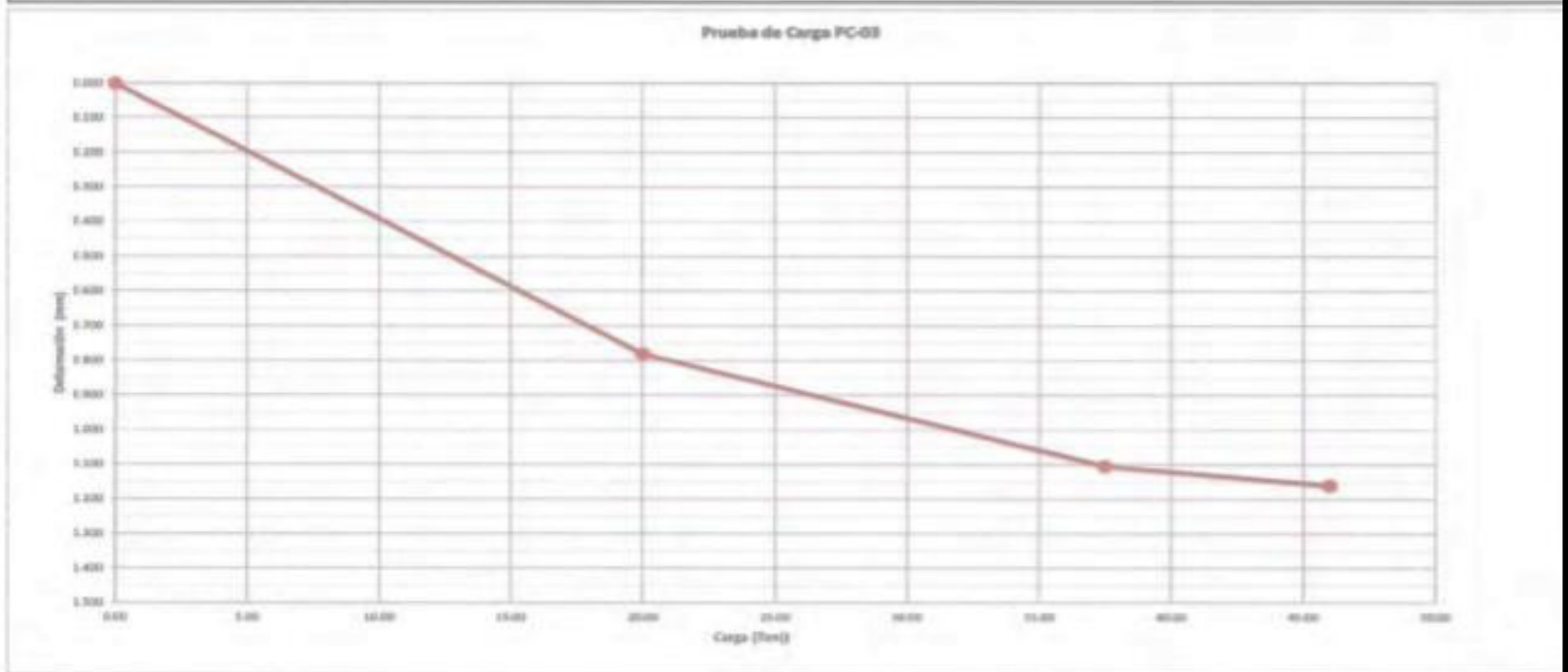


ENSAYO DE CARGA DE PLACA - GRAFICO CARGA VS. DEFORMACION

Fecha de ensayo: 19 de Mayo de 2017
Solicitante: All Terrain Perú E.R.L.

Proyecto: Palmas del Golf - Pruebas de Carga sobre Micropilotes

Ubicación de la Prueba: --



ANEXO 8 PROTOCOLO DE MICROPILOTES

REGISTRO DE CONTROL DE CALIDAD DE EJECUCIÓN DE MICROPILOTES				AT PRO F 01			
			REVISIÓN		01		
			PÁGINA		1 de 1		
PROYECTO				PROTOCOLO N°/PLANO N°		/	
CLIENTE				CÓDIGO DE MICROPILETO			
UBICACIÓN				MÓDULO N°/COLUMNA N°		/	
				FECHA DE INSTALACIÓN			

COTAS DE EJECUCIÓN EN MICROPILOTES				
COTA	Nivel de plataforma de trabajo	↓	Nivel de camisa temporal	
A			↓	ESTRATEGIA (tipo de material, compactación, dificultad para excavar, etc.)
B				
C	Nivel de inyectado	↓		
D	Altura de descabezado	↑		
E				

DIAMETRO		(C - E)		
LONGITUD DEL PILETO				mm
PERFORACIÓN				
Nivel de plataforma		(B)		m
Nivel freático observado		(E)		m
Nivel real de la punta del micropiloto		(B - E)		m
Altura de plataforma a punta del micropiloto		(A)		m
Nivel superior de la camisa temporal		(F)		m
Nivel proyectado para punta de micropiloto				m
Tipo de perforación				
<i>Visto bueno del ejecutor/cliente</i>				
COLOCADO DE ARMADURA TUBULAR				
Longitud (m)/diámetro (")/espesor (mm)	/	/	/	
Tipo de acero/Límite elástico (Fy en Kg/cm2)	/	/	/	
Cantidad de uniones/centradores/diámetro centrador (")	/	/	/	
<i>Visto bueno del ejecutor/cliente</i>				
INYECCIÓN				
Tipo de inyección (IU, IR, IRS)				
Nivel de inyectado		(C)		m
Tipo de mezcla de inyección: Mortero o lechada				
Relación agua cemento/cemento (bls)/tipo	/	/	/	
Volumen inyectado: teórico/ real	/	/	/	m3
Dosificación de cemento en el mortero	/	/	/	Kg/m
Tipo de aditivo/dosificación (Lt/bolsa)	/	/	/	
Preparación de la mezcla: Hora inicio/hora finalización	/	/	/	
Cantidad de probetas/diámetro(")/altura (m)	/	/	/	
<i>Visto bueno del ejecutor/cliente</i>				
DESVIACION DELEJE DEL PILETO DESDE SU POSICION TEORICA				
Coordenadas	Eje X	m	Eje Y	m
Desviación	dx	cm	dy	cm
Inclinación	Eje X	°	Eje Y	°
<i>Visto bueno del ejecutor/cliente</i>				
POST EJECUCION				
Nivel de descabezado		(D)		m
Resistencias a compresión de probetas a los 7 días	/	/	/	MPa
Resistencias a compresión de probetas a los 28 días	/	/	/	MPa
OBSERVACIONES DEL EJECUTOR				
OBSERVACIONES DEL CLIENTE				

TIEMPOS DE EJECUCION							
Descripción	Hora inicial	Fecha	Hora final	Fecha	Duración		Comentarios
					Hr	Min	
Perforación							
Colocación armadura							
Inyección							
PARALIZACIONES							

REALIZADO POR		REVISADO POR		SUPERVISADO POR	
Firma:		Firma:		Firma:	
Nombre:		Nombre:		Nombre:	
Cargo: Responsable de producción		Cargo: Responsable de calidad de cliente		Cargo:	
Fecha:		Fecha:		Fecha:	

ANEXO 9

CERTIFICADO DE MÁQUINA PERFORADORA KLEM-805



CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

DIRECCION TECNICA DE EQUIPOS DE PERFORACION

SISTEMAS DE PERFORACION Y GEOTECNIA SAC

DESCRIPCION:

FABRICANTE	KLEMM BOHRTECHNIK Wintersohler Str. 5, 57489 Drolshagen, Alemania
PRODUCTO	PERFORADORA HIDRAULICA SOBRE ORUGAS
NUMERO DE SERIE	805-1
UNIDAD DE POTENCIA, MARCA Y TIPO	MOTOR DE COMBUSTION INTERNA CAT 3055E
POTENCIA	129KW
UNIDAD DE PERFORACION	KD 1624
TORQUE MAXIMO	10.4 KN
PESO EN OPERACION	14500 KG

Se certifica que la perforadora indicada cumple los requisitos y se encuentra en condiciones para realizar el trabajo que tiene encomendado según las especificaciones del fabricante, el manual de operación y servicio de KLEMM BOHRTECHNIK. Así lo certificamos a través del servicio post venta de SISTEMAS DE PERFORACION Y GEOTECNIA SAC. El certificado no implica evaluación de la producción del producto y no permite el uso de la marca KLEMM BOHRTECHNIK. La empresa propietaria está autorizada utilizar el equipo según el manual del producto y los manuales de perforación propios.

SISTEMAS DE PERFORACION
Y GEOTECNIA SAC
MARIO ALVARADO CRUZ
DIRECTOR EQUIPOS DE PERFORACION

Equipos, alquiler y servicio técnico SPG

Lima 17 de Agosto de 2017

SISTEMAS DE PERFORACION Y GEOTECNIA S.A.C.
R.L.C.: 20249340769
Oficina Central: Calle Almirante Lord Nelson 420, Miraflores (Lima - Perú)
Fábrica: Av. Néstor Gambetta 4723, Callao (Lima-Perú)

ANEXO 10
CERTIFICADO DE COMPRESORA

	RENTAL AIR PERU S.A.C. <i>Especialistas en compresoras de aire</i>
CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD	
Lima 05 de Enero del 2016	
Señores:	Europe Drilling Peruana S.A.C.
Atención:	Sr. Juan Pablo Loayza Chalan Jefe de Operaciones
De nuestra especial consideración. Por la presente certificamos que la maquina con las siguientes características:	
Equipo	: Compresora de aire portátil de tipo tornillo.
Modelo	: XRS415.
Marca	: Atlas Copco.
Nº de serie	: YA360616300324942.
Año	: 2006.
Horómetro	: 6970 horas.
SE ENCUENTRA EN BUENAS CONDICIONES TECNICAS Y OPERATIVAS.	
Por lo tanto, cumplimos con emitir el presente certificado para los fines que estime conveniente.	
Sin otro particular nos reiteramos de ustedes.	
Atentamente:	
  Ing. Lizbeth Delgado Crisles CIP: 113100 RENTAL AIR PERU S.A.C.	  Enrique Chang Nieto Instruc. Certificador cod.12963 RENTAL AIR PERU S.A.C.
Calle Los Agroquímicos N° 170 Dpto. 202 - Urb. Rustica El Sol (En La Unidad 3) La Molina - Lima ☎ 7229875	

ANEXO 11

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE LA CELDA PARA ENSAYO



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CDD-012-2017

Peticionario	: MyM Laboratorio de Suelos y Concreto S.A.C.		
Atención	: MyM Laboratorio de Suelos y Concreto S.A.C.		
Lugar de calibración	: Laboratorio CELDA EIRL, Av. Brasil N° 1361 - Jesús María - Lima		
Instrumento de medición	: Transductor de desplazamiento Lineal.		
Alcance de indicación	: 50 mm		
División de escala	: 0,001 mm		
Marca	: Humboldt	Modelo	: HM-2310,20
N° de serie	: 13889	Código	: PCAR-01-014
Tipo de indicación	: Digital HUMBOLDT s/n. 1308598		
Procedencia	: USA		
Método de calibración	: Procedimiento de calibración por comparación (usando bloques planoparalelos)		
Temp.(°C) y H.R.(%) inicial	: 24,5 °C / 69%		
Temp.(°C) y H.R.(%) final	: 24,6 °C / 68%		
Patrones de referencia	: Trazabilidad INACAL, patrones utilizados marca MITUTOYO, bloque de 1 mm con certificado N° LLA-C-011-2017, bloque de 2 mm con certificado N° LLA-C-010-2017, bloque de 2 mm con certificado N° LLA-C-009-2017, bloque de 5 mm con certificado N° LLA-C-008-2017, bloque de 10 mm con certificado N° LLA-C-007-2017, bloque 10 mm certificado N° LLA-C-006-2017 y bloque de 50 mm con certificado N° LLA-C-012-2017.		
Número de páginas	: 2		
Fecha de calibración	: 2017-04-19		

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2017-04-24	 Vladimir Tello-Torre <small>TECNICO DE LABORATORIO</small>	 JOSEPH ARNALDO RAMIREZ ORMERO <small>INGENIERO CIVIL Reg. CIP. Nº 89945</small>

CDD-012-2017
Página 1 de 2

Av. Brasil 1361 Int. 601 - Jesús María - Lima Tel: (01)4371145 - 3322711 web: www.celdaeir.com email: celda@celdaeir.com