

**DISEÑAR UNA CARTILLA DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE PILOTES
PARA EL APRENDIZAJE INSTRUCTIVO DE LOS ESTUDIANTES DE
INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA EN EL ÁREA
DE ESTRUCTURAS**

**JEISON ANDRES FALLA
KEVIN ALONSO MORALES RODRIGUEZ
DIEGO FERNANDO VEGA ZAMUDIO**

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C
2017**

**DISEÑAR UNA CARTILLA DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE PILOTES
PARA EL APRENDIZAJE INSTRUCTIVO DE LOS ESTUDIANTES DE
INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA EN EL ÁREA
DE ESTRUCTURAS**

**JEISON ANDRES FALLA
KEVIN ALONSO MORALES RODRIGUEZ
DIEGO VEGA ZAMUDIO**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

**ASESOR DISCIPLINAR: ING. ALFONSO AMÉZQUITA NIETO
ASESOR METODOLOGICO: LIC. BIBIANA CAROLINA GOMEZ SALGADO**

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C
2017**

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	4
1. JUSTIFICACIÓN	5
2. ANTECEDENTES	6
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	11
4. OBJETIVOS	13
4.1. OBJETIVO GENERAL	13
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
5. MARCO REFERENCIAL	14
5.1. MARCO TEÓRICO	14
5.2. MARCO CONCEPTUAL	16
5.2.1. PILOTES	16
5.2.1.1. Tipos de pilotos	18
5.2.1.2. Funcionamiento general de un pilote bajo carga	19
5.2.1.3. Elección del tipo de pilote	19
5.2.1.4. Tipos de cargas en pilotos	20
5.2.1.5. Consideraciones generales	20
5.2.1.5.1. Ventajas y desventajas	20
5.3. MARCO LEGAL	22
6. DISEÑO METODOLÓGICO	24
6.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	24
6.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	24
6.3. FASES	25
6.4. OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES	26
6.5. PRESUPUESTO	27
6.6. PROGRAMACIÓN	27
7. RESULTADOS	28
8. CONCLUSIONES	31
9. RECOMENDACIONES	35
10. REFERENCIAS	36

INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo de investigación tiene como propósito presentar la cartilla de pilotaje a la Facultad de Ingeniería Civil para aportar al proceso de enseñanza-aprendizaje del sector educativo de la Universidad. Guía necesaria para un eficaz y óptimo procedimiento constructivo sobre el tema de pilotaje. En ella se detalla todo el proceso que se realiza en la construcción de pilotajes (hincado en madera, hincado en concreto, pre excavado y hélice continua) para una mayor comprensión del estudiantado.

La cartilla realizada, presenta de forma teórica-práctica el bagaje experiencial del trabajo ejecutado durante varios años en obras de construcción, es decir, se combinó el aprendizaje adquirido en la Universidad La Gran Colombia junto con las funciones desempeñadas en el ámbito laboral. Al momento de profundizar en el tema, se identifican algunas falencias en la enseñanza a la hora de abordar procesos constructivos, evidenciando la ausencia de prácticas que acercan al estudiante a problemáticas reales en el quehacer diario de un ingeniero. Por ello, la cartilla es útil e instructiva, tanto para estudiantes como para profesionales que se inclinaron por las cimentaciones profundas haciendo énfasis en pilotes hincados de madera, hincados de concreto, pre excavados y de tornillo.

La cartilla proporciona en detalle el proceso constructivo “*paso a paso*”, que guía al estudiante a un entorno real, conocimientos, habilidades, estrategias y tiempo de ejecución serán los mecanismos que se describen en ella. Además, se esclarece la práctica profesional que realiza un ingeniero, brindando las pautas en la ejecución de una obra y los métodos aplicados, profundizando sobre las técnicas y enunciando los materiales a emplear.

Finalmente, cabe señalar y poner de manifiesto la escasa productividad intelectual de los ingenieros civiles en la Universidad la Gran Colombia, en cuanto, a la publicación y transmisión de información de las obras que realizan, que, en última, terminan siendo un gran aporte para la disciplina y para la academia en general en el proceso investigativo. Por tal, se hace hincapié en la necesidad de fomentar en los estudiantes y profesionales desde su ejercicio práctico, la producción, trasmisión y comunicación de enseñanzas, experiencias y conocimientos para el aprendizaje de las labores cotidianas en que se ven enfrentados los ingenieros civiles, teniendo en cuenta, los aportes sustanciales que brindan a la disciplina.

1. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación nació de la necesidad de comunicar y presentar a la academia, aportes de vital importancia para la disciplina, debido a la no productividad y ausencia de material intelectual en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad La Gran Colombia. Las referencias conceptuales escasean en lo que concierne a métodos constructivos prácticos en un entorno académico-universitario y es por ello, el deseo de dar a conocer a la comunidad en general una guía básica para llevar a cabo el proceso de construcción de pilotajes. Un documento donde se especifican todas y cada una de las técnicas que se realizan dentro de la actividad de pilotaje, el cual puede dividirse en varias etapas, como son: clasificación, procesos de construcción, operaciones, entre otros. Todos los procedimientos son indispensables y relevantes para la ingeniería civil, y estos deben ser explícitos dentro de un manual de operaciones básicas como lo presenta este trabajo.

Es de resaltar que la cartilla es un documento guía para profesionales y estudiantes de ingeniería civil, es una fuente de referencia a la hora de brindar información sobre el procedimiento de la actividad de pilotaje, cómo se lleva a cabo y todo el proceso de construcción, al igual que los aspectos a prever según los percances que puedan llegar a ocurrir en la ejecución.

La cartilla se convierte en un mecanismo instructivo para comunicar procedimientos aplicables durante la ejecución de proyectos con cimentaciones profundas usando los pilotes, proporcionando información al detalle sobre cada una de las funciones de los que intervienen en dicha actividad. Puede emplearse como ayuda pedagógica en el proceso de formación del estudiante o el obrero quien interviene en la obra (instruir a un nuevo trabajador); al igual, permite comprobar su eficiencia y eficacia de la operación según las condiciones que la ingeniería recomienda basándose en experiencia en pilotaje.

Esta investigación brindará información en forma clara y sencilla a los estudiantes e ingenieros. Del cómo se deben coordinar, realizar y operacionalizar las actividades de pilotaje en una obra, incluso, como propuesta para múltiples constructoras.

2. ANTECEDENTES

Al realizar una revisión de las cartillas para la planificación y ejecución de pilotes la información encontrada es mínima. En otras universidades en los programas de ingeniería civil se identificaron unas bases que aportan al trabajo de tesis a continuación se describirán.

En la Universidad del Valle en Cali Colombia los estudiantes Carlos Andrés Gaviria; Daniel Gómez; Peter Thompson; en el artículo: Evaluación de la integridad de cimentaciones profundas: análisis y verificación in situ¹, entre ellos la prueba de integridad de pilotes (PIT) que debido a sus bondades como lo son su rapidez y economía sumada a sus resultados, ha despertado el interés de los investigadores y constructores del medio.

Actualmente la PIT se encuentra normalizada en diferentes países, desafortunadamente en Colombia no es una práctica común para la determinación de patologías en cimentaciones profundas, por lo que fue necesario utilizar la norma americana ASTM D 5882, en la cual se señalan los requerimientos mínimos para llevar a cabo el ensayo, así como los procedimientos y aspectos técnicos a tener en cuenta.

La PIT se basa en el principio teórico de la propagación de ondas longitudinales de baja deformación que genera efectos de dilatación y compresión en el medio en que se propaga. La velocidad de propagación de la onda es directamente proporcional al módulo de elasticidad e inversamente proporcional a la densidad del material, esto se debe a que el módulo de elasticidad es proporcional a la fuerza restauradora, y la densidad a la inercia del sistema.

Para analizar la integridad de pilotes pre-excavados, se debe tener en cuenta los problemas encontrados durante su excavación y vaciado, ya que los ensanchamientos de la sección, juntas frías, entre otras patologías constructivas causan rebotes tempranos de la onda que deben ser descartados durante el análisis de las señales para una buena interpretación de la prueba.

Las cimentaciones profundas son usadas con el fin de brindar estabilidad a una variedad de estructuras tales como puentes, presas y edificaciones en condiciones donde las cimentaciones superficiales no la proporcionan. En consecuencia, ha surgido la necesidad de evaluar la calidad de este tipo de cimentaciones y descartar cualquier anomalía generada durante su proceso constructivo, motivo por el cual se han implementado los ensayos no destructivos.

¹ GAVIRIA, Carlos Andrés; GOMEZ, Daniel; THOMPSON, Peter. EVALUACIÓN DE LA INTEGRIDAD DE CIMENTACIONES PROFUNDAS: ANÁLISIS Y VERIFICACIÓN IN SITU. En la Universidad del Valle, Cali Colombia. Publicado el 10 de diciembre de 2008.

En la Universidad Católica en la Facultad de Arquitectura de Pereira el estudiante San Martín Escobar Santiago en su texto de Construcción en tierra² el aporte que deja su documento radica en el manejo que se puede tener con un elemento de construcción como lo es la tierra y como es la realización de una cartilla para un fácil entendimiento de los lectores.

Construcción en tierra es una cartilla que contiene el aporte que se realizó a un material constructivo como lo es la tierra, este material brinda poca confiabilidad entre los profesionales de la construcción, pero es un material con características importantes para el desarrollo de viviendas, estas características permiten condiciones de confortabilidad del habitante.

La construcción actualmente busca la economía, determinando e influyendo esto en la escogencia de los materiales, por esta razón cada vez se deben estudiar y analizar recursos que sean viables, generosos con el medio ambiente y contribuyan con este objetivo. La tierra, es un material de construcción que a través de los años ha perdido popularidad y valorización pues ha sido víctima del menosprecio y visto como material poco estable por sus propiedades que condicionan las construcciones como la limitación en altura, vulnerabilidad ante el agua, debilidad sísmica, pero este, como todos los materiales tiene características tanto negativas como positivas y es en estas en donde nos debemos concentrar y profundizar para potencializar sus propiedades negativas con el fin de convencer a los constructores de su utilización en las presentes y futuras construcciones.

Las sugerencias de este trabajo son para la utilización de la tierra en la construcción por ser un material nativo que posee características únicas del sitio logrando tener como resultado una construcción con una identidad única y de la zona. Igualmente se resalta el uso de la tierra por sus cualidades como resistencia al fuego, reintegración a la naturaleza, ahorro energético, capacidad como aislante térmico.

² SANMARTÍN ESCOBAR, Santiago. CONSTRUCCIÓN EN TIERRA. Línea de profundización tecnologías apropiadas. Universidad católica de Pereira Facultad de arquitectura. Internet. Archivo recuperado el día 28 de febrero de 2017. <http://ribuc.ucp.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10785/3233/CDMARQ303.pdf?sequence=1>

En la Universidad Nacional de Colombia la tesis para optar al Título de Magister en Ingeniería de la Facultad de Minas por la estudiante Angela Patricia Barreto Maya “Evaluación comparativa de la capacidad de carga en cimentaciones profundas. Fórmulas analíticas y ensayos de carga”³. Este trabajo tiene por objeto analizar y comparar los resultados de ensayos de carga con relación a los cálculos de diseño estimados a partir de la metodología expresada por la teoría clásica.

Las cimentaciones son elementos fundamentales para cualquier estructura, y por ello es de vital importancia comprender y calcular con precisión su capacidad de carga, especialmente cuando se hace necesario la implementación de fundaciones profundas como alternativa en los procesos de diseño debido a la magnitud de las cargas, o a que los suelos donde están soportadas tienen poca capacidad. Por lo general, es común encontrar las cimentaciones profundas como una alternativa segura en los procesos de diseño.

Para este trabajo se analizó las propiedades de esfuerzo-deformación de los suelos se refiere básicamente al entendimiento de sus propiedades mecánicas, para estimar desplazamientos en la masa del suelo cuando se somete a un incremento de esfuerzo; es aquí donde radica la importancia que tiene para el Ingeniero de fundaciones, entender el comportamiento mecánico de una masa de suelo, sobre todo para poder estimar un adecuado tipo de cimentación a utilizar, y más aún, sobre las precauciones que se deberán tener en cuenta para brindar seguridad la estructura futura.

Existe una necesidad de ajustar métodos de cálculo de capacidad de carga con relación a la caracterización de los suelos colombianos junto a su método constructivo ya que en la práctica del diseño se tiende aplicar formulaciones desarrolladas para condiciones geotécnicas ideales, que no representan lo encontrado en este país, gracias a la enorme variabilidad de sus suelos.

El comportamiento mecánico de los suelos colombianos es complejo y dar un concepto adecuado sobre el tipo de cimentación a implementar en cualquier proyecto ingenieril debe tener un minucioso estudio que garantice la seguridad de la estructura, por ende se recomienda que tanto comprender la funcionalidad del elemento de fundación con base en una completa exploración geotécnica, como hacer un buen análisis de resultados por distintas metodologías de pruebas de carga, permitirá determinar una capacidad última o admisible acertada que brinde en el ejercicio del diseño una mejor precisión.

³ BARRETO MAYA, Angela Patricia. EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA CAPACIDAD DE CARGA EN CIMENTACIONES PROFUNDAS. FÓRMULAS ANALÍTICAS Y ENSAYOS DE CARGA. Tesis para optar al título de Magister en Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Facultad de Minas.

En la Universidad de Granada en el Departamento de Ingeniería Civil se hace una publicación llamada “Problemas Resueltos de Cimentaciones Profundas”⁴ los autores son Juan Carlos Hernández del Pozo, Francisco Rubio García, Francisco Lamas Fernández y Juan Carlos Hernández.

La presente publicación tiene como objetivo completar los anteriores manuales editados, referentes a cimentaciones profundas, aplicando el contenido teórico de los mismos a problemas concretos. Para ello, nos hemos basado en ejemplos prácticos propuestos en exámenes de la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Granada durante los últimos años. Con esto, se pretende que futuros profesionales de la ingeniería y la arquitectura tengan a su disposición casos similares a los que, a buen seguro, se han de enfrentar en el ejercicio de su profesión. Por tanto, se ha creído conveniente incluir un primer capítulo de introducción teórica a fin de recoger las formulaciones más difundidas en cada caso, remitiéndonos para su desarrollo a los textos de la bibliografía recomendada, ya que no ésta era la misión de los manuales precedentes al que ahora presentamos.

A lo largo del libro, hemos pretendido abarcar la mayor casuística posible a la hora de elegir los problemas, evitando la repetición de conceptos y aplicándolos a los suelos propios de nuestro entorno. De este modo, aunque sólo se estudien pilotajes y micropilotajes, se combinan con diferentes estratigrafías, existencias de niveles freáticos, variabilidad de las acciones a las que se ve sometida la cimentación, etc. Claro está que es imposible mostrar un ejemplo de cada posible combinación, pero se intenta seguir una metodología que sea válida, en cualquier caso, fácil de seguir y más sencilla de interpretar.

Cabe destacar que los enunciados desarrollados no son más que simplificaciones de proyectos reales, en los que han estado más o menos involucrados los autores. Esto obedece a la necesidad de que el alumno que se enfrenta a ellos pueda resolverlos en el tiempo dado en un examen. A fin de mejorar la comprensión, se han insertado, cuando procedía, comentarios y reflexiones iniciales que se deben realizar antes de comenzar con la “aritmética del problema”, ya que es fundamental saber qué se pide y qué información facilita el enunciado.

Esperamos sobre todo que este libro sea útil y sirva para aprender o, a veces recordar, el cálculo de cimentaciones profundas. De antemano, pedimos disculpas por las posibles erratas y agradecemos cualquier sugerencia u observación que nuestros lectores nos hagan llegar, con el compromiso firme de corregirlo en futuras ediciones.

⁴ HERNANDEZ DEL POZO Juan Carlos; RUBIO GARCIA Francisco; LAMAS FERNANDEZ Francisco; HERNANDEZ Juan Carlos. PROBLEMAS RESUELTOS DE CIMENTACIONES PROFUNDAS. Publicado en el año 2004.

En el artículo de revista “Estudio de prueba modelo de los pilotes de barrena de desplazamiento del tornillo en la arena” ⁵ de DENG, Yibing; ZHOU, Jian; LIU, Zhong; ZHANG, Chao; Publicado en el año 2011; En la Universidad Marítima de Shanghai, Shanghai, China; y el Departamento de Ingeniería Geotécnica, Universidad de Tongji, Shanghai, China.

Con el fin de medir el impacto de la pila de barrena sobre la tierra, se realizan pruebas de modelos sobre el apilamiento con barrena sobre el desplazamiento de tornillo en arena homogénea mediante un dispositivo de visualización auto-diseñada.

Se discute el mecanismo para el desarrollo del pozo. Los comportamientos de desplazamiento y el desarrollo de estrés de los suelos cercanos al pozo, se analizan en escala macro durante el apilamiento con barrena. El mecanismo de la interacción entre el sinfín y el suelo se estudia mediante la evolución de los parámetros de la microestructura de la arena.

Los resultados de los ensayos del modelo muestran que el impacto de las pilas de barrena en tierra depende de la tensión vertical. Cuanto mayor sea el esfuerzo vertical, más será el desplazamiento radial en las transferencias del suelo. El desplazamiento radial del suelo está principalmente dentro de 2,5 veces del diámetro de la barrena, lo que acompaña con el desplazamiento significativo de la cizalla del suelo cerca del pozo. El suelo cercano al pozo experimenta el proceso de carga-descarga-carga. Las partículas de arena en el área en que la anchura de contacto de la barrena es aproximadamente 5 veces del diámetro medio de partícula, producen una rotación significativa. El contacto puntual entre las partículas de arena y el sinfín desarrolla gradualmente el contacto superficial con la evolución de la isotropía en la microestructura.

Los resultados del estudio tienen cierta relevancia para revelar el mecanismo de apilamiento con barrena y las propiedades macro-meso-mecánicas del suelo cerca del pozo para la pila de tornillo de desplazamiento del suelo.

De acuerdo a lo anterior y según las investigaciones consultas, se procede a plantear la problemática existente que ha llevado a diseñar y proponer a la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad La Gran Colombia una cartilla que aborde los procesos reales que afronta un ingeniero en las construcciones civiles en cuanto al tema de “*Cimentaciones profundas para Pilotaje*” problematizada a continuación.

⁵ DENG, Yibing; ZHOU, Jian; LIU, Zhong; ZHANG, Chao. “Model test study of augered piling of screw displacement auger in sand”. De la universidad de océano medio de ambiente e ingeniería, universidad marítima de Shangai. Publicado en el año 2011. Tomado el 25 de marzo de 2017

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Se parte de la dificultad de encontrar unas fuentes confiables para los estudiantes de ingeniería civil sobre la ejecución de obras que puedan ser útiles para el proceso de enseñanza-aprendizaje del estudiantado y profesionales de la disciplina en general. Encontrándonos bajo un modelo educativo en que las universidades imparten sus cátedras sin salir de las aulas (más teoría menos práctica). Este proceso por el cual pasan muchos estudiantes es motivo principal para generar concienciación sobre el proceso de formación en que se encuentra la disciplina, tanto en el ámbito académico como en el laboral. Asignaturas que pasan por cálculos racionales (esencia y fundamento de la ingeniería), hasta omitir problemas reales que enfrenta un ingeniero en las obras. Desde el punto de vista de los autores de esta investigación y la experiencia adquirida durante varios años trabajando en empresas constructoras, materializamos los conocimientos sobre cimentación profunda para pilotes, lo cual requiere una profundización de lo aprendido en el ámbito práctico.

Por lo tanto, es relevante que la facultad imparta más asignaturas donde el estudiante pueda verse interpelado en contextos reales de la construcción: obras, manejo de personal, malos suministros, coordinación de equipos, entre otras. Así mismo, generar espacios donde se consulten fuentes para que los estudiantes puedan consultar, y así, tener una educación más profunda sobre experiencias en el ámbito laboral y prácticas que se viven a diario en el campo.

En los pocos manuales y libros de enseñanza producidos por facultad de ingeniería civil de la Universidad la Gran Colombia, se evidenció la necesidad de incluir el “*paso a paso*” de las diferentes etapas del proceso constructivo de pilotes. La idea de producir y tener a disposición una cartilla de cimentaciones profundas en la educación, hizo que se pensara su realización, detallando la ejecución y los posibles errores en materia constructiva. Esto debido al interés común, poder explicar los procesos en cuanto al control y seguimiento en cada uno de los pasos que conllevan a un óptimo desempeño en la ejecución de dicha actividad, desde la planeación hasta su entrega final. Por ello se hace necesario fomentar proyectos e investigaciones que permitan resolver, minimizar e ilustrar sobre posibles problemáticas que se puedan presentar durante la ejecución del sistema constructivo de cimentaciones profundas en obras civiles.

Los principales inconvenientes que se hallaron al momento de ejecutar un pilotaje hincado, pre excavado y de hélice continua, en la mayoría de casos son por falta de control, en concretos (asentamientos, tamaño de agregados), aceros (cotas del acero de acuerdo a especificaciones de diseño), profundidades de excavación, verificación de la estratificación del suelo, localizaciones, control de expansiones de

la excavación, manejo de maquinaria y equipos. Caso por el cual, no hay material ilustrativo disponible que sirva de apoyo y referente en la mitigación de dichos impactos de origen antrópico en el tema de pilotaje. Dicho lo anterior, nace la propuesta de la cartilla como instrumento de enseñanza en el aprendizaje de múltiples sujetos que se inclinaron por la ingeniería civil.

Por tanto, la pregunta de investigación del presente proyecto es:

¿Cómo se explica, desarrolla e ilustra mediante una cartilla instructiva, las técnicas constructivas de cimentación profunda para pilotaje, que sirva como apoyo a los estudiantes y profesionales de la ingeniería civil en el proceso de enseñanza-aprendizaje?

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar una cartilla de cimentaciones profundas para pilotaje aplicada al proceso de enseñanza-aprendizaje como instructivo para los estudiantes y los profesionales de Ingeniería Civil en el área de estructuras.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir el “paso a paso” del proceso constructivo sobre cimentaciones profundas para pilotaje que sirvan como guía e instructivo a los estudiantes y a los profesionales de ingeniería civil.
- Identificar posibles problemáticas de pilotaje, para así, implementar un manual constructivo y poder brindar algunas soluciones para minimizar los posibles errores que puedan llegar a ocurrir en la ejecución de un sistema de pilotaje en una obra.
- Explicar el proceso constructivo de cimentaciones profundas en función a las condiciones de obra.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1. MARCO TEÓRICO

Para la información respecto a temas de cimentaciones en pilotaje de edificaciones se toma como apoyo teórico las publicaciones como revistas, normas, libros, y artículos, como el Documento Básico de Seguridad Estructural, Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, IDRD Manual de especificaciones técnicas y de diseño de construcción de parques y escenarios públicos, entre otros. Las teorías relacionadas con el actual problema de investigación son las siguientes:

Sobre el uso del suelo en el área de la construcción se tiene información desde un tiempo muy lejano en la historia. Desde momentos antiguos la aplicación de los sistemas se basaba en la experiencia o simplemente eran llevados a cabo por la lógica humana. Al principio, los pilotes más instalados eran de madera por su abundancia y su fácil manejo, los cuales ayudaban para dar seguridad a la estructura, se lograba que la capacidad de carga se limitara por el grosor del material y su capacidad de soportar el peso del martillo. Uno de los ejemplos es la construcción de los griegos y romanos que usaron pilotes en todas sus construcciones. Estos últimos, las usaban para construcciones portuarias donde se construían pantallas formadas por hileras de pilotes o tablestacas.

Con el transcurso del tiempo y gracias al desarrollo industrial, la demanda de estructuras más rígidas generó la necesidad de utilizar los pilotes de concreto como una solución que supera al pilote de madera, debido a que podía ser fabricado en unidades de las mismas dimensiones, pero capaces de soportar compresiones y tensiones mayores. “Más adelante, con el desarrollo de las máquinas de gran eficiencia de perforación a gran profundidad y diámetro, se reemplazaron parcialmente los pilotes hincados por los pilotes moldeados “in situ”. Posteriormente, el acero empezó a tener auge (en el país aún no), por su fácil maniobrabilidad y gran resistencia de hincado a grandes profundidades, siendo los problemas de corrosión solucionados con la introducción de capas de pinturas durables y resistentes.”⁶

En la construcción de “Pilotes los cuales pueden ser de naturaleza y forma muy variada. En general siempre será un elemento aproximadamente prismático cuya longitud es mucho mayor que la dimensión transversal

⁶ BARRETO MAYA, Angela Patricia. EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA CAPACIDAD DE CARGA EN CIMENTACIONES PROFUNDAS. FÓRMULAS ANALÍTICAS Y ENSAYOS DE CARGA. Tesis para optar al título de Magister en Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Facultad de Minas.

media.”⁷ Para diferenciar los tipos de pilotes en esta investigación se pueden utilizar los siguientes criterios:

Concreto “in situ”: se ejecutarán mediante excavación previa, aunque también podrán realizarse mediante desplazamiento del terreno o con técnicas mixtas (excavación y desplazamiento parcial);

Concreto prefabricado: podrá ser concreto armado (concreto de alta resistencia) u concreto pretensado o postensado.

Acero: se podrán utilizar secciones tubulares o perfiles en doble U o en H. Los pilotes de acero se deben hincar con azuches (protecciones en la punta) adecuados.

Madera: se podrá utilizar para pilotar zonas blandas amplias, como apoyo de estructuras con losa o terraplenes.

Mixtos: como los de acero tubular rodeados y rellenos de mortero.

El cimiento es aquella parte de la estructura encargada de transmitir las cargas al terreno. Dado que la resistencia y rigidez del terreno son, salvo raros casos, muy inferiores a las de la estructura, la cimentación posee un área en planta muy superior a la suma de las áreas de todos los soportes y muros de carga. Lo anterior conduce a que los cimientos son en general piezas de volumen considerable, con respecto al volumen de las piezas de la estructura. Los cimientos se construyen casi invariablemente en hormigón armado y, en general, se emplea en ellos hormigón de calidad relativamente baja, ya que no resulta económicamente interesante el empleo de hormigones de resistencias mayores. “Para poder realizar una buena cimentación es necesario un conocimiento previo del terreno en el que se va a construir la estructura.”⁸ La correcta clasificación de los materiales del subsuelo es un paso importante para cualquier trabajo de cimentación, porque proporciona los primeros datos sobre las experiencias que puedan anticiparse durante y después de la construcción.

El detalle con el que se describen, prueba y valoran las muestras, depende del tipo de estructura que se va a construir, de consideraciones económicas de la naturaleza de los suelos, y en cierto grado del método con el que se hace el muestreo. Las muestras deben describirse primero sobre la base de

⁷ CARRASCOSA LATORRE, Ramon. DOMINGUEZ AMARILLO, Samuel. DOCUMENTO BÁSICO DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL. Plan de formación. Tomado el 04 de noviembre del 2016. <http://www.salleurl.edu/tecnologia/pdf/teoria/tercerA/03.pdf>

⁸ MONTOYA, Javier; PINTO VEGA, Francisco. Cimentaciones. Universidad de los andes Mérida Venezuela 2010 p. 08. Tomado el 25 de octubre de 2016. <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/nbelandria/materias/geotecnia/Cimentaciones.pdf>

una inspección ocular y de ciertas pruebas sencillas que pueden ejecutarse fácilmente tanto en el campo como en el laboratorio clasificando el material en uno de los grupos principales: grava, arena, limo y arcilla. La mayor parte de los suelos naturales se componen por la mezcla de dos o más de estos elementos, y pueden contener por añadidura material orgánico parcial o completamente descompuesto.

Las cimentaciones profundas, se basan en el esfuerzo cortante entre el terreno y la cimentación para soportar las cargas aplicadas, o más exactamente en la fricción vertical entre la cimentación y el terreno. Por eso deben ser más profundas, para poder proveer sobre una gran área sobre la que distribuir un esfuerzo suficientemente grande para soportar la carga. Este tipo de cimentación se utiliza cuando se tienen circunstancias especiales. Cuando el terreno está compuesto por arcillas expansivas se generan grandes variaciones de hinchamientos y retracciones producidos por la temperatura.

Cuando las cargas transmitidas por la edificación no se pueden distribuir de manera adecuada en una cimentación superficial excediendo la capacidad portante del suelo. Cuando el suelo inmediato a los cimientos produzca asentamientos imprevistos y que el estrato resistente esté a cierta profundidad; es el caso de edificios que apoyan en terrenos de baja calidad.

En casos de que el terreno este sometido a considerables variaciones de temperatura por hinchamientos y retracciones producidos con arcillas expansivas.

Cuando el nivel freático está muy cerca del nivel de suelo de la edificación o está situada sobre el agua. Cuando los cimientos están sometidos a esfuerzos de tracción. En edificios de altura expuestos a fuertes vientos. En construcciones que requieren de elementos que trabajen a la tracción, como estructuras de cables, o cualquier estructura anclada en el suelo.

5.2. MARCO CONCEPTUAL

5.2.1. PILOTES

En el campo de la construcción, en un alto porcentaje, existe la falta de conocimiento sobre el sistema constructivo de pilotes. Se debe considerar al proceso constructivo como un ítem importante que se relaciona con la vida útil y el confort de la edificación y en Colombia no ha sido un tema que se esté trabajando fuertemente, para lo cual se tendrán conceptos claves.

En la ingeniería de cimentaciones el término pilote tiene significados diferentes. De acuerdo con uno de sus usos el pilote es un miembro estructural subterráneo que tiene la función que cumple una zapata, es decir transmitir las cargas que soporta al suelo. Sin embargo, en contraste con una zapata, la relación de la profundidad de la cimentación con respecto a la base de los pilotes.

“Los pilotes son miembros estructurales con un área de sección transversal pequeña en comparación con su longitud. Se hincan en el suelo a base de golpes generados por maquinaria especializada, en grupos o en filas, conteniendo cada uno el suficiente número de pilotes para soportar la carga de una sola columna o muro”⁹. Son elementos de cimentación esbeltos que se hincan (pilotes de desplazamiento prefabricados) o construyen en una cavidad previamente abierta en el terreno (pilotes de extracción ejecutados in situ). Antiguamente eran de madera, hasta que en los años 1940 comenzó a emplearse el concreto reforzado. La figura 1 representa pilotes prefabricados y la figura 2, dichas estructuras en vista espacial.

Figura 1: Pilotes prefabricados e in situ

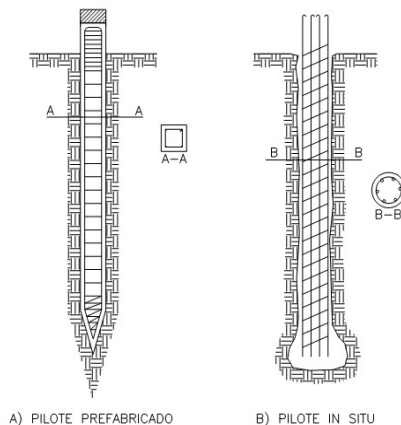
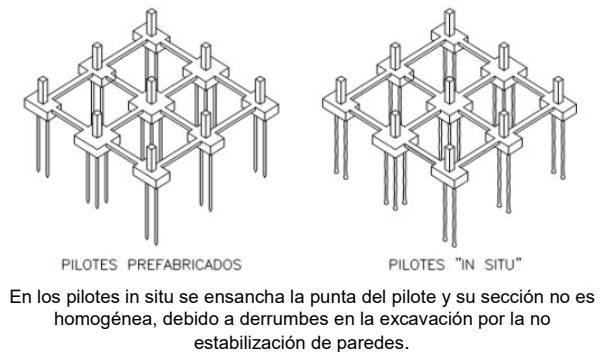


Figura 2: Cimentaciones Profundas



Fuente: Imagen tomada de: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/6627> el 08 de febrero de 2017.

Cuando el suelo situado al nivel en que se desplantaría normalmente una zapata o una losa de cimentación, es demasiado débil o compresible para proporcionar un soporte adecuado, las cargas se transmiten al material más adecuado a profundidad por medio de pilotes o pilas. La diferencia entre

⁹ Ibid., p. 08.

estos elementos es algo arbitraria. Evidentemente los pilotes se utilizan cuando las condiciones del suelo no son adecuadas para el empleo de zapatas o losas de cimentación o cuando la construcción de estas en los lugares dispuestos para su emplazamiento es inadecuada, antieconómicas o bien no viables.

“Por consiguiente los pilotes van generalmente asociados con problemas difíciles de cimentación y con las condiciones peligrosas del suelo. Sin embargo, esto no significa que las cimentaciones sobre pilotes sean peligrosas, es una advertencia para los inexpertos e imprudentes, particularmente para los propietarios y constructores”¹⁰. El planteamiento de una cimentación con pilotes y frecuentemente la realización de ésta- requiere obtener todos los datos que puedan conseguirse de un modo razonable sobre las características del suelo sobre el que se va a cimentar, estudiar y comprobar las posibles soluciones para la cimentación, eliminar hasta donde sea posible, toda incertidumbre que pueda evitarse y respetar el sano criterio profesional de la ingeniería.

5.2.1.1. Tipos de pilotes

Los pilotes se construyen en una gran variedad de materiales, longitud y forma de su sección, y que se adaptan a diversas necesidades de carga, colocación y economía. Entre algunos de los más comunes tenemos:

Pilotes de madera: Son el tipo de pilote más antiguo, ya desde la época del Imperio Romano se utilizaban. Proporcionan una cimentación segura y económica con ciertas restricciones, su longitud está limitada por la altura de los árboles disponibles. No pueden resistir esfuerzos debidos a un fuerte hincado ya que pueden romperse fácilmente, sobre todo cuando se penetran estratos muy resistentes.

Pilotes de concreto: Son de los más usados en la actualidad, los hay de sección circular, cuadrada y octagonal y en longitudes de 8, 10 y 12 metros. Pueden dividirse en dos categorías: fundidos en el lugar -in situ- y prefabricados. Los fundidos en el lugar pueden ser con o sin tubería. Los prefabricados pueden ser también pretensados con el fin de reducir las grietas que se forman por el manejo e hincado además de que proporciona resistencia a los esfuerzos de flexión. Todos los pilotes de concreto son

¹⁰ RODRÍGUEZ VILLEGAS, Mayra Alejandra; TORPOCO HUAYLLANI, Freddy Adrián. MANUAL DE CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE PILOTES SEGÚN LA PRÁCTICA DE EMPRESAS ESPECIALIZADAS EN EL PERÚ. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. Lima, diciembre de 2015. Capítulo 2. Marco teórico.

reforzados con acero para evitar que sufran daños durante su transportación y colocación.

Pilotes de acero: Los tubos de acero se utilizan mucho como pilotes y usualmente se llena de concreto después de hincados, y si el hincado es violento es posible utilizar perfiles I o H de acero. Estos pilotes están expuestos a procesos de corrosión, aunque el deterioro no es significativo, y si se hincan bajo el mar, la acción de las sales puede ser importante.

5.2.1.2. Funcionamiento general de un pilote bajo carga

Un pilote puede hincarse dentro de un estrato profundo de suelo granular u cohesivo, cuando se carga un pilote con una carga vertical P aplicada sobre el cabezal del mismo, éste tiende a penetrar más dentro del suelo, lo que genera un cierto comportamiento bajo carga. “Los pilotes se pueden clasificar como pilotes de punta y pilotes de fricción”¹¹. Un pilote de punta obtiene casi toda su capacidad de carga de la roca o estrato de suelo que está cerca de la punta y muy poca del suelo que rodea su fuste. Por otra parte, un pilote de fricción adquiere su capacidad de carga principalmente del suelo que lo rodea, ya que se generan fuerzas friccionantes y cohesivas que le ayudan a soportar la carga, ya que el suelo que está cerca de la punta soporta un porcentaje muy pequeño de la carga del pilote.

Hay pilotes de varias formas de sección, como ya se había mencionado, así como también hay pilotes cuyo tamaño de sección cambia con la longitud del mismo y son los pilotes cónicos, éstos tienen una gran ventaja ya que al hincarse una parte de la carga es soportada por la punta del pilote mientras el resto de la carga es soportada por las fuerzas cohesivas y de fricción que hay entre el fuste del pilote y el suelo que lo rodea.

“Como se dijo anteriormente, los pilotes también pueden trabajar en conjunto”¹², Si los pilotes son de punta cada uno trabajará como un pilar y descargará directamente sobre el suelo o roca; si los pilotes son de igual tamaño, sección, inclinación y penetración, puede suponerse hasta cierto punto que cada uno soportará la misma carga.

5.2.1.3. Elección del tipo de pilote

La manera de elegir un determinado tipo de pilote se basa en las condiciones del subsuelo, las características de hincado del pilote, el comportamiento

¹¹ Ibid. Capítulo 2. Marco teórico.

¹² DEL HOLMO MARTINEZ, Martha Lizeth; LOPEZ RUFINO, Isaac Eduardo. PILOTES DE CIMENTACION. Universidad autónoma de Queretano. Agosto del 2016. Tomado de: <http://ingecivilcusco.blogspot.mx/2009/06/pilotes.html> Fecha de consulta 16/11/16

esperado de la cimentación y la economía; éste último aspecto debe basarse en el costo total de la cimentación y no únicamente en el costo de los pilotes.

5.2.1.4. Tipos de cargas en pilotes

“La mayoría de las estructuras están sometidas a un conjunto de cargas combinadas y no únicamente a cargas verticales o laterales, por esta razón las cimentaciones deben ser capaces de soportar momentos. Debajo de estructuras como muros de compuertas, muros de sostenimiento y edificios ordinarios se producen fuerzas verticales hacia abajo causadas por el peso de la estructura y que suelen ser mucho mayores que las fuerzas hacia arriba producidas por los momentos provocados por las cargas laterales. Por otro lado, los pilotes situados del lado de sotavento de las torres altas de acero o depósitos para almacenar gas del tipo de pistón, puede considerarse que producen una reacción que contrarresta las fuerzas verticales hacia arriba”¹³.

Cuando deben transmitirse al subsuelo fuerzas laterales por medio de una cimentación piloteada, es importante el decidir si se deben hincar algunos pilotes inclinados. Esta decisión debe basarse en la capacidad de los pilotes para soportar cargas laterales. Cuando las cargas laterales por pilote exceden a la carga vertical que puede soportar un pilote vertical, es necesario utilizar pilotes tanto verticales como inclinados. Los pilotes inclinados se usan comúnmente en los estribos y pilas de puentes, en los muros de contención y para proporcionar estabilidad a las filas transversales de pilotes.

Cuando se usan pilotes verticales e inclinados, y si están hincados a la misma profundidad y trabajan por punta, se puede suponer que la capacidad de carga axial de cada uno de ellos es la misma; cuando los pilotes son de fricción puede hacerse la misma suposición bajo las mismas condiciones.

5.2.1.5. Consideraciones generales

5.2.1.5.1. Ventajas y desventajas

Algunas de las desventajas que presentan los pilotes son:

La dificultad de aumentar o reducir su longitud en caso de que ésta no sea bien estimada.

¹³ CRUZ, L. INTRODUCCION A LA INGENIERIA DE CIMENTACIONES. Capítulo 5 – Distribución de esfuerzos en el suelo debido a cargas. Tomado de: <ftp://ftp.unicauca.edu.co/lucruz/docs> Consulta: 16/11/2016

Es difícil saber a simple vista cuando un pilote ha fallado, ya que no es necesario que el pilote desaparezca en las profundidades subterráneas ni tampoco que se rompa o doble.

Si un pilote es colocado en un lugar equivocado, ya no es posible su extracción para reutilizarlo.

Algunas de las ventajas en el uso de pilotes son:

Resultan convenientes cuando las condiciones del suelo no son favorables para la utilización de otro tipo de cimentaciones.

Proporcionan buenas soluciones para la distribución de cargas en el subsuelo ya que pueden trabajar individualmente o en grupos de pilotes.

Este tipo de cimentaciones incluye a los pilotes, pilotes para densificación, de cimentación (NSR 10).¹⁴

Si la carga horizontal es moderada, es preferible usar pilotes instalados verticalmente y aprovechar la reacción pasiva del suelo superficial.¹⁵

Además, combinados con otros componentes más empleados como rellenos de concreto, arena o grava, cuya utilización depende de las condiciones del terreno.¹⁶

¹⁴ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente. NSR-10, Segunda actualización, Bogotá, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. AIS, 2010.

¹⁵ CRUZ, L. INTRODUCCION A LA INGENIERIA DE CIMENTACIONES. Op. Cit, Capitulo 2.

¹⁶ RUIZ SUAREZ, Oscar Vladimir. ENSAYOS DE TENSION Y FLEXION SOBRE UNA NUEVA PROPUESTA DE JUNTA EN PILOTES HINCADOS. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Posgrado en ingeniería. Año 2014.

5.3. MARCO LEGAL

Durante el trabajo de investigación se ha evidenciado varias regulaciones que influyen de forma determinante el problema tratado; los malos procedimientos en el pilotaje son el principal problema que surgen en obra; por tal motivo en nuestra sociedad requerimos de varias leyes las cuales nos rigen y nos orientan a un buen uso de nuestros materiales y un óptimo desempeño de nuestros procesos.

En Colombia debemos regirnos para la ejecución de los procesos de diseño y construcción por Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10)¹⁷; por lo cual citaremos algunos de los artículos más importantes y relevantes para el problema a tratar:

El capítulo C del Reglamento habla del concreto estructural, su buen manejo y los detalles a tener presentes para diseño ante cargas sísmicas, de viento y cargas verticales, también el alcance en este capítulo incluye los requisitos mínimos de diseño y construcción por razones estructurales de los diferentes tipos de pilotes, tales como anclajes de refuerzo, esfuerzos axiales máximos, esfuerzos de flexión, cuantías y longitudes mínimas.

En el capítulo H se establecen criterios básicos para realizar estudios geotécnicos de edificaciones con el fin de proveer recomendaciones geotécnicas de diseño y construcción de excavaciones, rellenos cimentaciones, entre otras, para soportar los efectos de los sismos y otras condiciones geotécnicas desfavorables, en este capítulo se tratan temas como cimentaciones con pilotes, estados límites de falla y servicio, uso de pilotes de fricción, pilotes fundidos en el sitio, pilotes de concreto reforzado, pruebas de carga en pilotes, etc. Los siguientes son algunos de los artículos más relevantes que trataremos en nuestra investigación:

¹⁷ REGLAMENTO COLOMBIANO SISMO RESISTENTE DE 2010 (NSR-10). Título H-Estudios Geotécnicos: Capítulo H.4.6-Profundidad de cimentación. Bogotá: 2010. p. 420.

Cuadro 1: Normatividad Colombiana NSR-10

ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERÍA SISMICA
Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente. Bogotá: AIS, 2010 (NSR-10).
El Título C de la norma “NSR-10 Normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente”.
C.15.11 Pilotes y cajones de cimentación.
C.15.11.2 Anclaje de refuerzo.
C.15.11.3 Esfuerzos axiales máximos.
C.15.11.4 Esfuerzos de flexión.
C.15.11.5 Cuantías mínimas longitudes mínimas.
C.15.11.5.1 Pilotes y cajones de cimentación vaciados in-situ.
C.15.11.5.2 Pilotes con camisa de acero.
C.15.11.5.3 Tubería llena de concreto.
Título H de la norma “NSR-10 Normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente”. Estudios Geotécnicos.
H.4.4.1 Estados límites de falla.
H.4.4.2 Estados límites de servicio.
H.8.4.2 Cimentaciones con pilotes o pilas.
H.8.4.2.1 Pilas o pilotes fundidos en el sitio.
H.8.4.2.2 Pilotes de concreto reforzado.
H.8.4.2.3 Pruebas de carga en pilotes o pilas.

Fuente: Elaboración de los autores según la NSR-10

6. DISEÑO METODOLÓGICO

6.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El proyecto tuvo un enfoque cualitativo, ya que se describió y se resaltó las propiedades cualitativas de los pilotes a utilizar en el manual, debido a que no en todos los casos el suelo es el mismo, para ello se consultaron libros y publicaciones que ayuden a conocer y desarrollar la mejor alternativa usada en la actualidad de pilotes para cimentaciones profundas.

6.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación realizado es descriptiva, debido a que se detalla paso a paso el proceso que se debe tener antes, durante y después de un proceso constructivo, utilizando los equipos y herramientas más recomendables y apropiados para beneficiar a la actividad de pilotaje, evitando malos procedimientos, protegiendo así la cimentación y sus propiedades mecánicas.

Para llevar a cabo este proyecto se utilizaron instrumentos como páginas web, guías, libros, revistas; fue información suministrada por empresas del medio de la construcción, notas de apunte, para luego describir como se presentan los fenómenos por ignorancia en los temas de pilotaje, especificando las características de cuando podemos saber qué tipo de pilote podemos recomendar y realizar, dando también.

La necesidad que existe de proponer soluciones a problemas o falencias que tienen los estudiantes de ingeniería civil de la Universidad la Gran Colombia y a crear iniciativas innovadoras científicas y académicas, con el propósito de aportar una guía para el aprendizaje instructivo y minimizar posibles errores durante la construcción en un tema importante como el proceso constructivo de pilotes.

6.3. FASES

Cuadro 2: Fases de la investigación

FASE 1
Reconocer e identificar los diferentes tipos constructivos de pilotaje, de acuerdo a sus características, su forma de trabajo, sistema constructivo, maquinaria, equipo, material, etc.
Actividades
• Obtención de información de libros de cimentación para las estructuras donde se contempla los parámetros a tener en cuenta para la ejecución de obra con pilotes. • Recopilar la información teórica necesaria sobre el proceso constructivo de las clases de pilotaje. • Verificar según el plan académico las asignaturas que desarrollen los procesos constructivos y las cimentaciones profundas. • Identificar cuales ensayos y su respectiva normativa, se utilizan con mayor frecuencia para hacer pilotes dentro y fuera de la obra. • Identificar las prácticas de pilotaje más utilizadas en la actualidad y con mayor relevancia en la ingeniería civil en Colombia.
FASE 2
Recopilar la información necesaria para la elaboración de la cartilla de cimentaciones profundas (normas, ensayos, procedimientos, cálculos y demás información indispensable)
Actividades
• Investigar procedimientos de elaboración de pilotes en diversas fuentes. • Consultar la normatividad que cubre las construcciones en Colombia (NSR-10) • Realizar un filtro de la información recopilada, con el fin de seleccionar lo más útil para el desarrollo de la cartilla. • Definir los tipos de pilotaje más relevantes para el estudiantado de la facultad de ingeniería Civil de la universidad la Gran Colombia, y así desarrollar un excelente proyecto investigativo.
FASE 3
Elaborar una cartilla instructiva del proceso constructivo de cimentaciones profundas (pilotes).
Actividades
• Determinar un formato general adecuado para la cartilla el cual debe ser de muy fácil comprensión. • Establecer la conformación y el formato apropiado para cartilla del proceso constructivo de pilotes.

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Materializar la cartilla del proceso constructivo de pilotes, con los tipos de pilotes escogidos. |
|---|

Fuente: Elaboración de los autores según la experiencia laboral

6.4. OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES

Para este trabajo no se aplican variables ya que la investigación que se realizó es de tipo descriptivo donde se hace una sistematización de características, procesos, actividades. Se identifican relaciones que existen para poder desglosar una serie de actividades a tener en cuenta al momento de hacer una cimentación profunda de pilotes hincados de madera, hincados en concreto, pre excavados y de hélice continúa.

6.5. PRESUPUESTO

FORMATO PRESUPUESTO											
OBRA :		DISEÑO CARTILLA DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE PILOTES									
ESTUDIANTES :		JESON FALLA - KEVIN MORALES - DIEGO VEGA									
UNIVERSIDAD :		UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA									
FACULTAD :		INGENIERÍA CIVIL									
TELÉFONO :		3108102216									
ÁREA :		ESTRUCTURAS									
PRESUPUESTO 001											
CONTRATO											
OTRO SI											

		AIU	12%	
A		A	4%	
B		I	4%	
C		U	4%	
D		IVA	16%	

		X=V/(A+B+C+D)	X'A	X'B	X'C	X'C'D	Y						
CODIGO ACTIVIDAD	ITEMS	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANT	Vr costo directo	ADMON	IMPREVISTO	UTILIDAD	IVA	VR TOTAL	TOTAL A CONTRATAR		
1 ANTE PROYECTO													
	1,1	Jornales Estudiantes	JR	15,00	\$ 51.892,76	\$ 2.075,71	\$ 2.075,71	\$ 2.075,71	\$ 332,11	\$ 58.452,00	876.780,00	ok	
	1,2	Computador	UNIDAD	3,00	\$ 2.026,90	\$ 81,08	\$ 81,08	\$ 81,08	\$ 12,97	\$ 2.283,11	6.849,32	ok	
	1,3	Impresora	UNIDAD	2,00	\$ 1.459,37	\$ 58,37	\$ 58,37	\$ 58,37	\$ 9,34	\$ 1.643,84	3.287,67	ok	
	1,4	Papelera	UNIDAD	1,00	\$ 28.409,09	\$ 1.136,36	\$ 1.136,36	\$ 1.136,36	\$ 181,82	\$ 32.000,00	32.000,00	ok	
2 PROYECTO													
	2,1	Jornales Estudiantes	JR	45,00	\$ 51.892,76	\$ 2.075,71	\$ 2.075,71	\$ 2.075,71	\$ 332,11	\$ 58.452,00	2.630.340,00	ok	
	2,2	Computador	UNIDAD	3,00	\$ 2.026,90	\$ 81,08	\$ 81,08	\$ 81,08	\$ 12,97	\$ 2.283,11	6.849,32	ok	
	2,3	Impresora	UNIDAD	1,00	\$ 1.459,37	\$ 58,37	\$ 58,37	\$ 58,37	\$ 9,34	\$ 1.643,84	1.643,84	ok	
	2,4	Papelera	UNIDAD	1,00	\$ 75.461,65	\$ 3.018,47	\$ 3.018,47	\$ 3.018,47	\$ 482,95	\$ 85.000,00	85.000,00	ok	
3 PUBLICACIÓN													
	3,1	Jornales Estudiantes	JR	6,00	\$ 51.892,76	\$ 2.075,71	\$ 2.075,71	\$ 2.075,71	\$ 332,11	\$ 58.452,00	350.712,00	ok	
	3,2	Computador	UNIDAD	2,00	\$ 2.026,90	\$ 81,08	\$ 81,08	\$ 81,08	\$ 12,97	\$ 2.283,11	4.566,21	ok	
	3,3	Impresora	UNIDAD	1,00	\$ 1.459,37	\$ 58,37	\$ 58,37	\$ 58,37	\$ 9,34	\$ 1.643,84	1.643,84	ok	
	3,4	Papelera	UNIDAD	3,00	\$ 221.946,02	\$ 8.877,84	\$ 8.877,84	\$ 8.877,84	\$ 1.420,45	\$ 250.000,00	750.000,00	ok	
4 SUSTENTACIÓN													
	4,1	Jornales Estudiantes	JR	3,00	\$ 51.892,76	\$ 2.075,71	\$ 2.075,71	\$ 2.075,71	\$ 332,11	\$ 58.452,00	175.356,00	ok	
	4,2	Computador	UNIDAD	1,00	\$ 2.026,90	\$ 81,08	\$ 81,08	\$ 81,08	\$ 12,97	\$ 2.283,11	2.283,11	ok	
	4,3	Papelera	UNIDAD	1,00	\$ 28.409,09	\$ 1.136,36	\$ 1.136,36	\$ 1.136,36	\$ 181,82	\$ 32.000,00	32.000,00	ok	
	4,4	Transportes	UNIDAD	3,00	\$ 13.316,76	\$ 532,67	\$ 532,67	\$ 532,67	\$ 85,23	\$ 15.000,00	45.000,00	ok	
	4,5	Traje Formal	UNIDAD	3,00	\$ 729,69	\$ 29,19	\$ 29,19	\$ 29,19	\$ 4,67	\$ 821,92	2.465,75	ok	
											SUB TOTAL	4.978.329,44	
											IVA	\$ 28.447,60	16%
											TOTAL	\$ 5.006.777,04	
											ANTICIPO	\$ -	

Y= (X'A) + (X'I) + (X'U) + (X'U'16%)
Y=valor total con iva = vr incluido administracion+ vr de los imprevistos + vr de la utilidad + vr iva s/utilidad
X= costo directo sin AIU

Fig. 3. – PRESUPUESTO
Fuente: Propia

6.6. PROGRAMACIÓN

PROGRAMACION		
INICIO:	sábado, 22 de octubre de 2016	HASTA : viernes, 30 de junio de 2017
ACTIVIDAD	INICIO	TERMINACION
ANTE PROYECTO	22 de octubre de 2016	22 de octubre de 2016
PROYECTO	22 de octubre de 2016	27 de febrero de 2017
PUBLICACIÓN	27 de febrero de 2017	21 de mayo de 2017
SUSTENTACIÓN	21 de mayo de 2017	30 de junio de 2017
MOTIVO OTROS I :		

Vo.Bo. ESTUDIANTES

Vo.Bo. METODOLOGICO

Fig. 4. – PROGRAMACIÓN
Fuente: Propia

7. RESULTADOS

En la presente investigación se elaboró una cartilla instructiva sobre cimentación profunda para pilotaje que sirve de apoyo para los estudiantes y profesionales de ingeniería civil (ver cartilla). Tratamos básicamente los procesos constructivos de pilotes de madera, pilotes pre-excavados, pilotes prefabricados y pilotes de hélice continua, aplicado esencialmente a la enseñanza y el aprendizaje en las funciones desempeñadas en el campo (proceso constructivo).

Con el documento resultante de esta investigación logramos la implementación de una cartilla de ayuda para la formación práctica de los estudiantes de la Universidad La Gran Colombia facultad Ingeniería Civil, en el proceso constructivo de proyectos con cimentación profunda pilotaje.

En este se plasman vivencias constructivas que contribuyen a adquirir o reforzar conocimientos en pilotaje, brindando herramientas para garantizar la correcta ejecución en el proceso constructivo, evitando posibles errores o reprocesos y gastos no presupuestados. Inicialmente cuenta con un glosario, que contiene varios conceptos, seguidos de la definición de pilote y sus tipos, que nos ayudan a explicar el contexto en que esas palabras son utilizadas, de este modo los lectores pueden comprender de una forma más amplia la cartilla.

Sugerimos un proceso constructivo en cada tipo de pilote y una programación de materiales, que incluye la verificación del estudio de suelos, revisión del plano estructural y recomendaciones del ingeniero estructural, verificación del plano de georreferenciación con el terreno, realización de pedidos y programación del material, verificación disponibilidad de las máquinas necesarias para el proceso, adecuación del terreno, programación de actividades constructivas, y un paso a paso constructivo de principio a fin de la construcción. Es de aclarar que la cartilla no reemplaza las recomendaciones técnicas ni los estudios del ingeniero geotecnista y el ingeniero estructural.

Seguir adecuadamente esta propuesta constructiva aumenta la efectividad en el cumplimiento de la planeación, programación y el presupuesto de un proyecto de pilotaje, claro está, teniendo unos óptimos estudios geotécnicos y estructurales, cumpliendo con Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, teniendo definido el presupuesto y la programación, y un buen control de calidad.

Durante nuestra investigación sobre los procesos constructivos de pilotes de madera, pilotes pre-excavados, pilotes prefabricados y pilotes de hélice continua, encontramos que el sistema de pilote pre-excavado tiene gran acogida a la hora de seleccionar un tipo de pilote para construcción en Bogotá, debido a que se puede

utilizar en casi todo tipo de suelo, cohesivos o no cohesivos, también con existencia de roca, con o sin presencia de agua.

Para la correcta construcción de pilotes por este método es necesario conocer las reales características del suelo, garantizar una correcta perforación, verificando niveles topográficos, profundidad, diámetro, etc., utilizar materiales óptimos y realizarles las respectivas pruebas para certificar su calidad.

Efectuar una apropiada instalación del acero y concreto, verificando profundidad y centrado del acero de refuerzo, nivel o cota de concreto, acero, fondo, terreno y la correcta extracción de lodos estabilizadores.

El pilotaje con hélice continua (Tornillo) tiene gran utilización en terrenos con suelos inestables, con un nivel freático alto y con peligro de desmoronamiento. Tiene un muy buen rendimiento, es un proceso ágil en tiempo y limpio en obra, resulta favorable en tiempo y economía. Muy utilizado en Europa, Asia y EE.UU, desde algún tiempo se viene utilizando en Colombia debido a sus beneficios. Para su correcta ejecución se deben tener en cuenta las mismas recomendaciones que en los demás tipos de pilotes, características del suelo, niveles topográficos, diámetros, maquinaria y equipos, profundidades, materiales, control de calidad, etc.

Tiene algunas restricciones constructivas, su construcción es constante, si se encuentra una obstrucción durante la excavación que la broca de la maquina no pueda perforar se deberá abandonar la operación en ese sitio. En Colombia este tipo de pilotaje solo se puede hacer hasta profundidades de máximo de 30 m. Algunas bondades en la construcción de pilotes por este método son su alto rendimiento, se utilizan en suelos con limitaciones por hundimientos y deformaciones debidos a la vibración, disminución del material removido durante la excavación, lo anterior puede generar algunos ahorros en los costos durante su construcción.

Los pilotes Hincados pueden ser de concreto o acero, su construcción se realiza mediante impacto, son muy utilizados en Colombia, sobretodo el de sección cuadrada. Funcionan muy bien en suelos de naturaleza granular como arenas, también en arcillas limosas. Permite alcanzar grandes profundidades ya que se pueden hacer empalmes. Es un proceso con un alto rendimiento y tal vez el más limpio de todos.

Algunos inconvenientes en su ejecución son su producción de altas vibraciones durante su hincado, si se está construyendo en un terreno con edificaciones, próximas dichas vibraciones ocasionarían daños en las construcciones vecinas. Estos pilotes pueden llegar a no tener un buen comportamiento en suelos heterogéneos, o con presencias de rocas, ya que pueden interponerse en el camino del pilote y no dejarlo llegar hasta el nivel deseado.

Al igual que el resto de los pilotes para su correcta construcción se deben tener en cuenta todas las recomendaciones geotécnicas y estructurales, localización y replanteo, verificar niveles topográficos, plomos de las máquinas y los pilotes, profundidades, revisar las uniones y pasadores de empalme, estado de los pilotes, controles de calidad, etc.

El documento que logramos se centró en diferentes tipos de pilotes: de madera, pre-excavado, prefabricados y de hélice continua. En cada tipo de pilote encontramos definiciones, materiales y equipos que se pueden utilizar para realizar su construcción. Aspectos a tener en cuenta como: ensayos, formatos de control, y errores comunes que debemos tener en cuenta durante su ejecución.

Realizamos una cartilla del proceso constructivo, eficaz y eficiente, que servirá como instructivo importante a nivel académico y laboral en la comunidad universitaria de la Universidad La Gran Colombia.

8. CONCLUSIONES

Con la implementación de esta cartilla en el desarrollo de un proyecto con cimentación profunda pilotaje, se busca que el estudiante de la Universidad La Gran Colombia facultad Ingeniería Civil y sus profesiones afines logre también una formación práctica, con la cual, puedan adquirir conocimientos nuevos en el área de construcción, se obtiene beneficios como el garantizar un buen producto, evitar errores, reprocesos, ahorro en el presupuesto, identificar posibles fallas, determinar un orden constructivo favorable, programar materiales oportunamente y por supuesto garantizar por medio de la trazabilidad su proyecto, en este caso su cimentación con pilotes.

Esta cartilla no reemplaza las recomendaciones de los especialistas, como el ingeniero geotecnista y el ingeniero estructural.

Como conclusión de este estudio, el proceso constructivo en una obra, y, específicamente, en cimentaciones profundas pilotaje, se necesita de un esquema de trabajo que sea ordenado y minucioso, en el cual se tomen en cuenta los menesteres del proyecto en cada una de sus etapas.

El proceso constructivo que se plantea es el siguiente:

- Proyecto Ejecutivo
 - Revisión del proyecto e información geotécnica
 - Planeación
 - Programación
 - Presupuesto
- Construcción
 - Ejecución de la perforación
 - Colocación del acero de refuerzo
 - Colocación del concreto
- Control de calidad

El objetivo de seguir de forma ordenada este proceso, es el de concebir, desde un inicio, la idea clara de lo que se pretende obtener como resultado final y tenerlo presente en cada una de las actividades que ayuden a cumplir con la meta propuesta según lo planeado, programado y presupuestado; desde la investigación de las características del sitio de trabajo, hasta el control de calidad del elemento terminado.

Como cualquier proyecto, la construcción de pilotaje debe complementar unos requerimientos como: el presupuesto preestablecido, para una fecha determinada, a satisfacción del cliente y cumpliendo al cien por ciento con las normas de calidad requeridas. Dicha circunstancia sólo es posible si en el proceso constructivo se

establecen los procedimientos correctos y la selección adecuada de los medios para realizar dichos procedimientos constructivos.

Dentro del desarrollo de este trabajo, se estudian los procedimientos constructivos para pilotes con perforadoras con sistema de pre-excavados, con hélice continua e hincado.

El método de perforación con sistema de pre-excavados es el más socorrido en la construcción de pilotes en Bogotá, pues es aplicable en todo tipo de suelos, tanto en suelos cohesivos como no cohesivos, así como en roca, con o sin presencia de agua.

Para garantizar la calidad del pilote terminado, es necesario tener control sobre las actividades que se realizan en la obra, es decir, es necesario mantener bajo observación el procedimiento constructivo, cualquiera que este sea. Las medidas que deben tomarse en cuenta para lograr un resultado satisfactorio son:

- Determinación precisa de las características del subsuelo, verificando que el material previsto en el proyecto sea el mismo que el real.
- Realizar una ejecución adecuada de la perforación: referencia topográfica, verticalidad, profundidad, diámetro, control de longitud, observación de la estabilidad del terreno, nivel de fluido de estabilización, entre otros.
- Control de calidad de los materiales que se utilizarán (acero, concreto, etc.)
- Vigilar la instalación de los materiales; es decir, profundidad y centrado del acero de refuerzo, nivel o cota de concreto, acero, fondo, terreno y la correcta extracción de lodos estabilizadores.

Se debe elaborar un plan de verificación de todas las actividades que intervienen en el procedimiento constructivo, divulgándolo entre la fuerza de trabajo.

En Colombia encontramos maquinaria que puede alcanzar una longitud de excavación hasta los 119 metros.

Por otro lado, la construcción de pilotes de cimentación con hélice continua, de gran aplicación en Europa, Asia y EE. UU., ha ido cobrando presencia en Colombia que, por sus características de procedimiento, representa un resultado positivo en cuestiones de tiempo y beneficio económico.

Por las características del método, en el que la operación debe realizarse de manera constante, este método resulta ser susceptible a los obstáculos que se puedan encontrar en el suelo, ya que no es posible recurrir a una herramienta de perforación auxiliar distinta durante la ejecución. Si dicha obstrucción es insuperable, entonces la perforación se debe abortar.

Las ventajas y características de este método de perforación y construcción de pilotes son las que se enuncian a continuación:

Relativamente bajas cantidades de material son removidas durante la perforación; esto depende del diámetro del alma de la hélice, la capacidad de desplazamiento del suelo, entre otros. Lo cual puede representar la disminución de retiro libre de material producto de perforación y, en consecuencia, menor costo.

No es necesario el uso de soporte temporal durante la perforación, ya que el mismo material que va llenando las alas de la hélice hace ese papel.

Este método de perforación es de alto rendimiento, lo cual es reflejado en el alto costo del equipo necesario. Los altos costos de producción son justificables por la relación costo-beneficio favorable que se obtiene de la rapidez del método.

Los niveles de vibración son muy bajos, en consecuencia, su aplicación es recomendable en circunstancias donde el hundimiento, la deformación y la vibración son factores limitantes.

Las limitantes de este método de perforación surgen de las características propias de la máquina y su aplicación; es decir, del diámetro y de la posible profundidad de perforación según las características del subsuelo. Para llevar a cabo este método, es necesario contar con la máquina portante adecuada según las características de la perforación (diámetro y longitud).

Las medidas de control de procedimiento para asegurar la calidad del producto terminado, son en general los mismo que los descritos para la construcción con sistema de pre-excavado, salvo que, con este método, la inyección del concreto debe llevarse a cabo de manera cuidadosa y a velocidad baja, la cual garantice que la punta de inyección del concreto de la hélice, siempre este embebida en el concreto ya colocado.

En Colombia encontramos maquinaria que puede alcanzar una longitud de excavación hasta los 30 metros.

El método con pilotes hincados desde hace muchos años se realiza por impacto o mecánico últimamente, es uno de los más utilizados en la construcción de pilotes en Colombia, pues su rendimiento, orden y aseo en la obra lo hacen muy atractivo.

La construcción de pilotes Hincados es muy conveniente en suelos blandos, o de naturaleza granular, transmitiendo su carga en punta, a un estrato lo suficientemente firme. Su posibilidad de empalme mediante uniones que lo hacen comportar como un pilote continuo, lo cual permite alcanzar grandes profundidades.

Su gran producción de vibraciones durante su hincado puede llegar a ocasionar perjuicios en edificaciones cercanas, si las tiene.

Respecto al control de calidad, hoy en día éste juega un papel sumamente importante en cualquiera que sea el método aplicado, debiendo cumplir con los estándares de calidad que la normatividad vigente solicita, de los materiales comúnmente usados en la construcción de pilotes de cimentación, en los procedimientos constructivos y en las exigencias del producto terminado.

En Colombia encontramos maquinaria que puede alcanzar una longitud de excavación hasta los 60 metros.

9. RECOMENDACIONES

Hacer la viabilidad en la facultad de ingeniería civil de la Universidad La Gran Colombia para optimizar la cartilla en el proceso de enseñanza-aprendizaje y que sea empleada en materias donde se hace necesario no solo la teoría, sino la práctica o visita a campo, ya que en las materias actuales de la malla curricular no hay materias donde se haga una salida pedagógica, esto con el fin de acercar al estudiante a una vida profesional.

Se debe generar más visitas técnicas, prácticas, salidas a campo; con el fin de lograr acercar a los estudiantes a un ambiente laboral y donde se relacionen en realidad con una obra civil.

La metodología de construcción desarrollada en este trabajo es una guía de campo organizada y no un código estricto de pasos a seguir, por lo que puede variar dependiendo del lugar donde se realice, los materiales a utilizar o las especificaciones constructivas de diseño proporcionadas.

Implementar un programa de educación relacionado en la construcción es importante para la prevención de errores y facilitar la adaptación de un sistema o método, generando una cultura de prevención en el campo de la construcción en Colombia.

Como constructor de un proyecto la utilización de un sistema de control es fundamental para garantizar la calidad del proyecto y evitar contratiempos al momento de ser supervisada la obra.

10. REFERENCIAS

GAVIRIA, Carlos Andrés; GOMEZ, Daniel; THOMPSON, Peter. EVALUACIÓN DE LA INTEGRIDAD DE CIMENTACIONES PROFUNDAS: ANÁLISIS Y VERIFICACIÓN IN SITU. En la Universidad del Valle, Cali Colombia. Publicado el 10 de diciembre de 2008.

HERNANDEZ DEL POZO Juan Carlos; RUBIO GARCIA Francisco; LAMAS FERNANDEZ Francisco; HERNANDEZ Juan Carlos. PROBLEMAS RESUELTOS DE CIMENTACIONES PROFUNDAS. Publicado en el año 2004.

CARRASCOSA LATORRE, Ramon. DOMINGUEZ AMARILLO, Samuel. DOCUMENTO BÁSICO DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL. Plan de formación. Tomado el 04 de noviembre del 2016. <http://www.salleurl.edu/tecnologia/pdf/teoria/tercerA/03.pdf>

CRUZ, L. INTRODUCCION A LA INGENIERIA DE CIMENTACIONES. Capítulo 5 – Distribución de esfuerzos en el suelo debido a cargas. Tomado de: <ftp://ftp.unicauca.edu.co/lucruz/docs/%20Distribuci%F3n%20de%20esfuerzos%20en%20el%20suelo%20debido%20a%20cargas.pdf> Fecha de consulta: 16/11/2016

DEL HOLMO MARTINEZ, Martha Lizeth; LOPEZ RUFINO, Isaac Eduardo. PILOTES DE CIMENTACION. Universidad autónoma de Queretano. Agosto del 2016. Tomado de: <http://ingecivilcusco.blogspot.mx/2009/06/pilotes.html> Fecha de consulta 16/11/16

DENG, Yibing; ZHOU, Jian; LIU, Zhong; ZHANG, Chao. “Model test study of augered piling of screw displacement auger in sand”. De la universidad de océano medio de ambiente e ingeniería, universidad marítima de Shangai. Publicado en el año 2011. Tomado el 25 de marzo de 2017.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente. NSR-10, Segunda actualización, Bogotá, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. AIS, 2010.

MONTOYA, Javier; PINTO VEGA, Francisco. Cimentaciones. Universidad de los andes Mérida Venezuela 2010 p. 08. Tomado el 25 de octubre de 2016. <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/nbelandria/materias/geotecnia/Cimentaciones.pdf>.

REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE DE 2010 (NSR-10). Título H-Concreto Estructural: Capítulo H.4.6-Profundidad de cimentación. Bogotá: 2010. p. 420.

BARRETO MAYA, Angela Patricia. EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA CAPACIDAD DE CARGA EN CIMENTACIONES PROFUNDAS. FÓRMULAS ANALÍTICAS Y ENSAYOS DE CARGA. Tesis para optar al título de Magister en Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Facultad de Minas.

ROS ESTEBAN, Antonio. MANUAL DE ANCLAJES PARA MINERÍA Y OBRA CIVIL. Capítulo 13. Anclajes micro pilotes [Online]. Proyecto fin de carrera. Universidad politécnica Cartagena. Ingeniería técnica de minas. 2005/2006. Internet. Tomado el 28 octubre del 2016. https://upct.ent.sirsidynix.net.uk/client/es_ES/default/ln=es_ES&q=MANUAL+DE+ANCLAJES+PARA+MINER%25C3%258DA+Y+OBRA+CIVIL&rw=0

RUIZ SUAREZ, Oscar Vladimir. ENSAYOS DE TENSION Y FLEXIÓN SOBRE UNA NUEVA PROPUESTA DE JUNTA EN PILOTES HINCADOS. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Posgrado en ingeniería. Año 2014.