



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**HERRAMIENTAS PARA EL DISEÑO
ESTRUCTURAL DE PILOTES Y
CABEZALES SEGÚN EL CÓDIGO ACI 318-
14 Y EL DOCUMENTO TÉCNICO
FONDONORMA 1753-2006.**

Autor(es):
Escobar Luis
Fernandes Paulo

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (máster) – Fax: (0241) 871



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA INGENIERÍA CIVIL**

**HERRAMIENTAS PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PILOTES Y
CABEZALES SEGÚN EL CÓDIGO ACI 318-14 Y EL DOCUMENTO
TÉCNICO FONDONORMA 1753-2006.**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de
INGENIERO CIVIL**

Autores: Paulo Fernandes
CI.: 24.859.278
Luis Escobar
CI: 19.981.453
Tutor: Ing. Joel Curreri
CI: 17.338.221

San Diego, Agosto de 2018



Universidad José Antonio Páez
Facultad de Ingeniería

F-CV-016-2018-IICR

Valencia, 31 de Octubre de 2018.

Ciudadanos:
Paulo Fernandes
C.I: 24.859.278
Luis Escobar
C.I: 19.981.453
Presente.-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 01-2018 de fecha 31-10-2018 aprobó el proyecto de trabajo de grado **HERRAMIENTAS PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PILOTES Y CABEZALES SEGÚN EL CÓDIGO ACI 318-14 Y EL DOCUMENTO TÉCNICO FONDONORMA 1753-2006**. Presentado por usted(es) como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación del Ing. Joel Curreri, C.I: 17.338.221 y la Ing. Alicia Yánez, C.I.: 4.598.880 como Tutores Académicos que lo asesorarán en el desarrollo de este proyecto.



Atentamente,

Prof. Zulay Salcedo
Decana de la Facultad de Ingeniería

c. c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

ZS/fr



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA INGENIERÍA CIVIL**

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Joel Curreri G. titular de la cédula de identidad N.º 17.338.221, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por los ciudadanos Paulo A. Fernandes V.; titular de la cédula de identidad 24.859.278 y Luis A. Escobar H.; titular de la cédula de identidad 19.981.453 titulado **“HERRAMIENTAS PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PILOTES Y CABEZALES SEGÚN EL CODIGO ACI 318-14 Y EL DOCUMENTO TECNICO FONDONORMA 1753-2006.”** presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 2 días del mes de agosto del año 2018.

Ing. Joel Curreri G.
C.I: 17.338.221



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA INGENIERÍA CIVIL**

San Diego, de 2018

ACTA DE REVISIÓN METODOLÓGICA DEL TRABAJO DE GRADO

Quienes suscriben esta Acta, dejan constancia que el Proyecto de Trabajo de Grado: **“HERRAMIENTAS PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PILOTES Y CABEZALES SEGÚN EL CODIGO ACI 318-14 Y EL DOCUMENTO TECNICO FONDONORMA 1753-2006.”**, ha sido revisado y, cumpliendo con los requisitos exigidos para su aprobación, recomiendan su tramitación ante el organismo académico correspondiente.

Ing. Joel Curreri G.

Tutor Académico

Firma

Fecha

Ing. Alicia de Pizzella

Tutor Metodológico

Firma

Fecha

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO

pp.

ÍNDICE.....	viii
RESUMEN INFORMATIVO.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO

I EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Formulación del problema.....	4
1.3 Objetivos de la investigación.....	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.1 Objetivos específicos.....	4
1.4 Justificación.....	4
1.5 Limitación y alcance.....	5

II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes.....	6
2.2 Bases teóricas.....	7
2.2.1 Características de los suelos.....	7
2.2.1.1 Generalidades.....	7
2.2.1.2 La mecánica de los suelos.....	8
2.2.1.3 Determinación de la capacidad portante del suelo...	8
2.2.1.4 Distribución de esfuerzos en suelo de fundación...	10
2.2.2 Diseño estructural del concreto armado.....	11
2.2.3 Fundaciones profundas.....	11
2.2.3.1 Generalidades de pilotes.....	13
2.2.4 Cabezales y pilotes de concreto armado.....	15
2.2.4.1 Generalidades de cabezales.....	15
2.3 Modelos y teorías referidos a la investigación.....	19

III MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de la investigación.....	21
-----------------------------------	----

3.2 Nivel de la investigación.....	21
3.3 Fases metodológicas.....	22
IV RESULTADOS	
4.1 Describir lineamientos técnicos y normativos al diseño estructural	28
4.2 Metodología de diseño estructural de cabezales y pilotes	29
4.3 Realizar diagrama de flujo con el diseño estructural de cabezales y pilotes.....	31
4.4 Diseñar una herramienta tipo hoja de cálculo para el diseño estructural de cabezales y pilotes.....	42
4.5 Aplicación de ejemplos practicos de diseño estructural.....	42
V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO

FIGURA		pp.
1	Diagrama asentamiento/ carga aplicada	10
2	Curva esfuerzo deformación.....	9
3	Geometría de cabezales en función del número de pilotes	10



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

HERRAMIENTAS PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PILOTES Y CABEZALES SEGÚN EL CODIGO ACI 318-14 Y EL DOCUMENTO TÉCNICO FONDONORMA 1753-2006

Autores: Escobar Luis
Fernandes Paulo

Tutor: Ing. Joel Curreri G.

Fecha: Agosto, 2018

RESUMEN INFORMATIVO

El presente trabajo de investigación consiste en el desarrollo de herramientas para el diseño estructural de pilotes y cabezales según el código ACI 318-14 y el documento técnico fondonorma 1753-2006, pudiendo realizar comparaciones directas entre ambos requerimientos de las normas antes mencionadas utilizando el método de las bielas para el cálculo de la altura de cabezal de los pilotes, esto para cabezales que abarquen entre 1 y 5 pilotes por cabezal de geometría regular, esto debido a la limitante de tiempo de ejecución del proyecto, el cual a manera de diagrama de flujo permita la captación de los datos requeridos para el cálculo y posterior diseño estructural, reduciendo el tiempo requerido por los profesionales para la realización de estos cálculos o en su defecto que el profesional pueda realizar comparaciones de los resultados obtenidos de manera particular así como la verificación del cumplimiento de la norma en sus diseños.

Descriptor: Herramientas, cabezales, pilotes

INTRODUCCIÓN

El uso de pilotes es uno de los métodos más antiguos usados por el hombre para superar las dificultades al momento de construir estructuras sobre suelos con baja capacidad portante. La demanda para el uso de fundaciones profundas con pilotajes ha incrementado en los últimos años, lo cual hace que se desarrollen softwares basados en distintas metodologías para el dimensionado de pilotes. Algunos de estos métodos utilizados no siempre son confiables y son desarrollados para el cálculo que se rigen con una sola normativa, dependiendo del país donde los mismos hayan sido desarrollados, basándonos en esto nace la necesidad del desarrollo de herramientas para el diseño estructural de fundaciones profundas con una metodología confiable y segura para el cálculo de pilotes de concreto armado vaciados in situ, también los resultados obtenidos estarán reflejados con los resultados de la norma ACI 318 – 14 y el documento tecnico fundonorma 1753 – 2006, esto permite que el usuario pueda comparar ambos resultados y de manera intuitiva sacar una conclusión que más se adecue a su caso estudio.

De tal manera la presente investigación se encuentra estructurada de la siguiente forma:

CAPITULO I El problema: Planteamiento de problema, formulación del problema, objetivo general, objetivos específicos, justificación del problema, alcance y limitación.

CAPITULO II Marco teórico: Antecedentes de la investigación, bases teóricas, términos básicos, modelos y teorías referentes a la investigación.

CAPITULO III Marco metodológico: Tipo de investigación, diseño de la investigación, nivel de la investigación, población y muestra, fases metodológicas.

CAPITULO IV Resultados: Presenta los resultados de las fases metodológicas, cálculos realizados y desarrollo de herramientas para el diseño estructural de cabezales y pilotes.

CAPITULO V Conclusiones y recomendaciones: Se concluye de manera completa todos los resultados obtenidos y se presentan recomendaciones para el mejor manejo de la herramienta desarrollada.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

La capacidad portante del suelo es la que determina la magnitud de la estructura que sobre este se pueda construir, sin embargo, en ocasiones se hace necesaria la construcción de superestructuras en sitios específicos en los cuales la capacidad portante del suelo no es suficiente para soportarlas y por ello se recurre a transmitir las cargas a estratos más bajos que tengan una mayor capacidad portante, en estos casos se recurre al uso de pilotes de fundaciones.

Existen varios tipos de pilotes de fundación y se dividen según el material, forma de ejecución, capacidad resistente, tipo de trabajo, forma de su sección transversal, altura alcanzada y perfil longitudinal.

En un inicio los pilotes eran de madera para pequeñas estructuras, estos aún son usados en su mayoría en las costas por su baja afectación a la corrosión. Para superestructuras son utilizados pilotes de concreto debido a su alto esfuerzo admisible a compresión, transmisión de cargas de gran magnitud trabajando por punta, distribución de las cargas de gran magnitud por adherencia o fricción en suelos homogéneos, logra anclar las estructuras evitando volcamientos e inclinaciones, protege la cimentación de daños por socavación, permite la estabilización de taludes evitando deslizamiento, logra drenar suelos arcillosos para consolidarlo y aumentar su capacidad portante, controla asentamientos con suelos compresibles o expansivos, resiste cargas horizontales o inclinadas debidas al viento, sismo o empuje.

En el campo de trabajo a los ingenieros, en muchos casos les cuesta tomar alguna decisión al momento de realizar un diseño estructural, esto muchas veces está asociado al desconocimiento de la norma, falta de criterio del ingeniero y los pocos recursos necesarios para la realización del cálculo del diseño estructural.

Por lo antes mencionado se requiere el desarrollo de herramientas para facilitar y asegurar el éxito de los resultados para el diseño de cálculo estructural

en superestructuras, según lo establecido en la norma ACI 318-14 y el documento fondonorma 1753 – 2006.

1.2 Formulación del Problema

¿Se podrá implementar de manera factible nuevas herramientas que permitan realizar el cálculo y revisión del diseño estructural de cabezales y pilotes excavados de concreto armado vaciados in situ y cuyos criterios cumplan con lo establecido en norma ACI 318-14 y el documento técnico fondonorma 1753-2006??

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

Desarrollar herramientas para el diseño estructural de pilotes y cabezales según el código ACI 318-14 y el documento técnico fondonorma 1753-2006.

1.3.2. Objetivos Específicos

-Describir lineamientos técnicos y normativos al diseño estructural de cabezales y pilotes.

-Ordenar una metodología de diseño estructural de cabezales y pilotes según el código normativo ACI 318-14 y documento técnico fondonorma 1753-2006.

-Realizar diagrama de flujo con el diseño estructural de cabezales y pilotes.

-Realizar herramientas que permitan el diseño estructural de cabezales y pilotes según las normativas.

-Aplicar las herramientas de diseño estructural de cabezales y pilotes a situaciones reales.

1.4. Justificación

El diseño estructural de una edificación puede tomarse un tiempo prolongado debido a la gran cantidad de factores que se toman en cuenta para asegurarse de que el mismo funcionara de manera correcta durante toda su vida útil, por esta misma razón se corre el riesgo de pasar por alto algún importante paso. Las herramientas a desarrollar en esta investigación facilitarán una parte de este proceso, el cual permite realizar de manera ordenada todos los pasos de diseño estructural para el cálculo de pilotes excavados y cabezales, a su vez de manera intuitiva la toma de decisiones estará a cargo del usuario, donde este podrá

comparar resultados entre la norma ACI 318-14 y el documento fononorma 1753-2006.

Al vincularse la norma ACI 318-14 y el documento fononorma 1753-2006 crea la posibilidad de que el ingeniero pueda comparar ambos resultados y así formar un criterio propio facilitando la toma de decisiones, ya que quedaran expuestos todos los factores influyentes en el método de las bielas método a utilizar para el desarrollo de nuestra investigación.

El software a desarrollar tiene potencialidad y posibilidad de globalizarse, ampliando el mercado actual en el que se desarrolla la problemática analizada de falta aparente de conocimiento sobre el diseño y calculo estructural de cabezales y pilotes excavados. El beneficio que puede aportar a la comunidad de ingenieros en el área de cálculo de estructuras es considerable, ya que será un software completamente manejable y de fácil utilización para los ingenieros civiles noveles y especializados en esta área antes mencionada.

1.5 Limitación y Alcance

El presente trabajo de grado estará limitado al desarrollo de una herramienta para el cálculo estructural de pilotes y cabezales de concreto armado vaciados in situ, tomando como hipótesis que el pilote estará confinado a lo largo de toda su longitud, el cabezal se considera completamente rígido, el pilote se considera que trabaja netamente a compresión.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

A continuación, se presentan las investigaciones previas vinculadas con la temática y los objetivos del presente trabajo; para así poder relacionar algunos resultados que sirvan de punto de partida y que tengan inherencia a investigar, aportando ideas y referentes.

López A. (2014) en su trabajo de grado titulado **“Desarrollo de un programa de diseño geotécnico de pilotes en arenas y arcillas con carga axial empleando métodos de análisis basados en confiabilidad”** tiene como objetivo desarrollar un programa de computador basado en diferentes metodologías para el diseño geotécnico de pilotes sometidos a carga axial, empleando la teoría de la confiabilidad, el cual se desarrolla mediante graficas en función de la carga axial, diámetro y asentamientos en pilotes para cada metodología seleccionada de diseño, a su vez hace una recopilación de los métodos tradicionales de diseño y capacidad de carga por punta y carga axial con la finalidad de comparar la capacidad portante de cada pilote según las diferentes metodologías y evalúa la variabilidad en la capacidad portante y asentamientos considerando análisis basados en confiabilidad.

Asimismo, Pérez F. M. y Bryan S. Montoya A. (2016) en su trabajo titulado, **“Desarrollo de una herramienta computacional para el diseño y estudio de pilotes en suelos finos”** trata sobre el desarrollo de una herramienta computacional para el diseño y estudio de cimentaciones profundas en suelos finos, estableciendo algoritmos para evaluar la capacidad portante por fricción en pilotes de concreto armado en suelos finos y además algoritmos que permita evaluar la cuantía de refuerzo necesaria para que los pilotes soporten las sollicitaciones o fuerzas de diseño, de la misma forma podrá determinar la cuantía de refuerzo necesaria y evaluarla mediante el cambio de longitud y ancho del mismo. La finalidad de este trabajo es de desarrollar, validar e implementar la herramienta.

2.2. Bases Teórica

2.2.1. Características de los suelos.

2.2.1.1. Generalidades:

Los suelos son el producto del desgaste o desintegración de las rocas de la naturaleza. Existen suelos cuya edad se remonta a miles de millones de años, mientras que otros depósitos son más recientes, todos han sufrido en el tiempo sucesivas erosiones, filtraciones, mutaciones, deslizamientos, compactaciones, drenajes, entre otros efectos que les otorgan las características actuales que ellos poseen y continúan evolucionando con mayor o menor lentitud.

Por suelos se entiende todo depósito de partículas minerales y orgánicas disgregadas, pero íntimamente asociadas entre sí, pertenecientes al manto rocoso de la litosfera, las cuales presentan diferentes grados de cohesión y fuerzas intermoleculares que las mantienen vinculadas. Genéricamente, en todos los suelos, tales como las gravas, arenas, limos y arcillas estas partículas han sido depositadas a través de los siglos por glaciares, por sedimentos aluvionales en los ríos y marinos en las playas de las costas, o transportadas por el viento.

Las rocas por el contrario están formadas por minerales y otras sustancias solidas endurecidas, y solo pueden ser excavadas mediante taladros, cuñas o explosivos. No existe sin embargo frontera neta que diferencie suelos y rocas, ya que cierto tipo de suelos después de un prologado periodo de tiempo pueden consolidarse transformándose en rocas, y las rocas a su vez pueden desintegrarse y formar suelos con sus partículas pulverizadas.

Desde el punto de vista de la ingeniería civil, el suelo se analiza bajo los siguientes aspectos:

- Como base de apoyo para todo tipo de edificaciones
- En forma de masa o talud que debe ser contenido
- Cumpliendo la función de material de construcción.

Independiente del tipo de suelo todo lo que se construye resulta soportado directa o indirectamente por el suelo de fundación. Sin importar el tamaño o función de una edificación, forma o ubicación geográfica debe apoyarse sobre el terreno que la sustenta. Este debe resistir la totalidad de las cargas que le

transmiten las columnas y muros a través de sus bases, tales como las cargas permanentes, sobrecargas móviles el peso de los fluidos o materiales granulares almacenados, cargas de viento, sismo, vibratorias, de impacto entre otras, asegurando la estabilidad del conjunto y una correcta interacción suelo-fundaciones-superestructuras.

2.2.1.2 La mecánica de los suelos

La mecánica de los suelos es la ciencia que investiga la naturaleza y comportamiento de la masa del suelo, formada por la unión de las partículas dispersas de variadas dimensiones y constituye una especialidad de la geomecánica que engloba la mecánica de las rocas y de los suelos formados por sustancias minerales y orgánicas. Por ello la mecánica de suelos difiere de la mecánica de los sólidos y la de fluidos y corresponde a una rama aparte de la ciencia de la ingeniería.

Debido a la heterogénea variedad de los suelos, con aleatorias composiciones y diversas propiedades físico-naturales, el rol de la mecánica de suelos resulta de fundamental importancia en la ingeniería de suelos, así como representa motivo de estudio para geólogos, hidrólogos y todos los profesores, técnicos y especialistas cuyo trabajo u oficio involucra el suelo.

Desde comienzos del siglo XX se intensificaron las investigaciones sobre la mecánica de los suelos, a modo de permitir una mayor y más amplia utilización de los logros científicos alcanzados, de esta manera, la mecánica de suelos se ha transformado en la herramienta esencial que permite un correcto diseño de las fundaciones de edificios, puentes, caminos, presas, chimeneas, torres, muros, depósitos, silos, y todo tipo de estructuras resistentes. En todos los casos, el problema se debe de enfocar como la total interacción del suelo, la infraestructura y la superestructura, teniendo en cuenta que el terreno sobre el cual descansa cada construcción es esencialmente único desde el punto de vista de las condiciones geológicas. Por ello cada fundación debe diseñarse de acuerdo con las características propias de comportamiento de la estructura que soporta y de las propiedades resistentes del suelo sobre el cual descansa.

2.2.1.3 Determinación de la capacidad portante del suelo

Distintas investigaciones nos han llevado a catalogar los suelos de acuerdo a su capacidad portante, la cual se define como la capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas sobre él, es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzca un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo. La capacidad portante admisible debe estar basada en uno de los siguientes criterios funcionales:

-Si la función del terreno de cimentación es soportar una determinada tensión independiente de la deformación, la capacidad portante se denominará carga de hundimiento.

-Si lo que se busca es un equilibrio entre la tensión aplicada al terreno y la deformación sufrida por éste, deberá calcularse la capacidad a partir de criterios de asiento admisible.

Al aplicar una carga de compresión gradualmente creciente a un suelo, se produce asentamientos como muestra la figura 2, según diagramas similares a lo esfuerzo- deformación. Mientras la magnitud de la carga es reducida, el comportamiento del suelo es aproximadamente elástico (hasta el punto I) y los asentamientos resultan limitados, pero cuando se supera este valor, el diagrama deja de ser lineal y al alcanzar e punto II se producen grandes deformaciones y la falla ocurre por esfuerzos cortantes a lo largo de un plano interno de la masa del suelo.

Obviamente el diagrama de la figura 1. varia con el tipo de suelo, pero todos guardan entre si una cierta similitud, como muestran las curvas de un suelo de arena suelta o arcillas sensibles (curva I) y de arenas densas o arcilla dura (curva II).

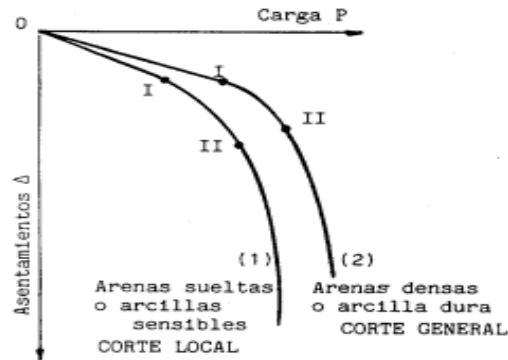


Figura 1. Diagrama asentamiento/carga aplicada

Fuente: Libro Suelos, fundaciones y muerro, Maria G. Fratelli

2.2.1.3 Distribución de esfuerzos en el suelo de fundación

La función de una fundación es la de transmitir al suelo todas las cargas que impone la superestructura de una construcción. La forma como se realiza esta transferencia depende de una gran diversidad de parámetros, entre los cuales podemos mencionar:

- La capacidad portante del suelo de fundación
- La profundidad en la cual se ubica la base
- El tipo y magnitud de las cargas impuestas
- Las propiedades elásticas del suelo
- La rigidez y el tamaño de la fundación
- El comportamiento de la superestructura
- La presencia del nivel freático

El problema de determinar el estado tensional en el suelo de fundación adquiere fundamental importancia, para no superar el límite de su resistencia ni la magnitud de las deformaciones y asentamientos admisibles. El estado tensional depende netamente del peso de la masa del suelo por encima del punto y de la totalidad de las cargas exteriores aplicadas en él, para un estudio de este tipo se debe abarcar los siguientes conocimientos:

- El estado tensional debido al peso propio, tomando en cuenta el agua subterránea
- La distribución de presiones de contacto entre el suelo y las fundaciones

- El estado tensional en el subsuelo debido a las cargas impuestas por las bases.

2.2.2 Diseño estructural en concreto armado

El material usado para la construcción de las fundaciones en general, es el concreto armado. El concreto es un material pétreo artificial, que se obtiene de mezclar en determinadas proporciones cemento, agregados gruesos y finos (piedra y arena), con agua. El concreto y el agua forman una pasta que rodea a los agregados, dando como resultado un material de gran durabilidad que fragua y endurece, incrementando su resistencia con el paso del tiempo. El concreto simple es resistente a la compresión, pero débil a tracción, por lo cual se lo arma convenientemente con barras de acero que absorben los esfuerzos de tracción y evitan la formación de grietas en la masa de concreto.

Las curvas de esfuerzo- deformación del concreto simple que se obtienen de ensayos de probetas entandar sujetas a carga axial de compresión uniformemente repartida, de corta duración, se indica la figura 3. En dicha figura se observa que la curva presenta un máximo, seguido de un trazo descendente, produciéndose la rotura de la muestra del ensayo por compresión, para una carga menor que la máxima.

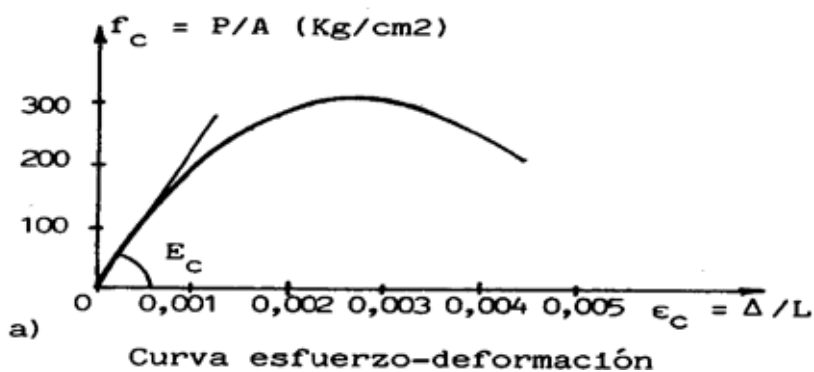


Figura 2 Curva esfuerzo deformación

Fuente: Libro Suelos, fundaciones y muros, Maria G. Fratelli

2.2.3 Fundaciones profundas

Cuando los estratos superficiales del suelo de fundación no son lo suficientemente resistentes para soportar las cargas impuestas por las bases directas de la superestructura se pueden producir: Asentamientos locales

excesivos e inadmisibles o en su defecto falla del suelo, al superar su capacidad portante.

Para la solución de este problema se deben buscar estratos profundos más firmes, de modo de transmitir a ellos las cargas actuantes, mediante fundaciones indirectas o profundas, las cuales se clasifican en:

- Pilotines, cuyo diámetro está comprendido entre 10 y 20cm.
- Pilotes, cuyo diámetro está comprendido entre 20 y 80 cm.
- Pilas, cuyo diámetro está comprendido entre 80 y 220 cm.

Las funciones básicas que cumplen las fundaciones indirectas son:

- Transmitir, trabajando por punta, como una columna, las cargas de la superestructura, hasta un estrato firme del suelo.
 - Distribuir cargas concentradas de gran magnitud, por adherencia o fricción.
 - Densificar y compactar los suelos sueltos sin cohesión, aumentando su resistencia.
 - Resistir cargas horizontales o inclinadas.
 - Anclar estructuras, evitando que inclinen o vuelquen.
 - Controlar asentamientos, cuando los suelos no son comprensibles o expansivos.
 - Transmitir las cargas de las estructuras marítimas y fluviales hasta el suelo firme.
 - Proteger la cimentación de los daños producidos por la socavación.
 - Formar pantallas impermeables.
 - Estabilizar taludes, evitando el deslizamiento de laderas y movimientos del terreno.
 - Drenar los suelos arcillosos, para consolidarlo.
- Las fundaciones profundas deben cumplir los siguientes requisitos:
- Asegurar estabilidad y funcionalidad de las fundaciones durante la vida útil de la superestructura.
 - Obtener una solución razonablemente económica.

- Lograr una forma sencilla de ejecución, en un plazo lo más breve posible.

2.2.3.1 Generalidades de pilotes

Los pilotes son miembros estructurales de gran esbeltez, con sección transversal circular o poligonal, que penetran en suelos de baja capacidad portante a fin de transmitir las cargas a niveles más profundos del subsuelo. Los pilotes pueden clasificarse de diferentes formas, según: Material usado, forma de ejecución y colocación, capacidad resistente, tipo de trabajo, forma de su sección transversal, altura alcanzada y su perfil longitudinal.

Según el material los pilotes se dividen en:

- Pilotes de madera
- Pilotes de concreto (Sin armar, armados y pretensados)
- Pilotes de acero
- Pilotes mixtos

Para la determinación de la forma y el número de pilotes del cabezal, se requiere conocer la capacidad resistente del o los pilotes que sean requeridos por la sollicitación de la supra estructura, ya que no existe ninguna regla fija para la determinación de la capacidad resistente última de un pilote debido a las fallas de ejecución presentes en obra, la desgravación del material al vaciarse, la pérdida y mezcla del concreto con la tierra, debido a todos estos factores que influyen en el vaciado de pilotes de concreto vaciados in situ, la sociedad venezolana de geotecnia define que la capacidad máxima de pilote es de 35 Kilogramos fuerza por metro (KgF/m), para algunos ingenieros especializados en el área de cálculo estructural esta capacidad se considera muy conservadora y por lo tanto no económica; para otros especialistas les parece un valor acorde debido a que son muchos factores que pueden perjudicar la capacidad resistente del pilote.

A su vez el instituto de concreto americano (ACI) define la capacidad máxima del pilote como $\phi F_c A_p$, siendo $\phi=0,65$ un valor de reducción establecido por la norma ACI 318 – 14, 0,85 un factor de minoración a la capacidad del concreto y A_p el área del pilote. La diferencia entre estos dos criterios es bastante amplia, y queda a criterio del ingeniero calculista tomar la

decisión más acertado a su caso estudio, ya que para tomar una decisión acertada se deberá de contar con el estudio detallado de suelos.

La determinación del área del pilote depende de la capacidad máxima resistente del mismo, ya que se define área de pilote como la relación entre la carga máxima proveniente de la supra estructura entre la capacidad máxima tomada por el ingeniero calculista para cada caso estudio, la importancia de calcular el área del pilote es de suma importancia, ya que esta nos permite conocer el diámetro aproximado requerido para el pilote, siendo el diámetro de pilote la raíz cuadrada de la relación de cuatro veces el área entre pi (ρ), nos daría un aproximado de la capacidad resistente del pilote según el diámetro requerido.

Algunos autores han logrado tabular la resistencia máxima del pilote dependiendo del diámetro del mismo, entre ellos tenemos a:

Carlos Landa Bartolón, en su libro “Diseño de elementos en concreto armado”

TABLA 8.I
CAPACIDAD DE CARGA – DIAMETRO DE PILOTE

DIAMETRO ϕ_p (cm)	AREA $A_g = 0,79 \phi_p^2$ (cm ²)	CAPACIDAD DE CARGA $P_{up} = 45 \phi_p^2$ (Ton.)
42	1.394	79
50	1.975	112
52	2.136	121
55	2.390	136
57	2.567	146
60	2.844	162
65	3.338	190
70	3.871	220
80	5.056	288
90	6.399	364
100	7.900	450
110	9.560	544

Henrique Arnal y Salomon Epelboim en el manual llamado “Manual para el proyecto de estructuras de concreto armado para edificaciones”

Diámetro de Pilote (cm)	N° DE PILOTES									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
42	60	120	180	240	300	360	420	480	540	600
	75	150	225	300	375	450	525	600	675	750
50	90	180	270	360	450	540	630	720	810	900
	110	220	330	440	550	660	770	880	990	1100
52	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
	115	230	345	460	575	690	805	920	1035	1150
55	110	220	330	440	550	660	770	880	990	1100
	130	260	390	520	650	780	910	1040	1170	1300
57	120	240	360	480	600	720	840	960	1080	
	140	280	420	560	700	840	980	1120	1260	
60	130	260	390	520	650	780	910	1040		
	155	310	465	620	775	930	1085	1240		
65	150	300	450	600	750	900	1050			
	165	330	495	660	825	990	1155			
	180	360	540	720	900	1080	1260			
70	170	340	510	680	850	1020				
	190	380	570	760	950	1140				
	210	420	630	840	1050	1260				
80	230	460	690	920	1150					
	245	490	735	980	1225					
	275	550	825	1100	1375					
90	290	580	870	1160						
	320	640	960	1280						
	350	700	1050	1400						
100	360	720	1080							
	395	790	1185							
	430	860	1290							

Para el cálculo de los pilotes de concreto armado se debe de tomar en cuenta también el área de acero que aporta para cumplir con la máxima capacidad resistente del mismo, el criterio a utilizar para la selección del acero de refuerzo longitudinal según documento técnico FONDONORMA 1753 – 2006 es que el área transversal sería igual a 1% del área gruesa del pilote, según norma ACI 318 – 14 sección 27.7.3 llamada “Espirales”, los cálculos del acero transversal en pilotes se calculan bajo las siguientes condiciones:

- Al menos el mayor de 25 mm y $(4/3)d_{agg}$
- Menor a 75 mm

La separación en estos espirales debe cumplir con las siguientes condiciones:

- 16 db del acero longitudinal
- 48 db del acero de los espirales

2.2.4 Cabezales y pilotes de concreto armado

2.2.4.1 Generalidades de cabezales

Los cabezales son elementos estructurales monolíticos de concreto armado, de considerable volumen y rigidez, que cumplen la función de conectar las cabezas de los pilotes, transfiriéndoles las cargas de la supra estructura. A su vez

los pilotes transmiten estas cargas al subsuelo, por lo tanto, los cabezales se comportan en forma similar a las bases aisladas directas, con diferencia que en los cabezales las reacciones del suelo actúan como cargas concentradas en el eje de los pilotes.

Si se realiza una sumatoria de todas las reacciones en los pilotes de un mismo cabezal y se dividen por el área en planta de éste, se obtiene una presión estática equivalente, la cual en general alcanza magnitudes considerables, pues los pilotes tienen gran capacidad de carga. Deben de cumplir las siguientes funciones estructurales:

- Resistir las cargas gravitacionales, laterales y momentos flectores de las columnas transmitiéndolos a los pilotes en forma de carga axial.
- Impedir los asentamientos de los pilotes aislados o la falla localizada en alguno de ellos por concentraciones de esfuerzos.

Las formas geométricas y las dimensiones de los cabezales quedan definidas por el número de pilotes que conectan y su separación, el valor tomado para el recubrimiento medido desde la cara exterior de los pilotes, lo tomamos con un valor de 15 cm.

Para el cálculo de la carga equivalente “Pe” se tomará de distinta forma para cada geometría definida por el número de pilotes, esta carga depende de los momentos que en el actúan y el número de pilotes, están definidas como:

Cabezal 2 pilotes

$$Pe = 2 \left(\frac{P}{2} \pm \frac{Mx}{e} \right)$$

Cabezal 3 pilotes

$$Pe = 3 \left(\frac{P}{3} + \frac{Mx}{e} + \frac{2My}{e\sqrt{3}} \right)$$

Cabezal 4 pilotes

$$Pe = 4 \left(\frac{Pe}{4} + \frac{Mx}{2 \cdot e} + \frac{My}{2 \cdot e} \right)$$

Cabezal 5 pilotes

$$Pe = 4 \left(\frac{Pe}{4} + \frac{Mx}{2 \cdot e} + \frac{My}{2 \cdot e} \right)$$

La separación “S” entre ejes de pilotes dependerá de la forma principal de trabajo de los mismos. En pilotes que trabajan por punta, apoyados en roca o en un estrato firme del subsuelo se debe cumplir que:

$$S \geq \left\{ \begin{array}{l} D + 30 \text{ cm} \\ 1,75 \text{ a } 2,5 D \\ \frac{\text{Carga en cada pilote (Kg)}}{\sqrt{\text{Capacidad portante del suelo (en } \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2})}} \end{array} \right\}$$

Para el diámetro “D” de los pilotes cilíndricos o la magnitud de la diagonal en las secciones transversales o cuadradas o H. Se suele utilizar que:

$$S \geq \left\{ \begin{array}{l} 3D \\ 1m \end{array} \right\}$$

$$e \geq \frac{s\sqrt{3}}{2}$$

Las longitudes de los cabezales también dependen de su geometría y vienen definidas como:

Cabezal 2 pilotes	Cabezal 3 pilotes	Cabezal 4 y 5 pilotes
$Lx \geq (e + Dp + 30)Cm$	$Lx \geq (e + Dp + 30)cm$	$Lx = (Dp + e + 30) cm$
$Ly \geq (Dp + 30)Cm$	$Ly \geq \left(\frac{\sqrt{3}}{2} e + Dp + 30 \right) Cm$	$Ly = (Dp + e + 30) cm$

La determinación de la altura útil viene definida por el ángulo y la geometría a utilizar en el método puntal tensor (Ver sección 2.3), haciendo la inclusión de ambas normas, se logra definir que un ángulo desde 25° hasta 50° medido desde la horizontal hasta el tensor que se forma desde la punta de tensor hasta la base de la columna, asegura que el cabezal se comporta de forma rígida, por lo tanto, se define la altura útil “d” como:

Cabezal 2 pilotes	Cabezal 3 pilotes	Cabezal 4 pilotes
$d \geq \frac{e}{2} \tan(\theta)$	$d \geq (0,577 \cdot e \cdot \tan \theta)$	$d \geq \frac{e}{2} \sqrt{2} Tg(\theta)$
	Cabezal 5 pilotes	
	$d \geq e \cdot Tg(\theta)$	

Con la altura útil ya definida, la altura total del cabezal “H” se define como H=d+15cm, 15 cm que es el valor del recubrimiento.

El cálculo para el esfuerzo a tracción (T) el cabezal, viene definido por la geometría del mismo, y se define cómo:

El área de acero (A_s) para resistir la sollicitación que requiere la tracción sin fallar sería la relación de la tracción para cada caso entre $\bar{A}E$ multiplicado por la resistencia del acero utilizado, con $\bar{A}E = 0,75$ según ACI 318 – 14, esta área de acero es para el cálculo del acero de refuerzo en la parte inferior del cabezal, para efectos constructivos se procede a realizar una clase de “cesta” de acero la cual tiene el área de acero superior y lateral; el acero lateral sería el acero definido por el corte, usualmente estas otras 2 secciones se definen cómo área de acero mínimo que será igual a la multiplicación de 0,0018 por la altura total del cabezal (H) por la base del cabezal (L_x).

El pilote y la columna pueden generar fallas por punzonamiento y corte directamente en el cabezal las cuales deben ser verificadas, el área crítica por punzonamiento se ubica a una distancia “ $d/2$ ” del borde de la columna y/o borde

está ubicado el pilote no hace falta la verificación por corte, ya que en teoría no produce corte en esa área, si el área está ubicada antes del pilote existe corte máximo en el cabezal, pero si el área crítica se encuentra situada en el pilote se debe de buscar el valor del corte mediante relación de triángulos. En todos los

y V_u el corte último ($V_u = \text{Reacción de pilote "Rp"}$).

$$V_n = \frac{\left(\left(\frac{s}{2} \right) + \left(\frac{D_p}{2} \right) - \left(d - \frac{\text{Base columna}}{2} \right) \right) * V_u}{D_p}$$

Una vez verificado el corte y el punzonado, ya se estaría cumpliendo todas las solicitaciones asegurando que el cabezal no fallara.

Los cabezales pueden agrupar de 2 a 15 pilotes (ver figura 4), aunque se recomienda que todo cabezal conecte un mínimo de 3 pilotes, ubicados en los vértices de un triángulo isósceles y un máximo de 12 pilotes, para que su eficiencia no disminuya excesivamente. Si un cabezal posee 3 pilotes en triángulo no necesita teóricamente arriostamiento, si todos los cabezales deben arriostarse en dos direcciones ortogonales. No se aconseja el uso de un solo pilote por cabezal, aun cuando este arriostado convenientemente, salvo algún caso de columnas que transmitan cargas muy livianas y que si eje longitudinal coincida con el eje del pilote.

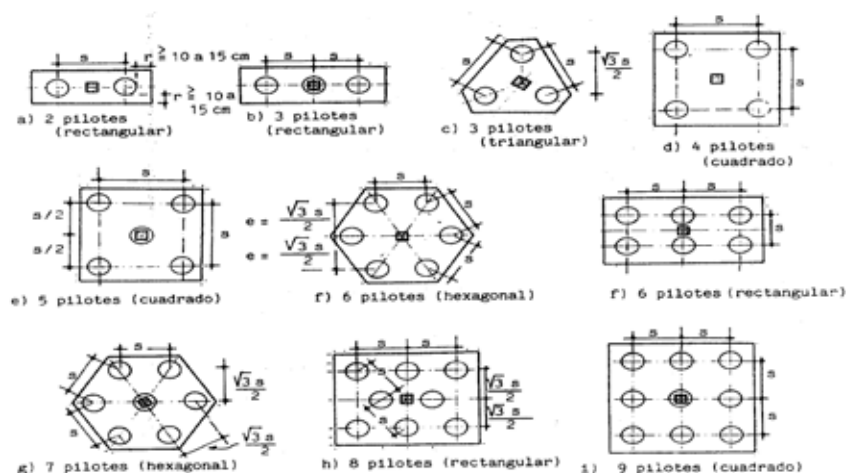


Figura 3 Geometría de cabezales en función del número de pilotes

Fuente: Libro Suelos fundaciones y muros, Maria G Fratelli.

2.3. MODELOS Y TEORIAS REFERIDOS A LA INVESTIGACIÓN

Método de las bielas: El método de las bielas consiste en descomponer horizontalmente la reacción máxima vertical máxima previsible del pilote según la dirección de la línea recta que une al centro de la base de arranque de la columna pedestal con el centro de la sección superior del pilote, esta reacción horizontal a tracción deberá ser absorbida con el refuerzo inferior en la dirección de los pilotes.

Para aplicar este método se tienen en consideración los siguientes fundamentos:

- El cabezal se considera que es perfectamente rígido.
- La conexión entre el cabezal rígido y cada pilote se considera una articulación, es decir, no hay posibilidad de traspaso de momentos flectores de la columna al pilote, igual tipo de conexión se considera entre la sección inferior de la columna y el cabezal.
- El pilote solo tiene la capacidad de generar reacciones en la dirección de su propio eje.
- Las cargas de las columnas son transmitidas a los pilotes por medio de bielas trabajando a compresión que van desde el centro de las columnas hasta el centro del pilote.
- Estas bielas generan un equilibrio de fuerzas verticales entre las cargas que transmiten y la carga que los pilotes reciben.
- Por experimento de laboratorio se ha demostrado que la falla en distintos cabezales rígidos se origina por tracción, por efectos de adherencia y anclaje. Para evitar esta falla se debe anclar las cabillas subiendo por los bordes hasta la cara superior.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico de la presente investigación se expondrá el conjunto de fases y procedimientos para lograr el desarrollo de herramientas que permitan desarrollar el cálculo estructural para pilotes y cabezales, representado datos relevantes con la finalidad de dar soluciones factibles a los problemas planteados. Al mismo tiempo, se incluye el tipo, nivel, diseño de la investigación e información para manejar la herramienta desarrollada que estarán representadas en el presente trabajo.

Según Ramírez, T. (1999) las investigaciones se pueden clasificar según su:
a) Tipo: En atención a alguna característica del trabajo. b) Nivel: Según el alcance que quiere lograrse con la misma.

3.1. Tipo de Investigación:

Según Ramírez, T (1999) "...investigación cuyo objetivo es el
utilizando técnicas muy precisas;
de la documentación existente que aporte información atinente al fenómeno que se estudia..." La presente investigación pretende indagar sobre el fenómeno del cálculo de pilotes excavados y cabezales.

3.2. Nivel de la Investigación

Según Ramírez, T (1999) "...cuando su propósito es
El investigador debe realizar una exploración previa sobre el tópico o aquellas comunidades muy poco estudiadas.

Según Ramírez, T (1.999) "... son aquellos estudios
, con o sin especificación de hipótesis
iniciales acerca de la naturaleza del cálculo para el diseño estructural de cabezales y pilotes.

Otra modalidad de los estudios descriptivos, según (Ramírez, T; 1.999)
"...son aquellos cuyo

o con la que algo se halla asociado o relacionado con otro factor.

3.3. Fases Metodológicas

Fase I: Describir lineamientos técnicos y normativos al diseño estructural.

Al describir lineamientos técnicos y normativos, se procede a dar información detallada sobre la serie de procedimientos a realizar para el cálculo de cabezales y pilotes de concreto armado vaciados in situ, a su vez al detallar los lineamientos normativos se realizó un análisis comparativo en los resultados con ambas normas, con todo lo anteriormente expuesto, quedan cumplido los trabajos y tareas necesarios de la fase I a fin de obtener y cumplir con el objetivo específico número I.

Fase II: Metodología de diseño estructural de cabezales y pilotes.

Se desarrolla una metodología siguiendo una serie de normas, la cual permite de manera ordenada y entendible para ingenieros noveles y no noveles, en la materia del cálculo estructural, poder hacer uso de las herramientas desarrolladas en el presente trabajo, con todo lo anteriormente expuesto, quedan cumplido los trabajos y tareas necesarios de la fase II a fin de obtener cumplir con el objetivo específico número II.

Fase III: Realizar diagrama de flujo con el diseño estructural de cabezales y pilotes.

Se realiza un diagrama de flujo que permita observar el procedimiento de manera detallada del método de as bielas, que será el método a utilizar para el desarrollo de las herramientas del presente trabajo, con todo lo anteriormente expuesto, quedan cumplido los trabajos y tareas necesarios de la fase III a fin de obtener cumplir con el objetivo específico número III.

Fase IV: Diseñar herramientas para el diseño de cabezales y pilotes según las normativas.

Se desarrolla un software utilizando como base el diagrama de flujo realizado anteriormente, que dará como resultado un valor cuantitativo, y a su vez permite la comparación entre ambas normas a utilizar en el presente trabajo, con

todo lo anteriormente expuesto, quedan cumplido los trabajos y tareas necesarios de la fase IV a fin de obtener cumplir con el objetivo específico número IV

Fase V: Aplicación de ejemplos prácticos de diseño estructural.

Se aplican ejemplos prácticos para el cálculo de cabezales y pilotes mediante el software desarrollado en la presente investigación, demostrando su utilidad e innovación, con todo lo anteriormente expuesto, quedan cumplido los trabajos y tareas necesarios de la fase V a fin de obtener cumplir con el objetivo específico número V.



Hoja de presentación, con el nombre del presente trabajo de grado, nombre de los autores y por último un botón insertado con el nombre “Continuar” para proceder al uso de la herramienta.

INSERTE DATOS

CARGA AXIAL MAYORADA	<input type="text"/>	(TON)
FY (Valor de resistencia a traccion de acero de refuerzo)	<input type="text"/>	Kg/cm ²
F'c (Valor de resistencia a compresion del concreto)	<input type="text"/>	Kg/cm ²
Valor de momento en sentido X	<input type="text"/>	Ton.M
Valor de momento en sentido Y	<input type="text"/>	Ton.m
DC (Dimencion mayor de la columna)	<input type="text"/>	Cm
BC (Dimencion menor de la columna)	<input type="text"/>	Cm

Ventana emergente de recolección de datos, aparece luego de presionar el botón “Continuar” en la hoja de presentación, en la cual se deben de insertar los datos provenientes de la supra estructura.

Carga proveniente del la supra estrectura

P=	278	Carga axial mayorada en toneladas
Fy=	4200	Indicar valor de resistencia al traccion de acero de refuerzo expresados en Kg/cm²
F'c=	250	Indicar valor de resistencia a compresion de concreto de refuerzo expresados en Kg/cm²
Mx=	0	Indicar valor de momento en sentido X
My=	0	Indicar valor de momento en sentido y
dc=	600	Dimensión mayor de la columna
bc=	600	Dimensión menor de la columna

Valor aportado por el usuario

Diseño de pilote

< >	DATOS	CALCULO DE PILOTE	CABEZAL 2 PILOTES	CABEZAL 3 PILOTES	CABEZAL 4 PILOTES	CABEZAL 5 PILOTES	+
-----	--------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	---

Hoja con el nombre “Datos” la cual nos permite modificar los datos introducidos en la ventana emergente, celdas en color verde para indicar al usuario que debe

introducir datos manualmente, acompañada del botón “Diseño de pilote” que cumple la función de cambiar a la hoja “Calculo de pilote”.

Diametro de pilote (cm)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
42	66	120	180	240	300	360	420	480	540
50	75	150	225	300	375	450	525	600	675
55	82	165	247	330	412	495	577	660	742
60	90	180	270	360	450	540	630	720	810
65	99	198	297	396	495	594	693	792	891
70	108	216	324	432	540	648	756	864	972
75	117	234	351	468	585	702	819	936	1053
80	126	252	378	504	630	756	882	1008	1134
85	135	270	405	540	675	810	945	1080	1215
90	144	288	432	576	720	864	1008	1152	1296
95	153	306	459	612	765	918	1071	1224	1377
100	162	324	486	648	810	972	1134	1296	1458
105	171	342	513	684	855	1026	1197	1368	1539
110	180	360	540	720	900	1080	1260	1440	1620
115	189	378	567	756	945	1134	1314	1500	1701
120	198	396	594	792	990	1188	1368	1560	1782

CALCULO DE AREA DE PILOTES REQUERIDA

CARGA = 270 TON

Area = 8737,142857 Cm²

Dp = 105,4726309 Cm

Comax por pilote = 35 Kg/cm²

Criteria = Unidad de Transmision de carga

$\phi Pn = 00,85 \cdot F'c \cdot Area_p$

$\phi = 0,65$

$Pn = 35 \text{ Kg/Cm}^2 \cdot Area_p$

Numero de pilotes	Area del pilote (Cm ²)	Diametro del pilote (Cm)	Diametro del pilote redondeado (Cm)	Diametro del pilote redondeado (Cm)	Area del pilote (Cm ²)	Area de acero longitudinal (Cm ²)	Ar=0,85·Ap
1	8737,14	105,47	106	105	8659,04	86,59	
2	4368,57	74,58	75	75	4417,88	44,18	
3	2912,38	60,89	61	60	2827,44	28,27	
4	2184,29	52,74	53	55	2375,84	23,76	
5	1747,43	47,17	48	50	1963,50	19,64	

Diametro aportado por el usuario (Cm) = 80

Area de acero para un pilote no sera menor que 6 barras N4 es decir 7,62 Cm²

Diametro de pilote (cm)	N° de Pilotes				
	1	2	3	4	5
50	62	124	186	248	310
55	75	150	225	300	375
60	89	178	267	356	445
65	105	210	315	420	525
70	121	242	363	484	605
75	139	278	417	556	695
80	159	318	477	636	795
90	201	402	603	804	1005
100	248	496	744	992	1240
110	301	602	903	1204	1505
120	358	716	1074	1432	1790

Con max 35kg/cm²

Diametro de pilote (cm)	N° de Pilotes				
	1	2	3	4	5
50	272	546	819	1091	1364
55	330	660	990	1320	1650
60	392	786	1178	1571	1964
65	461	922	1383	1844	2305
70	535	1069	1604	2139	2673
75	614	1228	1841	2455	3069
80	698	1397	2095	2792	3492
90	884	1768	2652	3529	4419
100	1081	2162	3274	4365	5455
110	1320	2641	3961	5281	6602
120	1571	3142	4714	6285	7857

Segun aci 318-14 y Fc=250

¿QUE TIPO DE CABEZAL DESEA USAR?



Cabezal 2 pilotes



Cabezal 3 Pilotes



Cabezal 4 pilotes



Cabezal 5 Pilotes

Hoja de cálculo de pilote con tablas referenciales de la capacidad resistente de los pilotes según su diámetro, lista desplegable señalada en la imagen, imágenes referenciales sobre los tipos de cabezales desarrollados en la herramienta.

Calculo del dimensiones del cabezal de 2 pilotes

CALCULADO APORTADO

Carga equivalente en toeladas

Seperacion de Pilotes

Angulo medido con la horizontal

$Pe = 2 \left(\frac{P}{2} \pm \frac{Mx}{e} \right)$

$d \geq \frac{e}{2} \tan(\theta)$

$Lx \geq (e + Dp + 30) Cm$

$Ly \geq (Dp + 30) Cm$

Dp = 75

Pe = 278,00 Ton

e = 225 Cm

$\theta = 50$

d = 134,07 Cm

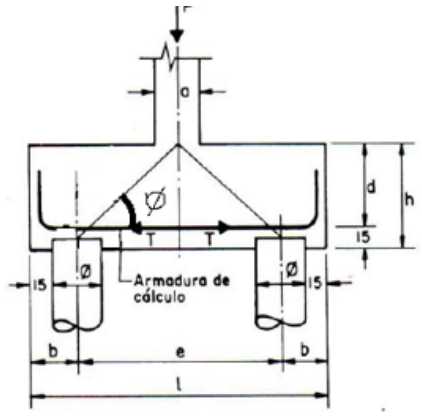
d = 136 Cm

h = 151 Cm

h = 150 Cm

Lx = 330 Cm

Ly = 105 Cm



Parte 1 de la hoja de cálculo de cabezales, en ella se representan todas las fórmulas para el cálculo del mismo, representado en la imagen se encuentran botones de selección en los cuales pude escoger entre un diámetro de pilote calculado en la hija "Calculo de pilote" o un valor conocido, también se encuentra una imagen referencial para cada tipo de cabezal según su geometría.

$$T = \frac{Pe}{4d}$$

$$As = \frac{Tu}{\phi Fy}$$

Calculo de Esfuerzo a traccion

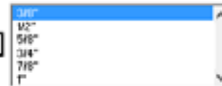
T= 114,98 Ton

Calculo de area de acero requerida a traccion

As= 36,50 Cm2

Número de barras en función al area

Nbarras= $\frac{As}{\text{Area barra}}$ = $\frac{36,50}{0,71}$ = 51,41141



Numero	Diametro de la pieza (pulg)	Área de acero (cm2)
3	3/8"	0,71
4	1/2"	1,27
5	5/8"	1,98
6	3/4"	2,85
7	7/8"	3,87
8	1"	5,06

Separacion maxima requerida

S= 0,81 Cm

Parte 2 de la hoja cálculo de cabezales, en ella se representa una lista para escoger el diámetro de las cabillas a escoger para el acero de refuerzo, junto a una tabla representativa con la medida y el área de acero por cada barra.

$$Asmin = 0,0018 \cdot b \cdot H$$

Acero Minimo

Asmin= 27

b= Ancho de estudio

Diseño por punzonamiento alrededor del pilote

$$Vup = \frac{Pue}{bo \cdot d + 2}$$

Vup= 9,30 Kg.f/cm2

Esfuerzo resistente del concreto por punzonado

Vcu= 18,86
 Vcu= 12,57
 Vcu= 12,57

Coefficiente de reducción de resistencia al corte = 0,75
 Esfuerzo cilindrico a compresión del concreto = 250
 Lado mayor lado menor= 1
 bo= 109,902446

$$Vcu = \phi \cdot \left(0,53 + \frac{1,06}{\beta_c} \right) \cdot \sqrt{f'c} \cdot bo \cdot d \leq \phi \cdot 1,06 \cdot \sqrt{f'c} \cdot bo \cdot d$$

Vup ≤ Vcu **CUMPLE**

Parte 3 de la hoja cálculo de cabezales, en la imagen esta señalada un condicional que aparece “Cumple” cuándo cumple con el diseño por punzonamiento alrededor del pilote.

Diseño por punzonamiento alrededor de la columna			
$V_{uc} = \frac{P_{uc}}{(2 * (H - r + d_c) + 2 * (H - r + b_c)) * (H - r)}$	$V_{uc} = 0,656861008$	$d_c = 600$ Dimensión n $b_c = 600$ Dimensión n	
Esfuerzo resistente del concreto por punzonado			
$V_{cu} = (\varphi * (0,53 + \frac{1,06}{\beta_c}) * \sqrt{f_c} \leq \varphi * 1,06 * \sqrt{f_c}$	$V_{cu} = 18,86$ $V_{cu} = 12,57$ $V_{cu} = 12,57$	Coeficiente de reducción de resistencia al Esfuerzo cilíndrico a compresión del con	
$V_{uc} \leq V_{cu}$		CUMPLE	

Parte 4 de la hoja cálculo de cabezales, aparece un condicional donde se refleja “Cumple” si cumple con el diseño por punzonamiento alrededor de la columna, de no ser así se reflejaría “No cumple”.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En el presente capítulo se muestra de manera detallada el desarrollo de los objetivos específicos planteados para el desarrollo de herramientas que permitan el cálculo estructural de cabezales y pilotes según la norma ACI 318-14 y el documento fondonorma 1753 – 2006, primeramente, se definen los lineamientos técnicos y normativos que incluyen las normas antes mencionadas utilizadas para la realización del cálculo de pilotes y cabezales de concreto armado, seguido de una metodología de diseño la cuál define los pasos a seguir para la determinación de los mismos, como tercera parte se muestra un diagrama de flujo que representa gráficamente las distintas etapas del proceso del cálculo y las interacciones que en este se encuentran, para así facilitar su comprensión y cómo última parte se expone la hoja de cálculo realizada con los criterios tomados para la inclusión de ambas normas, y a su vez, le realización de un ejemplo práctico de diseño estructural.

4.1 Describir lineamientos técnicos y normativos al diseño estructural.

Recolectando los lineamientos de las normas ACI 318 – 14 y el documento técnico FONDONORMA 1753 – 2006, se establecieron los pasos para el diseño y chequeo del cálculo estructural de cabezales y pilotes de concreto armado, de igual manera se definieron parámetros y metodologías de diseño para pilotes y cabezales de hasta 5 pilotes. Complementando la información con apoyo teórico, entre los lineamientos se encuentran:

- Determinación del criterio a utilizar para la capacidad máxima del pilote (Cap. 2, sección 2.2.3.1)
- Cálculo del área del pilote según la solicitación de la supra estructura (Cap. 2, sección 2.2.3.1)
- Cálculo del diámetro del pilote (Cap. 2, sección 2.2.3.1)

- Cálculo del acero longitudinal, transversal y separación del acero (Cap. 2, sección 2.2.3.1)
- Cálculo de la carga equivalente según tipo de cabezal (Cap. 2, sección 2.2.4.1)
- Cálculo de la separación entre pilotes (Cap. 2, sección 2.2.4.1)
- Cálculo de las longitudes de los cabezales (Cap. 2, sección 2.2.4.1)
- Determinación del ángulo a utilizar definido entre el rango para que el cabezal siga siendo rígido (Cap. 2, sección 2.2.4.1)
- Cálculo de la altura útil según el tipo de cabezal (Cap. 2, sección 2.2.4.1)
- Cálculo de la altura total del cabezal (Cap. 2, sección 2.2.4.1)
- Cálculo del esfuerzo a tracción existente según tipo de cabezal (Cap. 2, sección 2.2.4.1)
- Cálculo del área de acero necesaria para resistir la tracción generada en el cabezal (Cap. 2, sección 2.2.4.1)
- Cálculo del acero mínimo para resistir la tracción generada en el cabezal (Cap. 2, sección 2.2.4.1)
- Realizar la verificación por punzonado generado por la columna y el pilote en el cabezal (Cap. 2, sección 2.2.4.1)
- Realizar la verificación por corte generado por el pilote en el cabezal (Cap. 2, sección 2.2.4.1)

4.2 Metodología de diseño estructural de cabezales y pilotes

La metodología de diseño estructural para el diseño de pilotes y cabezales empieza por el análisis de carga de la superestructura, estos análisis son los que nos permitirán conocer las solicitaciones a la que será sometida las fundaciones de la misma, y en base a ellos hacer la selección de tipo de fundación. Asumiendo que el análisis de carga y que el tipo de suelo donde será fundada la edificación o

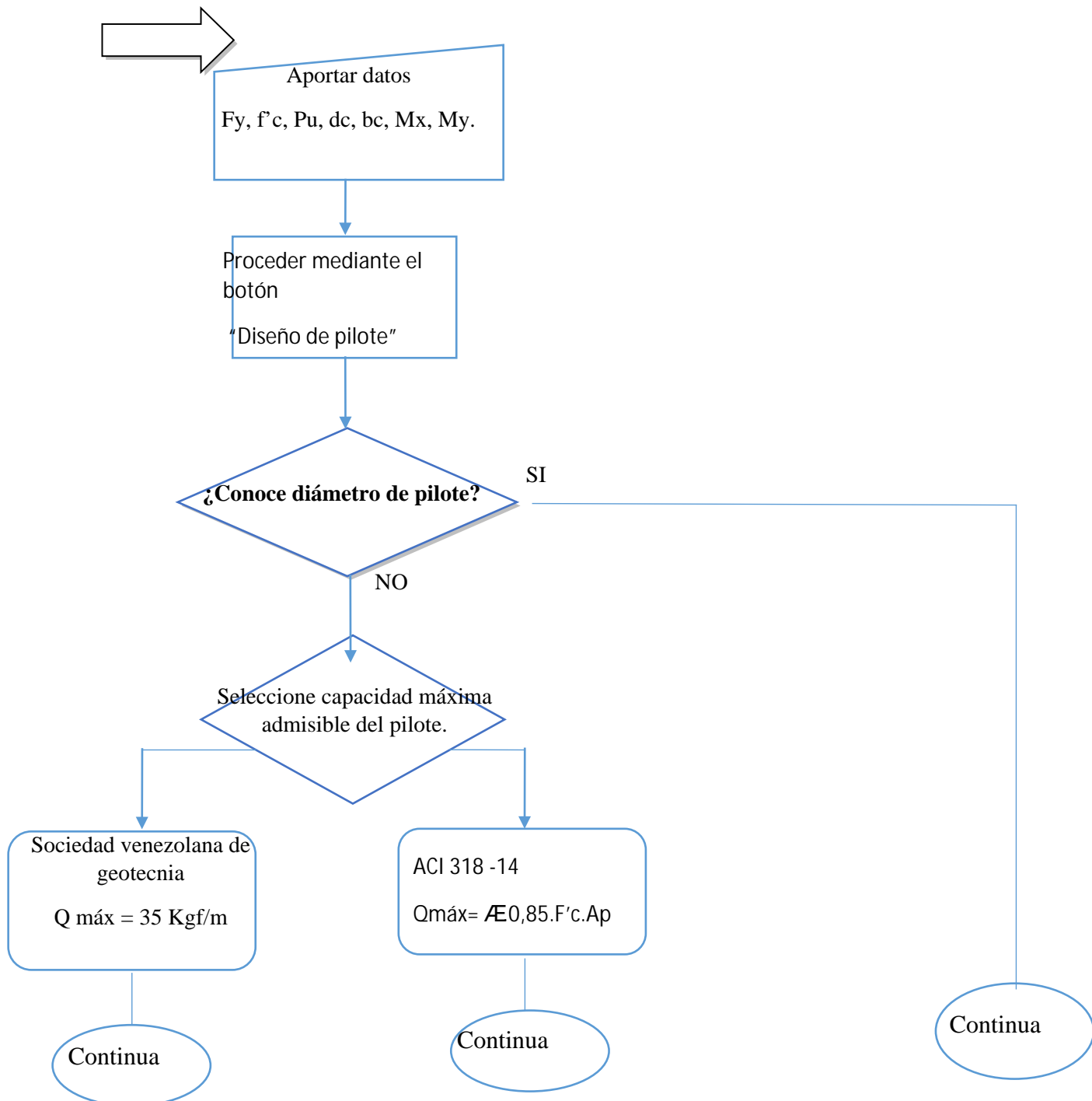
estructura nos da como resultado que se debe emplearse fundaciones profundas se procederá de la siguiente manera para el diseño estructural del pilote o los pilotes

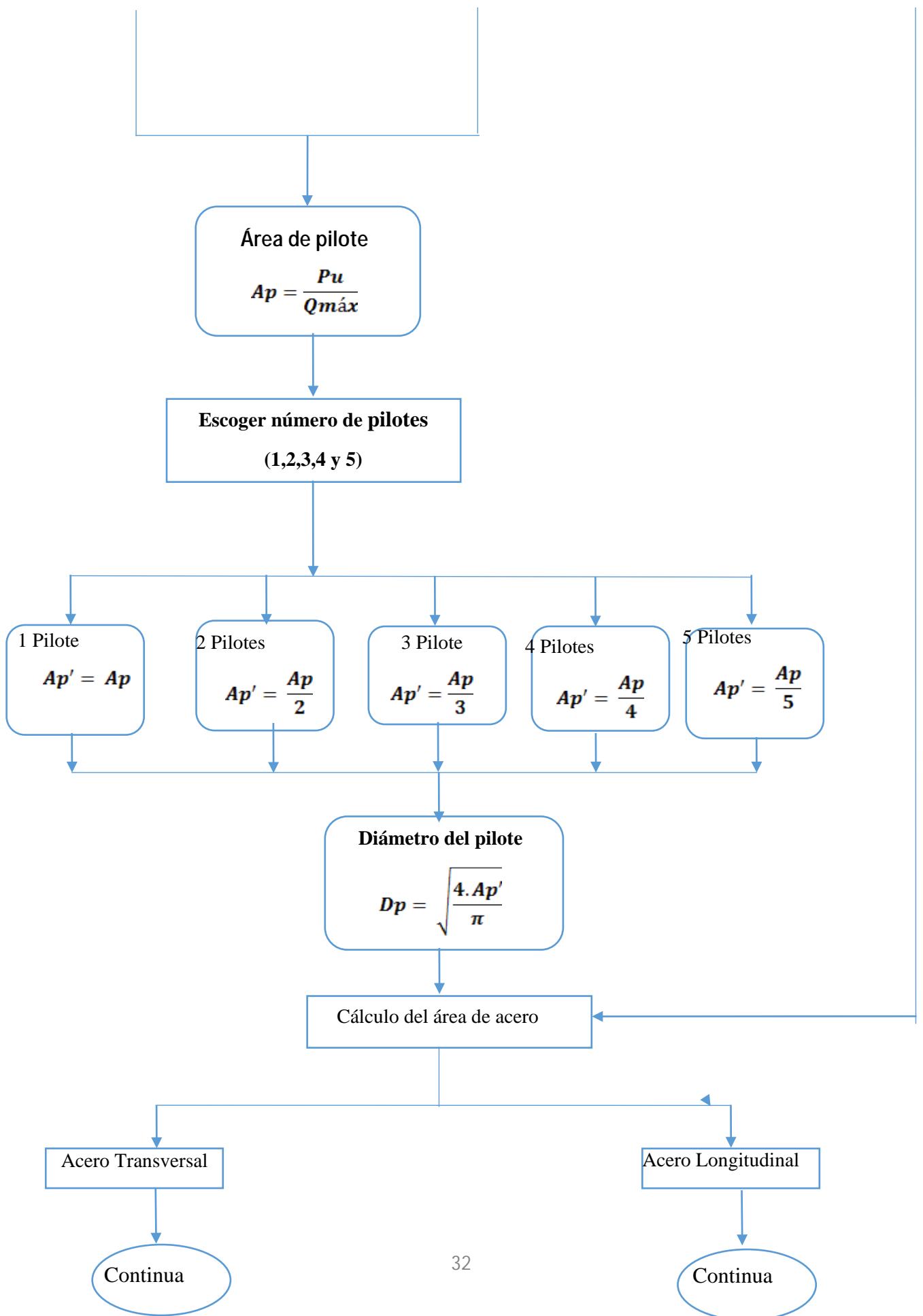
requeridos para la misma, así como el diseño del cabezal el cual se encarga de transmitir las fueras de la superestructura a los pilotes.

- El primer paso consiste en la inserción de datos provenientes de la superestructura (Pu y dimensiones de la columna que se apoyara sobre el cabezal), así como como los datos de los materiales a emplearse (F'_c y F_y) en dicho proyecto.
- El segundo paso va de la mano con el criterio del calculista para la selección de la carga máxima admisible del pilote ya sea por la recomendación de la sociedad venezolana de geotecnia o el criterio de la Norma ACI 318-14
- En el tercer paso la herramienta arrojará distintas configuraciones de dinamitero y número de pilotes que permitan resistir las solicitaciones a la que serán sometidas, quedando a libertad del usuario elegir el cabezal con el cual desea trabajar.
- En el cuarto paso dentro del diseño del cabezal el usuario además puede escoger el ángulo de trasmisión de las fuerzas generado por la biela, en donde el método recomendaba mantener un ángulo con las horizontal mayor a 50° , sin embargo la norma ACI 318-14 este ángulo lo llevo a un mínimo de 25° , pudiendo el usuario trabajar con una cantidad de ángulos dentro de este rango, así como si desea trabajar con un diámetro calculado por lo criterios antes mencionados o un diámetro aportado por el usuario.
- Como quinto paso, ya aportados los datos anteriormente mencionados la herramienta realiza el cálculo de altura útil y dimisiones generales del cabezal, la carga equivalente, tracción máxima, área de acero requerida y la separación a la que debe ser colocada, únicamente quedando por seleccionar el diámetro de las barras de acero de refuerzo a utilizar y así la herramienta nos proporciona la cantidad y distribución de este acero.
- Como sexto se procede al chequeo del cumplimiento del punzonamiento del cabezal alrededor del pilote y alrededor de la columna, la herramienta nos arroja como resultado positivo “Cumple” en caso Contrario nos indicara “No cumple”. Cómo último paso la herramienta procederá a

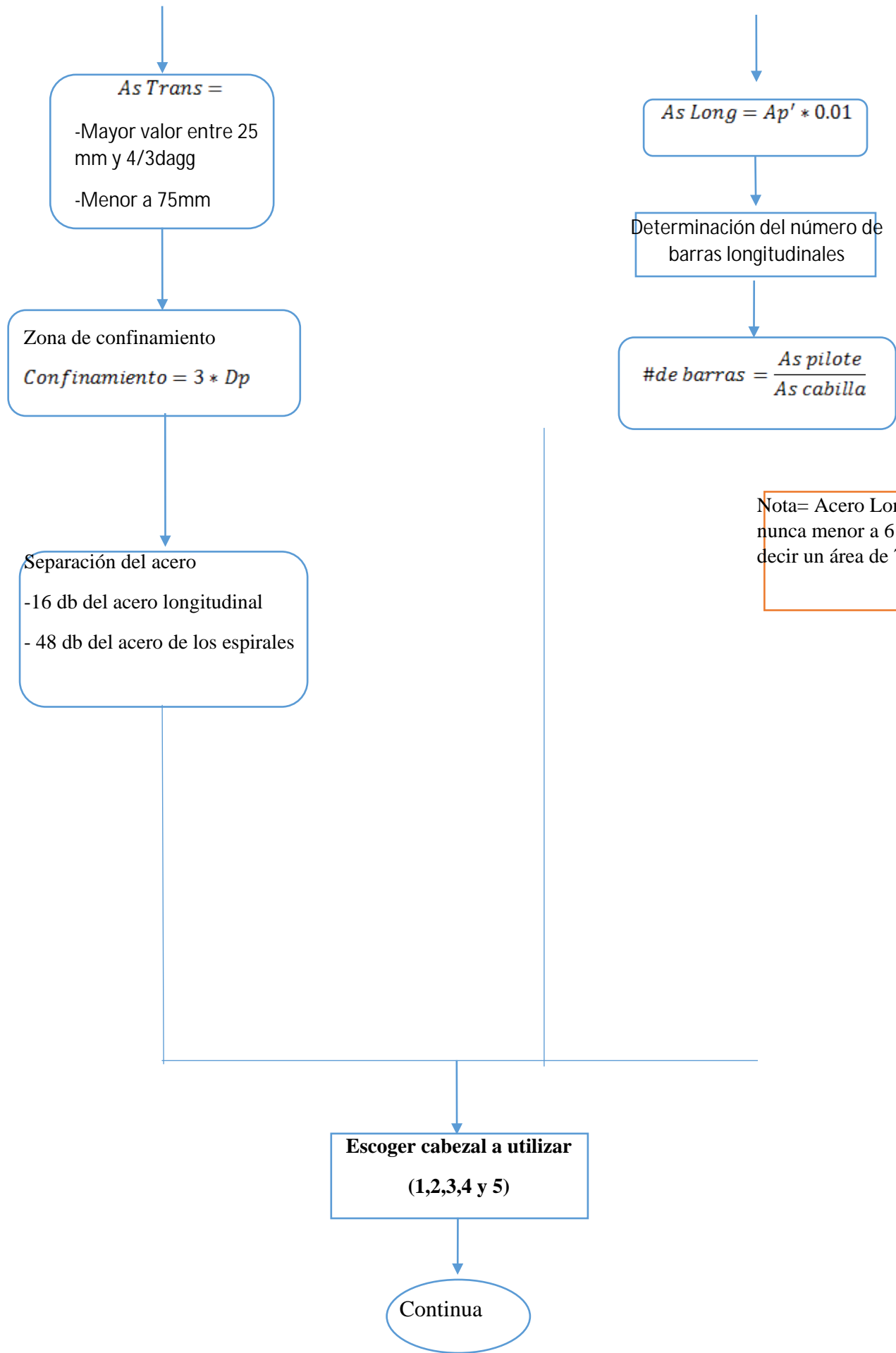
realizar el chequeo por corte del concreto en el cabezal, indicando como positivo “Cumple” y como negativo “No cumple”.

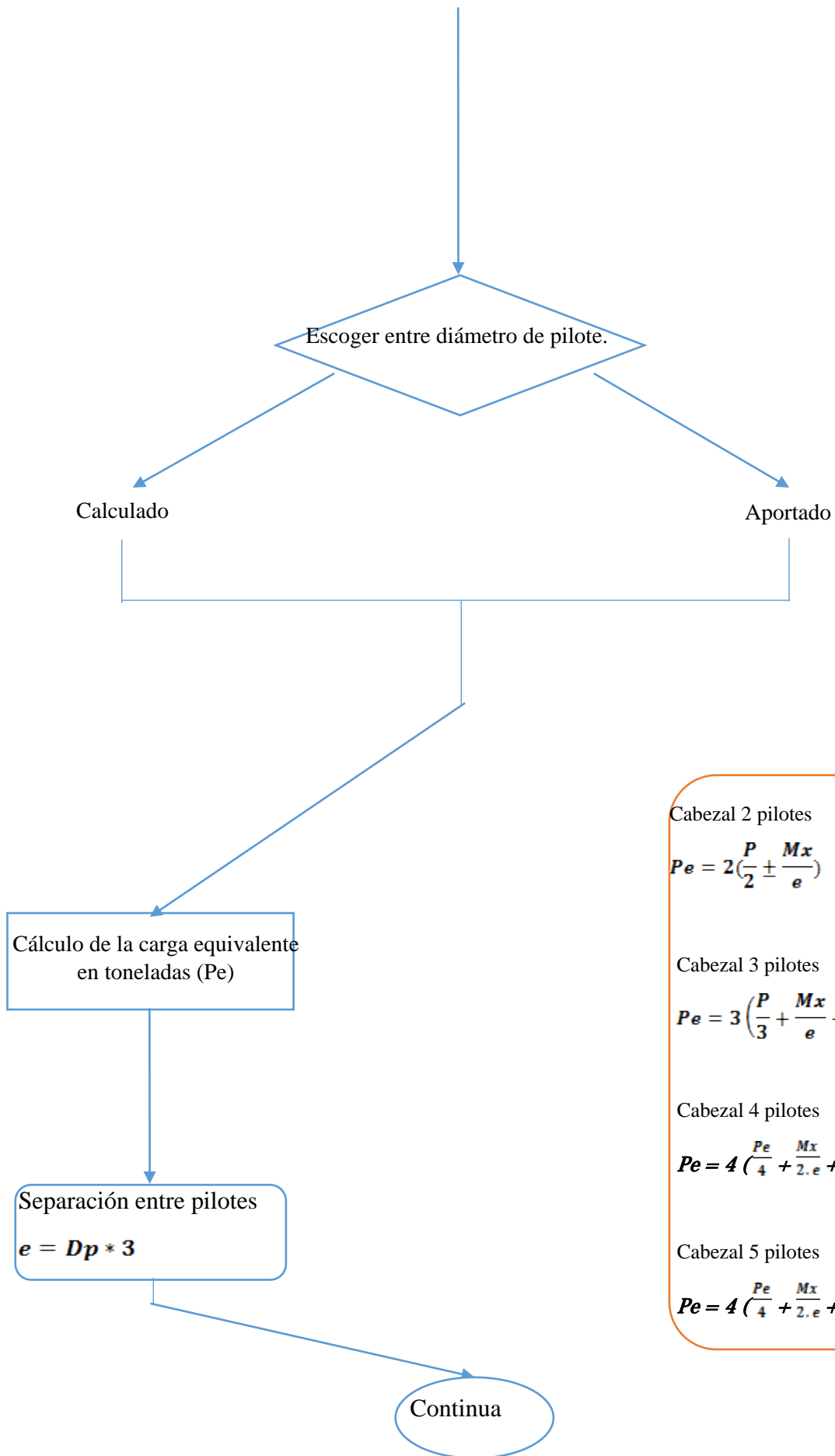
4.3 Realizar diagrama de flujo con el diseño estructural de cabezales y pilotes.





SI





Cabezal 2 pilotes

$$Pe = 2 \left(\frac{P}{2} \pm \frac{Mx}{e} \right)$$

Cabezal 3 pilotes

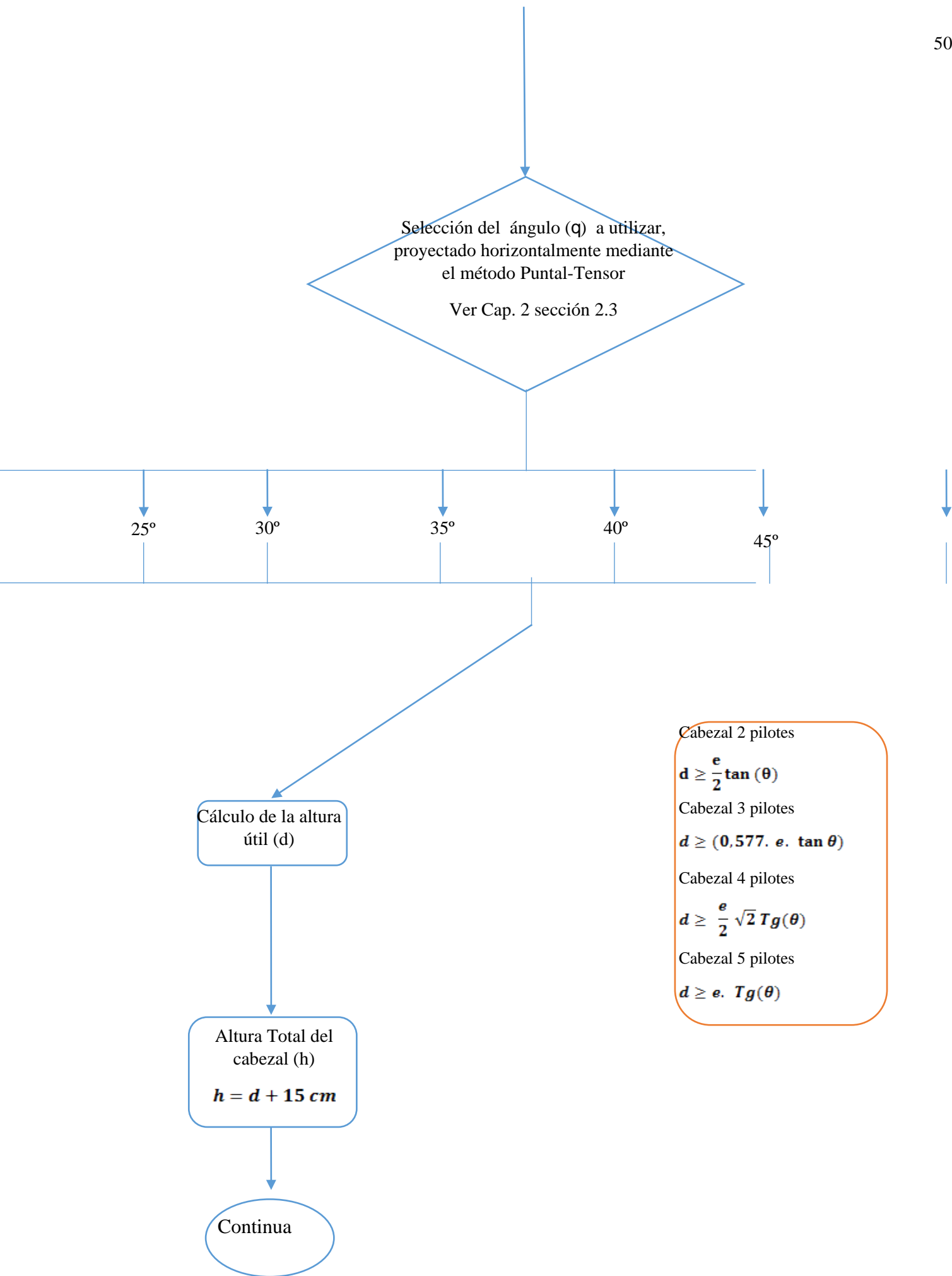
$$Pe = 3 \left(\frac{P}{3} + \frac{Mx}{e} + \frac{2My}{e\sqrt{3}} \right)$$

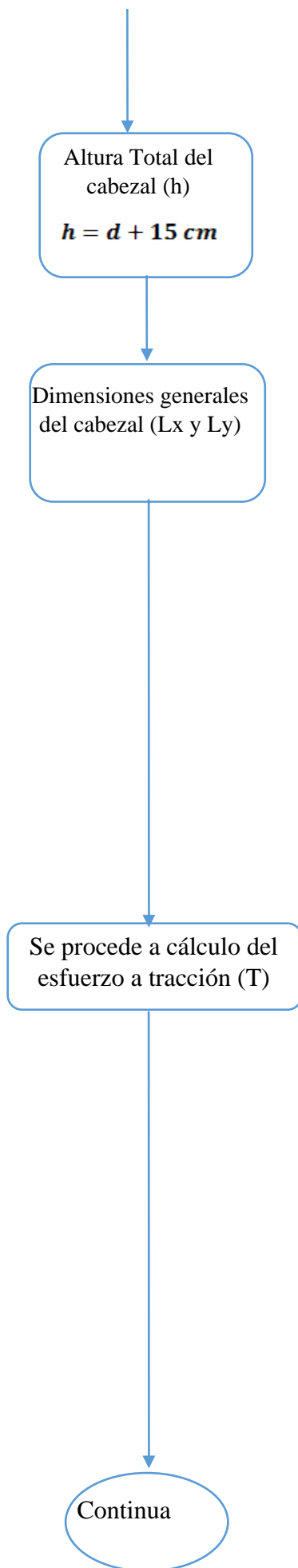
Cabezal 4 pilotes

$$Pe = 4 \left(\frac{Pe}{4} + \frac{Mx}{2.e} + \frac{My}{2.e} \right)$$

Cabezal 5 pilotes

$$Pe = 4 \left(\frac{Pe}{4} + \frac{Mx}{2.e} + \frac{My}{2.e} \right)$$





Cabezal 2 pilotes

$$Lx \geq (e + Dp + 30)Cm$$

$$Ly \geq (Dp + 30)Cm$$

Cabezal 3 pilotes

$$Lx \geq (e + Dp + 30)cm$$

$$Ly \geq \left(\frac{\sqrt{3}}{2} e + Dp + 30\right) Cm$$

Cabezal 4 y 5 pilotes

$$Lx = (Dp + e + 30) cm$$

$$Ly = (Dp + e + 30) cm$$

Cabezal 2 pilotes

$$T = \frac{Pe}{4d}$$

Cabezal 3 pilotes

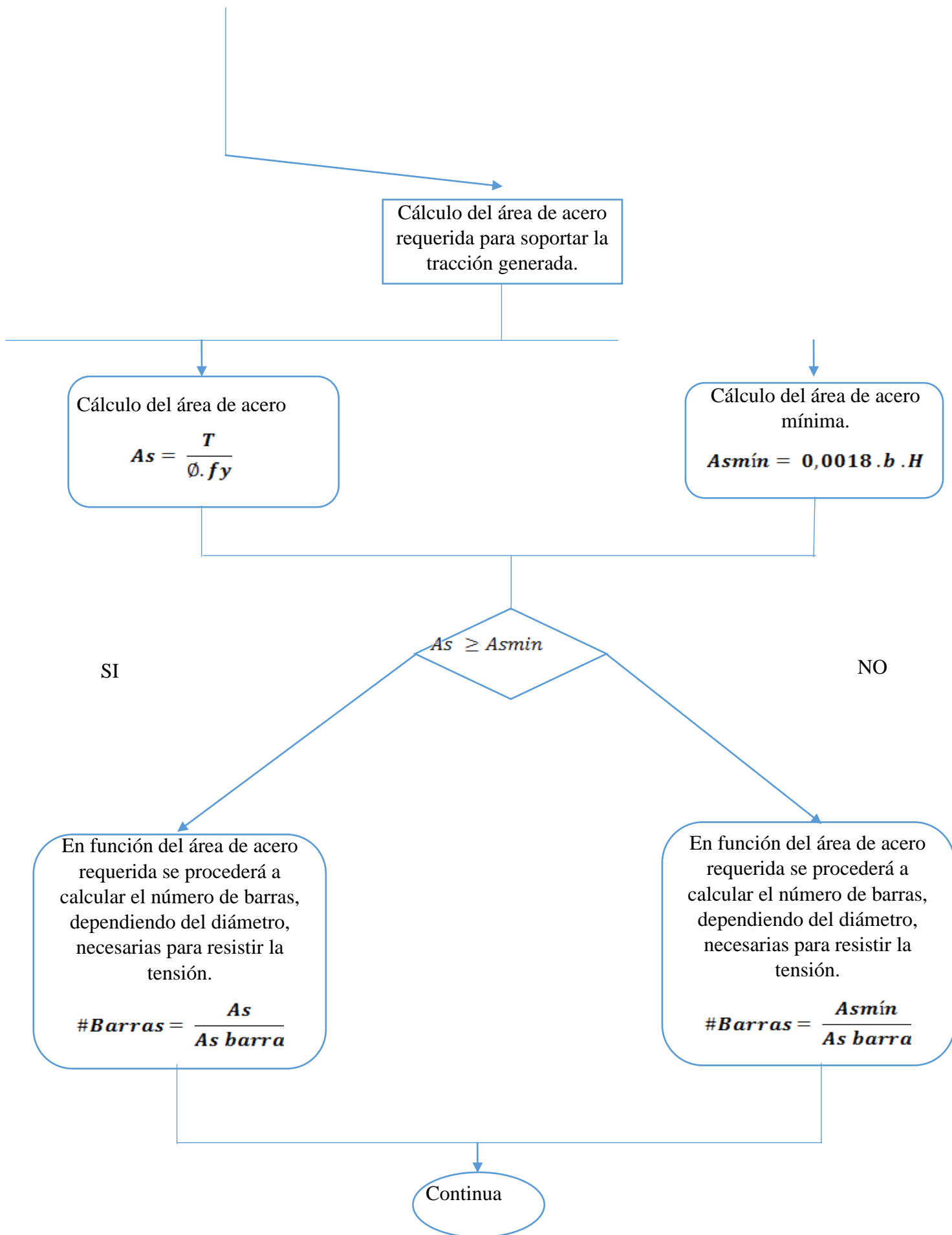
$$T = \frac{Pe \cdot e}{9d}$$

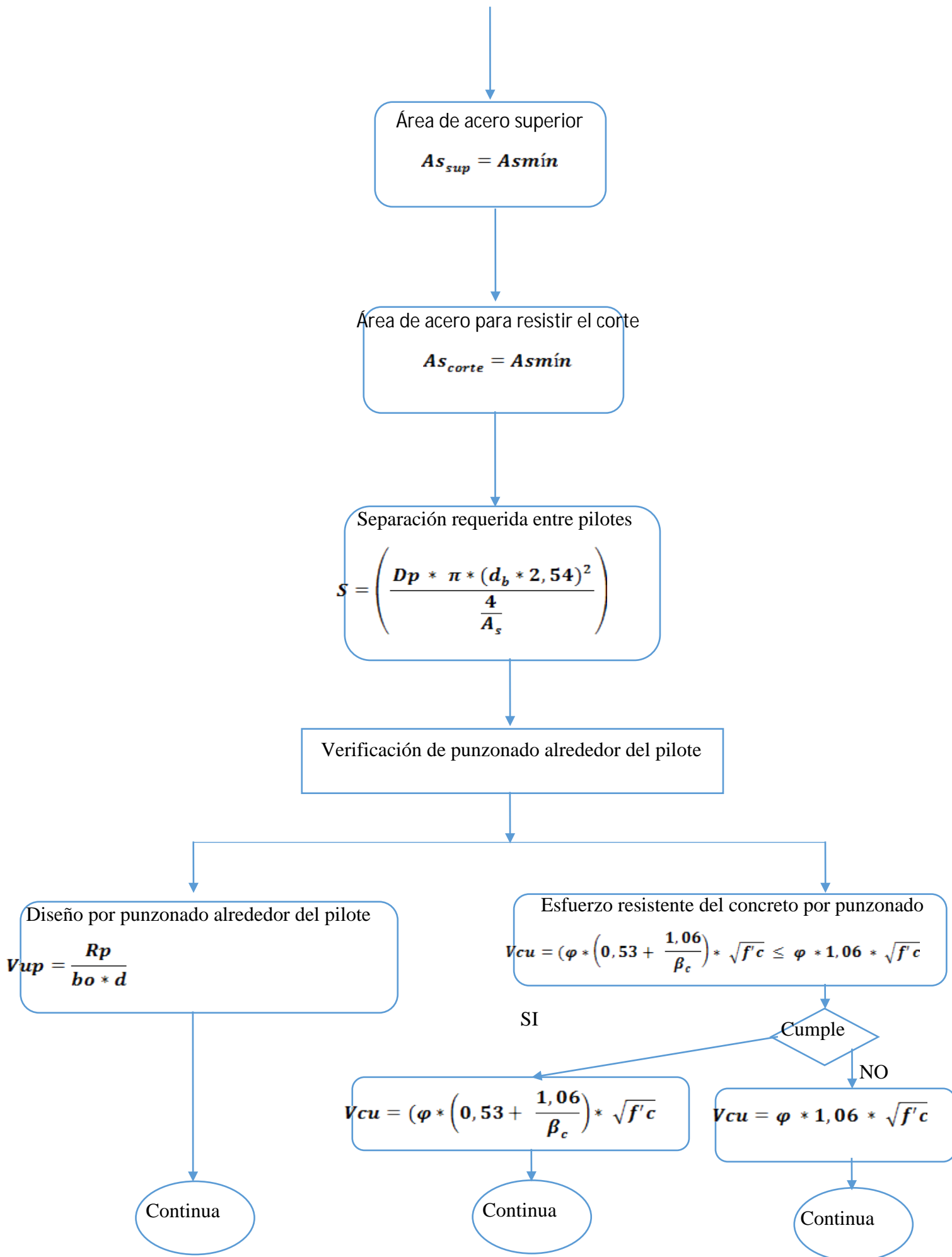
Cabezal 4 pilotes

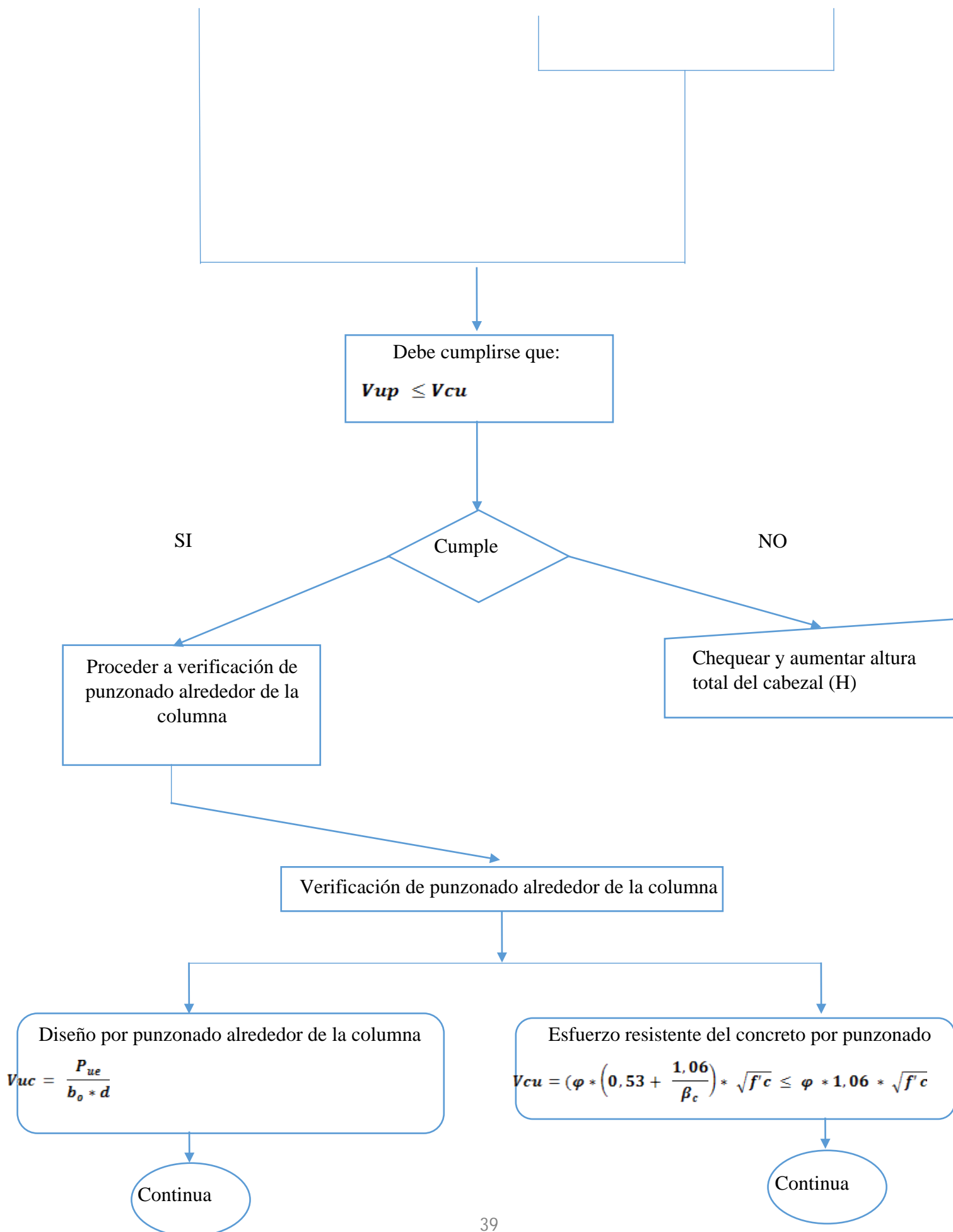
$$T = \frac{Pe \cdot e}{8 \cdot d}$$

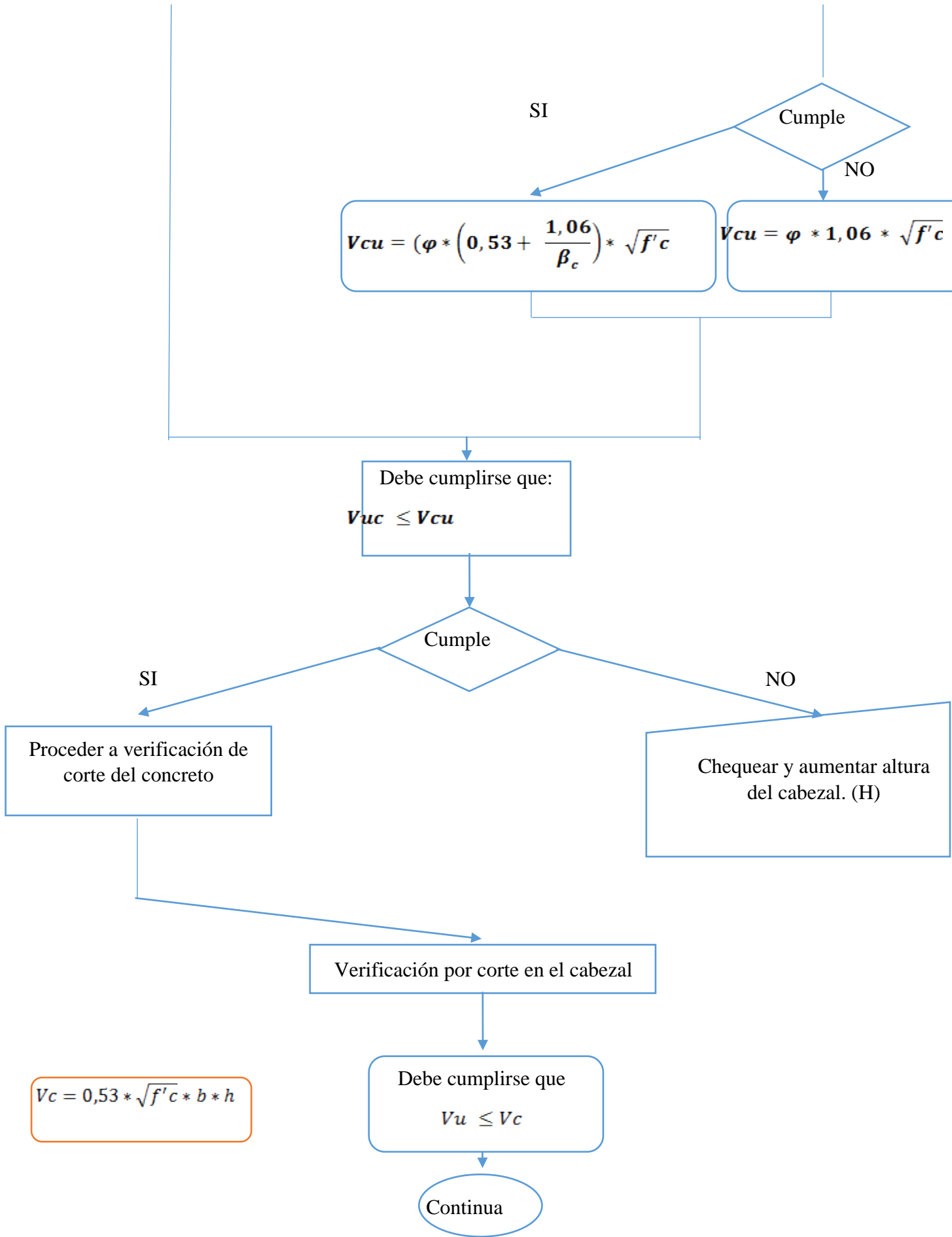
Cabezal 5 pilotes

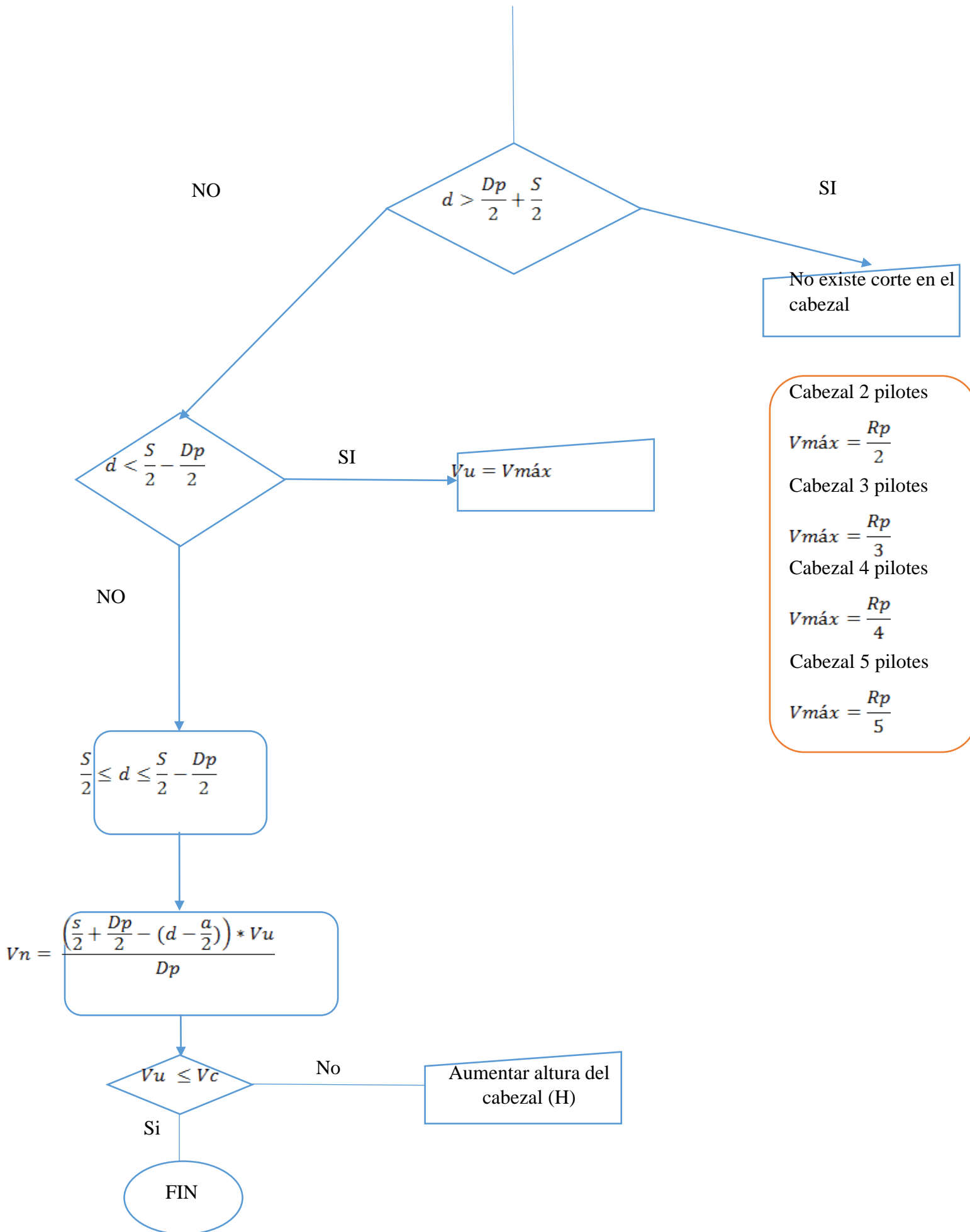
$$T = \frac{Pe \cdot e}{10 \cdot d}$$











- Cabezal 2 pilotos
 $V_{máx} = \frac{R_p}{2}$
- Cabezal 3 pilotos
 $V_{máx} = \frac{R_p}{3}$
- Cabezal 4 pilotos
 $V_{máx} = \frac{R_p}{4}$
- Cabezal 5 pilotos
 $V_{máx} = \frac{R_p}{5}$

4.4 Diseñar una herramienta tipo hoja de cálculo para el diseño de cabezales y pilotes.

Se realizó una herramienta tipo hoja de cálculo en Excel que incluyó las normas ACI 318 – 14 y el documento técnico FONDONORMA 1753 – 2006.

4.5 Aplicación de ejemplos prácticos de diseño estructural.

Se realizaron ejemplos prácticos de diseño estructural en la herramienta tipo hoja de cálculo en Excel para un cabezal de 4 pilotes.

Carga proveniente de la supra estructura

P=	278	Carga axial mayorada en toneladas
Fy=	4200	Indicar valor de resistencia al traccion de acero de refuerzo expresados en Kg/cm ²
F'c=	250	Indicar valor de resistencia a compresion de concreto de refuerzo expresados en Kg/cm ²
Mx=	0	Indicar valor de momento en sentido X
My=	0	Indicar valor de momento en sentido y
dc=	600	Dimensión mayor de la columna
bc=	600	Dimensión menor de la columna

Valor aportado por el usuario

Diseño de pilote

Diámetro de pilotes (cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
80	18	36	54	72	90	108	126	144	162	180
90	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
100	22	44	66	88	110	132	154	176	198	220
110	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240
120	26	52	78	104	130	156	182	208	234	260
130	28	56	84	112	140	168	196	224	252	280
140	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
150	32	64	96	128	160	192	222	252	282	310
160	34	68	102	136	170	204	234	264	294	320
170	36	72	108	144	180	216	246	276	306	330
180	38	76	114	152	190	228	258	288	318	340
190	40	80	120	160	200	240	270	300	330	350
200	42	84	126	168	210	252	282	312	342	360
210	44	88	132	176	220	264	294	324	354	370
220	46	92	138	184	230	276	306	336	366	380
230	48	96	144	192	240	288	318	348	378	390
240	50	100	150	200	250	300	330	360	390	400
250	52	104	156	208	260	312	342	372	402	410
260	54	108	162	216	270	324	354	384	414	420
270	56	112	168	224	280	336	366	396	426	430
280	58	116	174	232	290	348	378	408	438	440
290	60	120	180	240	300	360	390	420	450	450
300	62	124	186	248	310	372	402	432	462	460
310	64	128	192	256	320	384	414	444	474	470
320	66	132	200	264	330	396	426	456	486	480
330	68	136	208	272	340	408	438	468	498	490
340	70	140	216	280	350	420	450	480	510	500
350	72	144	224	288	360	432	462	492	522	510
360	74	148	232	296	370	444	474	504	534	520
370	76	152	240	304	380	456	486	516	546	530
380	78	156	248	312	390	468	498	528	558	540
390	80	160	256	320	400	480	510	540	570	550
400	82	164	264	328	410	492	522	552	582	560
410	84	168	272	336	420	504	534	564	594	570
420	86	172	280	344	430	516	546	576	606	580
430	88	176	288	352	440	528	558	588	618	590
440	90	180	296	360	450	540	570	600	630	600
450	92	184	304	368	460	552	582	612	642	610
460	94	188	312	376	470	564	594	624	654	620
470	96	192	320	384	480	576	606	636	666	630
480	98	196	328	392	490	588	618	648	678	640
490	100	200	336	400	500	600	630	660	690	650
500	102	204	344	408	510	612	642	672	702	660
510	104	208	352	416	520	624	654	684	714	670
520	106	212	360	424	530	636	666	696	726	680
530	108	216	368	432	540	648	678	708	738	690
540	110	220	376	440	550	660	690	720	750	700
550	112	224	384	448	560	672	702	732	762	710
560	114	228	392	456	570	684	714	744	774	720
570	116	232	400	464	580	696	726	756	786	730
580	118	236	408	472	590	708	738	768	798	740
590	120	240	416	480	600	720	750	780	810	750
600	122	244	424	488	610	732	762	792	822	760
610	124	248	432	496	620	744	774	804	834	770
620	126	252	440	504	630	756	786	816	846	780
630	128	256	448	512	640	768	798	828	858	790
640	130	260	456	520	650	780	810	840	870	800
650	132	264	464	528	660	792	822	852	882	810
660	134	268	472	536	670	804	834	864	894	820
670	136	272	480	544	680	816	846	876	906	830
680	138	276	488	552	690	828	858	888	918	840
690	140	280	496	560	700	840	870	900	930	850
700	142	284	504	568	710	852	882	912	942	860
710	144	288	512	576	720	864	894	924	954	870
720	146	292	520	584	730	876	906	936	966	880
730	148	296	528	592	740	888	918	948	978	890
740	150	300	536	600	750	900	930	960	990	900
750	152	304	544	608	760	912	942	972	1002	910
760	154	308	552	616	770	924	954	984	1014	920
770	156	312	560	624	780	936	966	996	1026	930
780	158	316	568	632	790	948	978	1008	1038	940
790	160	320	576	640	800	960	990	1020	1050	950
800	162	324	584	648	810	972	1002	1032	1062	960
810	164	328	592	656	820	984	1014	1044	1074	970
820	166	332	600	664	830	996	1026	1056	1086	980
830	168	336	608	672	840	1008	1038	1068	1098	990
840	170	340	616	680	850	1020	1050	1080	1110	1000
850	172	344	624	688	860	1032	1062	1092	1122	1010
860	174	348	632	696	870	1044	1074	1104	1134	1020
870	176	352	640	704	880	1056	1086	1116	1146	1030
880	178	356	648	712	890	1068	1098	1128	1158	1040
890	180	360	656	720	900	1080	1110	1140	1170	1050
900	182	364	664	728	910	1092	1122	1152	1182	1060
910	184	368	672	736	920	1104	1134	1164	1194	1070
920	186	372	680	744	930	1116	1146	1176	1206	1080
930	188	376	688	752	940	1128	1158	1188	1218	1090
940	190	380	696	760	950	1140	1170	1200	1230	1100
950	192	384	704	768	960	1152	1182	1212	1242	1110
960	194	388	712	776	970	1164	1194	1224	1254	1120
970	196	392	720	784	980	1176	1206	1236	1266	1130
980	198	396	728	792	990	1188	1218	1248	1278	1140
990	200	400	736	800	1000	1200	1230	1260	1290	1150
1000	202	404	744	808	1010	1212	1242	1272	1302	1160

CALCULO DE AREA DE PILOTES REQUERIDA

CARGA: 210 Ton Carga por pilote: 30 Kgf/cm²

Area: 0.01740017 m² (Pe = 0.0 RE Fc Area p β = 0.65)

Dp: 0.04713380 m Fc = 35 Kgf/Cm² Area p

Numero de pilotes	Area del pilote (Cm ²)	Diámetro del pilote (Cm)	Diámetro del pilote redondeado (Cm)	Diámetro del pilote redondeado (Cm)	Area del pilote (m ²)	Area de acero para un pilote en esta medida que le brinda H4 es decir 3.62 Cm ²
1	0.017400	47.13	50	50	0.002004	3.62
2	0.034800	47.13	50	50	0.004008	3.62
3	0.052200	47.13	50	50	0.006012	3.62
4	0.069600	47.13	50	50	0.008016	3.62
5	0.087000	47.13	50	50	0.010020	3.62
6	0.104400	47.13	50	50	0.012024	3.62
7	0.121800	47.13	50	50	0.014028	3.62
8	0.139200	47.13	50	50	0.016032	3.62
9	0.156600	47.13	50	50	0.018036	3.62
10	0.174000	47.13	50	50	0.020040	3.62

Diámetro aportado por el usuario (Cm): 50 50x50x56

Diámetro de pilote (cm)	H4 de Pilotes				
	1	2	3	4	5
80	12	24	36	48	60
90	14	28	42	56	70
100	16	32	48	64	80
110	18	36	54	72	90
120	20	40	60	80	100
130	22	44	66	88	110
140	24	48	72	96	120
150	26	52	78	104	130
160	28	56	84	112	140
170	30	60	90	120	150
180	32	64	96	128	160
190	34	68	102	136	170
200	36	72	108	144	180
210	38	76	114	152	190
220	40	80	120	160	200
230	42	84	126	168	210
240	44	88	132	176	220
250	46	92	138	184	230
260	48	96	144	192	240
270	50	100	150	200	250
280	52	104	156	208	260
290	54	108	162	216	270
300	56	112	168	224	280
310	58	116	174	232	290
320	60	120	180	240	300
330	62	124	186	248	310
340	64	128	192	256	320
350	66	132	198	264	330
360	68	136	204	272	340
370	70	140	210	280	350
380	72	144	216	288	360
390	74	148	222	296	370
400	76	152	228	304	380
410	78	156	234	312	390
420	80	160	240	320	400
430	82	164	246	328	410
440	84	168	252	336	420
450	86	172	258	344	430
460	88	176	264	352	440
470	90	180	270	360	450
480	92	184	276	368	460
490	94	188	282	376	470
500	96	192	288	384	480
510	98	196	294	392	490
520	100	200	300	400	500
530	102	204	306	408	510
54					

$$T = \frac{Pe \cdot e}{8 \cdot d}$$

$$As = \frac{Tu}{\phi Fy}$$

Calculo de Esfuerzo a traccion

T= 40,88 Ton

Calculo de area de acero rtequerida a traccion

As= 12,98 Cm2

Número de barras en función al area

Nbarras= $\frac{As}{\text{Area barra}}$ = $\frac{39,60}{3,87}$ = 10,23255814

11

- 3/8"
- 1/2"
- 5/8"
- 3/4"
- 7/8"
- 1"

Numero	Diametro de la pieza (pulg)	Área de acero (cm2)
3	3/8"	0,71
4	1/2"	1,27
5	5/8"	1,98
6	3/4"	2,85
7	7/8"	3,87
8	1"	5,06

$$s = \left(\frac{Dp \cdot \pi \cdot (d_b \cdot 2,54)^2}{4 \cdot A_s} \right)$$

Separación máxima requerida

S= 72,51 Cm

Acero Minimo

Asmin= 39,6

$$As_{min} = 0,0018 \cdot b \cdot H$$

b= Ancho de estudio

Diseño por punzonamiento alrededor del pilote

$$V_{up} = \frac{P_{ue}}{\pi \cdot (Dp + H - r)(H - r) \cdot 4}$$

Vup= 0,36 Kg.f/cm2

Esfuerzo resistente del concreto por punzonado

$$v_{cu} = \left(0,53 + \frac{1,06}{\beta_c} \right) \cdot \sqrt{f_c} \leq \varphi \cdot 1,06 \cdot \sqrt{f_c}$$

Vcu= 18,86
12,57
12,57

Coficiente de reducción de resistencia al corte = 0,75
Esfuerzo cilindrico a compresión del concreto = 250
1

Vup ≤ Vcu **CUMPLE**

Diseño por punzonamiento alrededor de la columna

$$V_{uc} = \frac{P_{ue}}{(2 * (H - r + d_c) + 2 * (H - r + b_c)) * (H - r)}$$

V_{uc}= 0,402533937

d_c=

600 Dimensión mayor de la columna

b_c=

600 Dimensión menor de la columna

Esfuerzo resistente del concreto por punzonado

$$V_{cu} = (\varphi * (0,53 + \frac{1,06}{\beta_c}) * \sqrt{f_c} \leq \varphi * 1,06 * \sqrt{f_c}$$

V_{cu}= 18,86

Coficiente de reducción de resistencia al corte =

0,75

12,57

Esfuerzo cilíndrico a compresión del concreto =

250

V_{cu}= 12,57

1

V_{uc} ≤ V_{cu} **CUMPLE**

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

Como conclusión final se acota que, en el cálculo de pilotes y cabezales, debe tomarse en cuenta el perfil geo-técnico que en última instancia es el que nos permitirá conocer valores más acertados de las capacidades de carga que resiste el suelo dónde será fundada una estructura, lo enmarcado en este trabajo de grado sólo abarca un diseño de tipo estructural asumiendo que el pilote se encuentra confinado a lo largo de toda su longitud y la capacidad de carga resultante de los análisis de las herramientas aportadas para el diseño de cálculo estructural de cabezales y pilotes de concreto armado excavados in-situ según la norma ACI 318 – 14 y documento técnico fononorma 1753 – 2006, son basados en la resistencia por punta que aporta cada pilote y despreciando la resistencia por fuste, en primera instancia por no incrementar considerablemente su capacidad de carga y el no tomar en cuenta el análisis de suelo necesario, las cargas consideradas en el presente trabajo de grado se consideran axiales, incluyendo solo los momentos provenientes de la supra-estructura.

Adicionalmente en la selección de la configuración y número de pilotes se deben considerar distintos factores los cuales pueden limitar las posibilidades de uso específico de algún tipo de cabezal, por ello, es importante la adquisición de criterios propios de los ingenieros dedicados y especializados en el cálculo estructural, la metodología plateada implementada en el presente trabajo de grado nos permite realizar de manera ordenada y progresiva el cálculo de todos los valores requeridos en el diseño estructural y dando como resultados valores comprensibles ajustados a las normativas anteriormente señaladas, no siendo los métodos utilizados para el cálculo las únicas herramientas disponibles en la actualidad pero si métodos que nos permiten resolver de manera práctica y efectiva una importante etapa de toda obra civil como lo es la fundación de la misma.

De acuerdo con los razonamientos y el análisis realizados durante toda la investigación, y habiendo ejecutado cada uno de los objetivos específicos

considerados y sus aspectos técnicos y normativos como base para el desarrollo de herramientas que permitan el cálculo estructural de cabezales y pilotes se concluye que la herramienta presentada a manera de diagrama de flujo para el cálculo manual y facilitación del entendimiento de cálculo de pilotes y cabezales, así como la herramienta presentada como hoja de cálculo con el nombre de “Herramientas para el cálculo estructural de pilotes y cabezales” manipulable, de acuerdo a los requerimientos de cada caso, arroja resultados satisfactorios, los cuales, ya fueron probados anteriormente con ejemplos prácticos de diseño estructural, cumplen con todos los objetivos a desarrollar en la presente investigación.

En consecuencia, a lo anteriormente expuesto, se dan por cumplidos todos los objetivos estipulados, logrando el desarrollo de herramientas para el diseño estructural de cabezales y pilotes de concreto armado vaciados in-situ trabajando por punta, que incluyan y cumplan con las normativas mencionadas.

RECOMENDACIONES

Para efectos de la investigación desarrollada es importante realizar algunas indicaciones que permitan a posteriores estudios una detallada evaluación de los siguientes aspectos:

- Para un cálculo más preciso se requiere el estudio geotécnico del sitio donde serán implementados los pilotes y cabezales, se recomienda conocer el estudio de suelos de la zona para una mejor precisión en los cálculos.

T

o

d

o

s

l

o

s

e

s

f

u

e

r

z

o

s

p

r

o

v

e

n

i