



UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

Incorporación No. 8727 – 15

A la Universidad Nacional Autónoma de México

**Escuela de Ingeniería Civil**

**PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA CIMENTACIÓN  
DEL PUENTE EN MONTEMORELOS – RAYONES,  
KM 53+000 EN MUNICIPIO DE NUEVO LEÓN.**

Tesis

Que para obtener el título de  
Ingeniero civil

Presenta:

**Marco Antonio Gómez García**

Asesor: Ing. Anastacio Blanco Simiano

Uruapan, Michoacán, a 26 de noviembre de 2019



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mi mamá, ella es una mujer especial para mí, que ha estado siempre a mi lado apoyándome en las etapas más difíciles de mi vida, gracias a su crianza, valores y sacrificios me dieron los cimientos para poder perseguir mis sueños, también a mi papa que, aunque por cuestiones de trabajo no ha estado cerca, pero él ha sido mi inspiración a seguir, ha estado de forma incondicional en buenas y malas y fue la piedra angular para adentrarme en esta profesión que hoy en día es una de mis más grandes pasiones. Igualmente agradezco a mis 3 hermanas. Que son parte fundamental de mi vida, de ellas siempre recibí cariño, apoyo y consejos, sin importar que son más pequeñas que yo he aprendido de cada una de ellas. A mi esposa e hijos que a pesar de todo lo que hemos pasado, nunca han dejado de darme amor y han estado siempre alentándome para verme concluir una etapa y meta más en mi vida.

A pesar de todos los errores que he cometido, mi familia nunca perdió la fe en mí, por eso ellos son mi motor para perseverar hasta lograr tener un exitoso proyecto de vida y hacerlos parte de este sueño.

# ÍNDICE

## **Introducción.**

Antecedentes.....	1
Planteamiento del Problema.....	3
Objetivo.....	4
Pregunta de investigación.....	5
Justificación.....	5
Marco de referencia.....	6

## **Capítulo 1.- Conceptos generales de una cimentación**

1.1. Antecedentes de los puentes.....	7
1.1.1 Historia de la cimentación de puentes en el mundo.....	10
1.2. Clasificación de los puentes.....	12
1.3. Partes de un puente .....	13
1.4. Subestructura.....	15
1.5. Tipos de cimentación.....	16
1.6. Consideraciones generales sobre el contacto suelo-estructura.....	19
1.7. Cimentaciones poco profundas o superficiales.....	20
1.8. Clasificación de las cimentaciones poco profundas.....	20
1.9. Cimentaciones profundas.....	22
1.9.1. Tipos de cimentaciones profundas.....	22
1.9.2. Generalidades sobre pilotes.....	23
1.9.3. Desde el punto de vista de su forma de trabajo de los pilotes.....	24
1.10. Pilotes colados en el lugar.....	30
1.10.1 Tipos de pilotes colados en el lugar.....	31
1.11. Hinca de pilotes.....	33

## **Capítulo 2.- Planeación del proyecto**

2.1. Estudios topográficos.....	35
2.2. Estudios hidráulicos.....	36
2.3. Estudios Geológicos.....	37
2.4. Estudios Comerciales.....	37
2.5. Solicitaciones geométricas.....	38
2.6. Estudios de mecánica de suelos para estructuras de cimentaciones profundas.....	39
2.6.1 Pozos a cielo abierto.....	42
2.6.2. Método de penetración estándar.....	43
2.6.3. Muestreo con tubos de pared delgada.....	45
2.6.4. Métodos rotatorios para roca.....	46
2.7. Excavación para estructuras.....	48
2.8. Catálogo de conceptos.....	49
2.9. Programa de obra.....	50
2.10. Determinación de volúmenes.....	51
2.11. Materiales necesarios.....	51
2.12. Procesos constructivos para pilotes.....	52
2.12.1. Caminos de acceso.....	52
2.12.2. Desmonte y despalme.....	53
2.12.3. Excavación.....	54
2.12.4. Pilotaje.....	54

## **Capítulo 3.- Resumen ejecutivo de macro y microlocalización**

3.1. Generalidades del proyecto.....	56
3.2. Geografía física de Nuevo León.....	59
3.3. Uso de suelo.....	61
3.4. Alternativas de solución.....	62
3.5. Proceso de análisis.....	63

3.6. Informe fotográfico.....	64
-------------------------------	----

#### **Capítulo 4.- Metodología**

4.1. Método empleado.....	68
4.2. Método matemático.....	69
4.3. Enfoque de la investigación.....	69
4.4. Alcance de la investigación.....	70
4.5. Diseño de la investigación.....	71
4.6. Instrumento de recopilación de datos.....	72
4.7. Descripción del proceso de investigación.....	73

#### **Capítulo 5.- Análisis e interpretación de resultados**

5.1. Inicio de los trabajos.....	75
5.2. Movimiento de tierras.....	76
5.3. Equipo de perforación.....	77
5.4. Datos del proyecto.....	77
5.5. Terminado del pilote.....	84
5.5.1. Proceso constructivo de pilotes in-situ.....	85
Conclusión.....	89
Bibliografía.....	92
Otra fuentes.....	94

## INTRODUCCIÓN

### **Antecedentes.**

Según la página [www.acmor.org.mx](http://www.acmor.org.mx) un puente es una estructura destinada a salvar obstáculos naturales, como ríos, valles, lagos o brazos de mar y obstáculos artificiales como vías férreas o carreteras con el fin de unir caminos viajeros, animales y mercancías.

Los primeros puentes existen desde la prehistoria y fueron hechos con troncos o tablones y eventualmente con piedras usando un soporte simple o colocando vigas transversales, la mayoría de los puentes construidos en la antigüedad raramente soportaban cargas pesadas, fue esta insuficiencia la que llevo al desarrollo de mejores puentes, durante el siglo XVIII hubo muchas innovaciones en el diseño de puentes con vigas por parte de Hans Ulrich Johannes Grubenmann (ingeniero Suizo del siglo XVIII) y otros. El primer libro de ingeniería para construcción de puentes fue escrito por Hubert Gautieren 1716. Con la revolución industrial en el siglo XIX, los sistemas de celosías de hierro forjado fueron desarrollándose para puentes más grandes, pero el hierro no tenía la fuerza elástica para soportar grandes cargas. Con la llegada del acero que tiene un alto límite elástico, fueron construidos puentes mucho más largos utilizando las ideas de Gustave Eiffel (Ing. francés creador de torre Eiffel).

El hecho de que muchos edificios construidos en otras épocas sigan en pie hasta nuestros días demuestra que, a lo largo de la historia ha existido algún modo de ciencia de las cimentaciones, cuyo desarrollo ha culminado en las

técnicas de cimentación actualmente en uso. Sin embargo, los antecedentes de nuestra cimentación son poco conocidos porque, hasta bien entrado el siglo XVIII, hay casi una absoluta ausencia de doctrina acerca de las teorías y de los métodos constructivos aplicados al dimensionado y a la ejecución de los cimientos. Acerca de estas cuestiones, solamente existen unas pocas reglas, dispersas e inconexas, contenidas en la normativa interna de algunas órdenes religiosas medievales y en los tratados de construcción difundidos por Europa a partir del siglo XV. Además, tales reglas siempre han sido consideradas como simples hechos históricos y nunca han sido analizadas como lo que realmente son, esto es como resultado de sucesivos ensayos hechos por el hombre con la finalidad de solucionar los problemas que le ha planteado el conjunto estructura-cimiento-terreno, desde siempre, cuando ha llevado a cabo ese acto libre de su voluntad que es la edificación.

Con el objeto de conocer la evolución de las técnicas de cimentación a lo largo de la historia de la arquitectura, desde la prehistoria hasta la primera revolución industrial, hemos hecho una agrupación ordenada y crítica de todas aquellas referencias arqueológicas, históricas y bibliográficas que se han podido encontrar y que se refieren a la ejecución de las cimentaciones y a los criterios que han regido para el dimensionamiento de las mismas. También se ha considerado oportuno analizar el origen y la evolución de las técnicas de investigación del terreno, así como el desarrollo de los métodos para el aprendizaje de las propiedades geotécnicas, por cuanto el estado de los conocimientos en estos dos campos es uno de los principales factores de



influencia sobre las soluciones de cimentación que han sido adoptadas en cada una de las zonas geográficas y para cada uno de los periodos de tiempo.

### **Planteamiento del problema.**

Ubicado entre montañas y nogales se encuentra el municipio de Rayones Nuevo León a menos de 2 horas de la ciudad de Monterrey, capital del estado, es una población cuya actividad principal es la producción de nuez y es el mayor productor de esta región, 2 km antes de llegar a este pequeño pero hermoso municipio se encuentra el Río Juquialanes con un cauce de 150 m. En temporada de lluvias Rayones, así como otras comunidades situados sobre esta misma Sierra Madre Oriental como El Gotche, Santa Rosa, Casillas, Ciénega del Toro, La Cebolla, entre otras, quedan incomunicadas debido a que éste es el único acceso que se tiene para estas comunidades con el resto de los municipios.

Anteriormente las poblaciones hicieron un frente común para construir un pequeño puente de concreto armado de 20 m de largo por 4m de ancho con sus dos rampas de acceso, pagándolo con dinero de sus bolsillos, haciendo cortes y taludes con material del mismo lecho del río para achicar el cauce, pero esta obra no duró mucho. Con el huracán Alex (30/06/2010) quedó inhabilitado. Durante años cuando las temporadas de lluvias son fuertes y no existe forma para que los habitantes de estas zonas tengan forma de adquirir víveres en las ciudades a sus alrededores la única forma es por vía aérea, mediante helicópteros proporcionados por el gobierno estatal y federal.

En anteriores alcaldías se tenía contemplado la construcción de un puente, pero no se concluía, hasta llegar el gobernador Lic. Rodrigo Medina de la Cruz (04/10/2009 al 03/10/2015).

**Objetivo.**

A continuación, se presentan los principales objetivos motivo de la investigación.

**Objetivo general:**

Describir el proceso constructivo de la cimentación del puente en Montemorelos-Rayones, Km. 53+000 en municipio de Nuevo León

Además de dar solución al objetivo general, se tienen algunos objetivos secundarios:

- 1).- Definir los tipos de cimentación existentes y los elementos que los conforman.
- 2).-Mencionar el proceso constructivo de un puente y sus elementos estructurales.
- 3).-Optimizar los recursos para cumplir con el programa de obra y costo del proyecto.

## **Pregunta de investigación.**

En el presente trabajo se hará mención detallada para la construcción de un puente de 150 m de largo y 10 m de ancho en el lecho de un río con bastantes obstáculos desde el acarreo de materiales debido a que para llegar a la zona de la obra se tienen que recorrer 50 km de carretera con un solo carril de ida y uno de vuelta, subidas, bajadas y curvas que no fueron diseñadas para el paso de tráileres de carga. Dicho lo anterior se deben resolver los siguientes cuestionamientos:

- 1.- Cual es el proceso constructivo de la cimentación del puente en Montemorelos-Rayones, km 53+000 en el municipio de Nuevo León?
2. ¿Cuál es la ventaja de utilizar pilas de cimentación en lugar de zapatas para cada apoyo?
3. ¿cómo resolver el tema del transporte para los materiales, vigas, maquinaria y mano de obra para la ejecución correcta del proyecto?

Para resolver estas preguntas es necesario respetar las normas constructivas y recomendaciones que nos marca la secretaria de comunicaciones y transportes (SCT).

## **Justificación.**

En este caso se da a conocer el proceso que se emplea para la construcción de un puente, haciendo énfasis en la cimentación utilizada para este proyecto debido a que estará directamente en el lecho del río, así como el proceso constructivo y logística para los acarreos y maquinaria a utilizar, también se debe

tener en cuenta los beneficios que dicha obra logrará, no solo en el ámbito local, sino que también a nivel regional.

Por lo que el beneficio de este trabajo será para la comunidad de ingeniería civil, consultores de este trabajo y la población de estos municipios y comunidades.

### **Marco de referencia.**

Esta investigación se realizó en el km 50+000 de la carretera Montemorelos- Rayones en el estado de Nuevo León, que de acuerdo a la página [www.es.m.wikipedia.org, Rayones](http://www.es.m.wikipedia.org, Rayones) tiene una población de 2,628 habitantes según la última encuesta del INEGI 2010, según la página [www.m.info7.mx](http://www.m.info7.mx) es un municipio del estado mexicano de Nuevo León, tiene una extensión de 905.20 kilómetros cuadrados, se encuentra situado en la Sierra Madre Oriental y forma parte de la región sur del estado; limita al norte con Santiago, al sur con Galeana y Linares, al oriente con Montemorelos y al poniente con Galeana y Coahuila, las coordenadas de la cabecera municipal son 25°00N 100°04O / 25.000, -100.067, mientras que la altitud es de 906 metros sobre el nivel del mar, la temperatura media anual es de 21°C y la precipitación anual es de 693mm, la mayoría del territorio de Rayones está cubierto por vegetación de matorral bajo espinoso, la mayor parte de la población se dedica al cultivo y venta de nuez.

# CAPÍTULO 1

## CONCEPTOS GENERALES DE UNA CIMENTACION

En el presente capítulo se dará a conocer cómo surgió la aplicación de la ingeniería en el diseño y construcción de un puente así como la interacción de la superestructura con la cimentación, se hará mención además de los estudios necesarios en el proyecto de un puente, así como las diferentes tipos de cimentaciones que de acuerdo con el tipo de suelo y proyecto se recomienda.

### **1.1. Antecedentes de los puentes.**

Cimientos directos, siempre que se podía alcanzar el terreno firme con pequeñas excavaciones ejecutadas en seco, con esto se construían los antiguos edificios puentes y muelles sobre cimientos directamente apoyados en roca. Cimientos sobre escollera, este método se utilizaba cuando se necesitaba apoyar los cimientos en terrenos cubiertos por agua, no disponían de otro método que el de arrojar piedra gruesa en el sitio donde habrían de ejecutar la obra, hasta que este macizo, con el talud natural de la piedra arrojada, que necesita ser de 1 por 2 ó 3 de base, hasta que sobresaliera por encima del nivel de las aguas más bajas.

Cimientos sobre pilotaje, este método se utiliza en terrenos muy blandos o socavables y además donde la piedra escaseara no apelaban los antiguos al sistema de cimentación de escollera. Las tribus lacustres habían enseñado ya a edificar sus chozas sobre largos troncos de madera que clavaban verticalmente en las márgenes de ríos o lagos, y establecían sus viviendas sobre pisos también de madera, apoyadas sobre esos pilotes, que así se llaman las estacas aisladas, y a

suficiente altura para poner abrigo de hombres y de animales. Después se utilizaron los pilotes para los cimientos de casas y hasta de enormes monumentos, en terrenos de arena y fango, y así están edificados en Venecia y muchas ciudades de los países bajos. Aplicándose también estos pilotes para utilizarlos como pilas o mejor dicho, como palizadas de apoyo para puentes de madera y finalmente se utilizaron como cimientos de puentes y muelles de piedra, combinándolos con escollera.

Los pilotes se hincan entonces hasta terreno firme, cuando es posible, y se unen sus cabezas con una plataforma horizontal de madera que se llama emparrillado, sobre la cual se levanta la obra. Así están cimentados numerosos puentes y muelles antiguos construidos en los siglos XV al XVIII, entre ellos algunos puentes monumentales en Paris y Londres, que no han sufrido deterioro. Los pilotes y el emparrillado de madera no suelen pudrirse, si permanecen constantemente sumergidos dentro del agua, por lo que es preciso acerrar los pilotes y sentar el emparrillado por debajo del estiaje. La escollera se arroja alrededor de los pilotes, que quedan así acuñados y defendidos, si bien se precisa reponerla y reforzarla en cuanto se observe su asiento o desaparición, fue un progreso pues ya los pilotes se bastaban muchas veces para mantener la estabilidad de las pilas, aunque le faltara parte o toda la escollera, pero seguía está entorpeciendo el desagüe y provocando remansos y remolinos peligrosos. Se vio entonces la necesidad de empotrar lo más posible el cimiento en el lecho de los ríos, para ello era necesario excavar en los cauces cubiertos de agua y conseguir que esta excavación quedara en seco.

Ataguías y agotamientos; imaginaron entonces los constructores aislar por medio de un recinto impermeable el sitio donde habría de construirse el cimiento y agotar en el interior, para poder ya en seco excavar primero y rellenar después con la fábrica del cimiento. En este recinto impermeable se llama ataguía y el procedimiento de cimentación es el que se designa con el de cimentación por agotamientos, se han empleado en la mayor parte de las obras hidráulicas, durante la primera mitad del siglo XIX y aun se aplica en un gran número de casos.

Concretos sumergidos; Desde el momento en que el cimiento ha de quedar constantemente sumergido es indispensable emplear morteros hidráulicos, consiguiendo el agotamiento se pueden construir los macizos de cimientos con mampostería, pero se obtiene mayor rapidez de construcción ejecutándolos con concreto, pero los gastos de agotamiento suelen ser caros y sobre todo es difícil precisar de antemano su importancia que a veces es muy considerable. Muchos ingenieros prefieren prescindir de ellos y lo consiguen excavando por debajo del agua, operación que se llama dragado ya sea por medio de cucharas, buzos o dragas. Se construye entonces el cimiento con concreto sumergido que se contiene y limita ya que por medio de recintos de madera de pilotes y tabla estacas ya con cajones sin fondo. Los primeros consisten en una serie de pilotes unidos con cepos, entre los cuales se clavan la tabla estaca, todo de madera, los cajones sin fondo que suelen ser también de madera se apoyan simplemente sobre el terreno firme, estos cimientos se defienden con escollera, pero a pesar de las precauciones y medios auxiliares que se empleen para la ejecución de estos

concretos sumergidos el agua suele deslavarlos antes de su fraguado y no ofrecen completa garantía de homogeneidad y resistencia. Pilotes metálicos de rosca; el ingeniero inglés Mitchell imaginó en 1838 facilitar la hincada de los pilotes que se efectuaba hasta entonces con percusión haciéndolos penetrar en el terreno por giro a cuyo efecto disponía una rosca metálica de forma helicoidal en el extremo inferior de un pilote de hierro, según la mayor o menor dureza de los terrenos disminuía el paso de la hélice, aumentando a su vez el diámetro de la rosca, los pilotes eran de acero redondo y lleno o tubos de hierro fundido, las roscas de fundición o de acero.

Con esta nueva disposición que estuvo de moda bastantes años se han ejecutado algunos cimientos, pero sobre todo se aplicaron los pilotes de rosca para la construcción de un gran número de puentes de pequeños tramos de hierro sobre palizadas metálicas, muelles y faros construidos sobre arenas y fangos, entre las ejecutadas en España merecen citarse algunas construcciones sobre pilotes de rosca como son.

### **1.1.1- Historia de la cimentación de puentes en el mundo.**

De acuerdo con Crespo (1980), el puente es una estructura de madera, piedra, ladrillo, concreto simple, concreto armado o fierro estructural que se utiliza para que una vía de comunicación pueda salvar un río, una depresión de terreno u otra vía de comunicación.

Entre los primeros puentes se puede citar los “naturales”, como por ejemplo, el tronco de un árbol caído. Después se tiene los hechos por los egipcios,



siendo el Rey Menis el primero en hacer un puente. Los romanos construyeron muchos puentes de madera y grandes arcos de mampostería. De mampostería se desarrollaron muchos puentes en arco. Inglaterra fue el primer país que usó las estructuras metálicas. En China se usaron los puentes colgantes. En Estados Unidos de América, los pieles rojas usaron mucho los de cantiléver.

Pilotes como cimentación; este tipo de cimentación se ha utilizado en el mundo en casi todas las civilizaciones, un ejemplo son los aztecas que ya utilizaban pilotes de madera con los cuales sostener sus viviendas construidas sobre un lago. Los pilotes de madera se pudren, los de hierro se oxidan sobre todo en el mar y ambas causas de destrucción han dado motivo a que los ingenieros poco a poco fueran renunciando al sistema de cimentación por pilotaje.

El desarrollo adquirido en los últimos treinta años por las construcciones de concreto armado hizo pensar en la conveniencia de utilizar para pilotes el nuevo material que ni se pudre ni se oxida y Hennebique demostró que los pilotes y tabla estacas de concreto armado podían soportar sin romperse los golpes de un fuerte mazo, desde entonces se ha generalizado en todos los países el empleo de este procedimiento de cimentación que se ha aplicado inicialmente en España y Marruecos en un gran número de puentes y muelles. Gracias al concreto armado ha reverdecido el sistema de pilotaje que es casi siempre el procedimiento más rápido y económico de cimentación para construcciones de alto impacto.

La aplicación del concreto pres forzado a los puentes se da por primera vez en Europa, al término de la segunda guerra mundial y se ve impulsada en ese

continente por la necesidad de reconstruir numerosos puentes destruidos por la guerra.

En México la aplicación de esa nueva tecnología fue relativamente temprana, el puente Zaragoza sobre el río Santa Catarina, en la ciudad de Monterrey fue el primer puente de concreto pre esforzado del continente Americano, construido en 1953 bajo la dirección exclusiva de ingenieros mexicanos, que idearon un sistema original para el sistema de anclaje de los cables de pre esfuerzo y comprobaron la validez de sus cálculos con la realización de una prueba de carga sobre una viga de escala natural.

Tiempo después, en el año 1957 se construyó el puente sobre el río Tuxpan, en el acceso al puerto del mismo nombre, en el estado de Veracruz que constituye otra primicia de la ingeniería mexicana en el continente americano, ya que fue la primera obra, donde se aplicó el sistema de dovelas en doble voladizo. El puente tiene claros de 92 m. y es del tipo gerber, con articulaciones metálicas al centro de los claros. El concreto se reforzó con barras de acero redondo y durante la construcción, se tuvieron diversos problemas por falta de experiencia en este sistema de construcción, al grado que para la primera dovela en voladizo se requirieron 45 días, en tanto que para las últimas el tiempo se acortó a diez días.

## **1.2.- Clasificación de los puentes.**

Según Sánchez (2005) la clasificación de los puentes es muy importante según su función y su uso, utilización, materiales de construcción y tipo de estructura:

Según su función:

Puentes peatonales

Puentes, viaductos o pasos ferroviarios

Según sus materiales de construcción

Madera

Mampostería

Acero estructural

Concreto armado

Concreto pres forzados

Según su tipo de estructura

Libremente apoyados

Tramos continuos

Arcos

Atirantados

Colgantes

### **1.3.- Partes de un puente.**

De acuerdo con Crespo (1996) la estructura de un puente está formada por la superestructura, la subestructura; la superestructura se conforma de diferentes maneras, por ejemplo de piso de madera apoyada sobre polines de madera, losa

de concreto armada sobre trabes de acero estructural, losa con nervaduras de acero estructural, arcos de mampostería o de concreto, arcos metálicos, armaduras de acero, colgantes levadizos o giratorios, además:

1.-Superestructura:

Elementos portantes (generalmente vigas)

Diafragmas

Sistema de piso (losas)

2.- Subestructura:

Pilas y estribos

Sistemas de apoyo

Otros elementos de soporte de la estructura

**3.-Cimentación:**

Pilotes

Zapatas de cimentación

Pilastrones

4.-equipamiento:

Juntas de dilatación

Sistemas de drenaje

Parapetos

## Señalizaciones

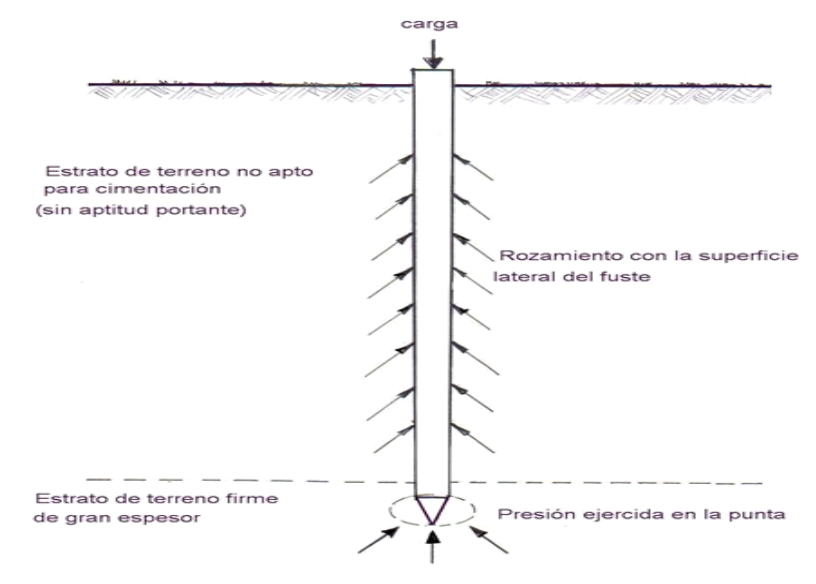
### **1.4- Subestructura.**

La subestructura es la parte de la estructura que soporta la superestructura y está compuesta por diferentes tipo de elementos diseñados específicamente después de tener un estudio de mecánica de suelos que regularmente es profundo buscando una estratigrafía que soporte la carga que se bajará y buscando que las deformaciones sean lo menores posibles.

Cimentación: la cimentación es un grupo de elementos estructurales y su misión es transmitir las cargas de la construcción o elementos apoyados a este al suelo distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales. Debido a que la resistencia del suelo es, generalmente, menor que la de los pilares o muros que soportará el área de contacto entre el suelo y la cimentación será proporcionalmente más grande que los elementos soportados.

Propósitos:

- Ser suficientemente fuertes para no fallar por cortante.
- Resistir esfuerzos de flexión que produce el terreno.
- Adaptar a posibles movimientos del terreno.



**Figura 1.1.- Pilote en terreno firme**  
**Fuente: [ingecivil/cusco.blogspot.com](http://ingecivil/cusco.blogspot.com)**

### 1.5.-Tipos de cimentación.

Cimentación: es el elemento estructural diseñado para transmitir al terreno las cargas de la superestructura de manera que el sistema suelo-cimentación, esté en equilibrio y los asentamientos sean tolerables por la estructura (asentamientos permisibles y no permisibles).

La elección del tipo de cimentación depende de las particularidades mecánicas del terreno, como su cohesión su ángulo de fricción interna, posición del nivel freático y magnitud de las cargas existentes. A partir de todos estos datos se calcula la capacidad portante, que junto con la homogeneidad del terreno aconsejan usar un tipo u otro de cimentación.

## **Factores que determinan el tipo de cimentación.**

Según Juárez (2014) explica, en general los factores que influyen en la correcta selección de una cimentación dada pueden agruparse en tres clases principales:

- 1) Los relativos a la superestructura, que engloban su función, cargas que transmiten al suelo, materiales que la constituyen, etc.
- 2) Los relativos al suelo, que se refieren a sus propiedades mecánicas, especialmente a su resistencia y compresibilidad, a sus condiciones hidráulicas, etc.
- 3) Los factores económicos, que deben balancear el costo de la cimentación en comparación con la importancia y aún el costo de la superestructura.

Continua, de hecho, el balance de los factores anteriores puede hacerse que diferentes proyectistas de experiencia lleguen a soluciones ligeramente distintas para una cimentación dada, pues el problema carece de solución única por falta de un criterio “exacto” para efectuar tal balance, que siempre tendrá una parte de apreciación personal.

En general, puede decirse que un balance meditado de los factores anteriores permite en un análisis preliminar a un proyectista con experiencia eliminar todos aquellos tipos de cimentación francamente inadecuados para resolver su problema específico, quedando sólo algunos que deberán de ser más cuidadosamente estudiados para elegir entre ellos unas cuantas soluciones que satisfagan todos los requisitos estipulados desde el punto de vista estructural, de

suelos, social, etc. Para escoger entre éstos el proyecto final, generalmente con una apreciación simplemente económica. Si ha habido éxito en todas las etapas del estudio, la solución final representará un excelente compromiso entre requerimientos estructurales y costo.

Debe observarse que al balancear los factores anteriores, adoptando un punto de vista estrictamente ingenieril debe estudiarse no sólo la necesidad de proyectar una cimentación que se sostenga en el suelo disponible sin falla o colapso, sino también que no tenga durante su vida asentamientos o expansiones que interfieran con la función de la estructura. Se llega así a la contribución fundamental de la Mecánica de Suelos al problema de cimentaciones, contribución de doble aspecto que involucra dos problemas de la misma importancia para garantizar el éxito final. Por un lado, abordando un problema de Capacidad de Carga, se trata de conocer el nivel de esfuerzos que la cimentación puede transmitir al suelo sin provocar un colapso o falla brusca generalmente por esfuerzo cortante; por otro lado será necesario calcular los asentamientos o expansiones que el suelo va a sufrir con tales esfuerzos, cuidando siempre que éstos queden en niveles tolerables para la estructura de que se trate. No puede decirse que uno de los aspectos anteriores tenga mayor importancia que el otro en el proyecto de una cimentación; ambos deberán ser tenidos en cuenta simultáneamente y de su justa apreciación dependerá el éxito o fracaso en un caso dado.



## **1.6.- Consideraciones generales sobre el contacto suelo-estructura.**

Juárez (2014) da algunas ideas fundamentales sobre cómo afecta la rigidez de las áreas cargadas a la distribución de asentamientos y presiones en el suelo subyacente; se consideran en el análisis suelos puramente friccionantes y puramente cohesivos, así como los casos límites de áreas cargadas totalmente flexibles e infinitamente rígidas.

Considérese en primer lugar el caso de un área uniformemente cargada y totalmente flexible. Debido a su flexibilidad, las presiones que el área cargada pasa al suelo serán idénticas a la presión uniforme sobre el área. Por otra parte, el asentamiento no será uniforme, sino que es máximo al centro del área cargada y menor en la periferia, si es que el medio cargado se supone idealmente elástico.

En la práctica el asentamiento inmediato, debido exclusivamente a cambio de forma (es decir excluyendo el asentamiento por consolidación), de áreas flexibles con carga uniforme, apoyadas en arcillas saturadas, adopta un perfil similar al mostrado en la parte a) de la figura VIII-1., en cambio, cuando el área flexible se apoya en arenas o gravas, el perfil se parece a los mostrados en la parte b) de la misma figura, ya que estos materiales poseen la propiedad de que su rigidez aumenta con el confinamiento, el cual obviamente será máximo en la zona bajo el centro del área cargada.

Existen cimentaciones:

1.-Cimentaciones poco profundas

2.--Cimentaciones profundas

### **1.7.- Cimentaciones poco profundas o superficiales.**

Según Juárez (2014) se les conoce a las cimentaciones en las que la profundidad de desplante no es mayor que un par de veces el ancho del cimienta; sin embargo, es evidente que no existe un límite preciso en la profundidad en la profundidad de desplante que separe a una cimentación poco profunda de una profunda.

La preocupación del constructor por el comportamiento de las cimentaciones, por supuesto, tan antigua como la construcción misma, pero hasta épocas relativamente recientes tal preocupación no se reflejó en intentos de analizar científicamente el comportamiento De las cimentaciones, tratando de establecer principios generales que sirvieran a la vez de normas tanto para el proyecto, como para la construcción de campo.

### **1.8.- Clasificación de las cimentaciones poco profundas.**

Según Juárez (2014) los tipos más frecuentes de cimentaciones poco profundas son las zapatas aisladas, las zapatas corridas y las losas de cimentación.

Las zapatas aisladas son elementos estructurales, generalmente cuadrados o rectangulares y más raramente circulares, que se construyen bajo las columnas con el objeto de transmitir la carga de éstas al terreno en una mayor área, para lograr una presión apropiada. En ocasiones las zapatas aisladas soportan más de una columna. Las zapatas aisladas se construyen generalmente de concreto reforzado.

Las zapatas corridas son elementos análogos a los anteriores en los que la longitud supera en mucho al ancho. Soportan varias columnas o un muro y pueden ser de concreto reforzado o de mampostería, en el caso de cimientos que transmiten cargas no muy grandes. La zapata corrida es una forma evolucionada de zapata aislada, en el caso en que el suelo ofrezca una resistencia baja, que obligue al empleo de mayores áreas de repartición o en el caso en que deban transmitirse al suelo grandes cargas.

Cuando la resistencia del terreno sea muy baja o las cargas sean muy altas, las áreas requeridas para apoyo de la cimentación deben aumentarse, llegándose al empleo de verdaderas losas de cimentación, construidas también de concreto reforzado, las que pueden llegar a ocupar toda la superficie construida.

No existe ningún criterio preciso para distinguir entre sí los tres tipos anteriores, siendo la práctica la norma para su distinción. También existen multitud de variedades de cimentaciones combinadas en las que los tres tipos básicos entremezclan al gusto del proyectista o del constructor, que se esforzará siempre por extraer del suelo el mayor partido posible, combinando los factores estructurales con las características del terreno de la manera más ventajosa en cada punto.

Sin aún en el caso de emplear una losa corrida la presión transmitida al subsuelo sobrepasa la capacidad de carga de éste, es evidente que habrá de recurrirse a soportar la estructura en estratos más firmes, que se encuentren a mayores profundidades, llegándose así a las cimentaciones profundas.

## **1.9.- Cimentaciones profundas.**

Las condiciones del suelo superficial no siempre son apropiadas para permitir el uso de una cimentación poco profunda. En tal caso será preciso buscar terrenos de apoyo más resistentes a mayores profundidades; a veces estos no aparecen a niveles alcanzables económicamente y es preciso utilizar como apoyo los terrenos blandos y poco resistentes de que se dispone, contando con elementos de cimentación que distribuyan la carga en un espesor grande de suelo. En todos estos casos y en otros, se hace necesario recurrir al uso de cimentaciones profundas.

### **1.9.1.- Tipos de cimentaciones profundas.**

Los elementos que forman las cimentaciones profundas que hoy se utilizan más frecuentemente se distinguen entre sí por la magnitud de su diámetro o lado, según sea de sección recta circular o rectangular, que son las más comunes.

Los elementos muy esbeltos con dimensiones transversales de orden comprendido entre 0.30 metros y 1.0 metros se denominan pilotes. A pesar del amplio rango de dimensiones que se indicó, la inmensa mayoría de los pilotes en uso tienen diámetros o anchos comprendidos entre 0.30 metros y 0.60 metros; pueden ser de madera concreto o acero.

Los elementos cuyo ancho sobrepasa 1.0 metros pero no excede del doble de ese valor suelen llamarse pilas. Sin embargo, no se ha establecido hasta hoy una distinción definida entre pilas y pilotes y el criterio arriba expuesto tiene el único mérito de ser seguido por un cierto número de especialistas. Para nosotros,

una pila es simplemente un elemento que, trabajando exactamente igual que una zapata, transmite cargas a mayor profundidad que la que suele considerarse en aquellas; según estos especialistas un elemento es pila cuando la relación profundidad a ancho es 4 o mayor, en tanto que para una zapata suelen considerarse relaciones del orden de 1. Por último cabe mencionar que para muchos ingenieros, pila es, en el lenguaje diario, cualquier apoyo intermedio de un puente. En cualquier caso, las pilas se construyen de mampostería o de concreto.

Por último se requieren muchas veces elementos de mayor sección que los anteriores a los que se da el nombre de cilindros, cuando son de esa forma geométrica o cajones de cimentación, cuando son paralelepípedos. Los diámetros de los primeros suelen oscilar entre 3.0 y 6.0 se construyen huecos para ahorro de materiales y de peso, con un tapón en su punta y siempre se hacen de concreto. Los cajones tienen anchos similares, son huecos por la misma razón y se construyen con el mismo material.

### **1.9.2.- Generalidades sobre pilotes.**

De acuerdo con Juárez (2014), se usan los pilotes como elementos de cimentación cuando se requiere;

1.- Transmitir las cargas de una estructura a través de un espesor de suelo blando o a través de agua, hasta un estrato de suelo resistente, que garantice el apoyo adecuado. La forma de trabajo de estos pilotes podría visualizarse como similar a la de las columnas de una estructura.

2.- Transmitir la carga a un cierto espesor de suelo blando, utilizando para ello la fricción lateral que se produce entre suelo y pilote.

3.- Compactar suelos granulares, con fines de generación de capacidad de carga. Este uso de los pilotes, en realidad fuera del campo de las cimentaciones en si mismas.

4.- Proporcionar el debido anclaje lateral a ciertas estructuras (como tablestacas, por ejemplo) o resistir las fuerzas laterales que se ejerzan sobre ellas (como en el caso de un puente). En estos casos es frecuente recurrir a pilotes inclinados.

5.- Proporcionar anclaje a estructuras sujetas a subpresiones, momentos de volcadura o cualquier efecto que trate de levantar la estructura. Estos son pilotes de tensión.

6.- Alcanzar con la cimentación profundidades ya no sujetas a erosión, socavaciones u otros efectos nocivos.

7.- Proteger estructuras marítimas, tales como muelles, atracaderos, etc. Contra el impacto de barcos u objetos flotantes. Una estructura auxiliar que cumple tal fin recibe el nombre de Duque de Alba.

### **1.9.3.- Desde el punto de vista de su forma de trabajo de los pilotes.**

Pilotes de:

a).- De punta

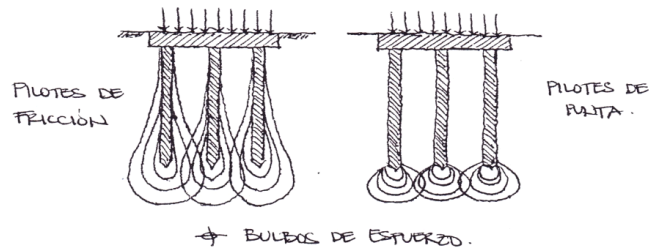
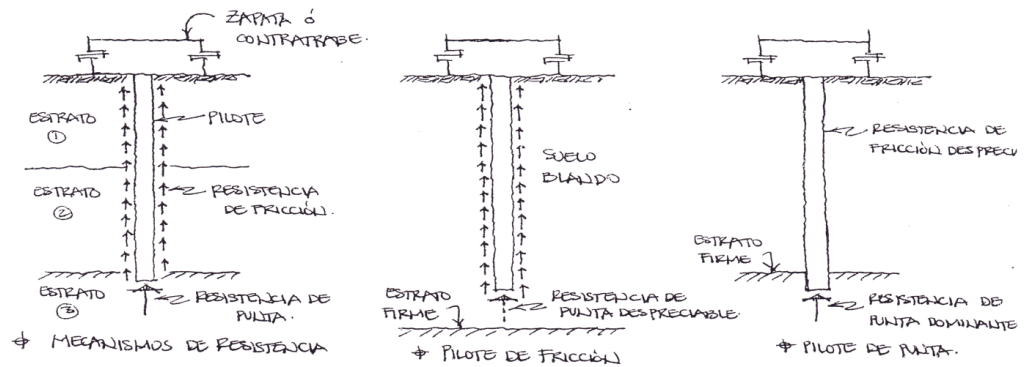
b).- De fricción.

Los pilotes de punta desarrollan su capacidad de carga con apoyo directo en un estrato resistente. Los pilotes de fricción desarrollan su resistencia por la fricción lateral que generan contra el suelo que los rodea. Los pilotes mixtos aprovechan a la vez estos dos efectos.

Constructivamente, se recomienda que el diámetro mínimo de pilote sea de 30 centímetros, y el máximo de 60 centímetros.

Sin ser una regla general, se sugiere que la longitud de los pilotes de fricción sea aproximadamente del 87% de la suma de los estratos existentes sobre la capa o estrato resistente restando un “colchón” de aproximadamente el 13% de dicha suma. El objetivo del colchón es proteger al pilote de un posible trabajo de punta, en caso de que se presentará consolidación en los estratos superiores.

- TIPOS DE PILOTES (POR SU FORMA DE TRABAJO).-



- ESTABILIMIENTO DE PILOTES PREFABRICADOS.-

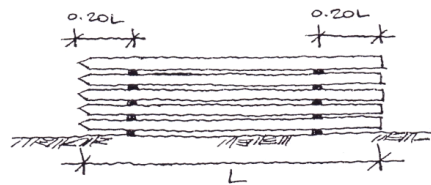


Figura: 1.3.- Tipos de pilotes por su forma de trabajo.

Fuente: Apuntes de la clase de cimentaciones, Ing. Guillermo Martínez Ruíz.

Atendiendo al material del cual están hechos los pilotes pueden ser de:

- a) Madera
- b) De concreto.



c) De acero.

d) Una combinación de los anteriores.

Los pilotes de madera en este momento ya se usan muy raramente en trabajos de importancia y han quedado prácticamente circunscritos a estructuras provisionales para funciones de compactación de arenas. Los pilotes de concreto son los más ampliamente usados en la actualidad; pueden ser de concreto reforzado común o pres forzado; aunque en su mayoría son de sección llena, últimamente se ha desarrollado bastante el uso de pilotes huecos, de menor peso. Los pilotes de acero son de gran utilidad en aquellos casos en que la hincada de los pilotes de concreto se dificulta por la relativa resistencia del suelo. Pues tienen mayor resistencia a los golpes de un martinete de hincado y mayor facilidad de penetración; suelen usarse secciones H o secciones tubulares, con tapón en la punta o sin él.

Según el procedimiento de construcción y de colocación, los pilotes de concreto pueden ser prefabricados e hincados a golpes o a presión o colados en el lugar, en una excavación realizada previamente a la construcción del pilote. Para los pilotes hincados a golpes, quizá aún los más frecuentes, por lo menos en trabajos fuera de las ciudades, existen tres tipos principales de martinetes de hincado. El de caída libre, de poco uso ya por su lentitud, consiste simplemente en una masa guiada, que se eleva por medio de un malacate y se deja caer desde la altura especificada; el de vapor de acción sencilla, que utiliza la energía del vapor para levantar la masa golpeante, para después dejarla caer por acción

exclusivamente gravitacional y el de vapor de doble efecto, en que la energía del vapor eleva la masa y la impulsa y acelera en su caída.

La efectividad de los distintos martinetes suele compararse recurriendo a su energía, expresada en kgm/golpe. Hay gran variedad de tipos y tamaños, existiendo maquinas en que la masa golpeante llega a 6 toneladas de peso o más, con 100 golpes por minuto y con energías hasta de 10, 000 kgm.

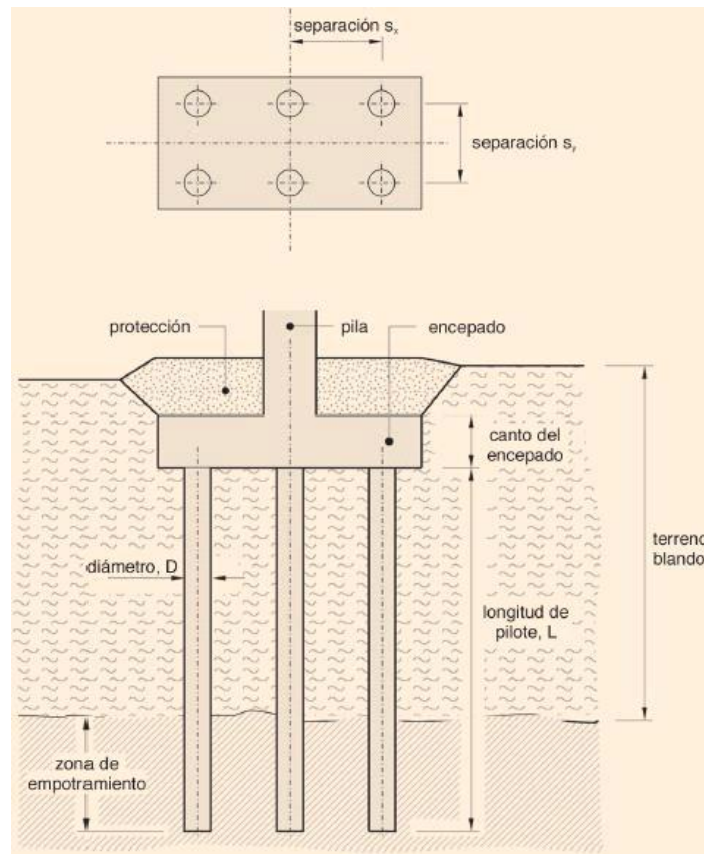
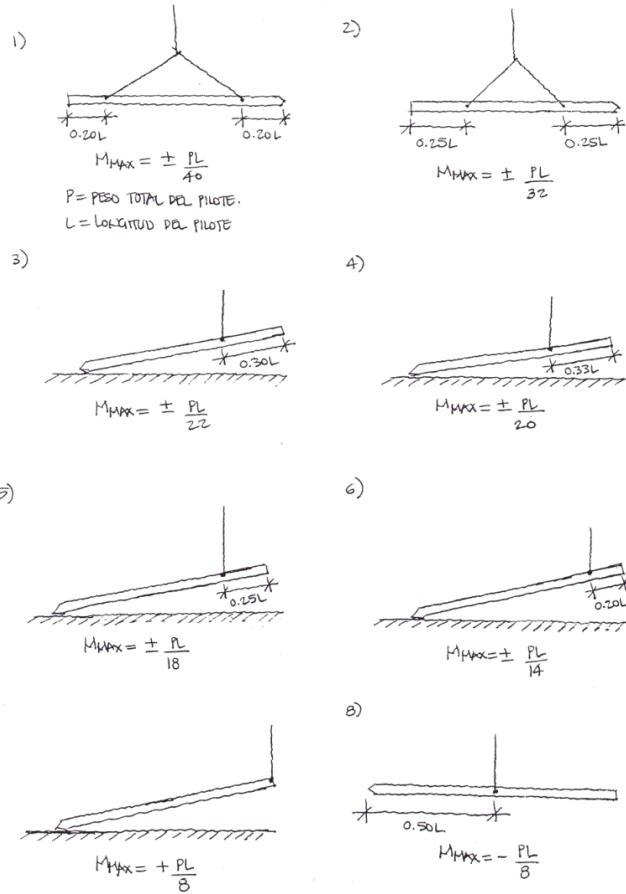


Figura.-1.2.-Partes constituyentes de un pilote.

Fuente: [http:// ingecivil/cusco.blogspot.com](http://ingecivil/cusco.blogspot.com)

- LONGITUDINAMIENTO Y ESCUADRAMIENTO DE PILOTES PREFABRICADOS -



- 3 -

Figura 1.3.- Manejo y colocación de pilotes.

Fuente: Apuntes de la clase de cimentaciones por Ing. Guillermo Martínez Ruíz.

### **1.10.- Pilotes colados en el lugar.**

Según Juárez (2014), existe una gran variedad de pilotes que se construyen directamente en el lugar en que definitivamente van a cumplir su cometido; pilotes que no se construyen en otra parte para después ser hincados a golpes hasta su posición definitiva como los que hasta ahora se han venido tratando. Genéricamente se denomina a estos pilotes colados en el lugar o pilotes colados in situ. Fig.1.4.

Estos pilotes se distinguen y clasifican por los procedimientos que sirven para construirlos: 'estos son sumamente variados y comprenden la excavación de perforaciones, ademados o no, que después se rellenan de concreto; gatos que hacen penetrar los ademes a presión; chiflones que permiten hacer llegar los trabajos al nivel deseado o métodos que involucran la utilización de explosivos.

Muchos de los tipos de pilotes colados en el lugar de uso normal son patentes comerciales que difieren entre si relativamente poco; esta competencia de carácter puramente comercial ha complicado el campo produciendo un gran número de variantes, respecto a unos tipos básicos.

La capacidad de carga en pilotes colados en el lugar se calcula básicamente en la misma forma que se describió para los pilotes precolados en el lugar.

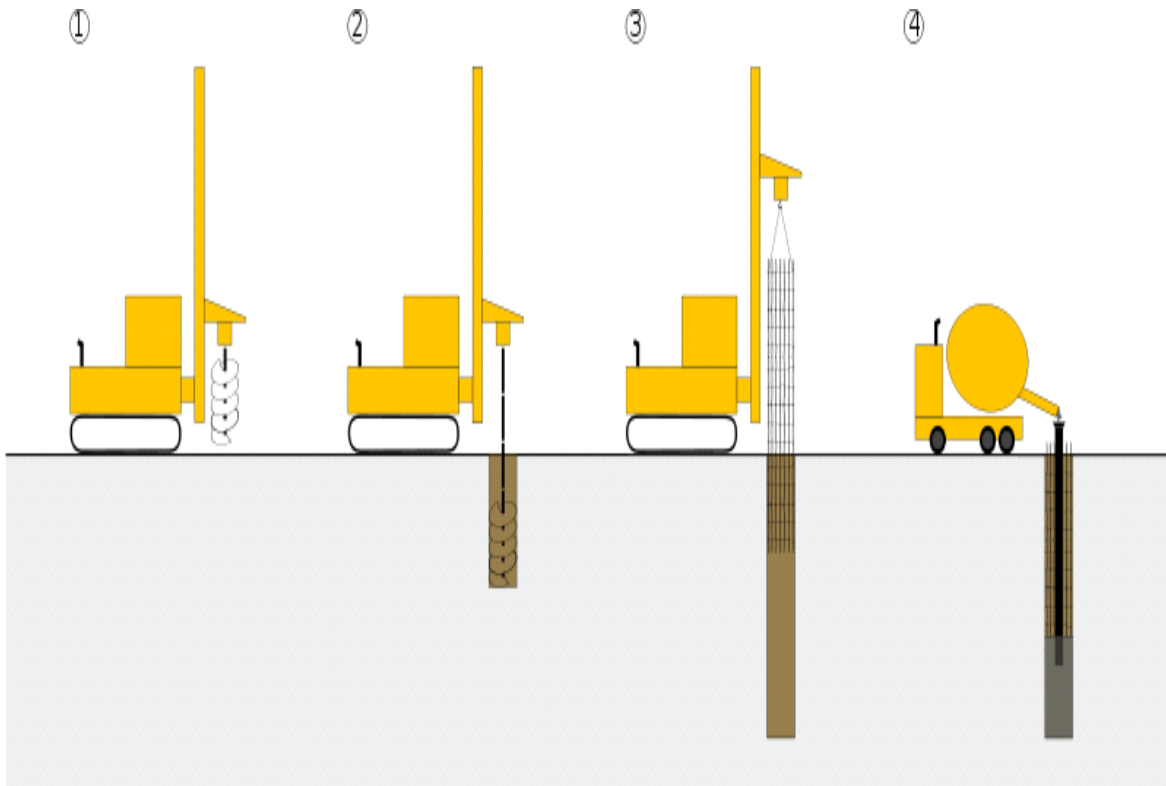


Figura1.4.- Perforación y colocación de armado de pilote colado en el sitio.

Fuente: <http://www.pinterest.com>

### 1.10.1. Tipos de pilotes colados en el lugar.

Hay gran variedad de tipos de pilotes colados en el lugar, la mayor parte sujetos a patente. Los pilotes pueden construirse sin ademe permanente o con él; los primeros se usan donde no se derrumbe o cierre la excavación previa que se haga para la construcción del pilote, en donde el agua no anegue a la misma y en donde no se perjudique a un pilote recién construido al efectuar las excavaciones para los pilotes vecinos. Este tipo de pilotes tiene la ventaja de no precisar espacio de almacenaje ni equipo para su manejo; además, no están sujetos a danos por maniobras de manejo o por hincado.

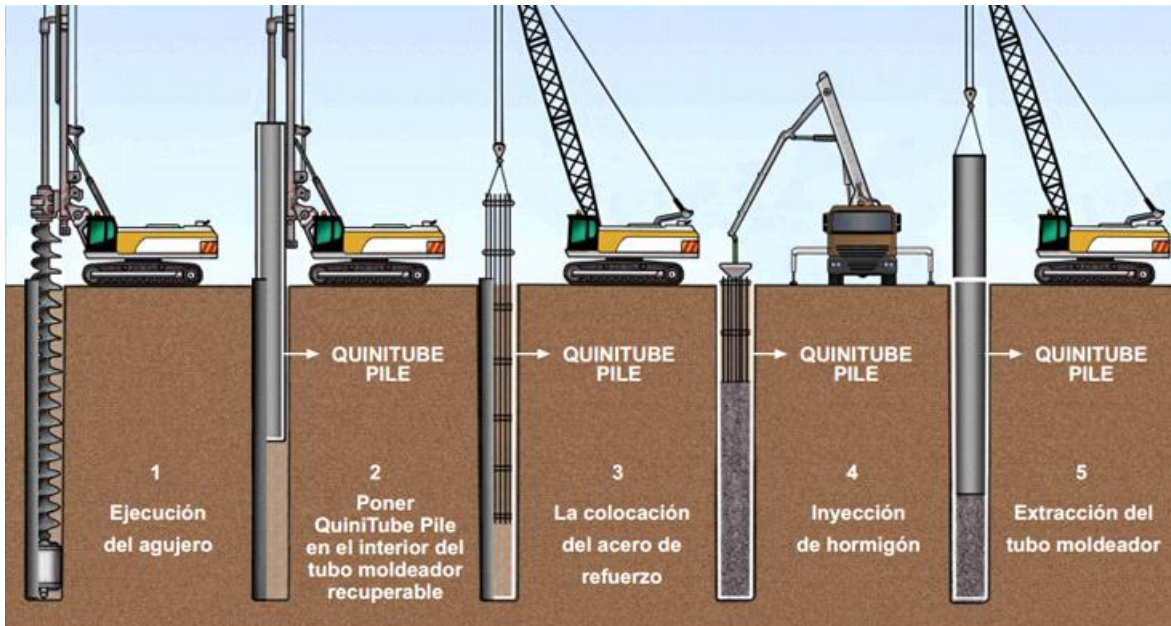


Figura 1.5.- Otro método de pilotes colados en sitio

Fuente: <http://ingecivilcusco.blogspot.com>



Figura 1.6.- Amado de pilotes para ser colados en el sitio

Fuente: <http://www.pinterest.com>

### 1.11.- Hinca de pilotes.

Generalmente, según Lambe 2001, se hacen penetrar en el terreno mediante un martinete o martillo. En tiempos medievales los pilotes eran hincados por una serie de obreros golpeando con marros. A continuación, vino el martinete de caída libre formado por un peso que se eleva mediante cables y se deja caer libremente golpeando sobre la cabeza del pilote. Como valores típicos se pueden citar pesos de 1 a 2 toneladas cayendo libremente desde una altura de 6 a 9 metros. Después del martinete de caída libre vinieron los siguientes:



Figura 1.7.- Descabezado de un conjunto de pilotes.

Fuente: <http://www.pinterest.com>

El martillo de simple efecto, que utiliza vapor o aire comprimido actuando sobre un pistón para elevar una maza que cae libremente golpeando el pilote.

El martillo de doble efecto, en el que la maza no sólo se hace subir sino que es empujada hacia abajo por el vapor o el aire comprimido.

El martillo diferencial, en el que el vapor o el aire comprimido actúan para elevar la maza y la impulsan hacia abajo como en el caso del martillo de doble efecto, pero al contrario de éste, la presión del aire o del vapor permanece constante.

El martillo Diésel, en el cual la explosión del gas-oil pulverizado hace subir la maza, la cual se deja caer libremente.

El martillo vibratorio que emplea un par (o pares) de masas excéntricas giratorias en fase, cuyas componentes laterales se anulan y cuyas componentes verticales se superponen.

Una vez que los pilotes han sido hincados por cualquier método deberán ser descabezados para permitir la perfecta unión con la superestructura.



## CAPÍTULO 2

### PLANEACIÓN DEL PROYECTO

En el presente capítulo se hará una reseña de los principales trabajos para iniciar la planeación de una cimentación profunda como son los estudios de campo, posteriormente también se verá cómo organizar los trabajos del proyecto que inicia con la infra estructura, es decir la cimentación en su primera parte y la construcción propiamente dicha de las pilas o pilotes según las necesidades de la interacción suelo-estructura.

#### **2.1.- Estudios topográficos.**

Según Crespo (1980), al rendir un informe sobre los estudios topográficos llevados a cabo para la construcción de un puente, además de dar el nombre del río o barranca, camino correspondiente, tramos del camino en el cual se encuentra, etc., es imprescindible se rindan los siguientes datos:

Origen del kilometraje.

Plano en planta, a escala 1:200 mostrando el eje del camino, curvas de nivel, dirección del cauce, construcciones cercanas y datos importantes.

Angulo que forma el camino con el eje de la corriente.

Elevación y descripción del banco de nivel más próximo (en MSNM).

Planos de localización correspondientes a un kilómetro a cada lado de la obra.

Elevación de la subrasante que resulte más adecuada.

Importe de las indemnizaciones que tendrían que hacer al llevarse a cabo la obra.

## **2.2.- Estudios hidráulicos.**

Se deberá tener según Sánchez (2005):

1.-Una sección transversal en el cruce y dos secciones auxiliares aguas arriba y aguas abajo a escala 1:200 considerando nivel de aguas mínimas y nivel de aguas máximas ordinarias y extraordinarias, pendiente del fondo del cauce o de la superficie del agua en una extensión de 200 metros a cada lado del eje del puente.

2.-Coeficiente de rugosidad del cauce.

3.- Velocidad superficial indicando el procedimiento como se obtuvo.

4.- Frecuencia y duración de las crecientes máximas extraordinarias, época del año, en que se efectúan y dimensiones aproximadas del material de arrastre.

5.- Si el cauce es estable o divagante o si tiene tendencia a divagar.

6.- Si la corriente deposita o socava.

8.- si hay que efectuar alguna canalización.

9.- si el remanso afectara propiedades vecinas, se deberá indicar.

10.- Claro mínimo de los tramos y espacio libre vertical para el paso de los cuerpos flotantes.

11.- Datos sobre puentes construidos aguas abajo y aguas arriba próximos al cruce, tales como su longitud, longitud mínima de tramo, altura de la subrasante

sobre el fondo, área hidráulica, si es o no suficiente el puente, separación entre pilas y pendiente del cauce en el cruce (Crespo, 683).

### **2.3.- Estudios Geológicos.**

Este estudio es muy importante pues tiene que ver con la conformación de la tierra con respecto al estudio de las posibles fallas geológicas que atraviesen el sitio, datos que pondrían en peligro el proyecto, pues como se sabe este tipo de fenómenos no pueden ser controlados y con el tiempo la reparación del proyecto es muy costoso, como se sabe por la experiencia muchos puentes tienen problemas de funcionalidad por no estar suficientemente estudiado el sitio geológicamente.

Los datos correspondientes a los estudios geológicos serán:

- Características generales de los materiales que forman el fondo y las márgenes de la corriente.
- Corte geológico indicando los materiales del subsuelo y el nivel de aguas freáticas, enviando muestras inalteradas y alteradas.
- Carga admisible aproximada que puede soportar cada estrato del subsuelo.

### **2.4.- Estudios comerciales**

Estudios muy importantes pues nos darán una idea de muchos de los aspectos que nos vamos a encontrar en la región donde se llevará a cabo la estructura, sin ellos no podríamos tener precios unitarios apegados a las cuestiones comerciales de la región y al mismo tiempo, que será necesario que

llevemos de otras regiones lo que impactará en el costo del proyecto y en el concurso para llegar a la meta y tener la ganancia que se espera para que la empresa siga siendo costeable.

Tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- 1.- Jornales medidos en la región para diversas categorías (de oficina, profesionales, albañiles, etc.)
- 2.- Precios unitarios de diversos materiales en la región y puestos en la obra.
- 3.- Cubicación de diferentes bancos de material (y distancia al sitio).
- 4.- Vías más próximas de comunicación.
- 5.- Clima dominante en la región (impactará en las jornadas de trabajo).
- 6.- Enfermedades de la región.

Estos estudios deberán ser acompañados por fotos del sitio de trabajo pues a partir de estos podrán hacerse anteproyectos, con las diferentes propuestas de cruces que nos darán siempre una idea muy clara de todos los pros y contras de cada uno, que incidirá en la propuesta económica.

## **2.5.- Solicitaciones geométricas.**

Las pilas de un puente deben ubicarse de acuerdo con el ángulo de la corriente

(esbiajamiento), de manera que la corriente pueda seguir su cauce natural y no se produzca una obstrucción que redundará en arrastre de material y la posible

desestabilización de la pila, especialmente en época de avenidas (lluvias), pero también dar paso a los materiales que la corriente en forma natural arrastra, tener el suficiente espacio libre vertical para este concepto, en caso contrario contar con elementos que eviten que se produzca este efecto.

Además de los estudios ya indicados es importante que el informe que se rinda vaya acompañado de datos complementarios tales como fotografías del lugar donde se va a efectuar el cruce, así como de los puentes cercanos y de los sondeos a cielo abierto hechos para el estudio del subsuelo.

Con todos los datos de campo bien recopilados se pasa al anteproyecto del puente. Es conveniente elaborar varios anteproyectos usando diversos tipos de puentes para recoger el más económico y más adecuado. Estos anteproyectos deben ser elaborados con cuidado, pues es muy común construir puentes en zonas que son las menos adecuadas a falta de estudios a fondo del mejor sitio. O construir un puente donde era más factible construir una alcantarilla donde se construyó una pequeña estructura, el proyecto es antieconómico.

## **2.6.- Estudios de mecánica de suelos para estructuras de cimentación profundas.**

Es una parte de las más importantes con respecto de un proyecto de este tipo, pues de ellos dependen que se encuentren los estratos adecuados y la profundidad de los mismos, así como el tipo de pilote que se va a proyectar, ya sea de punta de fricción u otros.

El término suelo puede tener diferentes definiciones dependiendo de qué manera vaya a ser estudiado. Para el geólogo, la palabra suelo describe las capas de material suelto sin consolidar que se extienden desde la superficie hasta la roca sólida, y que se ha formado por la desintegración de las propias rocas. Por otra parte, para el ingeniero, el concepto de suelo “está relacionado con la obra que puede hacer sobre él, con él o en él”. (Roy Whitlow; 1994:1).

Los suelos se generan a partir de la descomposición de la roca ya sea por descomposición química donde el principal agente generador es el agua o por desintegración mecánica o el desgaste de la roca por medio de agentes físicos.

Los principales factores que ayudan a la descomposición de la roca según Arias Rivera (1993) son:

- cambios de temperatura.
- esfuerzos tectónicos.
- esfuerzos abrasivos del agua y el viento.
- efectos telúricos (sismos, terremotos).
- efectos de la gravedad.

Además para conocer el comportamiento de los suelos se debe conocer, los suelos residuales y suelos transportados:

Suelos residuales: de acuerdo con Juárez Badillo (2000) son todos aquellos que no se han movido o acarreado del lugar donde se formaron.

Suelos transportados: este tipo de suelos son los que han sido transportados del sitio donde se generaron, existen diversos tipos de factores de transporte, los más destacados o más comunes que se encuentran en la naturaleza son los ríos, los mares, los glaciares, el viento y la fuerza de gravedad.

Debido a la acción del viento éste puede arrastrar, dependiendo de la fuerza y velocidad, suelos que pueden ser desde limos hasta arenas gruesas, este acarreo puede que las partículas de suelo viajen a kilómetros de distancia del lugar de origen. Debido a éste proceso son suelos que tienen bajas capacidades de carga, ya que al depositarse va quedado una relación de vacíos alta.

A continuación mencionaremos los pasos de que consta un estudio de mecánica de suelos según Juárez (2002):

Métodos de exploración de carácter preliminar:

- a) Pozos a cielo abierto, con muestreo alteado o inalterado.
- b) Perforaciones con posteadora, barrenos helicoidales o métodos similares.
- c) Métodos de lavado.
- d) Métodos de penetración estándar.
- e) Métodos de penetración cónica.
- f) Perforación en boleos y gravas. (con barretones, etc.).

Métodos de sondeo definitivo

- a) Pozos a cielo abierto con muestreo inalterado.

b) Métodos con tubo de pared delgada.

c) Métodos rotatorios para roca.

Métodos geofísicos

a) Sísmico.

b) De resistencia eléctrica.

c) Magnético y gravimétrico.

A continuación se describen algunos métodos de los mencionados:

#### **2.6.1.- Pozos a cielo abierto.**

Como lo explica Juárez (2002), cuando este método sea practicable debe considerársele como el más satisfactorio para conocer las condiciones del subsuelo, ya que consiste en excavar un pozo de dimensiones suficientes para que un técnico pueda directamente bajar y examinar los diferentes estratos de suelo en su estado natural, así como darse cuenta de las condiciones precisas referentes al agua contenida en el suelo. Desgraciadamente este tipo de excavación no puede llevarse a grandes profundidades a causa, sobre todo, de la dificultad de controlar el flujo de agua bajo el nivel freático; naturalmente que el tipo de suelo de los diferentes estratos atravesados también influye grandemente en los alcances del método en sí. La excavación se encarece mucho cuando sean necesarios ademes y haya excesivos traspaleos a causa de la profundidad.



Deben cuidarse especialmente los criterios para distinguir la naturaleza del suelo “in situ” y la misma, modificada por la excavación realizada. En efecto, una arcilla dura puede, con el tiempo, aparecer como suave y esponjosa a causa del flujo de agua hacia la trinchera de excavación; análogamente, una arena compacta puede presentarse como semifluida y suelta por el mismo motivo, se recomienda que siempre que se haga un pozo a cielo abierto se lleve un registro completo de las condiciones del subsuelo durante la excavación, hecho por un técnico conocedor.

En estos pozos se pueden tomar muestras alteradas o inalteradas de los diferentes estratos que se hayan encontrado. Las muestras alteradas son simplemente porciones de suelo que se protegerán contra pérdidas de humedad introduciéndolas en frascos o bolsas emparafinadas. Las muestras inalteradas deberán tomarse con precauciones, generalmente labrando la muestra en una oquedad que se practique al efecto en la pared del pozo. La muestra debe protegerse contra pérdidas de humedad envolviéndola en una o más capas de manta debidamente impermeabilizada con brea y parafina.

#### **2.6.2.- Método de penetración estándar.**

Este procedimiento es, entre todos los exploratorios preliminares, quizá el que rinde mejores resultados en la práctica y proporciona más útil información en torno al subsuelo y no sólo en lo referente a descripción; probablemente es también el más ampliamente usado para esos fines en México.

En suelos puramente friccionantes la prueba permite conocer la compacidad de los mantos que, como repetidamente se indicó, es la característica fundamental respecto a su comportamiento mecánico. En suelos plásticos la prueba permite adquirir una idea, si bien tosca, de la resistencia a la compresión simple. Además el método lleva implícito un muestreo que proporciona muestras alteradas representativas del suelo en estudio.

El equipo necesario para aplicar el procedimiento consta de un muestreador especial (muestreador o penetrómetro estándar) de dimensiones establecidas.

Es normal que el penetrómetro sea de media caña, para facilitar la extracción de la muestra que haya penetrado en su interior. El penetrómetro se enrosca al extremo de la tubería de perforación y la prueba consiste en hacerlo penetrar a golpes dados por un martinete de 63.5 kg. (140 libras) que cae desde 76 centímetros (30 pulgadas), contando el número de golpes necesarios para lograr una penetración de 30 centímetros (un pie). El martinete, hueco y guiado por la misma tubería de perforación, es elevado por un cable que pasa por la polea del trípode y dejado caer desde la altura requerida contra un ensanchamiento de la misma tubería de perforación hecho al efecto, en cada avance de 60 centímetros que debe retirarse el penetrómetro, removiéndolo al suelo de su interior el cual constituye la muestra.

El fondo del pozo debe ser limpiado de manera cuidadosa, usando posteadora o cuchara. Una vez limpio el pozo, el muestreador se hace descender hasta tocar el fondo y, seguidamente, a golpes, se hace que el penetrómetro entre 15 centímetros dentro del suelo. Desde este momento deben contarse los golpes

necesarios para lograr la penetración de los siguientes 30 centímetros. A continuación hágase penetrar el muestreador en toda su longitud. Al retirar el penetrómetro, el suelo que haya entrado en su interior constituye la muestra que puede obtenerse con este procedimiento.

### **2.6.3.- Muestreo con tubos de pared delgada.**

Según Juárez (2002) de ningún modo y bajo ninguna circunstancia puede obtenerse una muestra de suelo que pueda ser rigurosamente considerada como inalterada. En efecto, siempre será necesario extraer al suelo de un lugar con alguna herramienta que inevitablemente alterará las condiciones de esfuerzo en su vecindad; además, una vez la muestra dentro del muestreador no se ha encontrado hasta hoy y es dudoso que jamás llegue a encontrarse, un método que proporcione a la muestra, sobre todo en sus caras superior e inferior los mismos esfuerzos que tenía "insitu". Aparte de esto, la remoción de la muestra del muestreador al llegar al laboratorio produce inevitablemente otro cambio en los esfuerzos, pues la fase líquida deberá trabajar a tensión y la fase sólida a compresión en la medida necesaria para que se impida la expansión de la muestra, originalmente confinada en el suelo y ahora libre. La alteración producida por esta extracción es un factor importante aún y cuando se recurra al procedimiento de cortar longitudinalmente al muestreador para evitar el efecto de la fricción lateral, si bien con este procedimiento más costoso se atenúa la alteración. Por lo anterior cuando en Mecánica de Suelos se habla de muestras "inalteradas" se debe entender en realidad un tipo de muestra obtenida por cierto

procedimiento que trata de hacer mínimos los cambios en las condiciones de la muestra “insitu”, sin interpretar la palabra en su sentido literal.

Se debe a M.J. Hvorslev un estudio exhaustivo moderno que condujo a procedimientos de muestreo con tubos de pared delgada que, por lo menos en suelos cohesivos, se usan actualmente en forma prácticamente única. Muestreadores de tal tipo existen en muchos modelos y es frecuente que cada institución especializada desarrolle el suyo propio. El grado de perturbación que produce el muestreador depende principalmente, según el propio Hvorslev puso de manifiesto, del procedimiento usado para su hincado; las experiencias han comprobado que si se desea un grado de alteración mínimo aceptable, ese hincado debe efectuarse ejerciendo presión continuada y nunca a golpes ni con ningún otro método dinámico. Hincado el tubo a presión, a velocidad constante y para un cierto diámetro de tubo, el grado de alteración parece depender esencialmente de la llamada “relación de áreas”.

#### **2.6.4.- Métodos rotatorios para roca.**

Cuando un sondeo alcanza una capa de roca más o menos firme o cuando en el curso de la perforación las herramientas hasta aquí descritas tropiezan con un bloque grande de naturaleza rocosa, no es posible lograr penetración con los métodos para otros tipos de suelos ha de recurrirse a un procedimiento diferente.

En realidad se mencionó que capas de boleó o grava pueden ser atravesadas con barretones o herramientas pesadas similares, manejadas a percusión. Pero estos métodos no suelen dar un resultado conveniente en roca

más o menos sana y además tienen el inconveniente básico de no proporcionar muestras de los materiales explorados. Cuando un gran bloque o un estrato rocoso aparezcan en la perforación se hace indispensable recurrir al empleo de máquinas perforadoras a rotación, con broca de diamantes del tipo cáliz.

En las primeras, en el extremo de la tubería de perforación ya colocado un muestreador especial, llamado de “corazón”, en cuyo extremo inferior se acopla una broca de acero duro con incrustaciones de diamante industrial, que facilitan la perforación.

En las segundas, los muestreadores son de acero duro y la penetración se facilita por medio de municiones de acero que se echan a través de la tubería hueca hasta la perforación y que actúan como abrasivos. En roca muy fracturada puede existir el peligro de que las municiones se pierdan. Perforadoras tipo cáliz se han construido con diámetros muy grandes, hasta para hacer perforaciones de 3 m; en estos casos, la máquina penetra en el suelo con la misma broca.

La colocación de los diamantes en las brocas depende del tipo de roca a atacar. En rocas duras es recomendable usar brocas con diamantes tanto en la corona como el interior para reducir el diámetro de la muestra, y en el exterior para agrandar la perforación y permitir el paso del muestreador con facilidad. En rocas medianamente duras suele resultar suficiente emplear brocas con inserciones de carburo de tungsteno en la corona. En rocas suaves, del tipo de lutitas, pizarras, etc., basta usar broca de acero duro en diente de sierra.

## **2.7.- Excavación para estructuras.**

De acuerdo con la norma N-CTR-CAR-1-007-11 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes:

“Las excavaciones para estructuras son las que se ejecutan a cielo abierto en el terreno natural o en rellenos existentes para alojar estructuras y obras de drenaje, entre otras“. Villegas (2015) p.65

Para los materiales a utilizar se aplican los mismos principios establecidos que para la excavación en cortes.

Para la maquinaria a utilizar se aplican los mismos principios establecidos que para la excavación en cortes.

Para su ejecución se deben hacer los trabajos previos, que son:

Desmonte, despalme y desvío de corrientes para evitar que el agua afecte los trabajos de excavación.

La excavación para el alojo de la estructura se efectuará de acuerdo a lo establecido en el proyecto o por la misma SCT.

“Con el fin de proteger la excavación, si la estructura para la cual se ejecute no se inicia de manera inmediata y el fondo de dicha excavación está formado por materiales altamente erosionables o que pueden ser afectados rápidamente por el intemperismo, se suspenderá la excavación por arriba del nivel de desplante, hasta que esté por iniciarse la construcción de la estructura.”(N-CTR-CAR-1-01-007-11).

La excavación se deberá proteger de inundaciones y garantizar su estabilidad para evitar derrumbes, drenando toda el agua.

El material producto de la excavación servirá de relleno una vez construida la estructura y el material sobrante se depositará en el banco de desperdicios, a menos que el proyecto o la SCT indique otra cosa distinta.

## **2.8. Catálogo de conceptos.**

El catálogo de conceptos es un listado en el cual se enlistan los conceptos de los trabajos que se realizarán en la obra, especificando a detalle las cantidades de obra a realizar e indicando los materiales y servicios necesarios para el desarrollo de la misma.

El catálogo de conceptos de cualquier obra puede estar definido por todos los conceptos a ejecutar, y cada concepto está integrado por una clave, la descripción del mismo, la unidad en que se mide, y como ya se mencionó la cantidad de obra a realizar de cada concepto en particular para que así, una vez teniendo la cuantificación de cada concepto, se procede a hacer el presupuesto obtenido el producto de esta cuantificación y su precio unitario.

Otro dato importante es que este catálogo de conceptos debe de llevar por un costado la norma correspondiente de cada uno de los trabajos a realizar para que en caso de alguna duda en su ejecución se pueda consultar la norma marcada y revisar si cumple lo especificado.

## **2.9.- Programa de obra.**

De acuerdo con Villegas (2015) este se realiza para poder establecer metas de ejecución y cumplir con la fecha de entrega de obra, se deben de manejar tolerancias dependiendo el concepto ya que todos los conceptos están sujetos a imprevistos, también el programa de obra nos puede servir para programar suministro de los materiales necesarios, para la ejecución de la obra por supuesto que se debe de considerar que los materiales deben de estar en la obra un tiempo razonable antes de su ejecución, mucho tiempo antes traería como consecuencia que algunos materiales sufrieran intemperismo con la consecuente pérdida económica, o capital económico que se puede utilizar para compra de otros insumos que si se estén usando en el momento.

Algunas veces la construcción del proyecto se tendría que parar y los programas de obra ser modificados, constantemente si el pago de las estimaciones no están en tiempo y forma disponibles y si además la empresa no cuenta con liquidez para financiar la obra, esto da origen a que la misma en muchas ocasiones se tenga que parar, siendo esto imputable a la parte contratante.

Es recomendable además incluir en el catálogo de conceptos aquellos que es posible se puedan encontrar al ejecutar los trabajos y que a simple vista no estarán, como es el caso de material A, B o C que aunque los estudios correspondientes indiquen que no lo encontraremos, tener como previsión el precio unitario para no tener que solicitarlo posteriormente.



## **2.10.- Determinación de volúmenes.**

La determinación de volúmenes es el primer paso para la planeación en la ejecución de la obra, ya que nos sirven para poder evaluar con precisión la magnitud de la obra y los recursos que se necesitarán, es necesario mencionar que aún al haber hecho el concurso de obra, ya se entregan los volúmenes de la misma, de cualquier manera es necesario, verificarlos ya que en caso de tener algún error en la determinación del volumen se puede solicitar la aditiva que cubra el volumen faltante de la obra.

## **2.11.- Materiales necesarios.**

Estos se determinan en base a los volúmenes de obra, tomando en cuenta los desperdicios y se determinará su fecha de suministro en base al programa de obra, tomando en cuenta asegurarse de suministrarlos antes que se ocupen, para no entorpecer el correcto avance de la obra. También se deberá tomar en cuenta que no se pueden tener todos los materiales necesarios almacenados desde el inicio de la obra ya que sería una inversión que tardaría en ser amortizada y esto podría ocasionar problemas financieros a la constructora, además hay materiales que no se pueden tener almacenados por mucho tiempo, como es el cemento, además habiendo material en demasía almacenado podría fomentar el robo hormiga, lo que se cuida no pase.

## **2.12.- Proceso constructivo para pilotes**

Igual que en la construcción de cualquier estructura o proyecto los pasos a seguir son los siguientes:

Caminos de acceso

Desmante y despalme

Excavación

Pilotaje

### **2.12.1.- Caminos de acceso.**

Según Villegas (2015) son los caminos necesarios para tener acceso a los diferentes sitios de la obra donde deberá de acercarse maquinaria, materiales y personal, podrán usarse vías ya existentes, previo permiso de los encargados del camino (ejido, comunidad o pequeña propiedad) y deberá de dárseles mantenimiento constante, en caso de ser temporada de secas se deberá de tener una pipa que riegue los caminos que pasen por donde haya alguna área agrícola, ya que el exceso de polvo provoca plagas en las plantas y esto podría provocar que la empresa tenga que pagar afectaciones a los cultivos o que se le sea prohibido el paso por dichas áreas, si es en temporal de lluvias deberán de revestirse los caminos especialmente en las áreas que se genere exceso de lodo o charcos, es muy importante que los caminos de acceso se encuentren en buenas condiciones ya que esto facilitará la llegada a tiempo de materiales y equipo y es todavía más importante en este tipo de obra cuidar esta situación, ya

que debido a que el concreto que se suministra será premezclado, se tendrá intenso tráfico de ollas revolvedoras, este tipo de vehículos debido a su peso y centro de gravedad elevado son muy propensos a atascarse y/o voltearse esto podría ocasionar obstrucción del camino cuando puede ser que el colado no se haya terminado, causándose que dejemos juntas frías y en caso de se quede mucho tiempo el concreto dentro del trompo de la olla éste ya no podrá ser extraído, ocasionando el necesario cambio del equipo, de hecho es necesario que por lo menos el camino hasta el almacén de la obra esté apto para la entrada de tráileres ya que debido a los volúmenes de acero que se manejan en este tipo de obras y al diámetro de las varillas usadas es preferible que el tráiler pueda llegar con el acero hasta el almacén, generalmente la obra se inicia cuando ya se han iniciado las terracerías y gran parte de los caminos de acceso que se utilizan son los ya elaborados por la empresa que esté realizando la terracería, los que generalmente se tienen que realizar por los encargados de este tipo de obra son los necesarios para llegar a donde se realizarán los trabajos de cimentación, en este caso es podría ser una barranca con paredes casi verticales.

#### **2.12.2.- Desmonte y despalle.**

Consiste en la remoción de los árboles y capa vegetal que se encuentra en el sitio de la obra para trabajar en limpio y no tener nada que nos estorbe para el trazo, además de presencia de materia orgánica podría causar contaminación de los materiales que se proyecten utilizar para relleno, además la vegetación en caso de árboles grandes los que se encuentren en el sitio y que sea propiedad de ejido o comunidad generalmente ellos retiran la madera con la finalidad de

aprovecharla, en caso de ser arbustos, serán removidos con un tractor sobre orugas junto con la capa de materia orgánica que se encuentre en el lugar y se retirará del sitio de la obra para su posterior incineración (la incineración podría realizarse en el sitio de la obra, o de hecho se podría realizar una quema controlada para posteriormente realizar el despalme).

### **2.12.3. Excavación**

Debido a los volúmenes que se manejan y debido al muy particular caso de cada uno de los elementos de cimentación la excavación varía levemente en cada uno de los casos.

Como ya se mencionó en el apartado 2.7 la excavación deberá hacerse según se mencione en el catálogo de conceptos y apegado a las normas que la contratante especifique. Además si existiere alguna norma que indique el equipo a utilizar deberá ser observada.

### **2.12.4. Pilotaje.**

De acuerdo con Juárez (2014) posteriormente al trazo del eje de obra y tomando en cuenta todas las referencias existentes, se procede al trazo de cada una de las excavaciones, para posteriormente decidir el tipo de maquinaria que se utilizará para hacer la excavación si se trata de pilotes colados in situ, como se mencionó en el apartado (1.11 Pilotes colados en el lugar), o en su caso según lo referido anteriormente (1.12. Pilotes hincados) que se refiere a pilotes que se fabrican en otro sitio se llevan al proyecto y con la diferente maquinaria se procede a hacerlos penetrar hasta encontrar el estrato resistente que también fue indicado

por el estudio de mecánica de suelos hecho expreso para el proyecto de que se trate.



Imagen 2.1. Equipo para pilotaje

Fuente: <http://ingecivilcusco.blogspot.com>

## **CAPÍTULO 3**

### **RESUMEN EJECUTIVO DE MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN**

En el presente capítulo se presentará como se encuentran las condiciones geográficas: geológicas, topográficas, edafológicas, hidrológicas, clima, flora y fauna entre otras. Además de las condiciones económicas del estado y la región en estudio, donde se localiza el proyecto, mostrando la macro y micro localización del sitio.

#### **3.1.- Generalidades del proyecto.**

El estado de Nuevo León se encuentra situado en la parte noreste de la República Mexicana, perteneciente a la región noreste, limita por el norte con el estado de Coahuila, Estados Unidos de América y el estado de Tamaulipas; por el oeste limita con Coahuila, San Luis Potosí y Zacatecas; por el sur comparte todo su límite oriental con San Luis Potosí y Zacatecas; por el sur comparte todo su límite oriental con San Luis Potosí y Tamaulipas; y por el este con este último estado.

El territorio mexicano, se encuentra situado entre América Central y América del Norte, limita en la parte norte con los Estados Unidos de América, al oriente con el Golfo de México y el Mar Caribe, al sureste con Belice y Guatemala, finalmente al poniente con el Océano Pacífico.

El territorio de los Estados Unidos Mexicanos, según la constitución de 1917, se divide en 32 entidades federativas (31 estados y la capital federal), que alberga la sede de los poderes federales.

El clima de México se ve influenciado por la latitud, la disposición del relieve y la circulación atmosférica en general. El trópico de cáncer divide aproximadamente en dos mitades el territorio nacional. En consecuencia, grandes extensiones del país se encuentran sometidas a las condiciones características de un clima tipo tropical, es decir, alternancia lluviosa y seca estacional y en general, temperaturas bastante elevadas. Sin embargo, este esquema climático tipo se transforma notablemente por efectos del relieve y, al fin de cuentas, a causa de la altitud sobre el nivel del mar. En las regiones del centro-sur, por ejemplo, el escalonamiento topográfico origina tres regiones climático-paisajistas muy diferentes: las tierras cálidas y húmedas de las zonas bajas, las tierras templadas de las zonas de altitud media y finalmente las tierras frías de las zonas elevadas.

El territorio mexicano tiene una superficie de 1, 964,375 km<sup>2</sup> por lo que es el décimo tercer más extenso del mundo y el tercero más grande de América Latina. Limita al norte con Estados Unidos de América a lo largo de una frontera de 3,555km., mientras que al sur tiene una frontera de 958 km. Con Guatemala y 276 con Belice. Las costas del país limitan al oeste con el océano Pacífico y al este con el golfo de México y el mar Caribe, sumando 9,330 km. Por lo que es el tercer país americano con mayor longitud de litoral.

México es el undécimo país más poblado del mundo, con una población estimada en más de 124 millones de personas en 2018, la mayoría de ellas tiene

como lengua materna el español, al que el estado reconoce como lengua nacional junto a 67 lenguas indígenas propias de la nación si bien en el país se hablan alrededor de 287 idiomas. Estas cifras convierten a México en el país con mayor número de hispanoparlantes, así como en el séptimo país con mayor diversidad lingüística en el mundo.

La distribución de la vegetación guarda una relación evidente con las diversas zonas climáticas del territorio mexicano. En las regiones áridas del norte domina una vegetación de matorral desértico espinoso, adaptada en suma a los grandes escases de humedad. Las encinas y los pinos se refugian en las altas vertientes de las montañas. En las zonas llamadas templadas, el piso inferior vegetal comprende especies de bosque templado. Los manchones de selva tropical abundan en las regiones meridionales del país, que son, como se sabe, las más lluviosas y cálidas.

México tiene una extraordinaria riqueza faunística. En las regiones cálidas y húmedas el tapir, el armadillo y el jabalí, así como distintos anfibios y reptiles, diferentes especies de culebras y aves exóticas. En el resto del país pueden encontrarse con más o menos abundancia según las regiones, osos, jaguares, lobos, coyotes, pelícanos y águilas. Los reptiles, excepto los de las regiones tropicales húmedas, son en general de escasas dimensiones.

Las principales producciones agrícolas son el algodón y el café, los cereales (maíz, trigo, y arroz) con la base alimenticia de la población rural. La ganadería es importante, principalmente la cuantiosa producción bovina. A pesar



del progresivo agotamiento de sus recursos, la minería proporciona considerables cantidades de plata, oro, plomo, cinc, cobre, petróleo, azufre y hierro.



### 3.1. Estados Unidos Mexicanos

Fuente. [enciclopedia.us.es](http://enciclopedia.us.es)

### 3.2.- Geografía Física de Nuevo León.

El relieve presenta una gran variedad altitudinal, pues cuenta con zonas elevadas que alcanzan los 1776 metros y otras con apenas 100 metros el principal sistema orográfico que recorre el territorio neoleonés de noreste a sureste es la sierra Madre Oriental, mientras que en la parte suroeste del estado se extiende la

altiplanicie Mexicana. En cuanto a la orografía, son cuatro cuencas las que se distinguen en el estado: la del norte cuya corriente básica es el río Salado, afluente del Bravo; la gran cuenca central es la más grande, y recoge las aguas de ríos tan caudalosos como el Pílon, Pesquería y San Juan; la cuenca del sureste cuya principal corriente es el río Conchos, y su afluente San Fernando; y la cuenca del sur que recoge las aguas del río Blanco o Purificación así llamado en su curso alto el Soto la Marina.

El clima que prevalece es extremo, con una temperatura media anual de 21 grados centígrados. En los relieves bajos abundan la vegetación silvestre, los pastizales y matorrales de tallos esponjosos y hojas espinosas; además, hay huizache, lechuguilla, manzanita, charrasquillo, mezquite y orégano, en otras partes más húmedas se forman bosques de pinos, encinos y cedro. En cuanto a la fauna destacan; tlacuache, conejo, correcaminos, libre, paloma blanca, pato de collar, coyote, zorro, cacomiztle, mapache, tejón, tlacoyote, zorrillo, puma, gato montés, jabalí y venado cola blanca. Se han decretado áreas naturales protegidas en el estado, que abarcan unas 253,000 hectáreas de extensión y entre las que destacan los Parques nacionales Cumbres de Monterrey y el Sabinal.

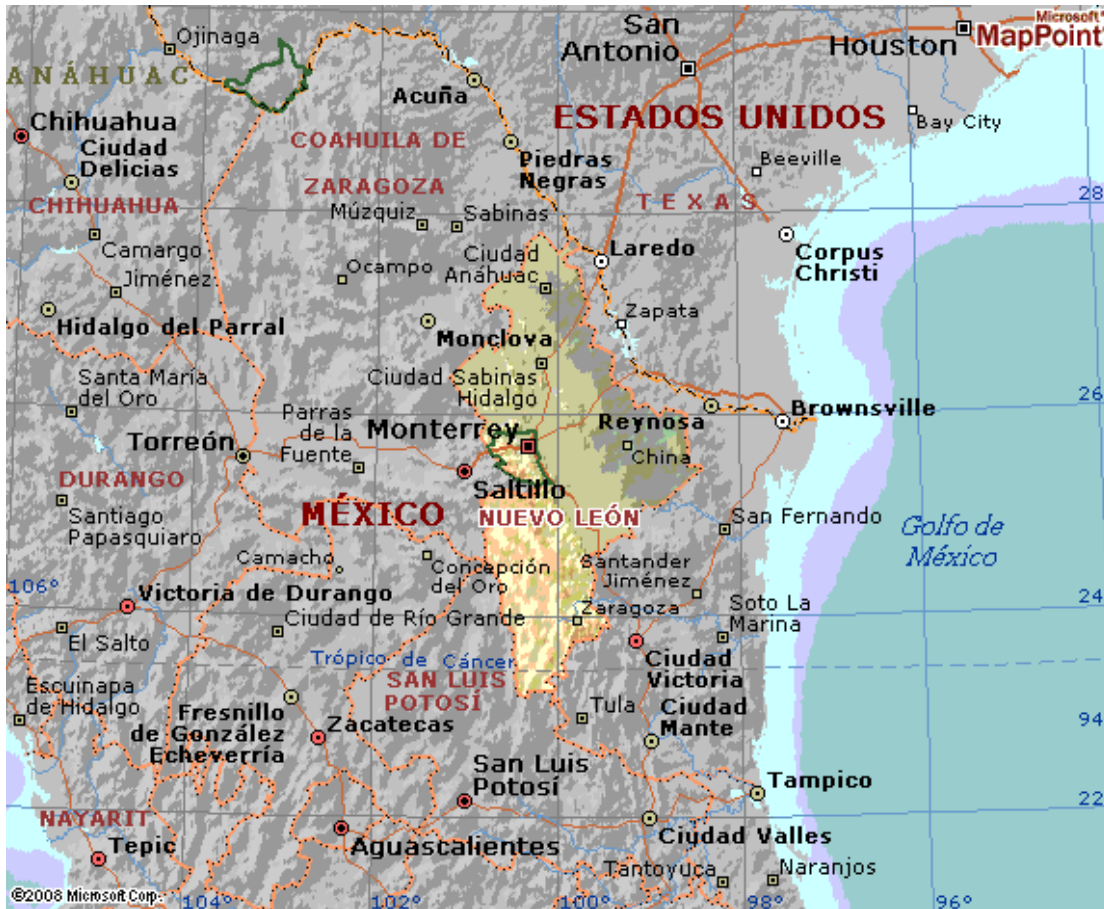


Figura 3.1 Estado de Nuevo León y estados colindantes.

Fuente: [Voyagesphotomanu.com](http://Voyagesphotomanu.com)

### 3.3. Uso de suelo.

Ubicado entre las montañas y nogales se encuentra el municipio de Rayones, Nuevo León, a menos de 2 horas de la ciudad de Monterrey, capital del estado se encuentra esta población cuya actividad principal es la producción de nuez siendo el mayor productor de la región, a 2 kilómetros antes de llegar a este pequeño y hermosos municipio se encuentra el rio Juqualanes con un cauce de 150 metros en temporada de lluvias, así como otras comunidades situadas sobre esta misma sierra madre oriental como el Gotche, Santa Rosa, Casillas, Ciénega

del Toro, la Cebolla entre otras, quedan incomunicadas debido a que este es el único acceso que se tiene para estas comunidades con el resto de los municipios.

### **3.4. Alternativas de solución.**

En un principio las comunidades buscando las diferentes alternativas de solución para resolver el problema que se presentaba año con año, la solución fue construir un puente de concreto armado de 20 metros de largo por 4 metros de ancho con dos rampas de acceso, pagándolo con dinero de sus bolsillos, haciendo cortes y taludes con material del mismo lecho del río para achicar el cauce, pero esta obra no duró mucho. Con el huracán Alex (30/06/2010) quedó prácticamente inhabilitado.

Durante años cuando las temporadas de lluvias son fuertes y no existe forma para que los habitantes de estas zonas tengan forma de adquirir víveres en ciudades a sus alrededores la única forma es por vía aérea, mediante helicópteros proporcionados por los gobiernos estatales y federales.

En anteriores alcaldías se tenía contemplado la construcción de un puente, pero no se concluía, hasta llegar el gobernador Lic. Rodrigo Medina de la Cruz, (04/10/2009 al 03/10/2015).

Esta investigación se realizó en el kilómetro 50+000 de la carretera Montemorelos-Rayones en el estado de Nuevo León de acuerdo a la página [www.es.m.wikipedia.org](http://www.es.m.wikipedia.org). Rayones tiene una población de 2,628 habitantes según la última encuesta del INEGI 2010, según la página [www.m.info7.mx](http://www.m.info7.mx) es un municipio del estado mexicano de Nuevo León, tiene una extensión de 90520

kilómetros cuadrados, se encuentra situado en la sierra Madre Oriental y forma parte de la región sur del estado; limita al norte con Santiago, al sur con Galeana y Linares, al oriente con Montemorelos y al poniente con Galeana y Coahuila, las coordenadas de la cabecera municipal son 25 00N, 100 040/25.000,-100.067, mientras que la altitud es de 906 metros sobre el nivel del mar, la temperatura media anual es de 21 grados centígrados y la precipitación anual es de 693mm, la mayoría del territorio de Rayones está cubierto por vegetación de matorral bajo espinoso, la mayor parte de la población se dedica al cultivo y venta de nuez.

### **3.5. Procesos de análisis.**

El proceso constructivo de la cimentación se llevó a cabo, en su totalidad cuidando la normatividad indicada en el catálogo de conceptos de la obra, las cuales rigen con una serie de especificaciones, las características que debe tener el proceso de ejecución de cada concepto y los lineamientos que se deben seguir.

Para esta investigación fue necesario visitar directamente el sitio, lugar de construcción del proyecto del puente, esta visita es muy necesaria pues solo así nos daremos cuenta de muchos detalles que de lo contrario los daríamos como obvios y al llegar a construir no son posibles, como vamos a hacer llegar el equipo de trabajo, equipo adecuado para cada concepto, que los materiales que se emplearán sean los adecuados y cumplieran con la calidad necesaria, etc.

Se obtuvieron fotos de la ejecución de cada concepto que se describirán y se observarán más adelante en esta investigación, se desarrollará cada concepto a detalle, es decir, que dice la norma, como lo define, que calidades de material y

mano de obra de debe de manejar, el equipo necesario para la ejecución del concepto y la forma en que se debe de ejecutar el trabajo según la norma respectiva.

### **3.6.- Informe fotográfico.**

En el siguiente apartado y de acuerdo con las fotografías anexas se podrá observar parte del proceso constructivo del proyecto, principalmente el inicio del mismo que llevará a un buen fin si está hecho a conciencia.



Fotografía 3.1 Sitio antes del inicio de los trabajos.

Fuente: Propia



Fotografía 3.2 Sitio de los trabajos

Fuente: Propia



Fotografía 3.3 Inicio de los trabajos en el sitio

Fuente: Propia.



Fotografía 3.4 Inicio de excavaciones

Fuente: Propia.



Fotografía 3.5 Topografía

Fuente: Propia





Fotografía 3.6 Referenciación del sitio.

Fuente: Propia.

## **CAPITULO 4**

### **METODOLOGÍA**

En este capítulo se describirá la metodología, empleada en la investigación, se describirán los métodos de forma breve además de la herramientas para el desarrollo del trabajo de investigación, también se mencionarán sobre los instrumentos utilizados para la recopilación de la información empleada en los trabajos, además del proceso que se llevó a cabo para la investigación del mismo.

#### **4.1.- Método empleado.**

De acuerdo con Tamayo (1968), el método científico se define como un proceso propio de la investigación cuyo objetivo es el de obtener información real y exacta.

Paradinas mencionado por Tamayo (1998), menciona que “método de trabajo científico es la sucesión de pasos que debemos de dar para descubrir nuevos conocimientos o, en otras palabras, para comprobar o desaprobar hipótesis que implican o predicen conductas de fenómenos, desconocidos hasta el momento.” (Tamayo y Tamayo; 1998;35-36).

En el método científico, lo fundamental es el proceso para demostrar el resultado de alguna hipótesis formulada para determinar objeto de estudio, sin importar si éste coincide con lo esperado en la formulación de la misma o lo desmiente y se obtiene un resultado completamente distinto.

#### **4.2.- Método matemático.**

De acuerdo con la página rincondelvago.com, en una investigación científica el método matemático se aplica en todo momento tal vez de forma inconsciente, pero a la vez directamente, cuando en la investigación se habla de números, constantes, variedad de hipótesis y a la misma vez variedad de comprobaciones, conlleva a afirmar, negar y hacer comparaciones entre las hipótesis y los resultados.

En esta investigación no se utilizará el método matemático ya que no se referirá a costos ni cálculos matemáticos sino solamente descripción de procesos constructivos.

#### **4.3. Enfoque de la investigación.**

El enfoque cualitativo es un proceso sistemático que está relacionado directamente con los métodos de investigación, que son los siguientes:

1.- Enfoque cuantitativo: “Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías,”(Hernández Sampieri y Cols; 2014:4)

2.-Enfoque cualitativo: “Utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación”(Hernández Sampieri y Cols; 2014:7). En otras palabras, se pueden formular hipótesis antes, durante y después de la recolección y análisis de datos.

3.-Enfoque mixto: De acuerdo con Hernández Sampieri y Cols (2014) el objetivo de este enfoque no es remplazar a los anteriores, si no utilizar de manera conjunta el potencial de los dos, para así minimizar las debilidades en la investigación.

El enfoque que se dará a la investigación que nos ocupa es de carácter cualitativo, ya que los resultados obtenidos a partir de la recopilación de datos son solo verificables a partir de los conceptos de obra y se pueden verificar en las normas del proyecto.

#### **4.4.- Alcance de la investigación.**

De acuerdo con Hernández Sampiere y Cols. (2014). El alcance descriptivo consiste en detallar las característica de personas, grupos u objetos y los fenómenos alrededor de una situación en particular, en la recolección y análisis de datos para una investigación.

Esta investigación se basa en un análisis de estudio descriptivo, ya que permite ordenar el resultado de las observaciones de las conductas, las características, los factores, los procedimientos y otras variables de fenómenos y hechos. Este tipo de investigación no tiene hipótesis exactas ya que se fundamenta en una serie de análisis y pruebas.

De acuerdo con Hernández y Cols (2004) el procedimiento para el diseño de la investigación basada en el enfoque descriptivo, consiste en medir a un grupo de personas, fenómenos, situaciones, contexto dentro de una sola variable y proporcionar su descripción. Por lo tanto, los estudios son puramente descriptivos.

#### **4.5.- Diseño de la investigación.**

De acuerdo con Hernández y Cols. (2014), el término diseño hace referencia al plan o estrategia que se llevó a cabo para la obtención de la información que se desea, con el fin de poder responder el planteamiento del problema, en el enfoque cuantitativo el investigador utilizará sus diseños para analizar la certeza de las hipótesis en un contexto particular. El propósito del diseño de la investigación es resolver las preguntas de investigación realizadas, cumplir los objetivos del estudio y someter las hipótesis a prueba.

De acuerdo con los investigadores existen dos tipos de diseño de investigación:

1.- Experimentales: ésta a su vez se divide en pre experimentos, experimentos puros y cuasi experimentos. Estos tipos de investigación se utilizan cuando el investigador pretende establecer el efecto de una causa manipulable.

2.- No experimentales: ésta se subdivide a su vez en diseños transversales y diseños longitudinales, la investigación no experimental podría definirse como la investigación que se realiza sin modificar deliberadamente variables. Esta investigación es sistemática y empírica.

Esta investigación es del tipo no experimental cuantitativa, debido a que en todo el proceso de investigación no se hizo variar en forma intencional las variables que se tienen para ver efectos sobre otras variables, sino que más bien se observó las situaciones ya existentes.

Como se mencionó anteriormente el diseño de la investigación no experimental se divide en transversal o transaccional y en diseños longitudinales, para la presente investigación se utilizó el diseño no experimental transaccional el cual, según Hernández y Col. (2014), recolecta datos en un momento y tiempo único, su principal propósito es describir variables para analizar su incidencia e interrelación en un momento específico. Recordando que en esta investigación se recabaron datos para posteriormente describir en orden cronológico un proceso.

#### **4.6.- Instrumentos de recopilación de datos.**

En esta investigación fue necesario la utilización de algunas herramientas de trabajo del ingeniero civil entre las cuales se encuentran: Excel, Word, AutoCAD, etc. Herramientas que facilitaron la elaboración de este trabajo además de tener más precisión en los datos que se obtuvieron y se detallan en las diferentes partes del mismo.

Para realizar el estudio de mecánica de suelos fue necesario que un laboratorio especializado se trasladara al sitio donde se pretendían realizar los trabajos y estudiar el suelo a la profundidad necesaria para conocer la estratigrafía del sitio así como la resistencia al esfuerzo cortante del suelo por las diferentes pruebas que en lo referente al suelo sería triaxial, consolidación, granulometría, densidad de sólidos, límites de consistencia, etc.

Con el Excel se facilitó la elaboración de tablas usadas en los diferentes conceptos para precios unitarios, así como programas de obra, procesos que

agilizan los procesos tanto de cálculos como de organización al principio cuando estás, por iniciar la obra como en el transcurso de la construcción de la misma.

También para la presente investigación se utilizó el software de AutoCAD 2017 que resulta ser una de las herramientas más indispensables a la hora de plasmar las ideas con respecto a planos y algunos otros procesos que debieron ser mostrados de alguna manera.

Por último, el software Microsoft Office Word 2016, fue el más utilizado porque por medio de este programa se describe toda la investigación de la tesis

#### **4.7.- Descripción del proceso de investigación.**

Para esta investigación, como regularmente se hace, se planteó un problema, donde se centraría toda la investigación, una vez que se observó el problema en él se centró toda la investigación, así conociendo el fin de la misma, se comenzó a recopilar información que fuera útil para la solución del mismo, se debe indicar que se obtuvo información de tesis relacionadas con el tema que se pretendía desarrollar datos que fueron de mucha ayuda para llegar al fin planteado, por supuesto ya con los objetivos fijos y por resolver.

Teniendo el problema se recurrió a información de campo, principalmente una guía sobre los procesos constructivos seguidos en el proyecto, del estudio de mecánica de suelos, del tipo de pilotes usados, de los materiales empleados, del tiempo de ejecución de los trabajos, y de los diferentes problemas que se enfrentaron a la hora de la construcción, pues toda esta información nos llevaría a

conocer en su cabalidad como fue el proceso constructivo de la obra que nos ocupa.

Con todos estos datos obtenidos de fuentes cercanas al proyecto en el siguiente capítulo podremos describir paso a paso la ejecución del proyecto que servirá como una guía para futuras investigaciones.



## CAPÍTULO 5

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se hará una reseña de cómo se llevaron a cabo los trabajos de cimentación en el puente ubicado en el km. 53+000 de la carretera Montemorelos-Rayones, estos trabajos que son la base para que cualquier estructura tenga buen funcionamiento, hacer la observación que también es parte del proyecto que no está a la vista pero es de gran importancia que si no se cuidan adecuadamente y se siguen los procedimientos constructivos al pie de la letra puede llevar a la falla la obra, por lo tanto cuidar hasta la más mínima observación plasmada en los planos que nos lleven al éxito al final de los trabajos. Además de las medidas de seguridad y señalamientos necesarios para cuidar en todo momento de la integridad de los trabajadores y ahorro de muchos contratiempos para la empresa constructora,

#### **5.1.- Inicio de los trabajos.**

Para el inicio de los trabajos lo primero fue estudiar los planos donde se plasmó el proyecto y que nos indicaba algunas cuestiones importantes que deberíamos observar al llegar al sitio.

Para la construcción de este puente ubicado en el kilómetro 53+000 de la carretera Montemorelos-Rayones, Nuevo León, se tuvieron grandes retos debido a la ubicación geográfica de este lugar, como se menciona en el cadenamientos tienen que recorrer 53 kilómetros, cuesta arriba por las sierras, debo hacer la observación que es un camino angosto de dos carriles uno para subir y otro para

bajar, el día lunes 25 de agosto del 2014 se llega a la cabecera municipal de Rayones con el equipo de trabajo: un superintendente, un arquitecto para estimaciones y cuestiones administrativas y un residente de obra (Marco Antonio Gómez), como es común en estos trabajos lo primero que se debe realizar es ubicar el sitio para el campamento, tanto para los trabajadores como personal técnico especializado, toda la gente de trabajo que muchos de ellos serían llevados desde otras poblaciones pues no siempre se encuentra personal especializado, entre ellos: fierreros, carpinteros, etc.

El miércoles llegó el acero para la cimentación, cantidad de acero que ya se tenía cuantificado pues los planos se tenían con anterioridad y ya se conocía por parte de los técnicos encargados de ubicar todos los materiales necesarios para tenerlos en tiempo y no tener que parar los trabajos pues esto hace que los trabajos se detengan y hay que recordar que esto hace que el equipo y personal se detenga con el deterioro en la economía de la empresa.

## **5.2.- Movimiento de tierras.**

El día jueves 28 de agosto se inicia el movimiento de tierras, que fue necesario para encausar las aguas del río, recordando que trabajaremos sobre el lecho del río y lo más recomendable es que se encuentre seco el sitio de los trabajos de lo contrario tendríamos que hacer trabajos adicionales con el encarecimiento de la obra pues algunos conceptos no están incluidos en el contrato pero sin los cuales algunas veces es imposible los trabajos hacer la observación que estas aguas escurren de la sierra alta de la región y que se encuentra aguas arriba de la obra. En esta parte de los trabajos se utilizó un

equipo de trabajo Excavadora VOLVO 320, con la que se movieron aproximadamente 3000 metros cúbicos de material, con lo que se formó un bordo para lo ya comentado, encausar el agua. Posteriormente se procedió a nivelar el terreno para futuras maniobras de la perforadora, grúas, ollas que transportan el concreto, etc.

### **5.3.- Equipo de perforación.**

El 04 de septiembre del 2014 llegó una perforadora italiana modelo SOILMEC SP-30, esta máquina venía de una obra en Lázaro Cárdenas Michoacán, por lo tanto el trayecto fue largo, para subir la zona serrana se llevó el día completo, con el problema ocasionado a los habitantes de la región pues se tuvo que cerrar al acceso, además ese mismo día llegó una grúa de 75 toneladas y 30 metros de pluma.

### **5.4.- datos del proyecto.**

El proyecto consta de un puente de 83.38 metros de largo que cruza un río para llegar a la población de Rayones, su estructura consta de 30 pilas de 1.5 metros de diámetro y 20 a 21 metros de longitud, también la estructura está constituida por 2 estribos, y cada estribo consta de seis pilas (dos líneas de 3 pilas) y 6 apoyos móviles. Cada apoyo es de 3 pilas-columna en la parte de arriba lleva un cabezal con bancos para 9 vigas tipo cajón, losa, banquetas, guarnición, barandal y carpeta asfáltica.

Se decidió utilizar concreto premezclado, para los colados de pilas, columnas, cabezales, bancos, tope, 9 losas, banquetas, guarniciones, muros

pantalla, estribos, y alerones, como el volumen era grande y la concreteira más cercana tardaba tres horas para llegar a la obra, se *opta* por tener una planta provisional para la fabricación del concreto. Se contó con una empresa local concreteira de nombre “La Silla” por el cerro de la Silla, un lugar muy famoso en Monterrey Nuevo León, se trasladó el encargado de la empresa al sitio para ver la logística y el mejor lugar donde se instalaría el silo para el almacén del cemento a granel, haciendo la observación que el cemento a granel tiene muchas ventajas sobre el que viene empacado en sacos, uno es el costo, es más económico, otro es el traslado, se lleva en pipas, y uno más es que no se necesita gente para estibarlos además de resguardarlo de la humedad, los espacios donde se colocarían los almacenes de agregados, patios de maniobras y demás elementos importantes que se necesitan para el funcionamiento de la concreteira. Se decidió que el lugar ideal para estos trabajos sería a más o menos 800 metros del lugar de los trabajos. Cabe señalar que en este sitio anteriormente se encontraba una gasera que en esos momentos ya no estaba en operación.

A partir del día 27 de agosto y en los días siguientes se inició la cimentación del silo, terraplenes, acarreo de maquinaria y agregados, cabe comentar que hubo dos accidentes en la instalación de la concreteira uno al momento de traer concreto para los dados de cimentación donde va sentado el silo, la olla venía llena (7 m<sup>3</sup>), ya se había platicado con el encargado de que máximo deberían llevar 4 m<sup>3</sup> por el camino tan accidentado, en una curva la olla fue a dar a la barranca dando como resultado la muerte del chofer y la pérdida del equipo . el segundo fue la volcadura de un tráiler con caja de 36 m<sup>3</sup> que traía

material pétreo del banco de materiales, se debe señalar que es importante que se cubran todas las medidas de seguridad pertinentes pues de lo contrario se corre el riesgo de sufrir accidentes con las consecuencias comentadas, después de una semana completa la planta estaba capacidad de surtir 100 m<sup>3</sup> diarios de concreto cantidad que era necesaria en ese tiempo para que los trabajos avanzaran a ritmo normal para terminar en el plazo planeado.



Imagen 5.1 Transporte de concreto premezclado

Fuente: propia



Imagen 5.2 Concretera y tolva para cemento suelto

Fuente: propia



Imagen 5.3 Equipo de nivelación del terreno

Fuente: propia



Imagen 5.4 Desviación del río

Fuente: Propia



Imagen 5.5 Equipo de perforación para estudio de suelos

Fuente: propia



Imagen 5.6 pilote terminado.

Fuente: propia



Imagen 5.7 Armado del pilote

Fuente: propia





Imagen 5.8 Puente terminado

Fuente: Propia



Imagen 5.9 Bajando el armado del pilote

Fuente: propia.

### 5.5.- Terminado del pilote.

El procedimiento de terminado de un piloten tiene que ver con el proceso constructivo que se tiene proyectado, debemos recordar que existen pilotes colados en el sitio o hincados, pilotes que se fabrican en otros sitios y que se hincan a golpes o por presión.

TABLA PARA CANTIDADES DE CONCRETO UTILIZADO EN PILOTES DE LA CIMENTACIÓN DEL PUENTE KM. 50+600

PARTIDA	FECHA DE COLADO	No. DE CABALLETE	No. DE PILOTE	M <sup>3</sup> DE CONCRETO F'c=250 Kg/Cm <sup>2</sup> REAL	CONCRETO BOMBEADO	PROFUNDIDAD DE PERFORACIÓN
1	05/09/2014	5	82	70	si	26.39 m.
2	08/09/2014	5	83	65	si	26.46 m.
3	09/09/2014	4	79	60	si	26.63
4	10/09/2014	5	84	75	si	26.4
5	11/09/2014	4	80	65	si	26.68
6	19/09/2014	3	78	70	si	26.88
7	23/09/2014	3	77	70	si	26.53
8	24/09/2014	6	85	63	si	26.23
9	25/09/2014	6	86	66.5	si	26.21
10	27/09/2014	6	87	63	si	27.07
11	30/09/2014	2	75	74.5	si	26.4

12	01/10/2014	2	74	79	si	26.45
13	03/10/2014	10	97	77	si	26.4
14	04/10/2014	8	91	86	si	26.46
15	07/10/2014	8	92	73	si	26.52
16	08/10/2014	8	93	74	si	26.32
17	09/10/2014	9	96	82	si	26.36
18	13/10/2014	9	95	70	si	26.26
19	14/10/2014	1	69	37.5	no	27.09
20	15/10/2014	1	68	40.5	no	27.1
21	17/10/2014	2	73	84	si	27.06
22	20/10/2014	1	67	35	no	27.18
23	20/10/2014	1	70	42	no	27.13
24	21/10/2014	1	71	42	no	27.08

Tabla 5.1.- Tipo y cantidades de concreto usado en el colado de pilotes.

Fuente: propia.

#### 5.5.1.- Proceso constructivo de pilotes in-situ.

Paso No. 1.- Replanteo topográfico (figura 3.6). Debe recordarse que uno de los primeros pasos y uno de los más importantes es el replanteo topográfico, es decir ubicar los diferentes pilotes por medios topográficos como se muestra en la figura 3.6. Esto con los diferentes equipos topográficos que siempre deberán estar en el sitio del proyecto para reubicar algún punto que se haya perdido ya sea por el paso del personal o el equipo de construcción que siempre está en tránsito.

Paso No. 2.- Perforación.- Una vez realizado la ubicación de los pilotes por medios topográficos, se coloca la máquina perforadora de rotación con los accesorios y diámetros indicados en este proyecto se construyeron pilas de 1.5 metros de diámetro, según el diseño previo del proyecto entregado, a continuación se ejecuta la perforación hasta la profundidad indicada (hasta 27 metros de profundidad según se indica en tabla No. 5.1), la perforación debe de realizarse con uso del balde a una velocidad baja, especialmente con el fin de no generar vacío que pueda crear una fuerza de succión que desestabilice las paredes de la perforación.

Paso No. 3.- Introducción del acero. Al finalizar la perforación, se utiliza la grúa auxiliar para introducir la armadura (figura 1.5) dentro de la perforación, la armadura debe de colocarse al nivel adecuado según la profundidad de perforación y el nivel final de desplante de la placa. De ser necesario se pueden utilizar varillas como atezadores para darle mayor rigidez y facilitar la maniobra de instalación.

Paso No. 4.- Colocación del concreto premezclado.- Una vez colocada la estructura de acero en la excavación se coloca la tubería tremie para realizar la colocación del concreto premezclado y evitar que se segregue el concreto. Este tipo de tubería permite que el concreto fluya desde el fondo de la excavación en un movimiento ascendente, se utilizó concreto premezclado de resistencia  $f'c=250$  Kg/Cm<sup>2</sup>, bombeado, como se indica en la tabla No. 5.1.

Paso No. 5.- Descabezado del pilote.- (figura 1.7 e imagen 3.6), por último es necesario eliminar los primeros 30 centímetros que llegan a la superficie ya que

este se considera concreto pobre. Este concreto debe ser eliminado por medio del descabezado o por rebase del material.



Imagen 5.10 puente terminado y en servicio

Fuente: propia

Finalmente de acuerdo con el tema que se propuso el proceso constructivo se dio en los siguientes pasos:

- Inspección del sitio.
- Localización de bancos.
- Instalación de cribas y tolvas para cemento.
- Topografía para localización de ejes de pilotes.
- Perforación de pilotes de acuerdo con el proyecto.

- Habilitado de acero.
- Colocación de acero en la perforación.
- Colado del pilote in-situ.
- Descabezado.
- Pilotes listos para recibir la superestructura.

Se cumplió con el proceso constructivo de acuerdo con lo anterior.

## CONCLUSION

En esta investigación se tuvo como objetivo, revisar el proceso constructivo de la cimentación profunda del puente Rayones-Montemorelos en el municipio de Nuevo León, de acuerdo con la pregunta de investigación, camino que construyó el gobierno de nuevo León después de mucho tiempo que los habitantes de la comunidad lo estaban solicitando pues en temporada de lluvias era casi imposible poder cruzar el río tanto para visitar otras comunidades como poder sacar sus mercancías y productos del campo.

El objetivo se cumplió pues se debe recordar que se tuvo una presencia activa desde el principio ocupando un puesto directivo en la ejecución de los trabajos, estuvimos presentes desde que se iniciaron los estudios de mecánica de suelos, transporte de maquinaria, ubicación de las empresas que venden los diferentes materiales que se ocuparían en el proyecto, bancos de materiales para los concretos, así como el mejor lugar para establecer los campamentos y la contratación del diverso personal que se ocupa en este tipo de obra, como, fierros , carpinteros, albañiles, gente para los comedores, además de personal técnico que algunas veces es mejor contratar en el sitio que llevarlos de algún otro lado que encarece los costos.

Se tuvo también que contestar los objetivos particulares que fueron:

Describir el proceso constructivo de la cimentación del puente en Montemorelos-Rayones, Km. 53+000 en municipio de Nuevo León

Además de dar solución al objetivo general, se tienen algunos objetivos secundarios:

- 1).- Definir los tipos de cimentación existentes y los elementos que los conforman.
- 2).-Mencionar el proceso constructivo de un puente y sus elementos estructurales.
- 3).-Optimizar los recursos para cumplir con el programa de obra y costo del proyecto.

Como se ha estado mencionando se tuvo una investigación de campo exhaustiva, para cumplir con la normatividad vigente en la localidad, en el estado y en la República Mexicana, porque es bueno recordar que cada parte del proyecto deberá estar sujeta a dicha normatividad, y poder ejecutar cada trabajo acorde a la solicitud tanto de las especificaciones del proyecto como las ya mencionadas además de que también es necesario recordar que cada maquinaria está diseñada para ejecutar un trabajo específico, las preguntas fueron respondidas en su momento, por lo tanto además fue necesario:

- 1.- Revisar que los conceptos del catálogo de conceptos se realicen de acuerdo y apegado al mismo.
- 2.- Revisar la calidad de los materiales que cumplan lo especificado en el catálogo de conceptos propios del proyecto.
- 3.- Poder llevar una perfecta descripción de las dificultades encontradas en la obra y no especificada en el contrato, dato que deberá asentarse en la bitácora de obra.



Los conceptos se realizaron de forma adecuada con los cual se terminó el puente en tiempo y forma, la construcción de la cimentación que es de vital importancia se construyó de acuerdo con el proyecto no teniéndose dificultades apreciables durante la construcción.

Los materiales como se explicó fueron de la mejor calidad además cumpliendo las especificaciones para el caso.

En cuestión de la descripción de dificultades debo aclarar que se tuvo al día la bitácora de obra, asentando todo el proceso constructivo, este documento es un documento muy importante pues es el que respalda toda la construcción y los posibles cambios que se hicieron.

Con esto se da por terminado el proyecto con total satisfacción dejando el puente en servicio y con la satisfacción de que fue una obra de calidad de trabajará de forma adecuada durante su vida útil.

## BIBLIOGRAFIA

Crespo Villalaz, Carlos (1966)

Vías de Comunicación

Edit. LIMUSA, México.

Hernández Sampiere, Roberto y Cols. (2004).

Metodología de la Investigación

Ed. Mc. Graw Hill. México

Sánchez Corza, José Antonio (2005)

“Procedimientos Constructivos Puente Barranca el Limón.

Tesis inédita Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco, A.C.

Uruapan, Michoacán México.

Juárez Badillo, Eulalio (2005)

Mecánica de Suelos, tomo I

Ed. LIMUSA, México.

Juárez Badillo, Eulalio (1973)

Mecánica de Suelos tomo II

Ed. LIMUSA, México.

Martínez Ruiz, Guillermo (2012)

Apuntes de Cimentaciones Profundas

Escuela de Ingeniería Civil

Universidad Don Vasco, A.C. Uruapan, Mich.

Villegas Tulais, Juan Manuel (2015)

Reconstrucción y Rehabilitación del Puente “La Huacana II”, a Base de Postensado, Ubicado en el Km. 122+930 del Tramo Carretero Ario de Rosales-Tepalcatepec.

Tesis Inédita, Escuela de Ingeniería Civil

Universidad Don Vasco, A.C. Uruapan, Mich.

T. William Lambe, Robert Whitman (2001)

Mecánica de Suelos

Ed. LIMUSA, México

## OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN

[www.acmor.org.mx](http://www.acmor.org.mx)

[www.es.m.wikipedia.org](http://www.es.m.wikipedia.org)

[www.m.info7.mx](http://www.m.info7.mx)