



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DE ZAPATAS CONTINUAS CUADRADAS Y  
RECTANGULARES EN SUELOS ALUVIALES

CELI GALLARDO ROBIN JOEL  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2023



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DE ZAPATAS CONTINUAS CUADRADAS Y  
RECTANGULARES EN SUELOS ALUVIALES

CELI GALLARDO ROBIN JOEL  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2023



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

DISEÑO DE ZAPATAS CONTINUAS CUADRADAS Y RECTANGULARES EN  
SUELOS ALUVIALES

CELI GALLARDO ROBIN JOEL  
INGENIERO CIVIL

CABRERA GORDILLO JORGE PAUL

MACHALA, 28 DE FEBRERO DE 2023

MACHALA  
28 de febrero de 2023

# JOEL CELI GALLARDO

*por* Joel Celi Gallardo

---

**Fecha de entrega:** 22-feb-2023 12:45p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2020564672

**Nombre del archivo:** JOEL\_CELI\_GALLARDO.docx (33.05K)

**Total de palabras:** 2129

**Total de caracteres:** 11091

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, CELI GALLARDO ROBIN JOEL, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado DISEÑO DE ZAPATAS CONTINUAS CUADRADAS Y RECTANGULARES EN SUELOS ALUVIALES, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 28 de febrero de 2023



CELI GALLARDO ROBIN JOEL  
0706212024



UNIVERSITAS  
MAGISTRORUM  
ET SCHOLARIUM

# JOEL CELI GALLARDO

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

7%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

---

## FUENTES PRIMARIAS

---

1	<a href="http://www-origin.dw-world.de">www-origin.dw-world.de</a> Fuente de Internet	1%
2	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	1%
3	<a href="http://mecanicadesuelos1unitec.wordpress.com">mecanicadesuelos1unitec.wordpress.com</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://qdoc.tips">qdoc.tips</a> Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad de La Laguna Trabajo del estudiante	1%
6	Submitted to Universidad Pontificia Bolivariana Trabajo del estudiante	1%
7	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://vsip.info">vsip.info</a> Fuente de Internet	<1%

---

---

Excluir citas      Apagado

Excluir coincidencias      Apagado

Excluir bibliografía      Apagado

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo se lo quiero dedicar principalmente a mis padres que han sido mi apoyo incondicional durante todo el proceso de mi formación educativa, a mi hermano que de igual manera me ha brindado su apoyo y consejos que han sido vitales para seguir adelante hasta cumplir mi objetivo que es obtener mi título profesional.



## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por haberme brindado la oportunidad de haber estudiado una carrera Universitaria que me apasiona, a las amistades que encontré en mis compañeros en el transcurso de la carrera que de cierta manera me hicieron sentir como en casa a pesar de la distancia de la cual me encontraba de mi hogar, mis padres que hicieron todo lo posible para que jamás me falte un plato de comida en la mesa, todo el sacrificio que hicieron lo aprecio de corazón ya que sin su apoyo quizá no hubiese tenido las fuerzas para seguir adelante hasta la actualidad, a todos los docentes que impartieron su conocimiento en cada una de las clases que tomé, lo cual sirvió en mi formación profesional como Ingeniero Civil, a mi tutor Ing, Cabrera Paul que mediante sus indicaciones ha sido fundamental para concluir con éxito el presente trabajo.

## RESUMEN

Las memorias de cálculo de procesos constructivos han sido de suma importancia a través de la historia, debido a que con tal información se da a conocer el cómo y el porqué del sistema constructivo, dependiendo cual sea su requerimiento que en este caso se trata sobre la cimentación de una edificación. [1]

El presente trabajo tiene como objetivo abordar el problema de diseño de Zapatas Continuas, Cuadradas y Rectangulares en suelo aluvial, para lo cual primero se debe realizar un estudio de suelo el cual nos permita determinar mediante ciertos factores si el suelo en la zona es apto para soportar las solicitaciones de la edificación. El proyecto se desarrollará en la ciudad de Machala en las instalaciones de la Universidad Técnica de Machala, ciudad en la cual el nivel freático es de 0.90 a 1.2 m, la cohesión que se obtuvo con el ensayo de compresión simples es  $(0.377 \text{ kg/cm}^2) = (4.156 \text{ ton/m}^2)$ . [2]

Se formularon opciones para la construcción de una edificación de 3 plantas. las cuales son zapatas cuadradas, rectangulares y continuas. Lo cual servirá para determinar el tipo de cimentación adecuado para el proyecto.

Con los resultados obtenidos se puede concluir que para una edificación de tales características en suelos aluviales es por zapata corrida, en cuestión a rendimiento y funcionalidad bajo tales condiciones.

El diseño de las zapatas está diseñado en conformidad al código de práctica ecuatoriano, capítulo 8 en Geotecnia y Cimentaciones, CPE INEN-NEC-SE-GM 26-8. [3]

**Palabras Clave:** Zapatas cuadradas, rectangulares, continuas, cohesión, carga última, edificación de 3 plantas, suelos aluviales.

## ABSTRACT

The calculation reports of construction processes have been of great importance throughout history, because with such information the how and why of the construction system is made known, depending on what its requirement is, which in this case is about the foundation of a building.

The objective of this work is to address the design problem of Continuous, Square and Rectangular Footings in alluvial soil, for which a soil study must first be carried out which allows us to determine through certain factors if the soil in the area is suitable for withstand the demands of the building. The project will be developed in the city of Machala at the facilities of the Technical University of Machala, a city in which the water table is 0.90\ to 1.2\ m, the cohesion obtained with the simple compression test is  $(0.377 \text{ kg/cm}^2) = (4.156 \text{ ton/m}^2)$ .

Options for the construction of a 3-storey building were formulated. which are square, rectangular and continuous footings. Which will serve to determine the type of foundation suitable for the project.

With the results obtained, it can be concluded that for a building of such characteristics in alluvial soils it is continuous footing, in terms of performance and functionality under such conditions.

The design of the footings is designed in accordance with the Ecuadorian code of practice, Chapter 8 on Geotechnics and Foundations, CPE INEN-NEC-SE-GM 26-8.

**Keywords:** Square, rectangular, continuous footings, cohesion, last load, 3-story building, alluvial soils.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	I
AGRADECIMIENTO .....	II
RESUMEN .....	III
ABSTRACT.....	IV
INTRODUCCIÓN.....	9
OBJETIVO GENERAL.....	10
OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	10
PROBLEMÁTICA .....	10
UBICACIÓN DEL PROYECTO .....	11
DESARROLLO .....	12
<b>1. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1. ESTUDIO GEOTÉCNICO.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1.1 LÍMITE LÍQUIDO .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1.2 LÍMITE PLÁSTICO .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1.3 ÍNDICE PLÁSTICO.....</b>	<b>13</b>
<b>1.2 SUELOS ALUVIALES .....</b>	<b>13</b>
<b>1.2.1 SUELO CLASE II .....</b>	<b>13</b>
<b>1.3 MEJORAMIENTO DE SUELO .....</b>	<b>13</b>
<b>1.3.1 MÉTODOS DE MEJORAMIENTO .....</b>	<b>14</b>
<b>1.4 ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE O NO-CONFINADA .....</b>	<b>14</b>
<b>1.4.1 INSTRUMENTOS DE COMPRESIÓN SIMPLE.....</b>	<b>14</b>
<b>1.5 CIMENTACIONES .....</b>	<b>15</b>
<b>1.5.1 TIPOS DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES .....</b>	<b>15</b>
<b>1.5.1.1 ZAPATA AISLADA .....</b>	<b>15</b>
<b>1.5.1.2 ZAPATA CORRIDA .....</b>	<b>15</b>
<b>1.5.1.3 LOSA DE CIMENTACIÓN.....</b>	<b>16</b>

CONCLUSIONES .....	18
RECOMENDACIONES.....	19
BIBLIOGRAFÍA .....	20
ANEXOS .....	23
ANEXO DE ESTUDIO DE SUELO Y DISEÑO DE CIMENTACIÓN.....	23
Los resultados obtenidos del ensayo fueron: .....	23
DISEÑO DE ZAPATA CORRIDA.....	24
Datos de la edificación a construir:.....	25
Comparación entre la capacidad de carga del terreno suelo vs carga requerida por la edificación:.....	25
Mejoramiento del suelo natural .....	25
Comparación entre la capacidad de carga última del suelo mejorado vs carga requerida por la edificación: .....	27
CALCULO DE ZAPATA CORRIDA .....	28
DISEÑO DE ZAPATA CUADRADA .....	33
Comparación entre la capacidad de carga última del terreno suelo con tipo de suelo 1 vs carga requerida por la edificación: .....	34
CALCULO DE ZAPATA CUADRADA.....	35
ANEXOS DE VERIFICACIÓN.....	39

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación del Proyecto.....	11
Ilustración 2- Diseño de zapata en suelo mejorado con nivel de desplante.....	28
Ilustración 3 - Zapata indicador de dimensiones .....	28
Ilustración 4-Indicador de dimensiones de $d/2$ .....	30
Ilustración 5 - Detalle de zapata - Vista en elevación.....	32
Ilustración 6 - Detalle de zapata con valores - Vista en elevación .....	32

Ilustración 7 - Detalle de varillado en zapata - Vista en Planta .....	33
Ilustración 8 - Diseño de zapata en suelo natural con TS 1 con nivel de desplante .....	34
Ilustración 9 - Zapata indicador de dimensiones .....	35
Ilustración 10-Indicador de dimensiones de d/2 .....	37
Ilustración 11-Fachada de la edificación .....	39
Ilustración 12 - Plano de 1ra Planta .....	40
Ilustración 13-Resultado del análisis de suelo por compresión simple .....	41
Ilustración 14- Gráfica de esfuerzo-deformación compresión simple.....	41
Ilustración 15-Valores de compresión simple.....	42
Ilustración 16- Medición de calicata en la cual se extrajo la muestra con el tubo shelby .....	42
Ilustración 17- Estratos de la calicata .....	42
Ilustración 18 - Muestras extraídas del tubo shelby .....	42
Ilustración 19 - Tallando la muestra cilíndrica para la toma de medidas .....	42
Ilustración 20- Medición de esfuerzos bajo carga .....	43
Ilustración 21- Toma de medidas de la muestra cilíndrica .....	43
Ilustración 22 - Secado al horno para saber el porcentaje de humedad .....	43
Ilustración 23 - Resultado de muestra bajo carga .....	43
Ilustración 24 - Peso de muestra seca .....	44
Ilustración 25 - Muestra seca .....	44

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas UTM.....	11
Tabla 2 - Métodos de mejoramiento del suelo.....	14
Tabla 3 - Resultado del suelo natural con Compresión Simple – Terzagui.....	16
Tabla 4- Resultados Suelo Natural - Límites de Attenberg .....	16
Tabla 5 - Resultado del suelo mejorado con Compresión Simple – Terzagui.....	16
Tabla 6 - Resultado de solicitud de la edificación .....	17
Tabla 7 - Resultados de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.....	23
Tabla 8 - Datos del suelo natural para conocer la carga última .....	24
Tabla 9 - Factores dependiendo el ángulo de fricción del terreno natural.....	24

Tabla 10- Comparación de cargas - Suelo Natural vs Carga requerida por edificación.	25
Tabla 11- Ángulos de fricción interna y peso específico de suelos .....	26
Tabla 12-Valores referenciales de cohesión en kg/cm2 .....	26
Tabla 13-Datos del suelo mejorado para conocer la carga última .....	27
Tabla 14- Factores dependiendo el ángulo de fricción del terreno mejorado.....	27
Tabla 15-Factores para suelo arcilloso blando del terreno mejorado .....	27
Tabla 16-Comparación de cargas - Suelo Mejorado vs Carga requerida por edificación .....	27
Tabla 17 - Datos del suelo natural para conocer la carga última .....	33
Tabla 18 - Factores dependiendo el ángulo de fricción del terreno natural.....	33
Tabla 19 - Comparación de cargas - Suelo Natural TS1 vs Carga requerida por edificación .....	34

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia ha existido la implementación de la cimentación, razón por la cual aún existen rastros de edificaciones antiguas hasta la actualidad, los antecedentes son pocos conocidos hasta la época del siglo XVII, lo que nos deja sin conocimiento de los métodos aplicados y dimensionamiento en las cimentaciones. [4]

Se define los resultados obtenidos con la extracción de la muestra de suelo con el tubo Shelby, el cual fue efectuado en el perímetro de la facultad de Ingeniería Civil, mismo que se desarrolló en las instalaciones de la Universidad Técnica de Machala en el laboratorio de Suelos, en el cantón Machala.

Para el diseño de zapatas, se utilizará los valores de las solicitaciones de un edificio de 3 plantas, con el fin de poder identificar el tipo de zapata idónea para tal edificación en suelo aluvial.

Debido a las características del suelo aluvial, lo más factible sería utilizar zapata corrida, esto evitará los asentamientos que pueden ser producidos por las condiciones del terreno más las solicitaciones de la estructura por su dimensión.



## **OBJETIVO GENERAL**

- Diseñar de zapatas para edificación de 3 plantas en suelo aluvial con los resultados obtenidos del análisis de muestra por compresión simple.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Consolidar la estabilización del suelo, mediante el mejoramiento del mismo evitando un asentamiento a futuro.
- Realizar de forma correcta el ensayo de compresión simple, con el fin de evitar datos erróneos que conlleven a un mal dimensionamiento de la cimentación.
- Dimensionar con requerimiento mínimo con el fin de evitar gastos innecesarios al momento de la construcción.

## **PROBLEMÁTICA**

Se desea construir la cimentación para una edificación de 3 plantas, en la ciudad de Machala, para familiarizarnos con la ubicación se puede mencionar que es una ciudad costera que colinda directamente con el mar la cual está ubicada a 6 msnm, de relieve en su mayoría bajo o plano.

La zona en cual está definido el proyecto está ubicada en las instalaciones de la Universidad Técnica de Machala por lo cual tiene una altitud de 10 msnm, el suelo es de tipo aluvial de textura franco limosa a franco arcillo limosa por lo cual se estima que es Clase II. [5] [6]

Para el diseño de cimentación tipo zapata, es necesario realizar un estudio de suelo debido a que se necesitan datos como carga última del suelo, cohesión y ángulo de fricción interna, lo cual lo podemos obtener por el ensayo de compresión simple. Con los resultados podremos dimensionar exitosamente la cimentación para la edificación.

## UBICACIÓN DEL PROYECTO



Ilustración 1. Ubicación del Proyecto

*Fuente: Google Earth*

El proyecto se ubica a la salida de la ciudad de Machala, en las instalaciones de la Universidad Técnica de Machala, en la vía 25 de Junio a 1.2 km de la parroquia El Cambio.

### CUADRO DE COORDENADAS UTM

PUNTO	NORTE	ESTE
1	9636553,4	621102,3

*Tabla 1. Coordenadas UTM*

## **DESARROLLO**

### **1. MARCO TEÓRICO**

La capacidad de una edificación para resistir las solicitaciones existentes por cargas muertas y vivas reside en sus cimientos, lo cual debe garantizar la verticalidad de la estructura evitando el hundimiento por carga, la edificación debe garantizar la seguridad de sus habitantes como de los habitantes en las construcciones colindantes.

El proceso tradicional para diseñar zapatas usualmente es definido mediante el método de aproximación sucesiva, lo que quiere decir es que se asume la distribución de los refuerzos del acero de manera uniforme. [7]

#### **1.1. ESTUDIO GEOTÉCNICO**

Es el reconocimiento de campo, para reconocer el tipo de subsuelo a través de ensayos y sondeos con el fin de determinar las recomendaciones pertinentes en el tema de ingeniería para poder proceder con el diseño y construcción de la cimentación de cualquier proyecto lo cual debe brindar la seguridad necesaria de que la estructura tendrá un comportamiento apropiado. [3]

La obtención de los límites de consistencia, son de carácter primordial a la hora de tener criterio para la clasificación del suelo, obtener el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad sirven para definir las propiedades del suelo como permeabilidad y resistencia al corte. [8]

El proceso para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad se siguieron las Normas NTE INEN.

##### **1.1.1 LÍMITE LÍQUIDO**

Consiste en determinar el contenido de agua en el suelo, resultado que se obtiene a través de un proceso que lleva una taza grande de bronce y se lanza de forma repetitiva desde una altura de 10mm sobre una base de caucho rígido, a la cual se la denomina método de Copa de Casagrande. [9] [10]

### **1.1.2 LÍMITE PLÁSTICO**

Proceso que se define el contenido de agua del suelo en el límite entre plástico y sólido, mediante un preparado manual de rollos de diámetro de 3 mm, que tienen una medida fija de longitud entre 15 a 20cm, se realiza el amasado hasta que el material del suelo empiece a desmoronarse y no contengan propiedades para ser amasados nuevamente. [11]

### **1.1.3 ÍNDICE PLÁSTICO**

Valor obtenido entre la diferencia del límite líquido y el límite plástico, si el límite plástico es igual o mayor que el límite líquido, se puede asumir que el suelo no tiene plasticidad. [11]

## **1.2 SUELOS ALUVIALES**

Son suelos de relieve casi plano, con poca pendiente y de baja alcalinidad lo que le confiere una consolidación muy favorable al ser trabajados. El nivel de drenaje interno es medio, suelen de tipo II y permiten ser usados de forma intensiva.

La composición del suelo aluvial en porcentaje es 62.27% de arena, 23.96% de limo, 13.76% de arcilla y 0.01% de grava fina. [12]

### **1.2.1 SUELO CLASE II**

Formado en su mayoría por suelo aluvial, son de textura franco o franco limoso, retienen humedad lo que significa que son una fuente de nutrientes vegetales. [13]

## **1.3 MEJORAMIENTO DE SUELO**

El objetivo de implementar mejoramiento de suelo es incrementar la resistencia al corte y capacidad de carga, antes de cualquier implementar cualquier tipo de mejoramiento es necesario realizar un estudio geotécnico el cual determine las condiciones del terreno in situ. [14]

### 1.3.1 MÉTODOS DE MEJORAMIENTO

Métodos	Observaciones
Cambio o transferencia de terreno	Operaciones periódicas de excavación y reposición de superficies. Una operación habitual es la contención de elementos, en casos extremos pilotes o columnas de cemento.
Reducción de humedad	Además de la precarga o la electroósmosis, también se pueden crear zanjas o pozos. disminución o caída en el nivel del agua subterránea
Refuerzo de suelo	compactación dinámica (DC/RIC), compactación vibratoria (típicamente expresada en suelos cohesivos con resistencia al corte no drenado ( $s_u$ ) entre 15 y 50 kPa) o corte vibratorio ( $s_u=30-60$ kPa)

Tabla 2 - Métodos de mejoramiento del suelo

Fuente: *interempresas.net*

### 1.4 ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE O NO-CONFINADA

El principal objetivo de usar compresión simple es obtener de la resistencia o esfuerzo último de un suelo cohesivo a la compresión no confinada, aplicando una carga axial con control de deformidad a una muestra de suelo inalterada que ha sido extraída con un tubo Shelby misma que tiene forma cilíndrica. [15]

#### 1.4.1 INSTRUMENTOS DE COMPRESIÓN SIMPLE

**Aparato de Compresión:** los aparatos de compresión no confinada son dispositivos diseñados para aplicar manualmente cargas a una tasa constante usando brazo de biela acoplado, según las normas ASTM D2166.

**Extractor de Muestra:** saca la muestra que está en el centro del tubo, aplicando una velocidad constante en la misma dirección en la cual fue colocado el espécimen.

**Indicador de Deformación digital:** indicador electrónico de deformación que cumpla los requisitos **D-2166** (el año de la última revisión).

**Comparador de Dial:** instrumento de medición de dimensión indirecta, que mide el desplazamiento con su punta esférica.

**Cronómetro**

**Balanza**

**Aparatos Varios** (calibrador vernier, espátulas de tallado)

## **1.5 CIMENTACIONES**

Los cimientos en una edificación es lo que lo mantiene firme sobre el suelo, en la mayoría de los casos está bajo el nivel del suelo, enterrada es de concreto y distribuye las solicitaciones de la estructura al terreno como tal. Un buen diseño de la cimentación comprende en que el peso de la estructura y las cargas vivas y muertas que se transmite sea menor a la carga admisible del suelo. [16]

### **1.5.1 TIPOS DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES**

El tipo de cimentación dependen de las particularidades del terreno in situ, el ángulo de fricción, cohesión es decir los valores que se obtienen del estudio de suelo, a raíz de eso se calcula la capacidad portante lo cual nos permite identificar qué tipo de cimentación usar. [17]

#### **1.5.1.1 ZAPATA AISLADA**

Es la cimentación más común, así como las losas de cimentación. Es recomendable usarla cuando el terreno es de carga admisible media alta y de bajo asentamiento es decir que el suelo sea firme. En zonas sísmicas para evitar desplazamiento lateral, se implementa las vigas de amarre. Este tipo de cimentación es común en viviendas o edificios pequeños. [18]

La diferencia entre zapata cuadrada y rectangular, es que la rectangular se busca economizar en sección, en el sentido del momento flexionante mayor, debido a que el refuerzo que está paralelo a la dirección más larga se distribuirá de forma uniforme.

#### **1.5.1.2 ZAPATA CORRIDA**

Existen algunos factores para optar por zapata corrida, por ejemplo; cuando el terreno es de menor capacidad de carga admisible, cuando la distancia de las columnas es muy aproximada que resulte mejor unir las, teniendo un factor de seguridad adicional y por último que las solicitaciones por columna sean muy elevando, aumentando la sección de la zapata de una proximidad significativa entre ellas, se opta por el diseño de zapata corrida. [19]

### 1.5.1.3 LOSA DE CIMENTACIÓN

Generalmente es utilizada para reducir los asentamientos totales o diferenciales en terrenos de poca cohesión o cuando las cargas varían entre los apoyos. Esta opción de cimentación cubre toda el área debajo de la estructura. [18]

## 2 RESULTADOS OBTENIDOS

- Con ayuda de Mathcad y Excel se procedió hacer los cálculos respectivos, siguiendo todos los pasos de diseño según las normas NEC para obtener los resultados de forma precisa, sin perder decimales por error, lo que conlleva una sección más óptima.

Resultados de Suelo Natural			
		kg/cm <sup>2</sup>	ton/m <sup>2</sup>
Cohesión	c=	0,377	4,156
Carga admisible	qa=	0,971	10,7
Carga última	qu=	2,912	32,1
		gm/cm <sup>3</sup>	ton/m <sup>3</sup>
Peso específico	γs=	1,757	1,937
Ángulo de fricción	φ=	14,826 °	
Desplante	Df=	1,8	m

Tabla 3 - Resultado del suelo natural con Compresión Simple – Terzagui

Fuente: Propia

Límite líquido	20,19
Límite plástico	8,29
Índice de Plasticidad	11,9 %

Tabla 4- Resultados Suelo Natural - Límites de Attenberg

Fuente: Propia

Resultados de Suelo Mejorado			
		kg/cm <sup>2</sup>	ton/m <sup>2</sup>
Cohesión	c=	0,2	2,2
Carga admisible	qa=	1,615	17,8
Carga última	qu=	4,844	534
		gm/cm <sup>3</sup>	ton/m <sup>3</sup>
Peso específico	γs=	1,44	1,59
Ángulo de fricción	φ=	30 °	
Desplante	Df=	0,5	m

Tabla 5 - Resultado del suelo mejorado con Compresión Simple – Terzagui

Fuente: Propia

<b>Resultados de Edificación</b>			
		<b>kg/cm2</b>	<b>ton/m2</b>
<b>Carga requerida</b>	<b>qr =</b>	4,082	45

*Tabla 6 - Resultado de solicitud de la edificación*

*Fuente: Propia*



## CONCLUSIONES

- Cada etapa de este trabajo práctico como la toma de muestra de suelo para su posterior ensayo mediante compresión simple, como el diseño de la zapata han sido desarrollados siguiendo las Normas Ecuatorianas de Construcción (NEC) e Instituto Americano del Concreto (ACI).
- El mejoramiento se lo desarrolló con el fin de tener un suelo más firme que soporte las cargas de la edificación, en el cual se realizó con material de arena gruesa y arena fina en donde 30 cm son de arena gruesa, 20 son de arena fina que es material para compactar.
- La capacidad de carga última del suelo natural es de 2.912 kg/cm<sup>2</sup>, luego del mejoramiento se incrementó a 4.844 kg/cm<sup>2</sup> y la sollicitación requerida por parte de la estructura es de 4.082 kg/cm<sup>2</sup> por lo cual se puede proceder con el diseño de la cimentación corrida.
- El diseño se lo realizó por zapata aislada y zapata corrida, la diferencia para la aceptación por cimentación corrida radica en las dimensiones y el tipo de construcción que se va a realizar.
- El dimensionamiento de las secciones de la zapata es diseñado acorde a los resultados obtenido con el estudio de suelo, sin un sobredimensionamiento innecesario que comúnmente se hace por parte de los maestros albañiles, esto sucede frecuentemente, debido a que el usuario no sigue el proceso correcto y prefiere ahorrarse el dinero del estudio geotécnico.
- Se pudo determinar mediante prediseño que no se puede diseñar por zapata aislada bajo las condiciones del terreno, aun cambiando el tipo de suelo para proceder, las dimensiones obtenidas no son aceptadas según las normas ACI-318.

## RECOMENDACIONES

- Que la diferencia entre la carga última de la estructura y la capacidad admisible del suelo sea significativa, no hacerla trabajar al límite, con el fin de evitar cualquier inconveniente a futuro.
- Siempre realizar un estudio de suelo previo a una construcción, no es un gasto adicional sino una inversión en la seguridad de la obra, que garantice su estabilidad y correcto funcionamiento, lo que significa que el gasto que se emplea en el estudio de suelo en los años posteriores será rentable, puesto que no sufrirá de asentamientos que pueden ser evitados.
- Al momento de la construcción es necesario un realizar un replantillo de hormigón pobre, posteriormente colocar una membrana aislante con el fin de evitar la fuga de líquidos en el colado del hormigón, evitando una porosidad en la cimentación.
- Realizar un estudio más minucioso de la sobrecarga en cada columna, para identificar la carga crítica y diseñar el cimiento en base a tal carga.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. da Casa-Martín, E. Echeverría-Valiente y F. Celis-D'Amico, «La intervención en cimentaciones en suelos problemáticos a través de los tratados históricos de construcción en español,» *Estoa. Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, vol. 11, nº 21, pp. 33-44, 2022.
- [2] M. F. Soliz Torres, «El Oro: de la geografía económica a la geografía del desecho,» Acción Ecológica, Quito, 2009.
- [3] Instituto Ecuatoriano de Construcción, «GEOTECNIA Y CIMENTACIONES,» de *CPE INEN-NEC-SE-GM 26-8*, Quito, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), 2015, pp. 1-2.
- [4] A. . M. Garcia Gamallo, «La evolución de las cimentaciones en la historia de la arquitectura: desde la prehistoria hasta la primera revolución industrial,» E.T.S. Arquitectura (UPM), Madrid, 2014.
- [5] D. Vilaseñor, J. Chabla y L. E., «Caracterización física y clasificación taxonómica de alguna suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia de El Oro,» *Cumbres*, vol. 2, nº 1, pp. 28-34, 2015.
- [6] A. Carrera, J. Duque y G. Sandra, «LEVANTAMIENTO DE CARTOGRAFÍA TEMÁTICA ESCALA 1:25.000, LOTE 2,» de *COBERTURA Y USO DE LA TIERRA SISTEMAS PRODUCTIVOS ZONAS HOMOGÉNEAS DE CULTIVO*, Machala, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), 2015, pp. 56-57.
- [7] J. B. Rivera Mendoza, A. L. Rojas, S. L. Chavarría, M. M. Elionzo y M. G. Galván, «A general model for rectangular footings part II: modeling for design,» *DYNA*, vol. 89, nº 223, pp. 9-18, 2022.
- [8] V. N. Kaliakin, «Soil Mechanics,» de *Example Problems Related to Soil Identification and Classification*, Delaware, Butterworth-Heinemann, 2017, pp. 51-92.

- [9] Instituto Ecuatoriano de Construcción, « MECANICA DE SUELOS DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO METODO DE CASA GRANDE,» de *INEN 691*, Quito, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda de Ecuador (MIDUVI), 1998, pp. 1-2.
- [10] Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, «DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS,» de *INV E – 125 – 13*, Bogotá, Instituto Nacional de Vías, 2021, pp. 1-3.
- [11] Instituto Ecuatoriano de Construcción, «MECANICA DE SUELOS DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO,» de *INEN 692*, Quito, El Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda de Ecuador (MIDUVI), 1982, pp. 1-3.
- [12] M. Grumelli , A. Becker y H. Schiavo, «XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO,» Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo (AACs), Buenos Aires, 2016.
- [13] U. Salomón Barrezueta, «Properties of several soils cultivated with cocoa in the province of El Oro, Ecuador,» *Ciencia UAT*, vol. 14, nº 1, pp. 155-166, 2019.
- [14] J. P. Valcáecel, «Mejora y consolidación de suelos,» ARQUITECTURA DE A CORUÑA ETS, Galicia, 2001.
- [15] American Society for Testing and Materials o ASTM International, «Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil,» *ASTM D2166-06*, vol. 4, nº 8, pp. 6-7, 2010.
- [16] J. C. Salazar Contreras, «CÁLCULO Y DISEÑO DE CIMENTACIONES PARA EQUIPOS Y MAQUINARIA PRESENTES EN UNA FACILIDAD DE PRODUCCIÓN PETROLERA,» ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO, Sangolquí, 2013.
- [17] P. A. Hernández Delgado, «Diseño alternativo de cimentaciones superficiales por estado límite,» *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, vol. 8, nº 3, pp. 1-21, 2014.

- [18] E. Changoyén, A. Negrín, M. Cabrera , L. López y N. Padrón, «Diseño óptimo de cimentaciones superficiales rectangulares,» *Formulación Revista de la Construcción*, vol. 8, nº 2, pp. 60-71, 2009.
- [19] A. Luévanos Rojas, «Un nuevo modelo para diseño de zapatas combinadas rectangulares de lindero con dos lados opuestos restringidos,» *Revista ALCONPAT*, vol. 6, nº 2, pp. 173-189, 2016.

## ANEXOS

### ANEXO DE ESTUDIO DE SUELO Y DISEÑO DE CIMENTACIÓN

Lo primero que se procedió hacer es un estudio de suelo donde se empleó el ensayo de compresión simple, en el cual se realizó una excavación de 1.40 m para sacar la muestra de suelo con ayuda del tubo shelby. **ASTM D2166-06**. (Ver ilustración 16-17)

**Los resultados obtenidos del ensayo fueron:**

$$\text{Humedad: } 21.74 \%$$

$$\text{Cohesión (c): } 0.377 \text{ kg/cm}^2 = 4.156 \text{ ton/m}^2$$

$$\gamma_s = 1.757 \text{ gr/cm}^3 = 1.937 \text{ ton/m}^3$$

$$\text{Ángulo } (\Phi) = 14.826^\circ$$

Y los resultaos obtenidos mediante Limites de Atterberg, **ASTM D 4318, AASHTO T 89, T 90**.

Límite líquido	20,19
Límite plástico	8,29
Índice de Plasticidad	11,9 %

Tabla 7 - Resultados de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad

Fuente: Propia

Donde:

$Wl = \text{límite líquido}$

$Wp = \text{límite plástico}$

$IP = \text{índice de plasticidad}$

Posteriormente se procede a sacar el desplante que es la profundidad requerida en la cual se va a realizar la cimentación.

$$IP = 11.9 \% \quad \gamma_s = 1.937 \text{ ton/m}^3$$

$$D_f = \frac{(0,83 - 0,017 * IP)IP - 4}{\gamma_s}$$

$$D_f = \frac{(0,83 - 0,017 * 11,9)11,9 - 4}{1.937 \text{ ton/m}^3}$$

$$D_f = 1.791 \text{ m}$$

## DISEÑO DE ZAPATA CORRIDA

Se procede a calcular la carga última del suelo natural para verificar si soporta la estructura que se desea construir.

Profundidad de desplante, $D_f$ ; (m):	<b>1,8</b>
Peso Volumétrico del suelo; $G_m$ (ton/m <sup>3</sup> ):	<b>1,937</b>
Cohesión del suelo, $c$ ; (Ton/m <sup>2</sup> ):	<b>4,2</b>
Ángulo de fricción interna del suelo, $F_i$ (grados):	<b>15</b>
Ancho o Radio del cimiento; $B$ ó $R$ (m):	<b>0,5</b>
Tipo de suelo: 1-Arcilloso firme / 2-Arcilloso blando / 3-Arenoso	<b>2</b>
Factor de seguridad, F.S.: (3.5 / 3.0 / 2.5)	<b>3,0</b>

Tabla 8 - Datos del suelo natural para conocer la carga última

Fuente: Ing. Paul Cabrera Gordillo

Factores dependientes del ángulo de fricción:

Factor de cohesión, $N_c =$	<b>12,11</b>
Factor de sobrecarga, $N_q =$	<b>4,02</b>
Factor de piso, $N_g =$	<b>1,26</b>

Tabla 9 - Factores dependiendo el ángulo de fricción del terreno natural

Fuente: Ing. Paul Cabrera Gordillo

Factores para suelo arcilloso blando:

$c' =$	$2/3 c' =$	<b>2,77</b>
$N'c =$	$2/3 N'c =$	<b>8,07</b>
$N'q =$	$2/3 N'q =$	<b>2,68</b>
$N'g =$	$2/3 N'g =$	<b>0,84</b>

Tabla 6 - Factores para suelo arcilloso blando del terreno natural

Fuente: Ing. Paul Cabrera Gordillo

Capacidad de carga última del terreno natural:

$$q_c = c' * N'c + G_m * D_f * N'q + 0,5 * G_m * B * N'g$$

$$q_c = 32.1 \text{ ton/m}^2 = 2.912 \text{ kg/cm}^2$$

Capacidad de carga admisible del terreno natural:

$$q_a = \frac{q_c}{F_S}$$

$$q_a = 10.7 \text{ ton}/m^2 = 0.971 \text{ kg}/cm^2$$

**Datos de la edificación a construir:**

La edificación cuenta con 3 plantas cada una de 196 m<sup>2</sup> de construcción, lo que nos da 588 m<sup>2</sup> de edificación mismo que tiene una carga de 180 Ton por losa. Por lo cual tendremos una carga total de 540 Ton. El edificio cuenta con 12 columnas, lo que nos da una carga de 45 Ton por cada zapata. (Ver ilustración 11-12)

Lo que significa que la carga por cada zapata será de:

$$q_r = 45 \text{ ton}/m^2 = 4.082 \text{ kg}/cm^2$$

**Comparación entre la capacidad de carga del terreno suelo vs carga requerida por la edificación:**

C.C Terreno Natural vs Carga de Edificación		
Suelo Natural		Edificación
q <sub>c</sub> = 2,912 kg/cm <sup>2</sup>	<	q <sub>r</sub> = 4.082 kg/cm <sup>2</sup>
<b>No cumple</b>		

Tabla 10- Comparación de cargas - Suelo Natural vs Carga requerida por edificación

Fuente: Propia

Por ende, se necesita un mejoramiento del suelo natural, con el fin de satisfacer las solicitudes requeridas por la edificación.

**Mejoramiento del suelo natural**

Se propone un mejoramiento del 0.5 m en el lugar, con material de piedra gruesa y lastre de compactación.

Se procede a sacar nuevamente los datos necesarios para calcular la carga última del suelo mejorado.

- Asumimos el valor de peso específico y ángulo de fricción con la siguiente tabla de datos:



Tipo de Suelo	Consistencia	Ángulo de fricción interna en grados	Peso específico en kg/cm <sup>3</sup>
Arena gruesa o arena con grava	Compactada	40	2250
	Suelta	35	1450
Arena media	Compactada	40	2080
	Suelta	30	1450

Tabla 11- Ángulos de fricción interna y peso específico de suelos

Fuente: Ing. Paul Cabrera Gordillo

Con arena gruesa suelta y arena media suelta para mejoramiento con material.

$$\gamma_s = \frac{(1450 \frac{kg}{cm^3} + 1450 \frac{kg}{cm^3})}{2}$$

$$\gamma_s = 1450 \frac{kg}{cm^3} = 1.598 \text{ ton/m}^3$$

$$\Phi = 32.5$$

- Cohesión del suelo mejorado, por medio del material arcilla rígida y arcilla semirrígida.

<b>Arcilla rígida</b>	0,25
<b>Arcilla semirrígida</b>	0,1

Tabla 12-Valores referenciales de cohesión en kg/cm<sup>2</sup>

Fuente: Ing. Paul Cabrera Gordillo

$$c = \frac{(0.25 \frac{kg}{cm^2} + 0,1 \frac{kg}{cm^2})}{2} = 0.175 \approx 0,2$$

$$c = 0.2 \text{ kg/cm}^2 = 2.205 \text{ Ton/m}^2$$

Se procede a calcular la carga última del suelo mejorado para verificar si soporta la estructura que se desea construir.

Profundidad de desplante, Df; (mts):	<b>0,5</b>
Peso Volumétrico del suelo; Gm (Ton/m <sup>3</sup> ):	<b>1,59</b>
Cohesión del suelo, c; (Ton/m <sup>2</sup> ):	<b>2,2</b>
Ángulo de fricción interna del suelo, Fi (grados):	<b>30</b>
Ancho o Radio del cimiento; B ó R (mts):	<b>0,5</b>
Tipo de suelo: 1-Arcilloso firme / 2-Arcilloso blando / 3-Arenoso	<b>2</b>

Factor de seguridad, F.S.: (3.5 / 3.0 / 2.5)	<b>3,0</b>
--	------------

Tabla 13-Datos del suelo mejorado para conocer la carga última

Fuente: Ing. Paul Cabrera Gordillo

Factores dependientes del ángulo de fricción:

Factor de cohesión, $N_c =$	<b>37.16</b>
Factor de sobrecarga, $N_q =$	<b>22.46</b>
Factor de piso, $N_g =$	<b>19.13</b>

Tabla 14- Factores dependiendo el ángulo de fricción del terreno mejorado

Fuente: Ing. Paul Cabrera Gordillo

Factores para suelo arcilloso blando:

$c' =$	$2/3 c' =$	<b>1.47</b>
$N'c =$	$2/3 N'c =$	<b>24.77</b>
$N'q =$	$2/3 N'q =$	<b>14.97</b>
$N'g =$	$2/3 N'g =$	<b>12.75</b>

Tabla 15-Factores para suelo arcilloso blando del terreno mejorado

Fuente: Ing. Paul Cabrera Gordillo

Capacidad de carga última del terreno mejorado:

$$q_c = c' * N'c + Gm * Df * N'q + 0,5 * Gm * B * N'g$$

$$q_c = 53.4 \text{ ton/m}^2 = 4.844 \text{ kg/cm}^2$$

Capacidad de carga admisible del terreno natural:

$$q_a = \frac{q_c}{F_S}$$

$$q_a = 17.8 \text{ ton/m}^2 = 1.615 \text{ kg/cm}^2$$

**Comparación entre la capacidad de carga última del suelo mejorado vs carga requerida por la edificación:**

C.C Terreno Suelo vs Carga de Edificación		
Suelo Natural		Edificación
$q_c = 4.844 \text{ kg/cm}^2$	>	$q_r = 4.082 \text{ kg/cm}^2$
<b>Cumple</b>		

Tabla 16-Comparación de cargas - Suelo Mejorado vs Carga requerida por edificación

Fuente: Ing. Paul Cabrera Gordillo

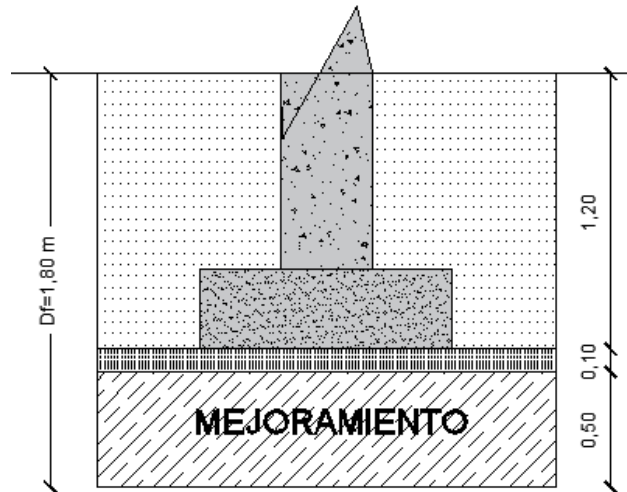


Ilustración 2- Diseño de zapata en suelo mejorado con nivel de desplante

### CALCULO DE ZAPATA CORRIDA

Datos:

$$P = 45 \text{ Ton}$$

$$F_c = 1,4$$

$$F'_c = 240 \text{ kg/cm}^2$$

$$F = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_t; q; q_c = 53.4 \text{ Ton/m}^2$$

$$B = 40 \text{ cm}$$

- **Procedimiento**

$$P_u = P * F_c$$

$$P_u = 45 \text{ Ton} * 1,4 = 63 \text{ Ton}$$

$$\text{Área} = \frac{P_u}{R_t}$$

$$\text{Área} = \frac{63 \text{ Ton}}{53.4 \text{ Ton/m}^2} = 1,179775 \text{ m}^2$$

- **Longitud de Zapata**

$$L = \sqrt{\text{Área de sustentación}}$$

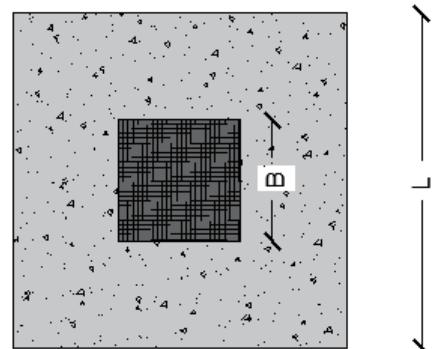


Ilustración 3 - Zapata indicadora de dimensiones

$$L = \sqrt{1,179775 \text{ m}^2} = 1,09 \text{ m}$$

Se asume un valor redondeado con el fin de facilitar la dimensión al momento de la construcción de la zapata.

$$L = 1,10 \text{ m}$$

- **Pre-dimensionamiento de zapata**

Se asume un ancho de zapata de = 0,4m.

$$\text{Columna} = 0,4 \text{ m}$$

$$L = 1,10 \text{ m}$$

- **Momento flexionante**

$$W = Rt * L$$

$$W = 53,4 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} * 1,1 \text{ m}$$

$$W = 58 \text{ Ton/m}$$

$$l = \frac{L - \text{Columna}}{2} = \frac{1,1 \text{ m} - 0,4\text{m}}{2} = 0,34\text{m}$$

$$M = \frac{W * l^2}{2} = \frac{\left(58 \frac{\text{Ton}}{\text{m}}\right) (0,34\text{m})^2}{2} = 3,41 \text{ Ton} * \text{m}$$

- **Cálculo de peralte (Normas Nec-2015)**

$$\rho = 0,02357 \text{ Valor (Norma NEC-2015)}$$

$$d = \sqrt{\frac{M}{0,9 * \rho * B * f_y * \left(1 - \frac{0,59 * \rho * f_y}{f'_c}\right)}}$$

$$d = \sqrt{\frac{3,44 \text{ Ton} * \text{m} * 100000}{0,9 * (\rho) * (1,1 \text{ m} * 100) * (4200 \text{ Kg/cm}^2 * \left(1 - \frac{0,59 * \rho * 4200 \text{ kg/cm}^2}{240 \text{ kg/cm}^2}\right))}}$$

$$d = 6,827945 \text{ cm}$$

Se asume un peralte para calcular

$$h = 40 \text{ cm}$$

$$Rec = 6.83 \text{ cm} \approx 7.5 \text{ cm}$$

$$d; \text{peralte} = h - Rec = 40 \text{ cm} - 6,83 \text{ cm} = 33,17 \text{ cm}$$

- **Cálculo de armados**

Diametro de varillas: 16 mm

$$As = \frac{\pi * (1,4 \text{ cm})^2}{4} = 2.010619 \text{ cm}^2$$

Selección del área de acero

$$As = \rho * b * Rec = 0,02357 * 110 \text{ cm} * 6,83 \text{ cm} = 17,48 \text{ cm}^2$$

Número de varillas

$$\frac{As}{As} = \frac{17,48 \text{ cm}^2}{1,53938 \text{ cm}^2} = 8.69$$

Separación:

$$S = \frac{L}{\text{Número de varillas}} = \frac{110 \text{ cm}}{11,36} = 12 \text{ cm}$$

- **Comprobación (método de penetración)**

$$d = B = 40 \text{ cm}$$

$$\frac{d}{2} = 20 \text{ cm}$$

$$l = d + \frac{d}{2} * 2 = 40 \text{ cm} + \frac{20 \text{ cm}}{2} * 2 = 80 \text{ cm}$$

- **Perímetro**

$$P = 4 * l$$

$$P = 4 * 80 \text{ cm} = 320 \text{ cm} = 3,2 \text{ m}$$

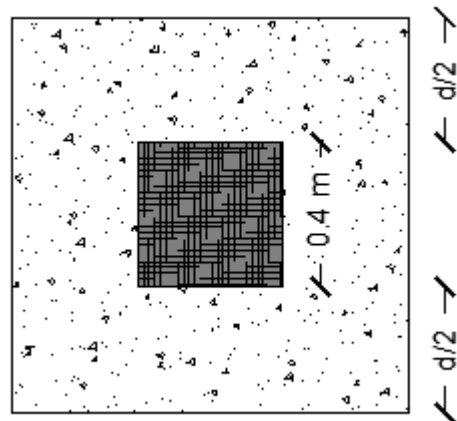


Ilustración 4-Indicador de dimensiones de d/2

- **Resistencia del concreto al cortante**

$$V = Rt(b^2 - d^2)$$

$$V = 53.4 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} * ((1,10 \text{ m})^2 - (0,4 \text{ m})^2)$$

$$V = 54.5 \text{ Ton}$$

- **Esfuerzo cortante**

$$EC = \frac{V}{\text{Perimetro} * d}$$

$$EC = \frac{49440 \text{ kg}}{320 \text{ cm} * 40 \text{ cm}}$$

$$EC = 4.25 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

- **Cortante por penetración**

Factor de resistencia

$$Fr = 0,8$$

$$Fc = Fr * F'c$$

$$Fc = 0,8 * 240 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$Fc = 192 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

- **Comprobación de cortantes**

$$VCr = \sqrt{Fc}$$

$$VCr = \sqrt{192 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}$$

$$VCr = 11,08513 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$V \leq VCr$$

$$4.25 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \leq 11,08 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

**Si Cumple**

Se definen 9 varillas de 16 mm de espesor con una separación de 12 cm entre sí, en el cual el recubrimiento mínimo es 7.5 cm por norma ACI-318, para el diseño de la zapata corrida.

9  $\varnothing$  16 mm @ 12 cm

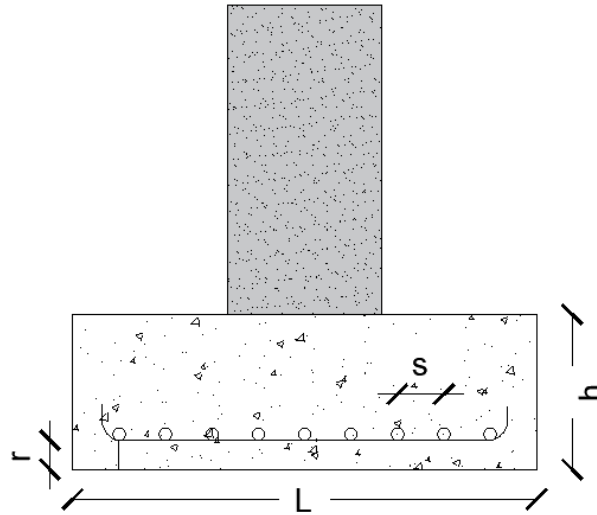


Ilustración 5 - Detalle de zapata - Vista en elevación

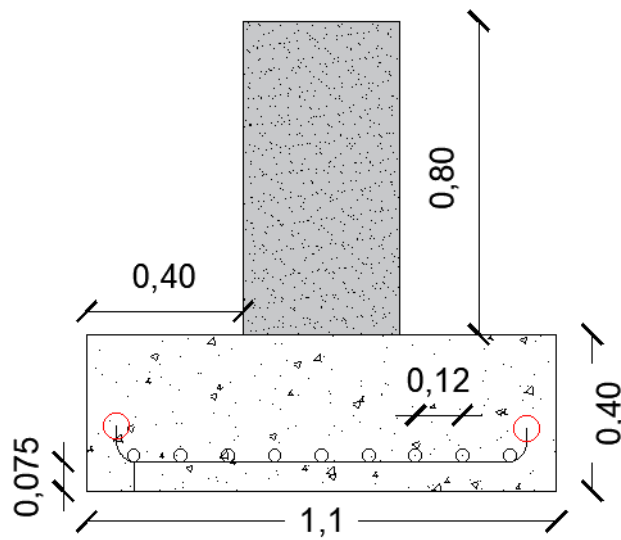


Ilustración 6 - Detalle de zapata con valores - Vista en elevación

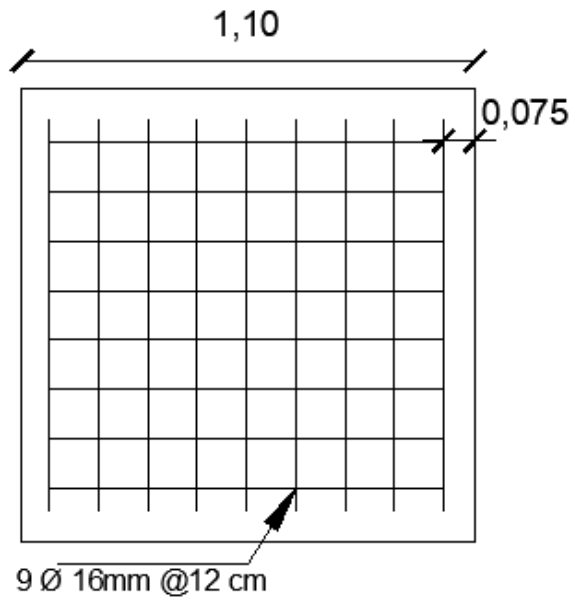


Ilustración 7 - Detalle de varillado en zapata - Vista en Planta

## DISEÑO DE ZAPATA CUADRADA

Se procede a calcular la carga última del suelo natural para verificar si soporta la estructura que se desea construir con la condición de tipo de suelo 1.

Profundidad de desplante, $D_f$ ; (m):	<b>1,8</b>
Peso Volumétrico del suelo; $G_m$ (ton/m <sup>3</sup> ):	<b>1,937</b>
Cohesión del suelo, $c$ ; (Ton/m <sup>2</sup> ):	<b>4,2</b>
Ángulo de fricción interna del suelo, $F_i$ (grados):	<b>15</b>
Ancho o Radio del cimiento; $B$ ó $R$ (m):	<b>0,5</b>
Tipo de suelo: 1-Arcilloso firme / 2-Arcilloso blando / 3-Arenoso	<b>1</b>
Factor de seguridad, F.S.: (3.5 / 3.0 / 2.5)	<b>3,0</b>

Tabla 17 - Datos del suelo natural para conocer la carga última

Fuente: Ing. Paul Cabrera Gordillo

Factores dependientes del ángulo de fricción:

Factor de cohesión, $N_c =$	<b>12,86</b>
Factor de sobrecarga, $N_q =$	<b>4,45</b>
Factor de piso, $N_g =$	<b>1,52</b>

Tabla 18 - Factores dependiendo el ángulo de fricción del terreno natural

Fuente: Ing. Paul Cabrera Gordillo



Capacidad de carga última del terreno natural con tipo de suelo 1:

$$q_c = 1.3 * c' * N'c + Gm * Df * N'q + 0,4 * Gm * B * N'g$$

$$q_c = 86.9 \text{ ton/m}^2 = 7.883 \text{ kg/cm}^2$$

Capacidad de carga admisible del terreno natural con tipo de suelo 1:

$$q_a = \frac{q_c}{F_s}$$

$$q_a = 29 \text{ ton/m}^2 = 2.631 \text{ kg/cm}^2$$

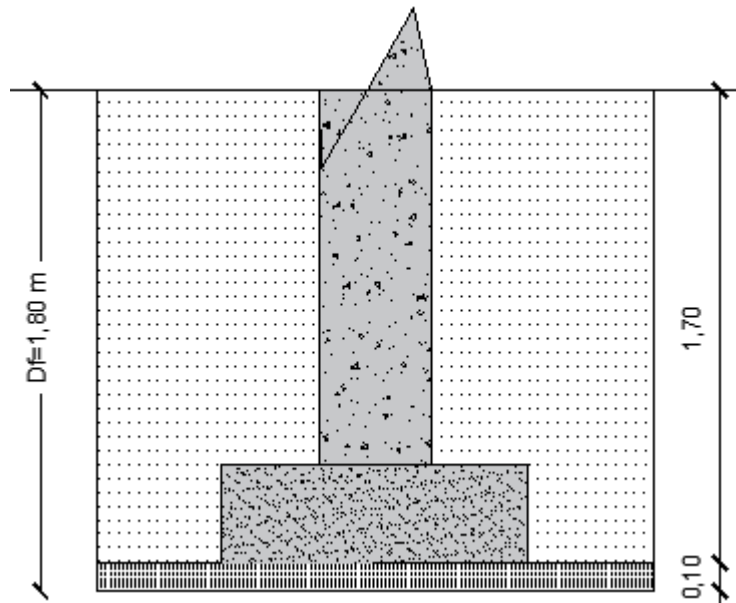


Ilustración 8 - Diseño de zapata en suelo natural con TS 1 con nivel de desplante

**Comparación entre la capacidad de carga última del terreno suelo con tipo de suelo 1 vs carga requerida por la edificación:**

C.C Terreno Natural TS 1 vs Carga de Edificación	
Suelo Natural	Edificación
$q_c = 7.883 \text{ kg/cm}^2$	$q_r = 4.082 \text{ kg/cm}^2$
<b>CUMPLE</b>	

Tabla 19 - Comparación de cargas - Suelo Natural TS1 vs Carga requerida por edificación

Fuente: Propia

## CALCULO DE ZAPATA CUADRADA

Datos:

$$P = 45 \text{ Ton}$$

$$F_c = 1,4$$

$$F'_c = 240 \text{ kg/cm}^2$$

$$F = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_t; q; q_c = 86.9 \text{ Ton/m}^2$$

$$B = 40 \text{ cm}$$

- **Procedimiento**

$$P_u = P * F_c$$

$$P_u = 45 \text{ Ton} * 1,4 = 63 \text{ Ton}$$

$$\text{Área} = \frac{P_u}{R_t}$$

$$\text{Área} = \frac{63 \text{ Ton}}{86.9 \text{ Ton/m}^2} = 0.72497 \text{ m}^2$$

- **Longitud de Zapata**

$$L = \sqrt{\text{Área de sustentación}}$$

$$L = \sqrt{0.72497 \text{ m}^2} = 0.85 \text{ m}$$

Se asume un valor redondeado con el fin de facilitar la dimensión al momento de la construcción de la zapata.

$$L = 0.85 \text{ m}$$

- **Pre-dimensionamiento de zapata**

Se asume un ancho de zapata de = 0,4m.

$$\text{Columna} = 0,4 \text{ m}$$

$$L = 0.85 \text{ m}$$

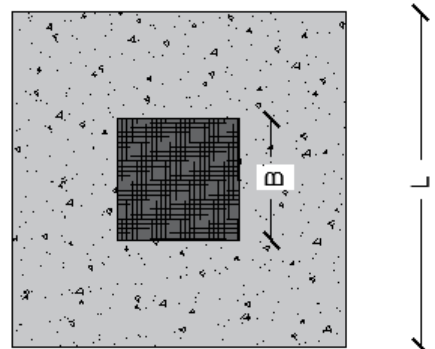


Ilustración 9 - Zapata indicador de dimensiones

- **Momento flexionante**

$$W = Rt * L$$

$$W = 86.9 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} * 0.85 \text{ m}$$

$$W = 73.99 \text{ Ton/m}$$

$$l = \frac{L - \text{Columna}}{2} = \frac{0.85 \text{ m} - 0.4\text{m}}{2} = 0,23\text{m}$$

$$M = \frac{W * l^2}{2} = \frac{\left(73.99 \frac{\text{Ton}}{\text{m}}\right) (0,23 \text{ m})^2}{2} = 31.89 \text{ Ton} * \text{m}$$

- **Cálculo de peralte (Normas Nec-2015)**

$$\rho = 0,02357 \text{ Valor (Norma NEC-2015)}$$

$$d = \sqrt{\frac{M}{0,9 * \rho * B * f_y * \left(1 - \frac{0,59 * \rho * f_y}{f'_c}\right)}}$$

$$d = \sqrt{\frac{3,44 \text{ Ton} * \text{m} * 100000}{0,9 * (\rho) * (1,1 \text{ m} * 100) * (4200 \text{ Kg/cm}^2 * \left(1 - \frac{0,59 * \rho * 4200 \text{ kg/cm}^2}{240 \text{ kg/cm}^2}\right))}}$$

$$d = 5.73069 \text{ cm}$$

Se asume un peralte para calcular

$$h = 40 \text{ cm}$$

$$Rec = 5.73069 \text{ cm} \approx 7.5 \text{ cm}$$

$$d; \text{peralte} = h - Rec = 40\text{cm} - 5.73 \text{ cm} = 34.27 \text{ cm}$$

- **Cálculo de armados**

Diametro de varillas: 16 mm

$$As = \frac{\pi * (1,6\text{cm})^2}{4} = 2.01062 \text{ cm}^2$$

Selección del área de acero

$$A_s = \rho * b * Rec = 0,02357 * 0.85cm * 5.73 cm = 11.5 cm^2$$

Número de varillas

$$\frac{A_s}{A_s} = \frac{11.5 cm^2}{2.01062 cm^2} = 5.72$$

Separación:

$$S = \frac{L}{\text{Número de varillas}} = \frac{0.85 cm}{5.72} = 15 cm$$

- **Comprobación (método de penetración)**

$$d = B = 40cm$$

$$\frac{d}{2} = 20cm$$

$$l = d + \frac{d}{2} * 2 = 40 cm + \frac{20cm}{2} * 2 = 80cm$$

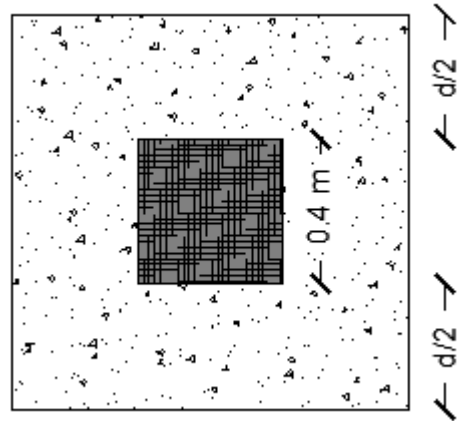


Ilustración 10-Indicador de dimensiones de  $d/2$

- **Perímetro**

$$P = 4 * l$$

$$P = 4 * 80 cm = 320 cm = 3,2 m$$

- **Resistencia del concreto al cortante**

$$V = Rt(b^2 - d^2)$$

$$V = 86.9 \frac{Ton}{m^2} * ((0.85 m)^2 - (0,4 m)^2)$$

$$V = 49.1 Ton$$

- **Esfuerzo cortante**

$$EC = \frac{V}{\text{Perímetro} * d}$$

$$EC = \frac{49100 kg}{320 cm * 40 cm}$$

$$EC = 3.84 \frac{Kg}{cm^2}$$

- **Cortante por penetración**

Factor de resistencia  $Fr = 0,8$

$$Fc = Fr * F'c$$

$$Fc = 0,8 * 240 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Fc = 192 \frac{kg}{cm^2}$$

- **Comprobación de cortantes**

$$VCr = \sqrt{Fc}$$

$$VCr = \sqrt{192 \frac{kg}{cm^2}}$$

$$VCr = 11,0851 \frac{kg}{cm^2}$$

$$V \leq VCr$$

$$3.84 \frac{kg}{cm^2} \leq 11,08 \frac{kg}{cm^2}$$

**Si Cumple**

Se definen 6 varillas de 16 mm de espesor con una separación de 15 cm entre sí, en el cual el recubrimiento mínimo en 7.5 cm por norma ACI-318, para el diseño de la zapata corrida.

No cumple normas de diseño, salen valores erróneos, no cumple con la dimensión en el largo, la separación del acero es demasiado alta por más que se lo prediseño con diferentes diámetros de acero no da para el recubrimiento mínimo por las normas ACI-318.

6  $\emptyset$  16 mm @ 15 cm

## ANEXOS DE VERIFICACIÓN



4 ELEVACION FRONTAL  
Scale: 1:50



*Ilustración 11-Fachada de la edificación*

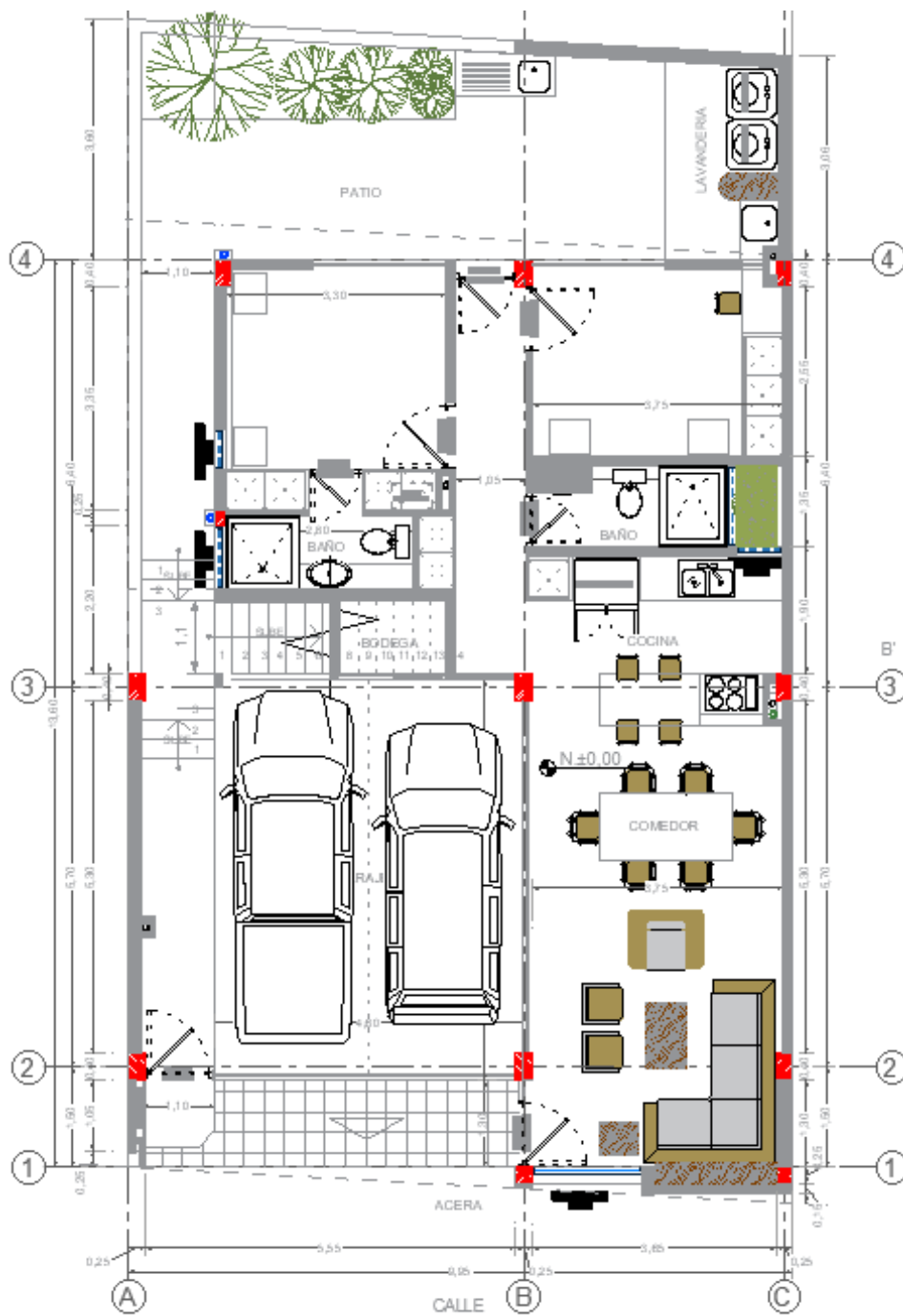


Ilustración 12 - Plano de 1ra Planta

## RESISTENCIA AL CORTE

TIPO DE ENSAYO :

FECHA..... GRUPO..... CALCULO..... REVISO.....  
OPERADOR.....

Ds..... 3,600 cm As..... 10,18  
Dc..... 3,600 cm Ac..... 10,18  
Dl..... 3,600 cm Ai..... 10,18  
Hm..... 9,000 cm  
Cte. Anillo.....  $\frac{\text{kg}}{1, \text{E-}04}$  Am=  $\frac{As+4Ac+Ai}{6}$  10,179 cm<sup>2</sup>

TIEMPO	LECTURA DIAL de Carga	CARGA	DEFORM	X	Y	CONTENIDO DE HUMEDAD		
				DEFORM UNITARIA	ÁREA CORREGIDA	ESFUERZO $\sigma$	MUESTRA:	
	( pulg ) 1, E-04	( kg )	( mm ) 1, E-02	$\epsilon$ 1, E-02	( cm <sup>2</sup> )	( kg / cm <sup>2</sup> )	CÁPSULA Nº	Marca
		7,98	10	0,00111	10,190	0,078	P. CAP. + S. HUM	979
		14,30	20	0,00222	10,201	0,140	P. CAP. + S. SEC	944
		17,40	30	0,00333	10,213	0,170	P. DEL AGUA	35
		21,50	40	0,00444	10,224	0,210	P. DE CÁPSULA	783
		24,38	50	0,00556	10,236	0,238	P. S. SECO	161
		31,28	75	0,00833	10,264	0,305	HUMEDAD %	21,74%
		41,74	100	0,01111	10,293	0,406		
		49,26	125	0,01389	10,322	0,477	ÁREA CORREG.	$\frac{Am}{1 - \text{DEFOR. UNIT.}}$
		57,26	150	0,01667	10,351	0,553	DEFORM. UNITARIA =	$\frac{\text{DEFORMACIÓN}}{Hm}$
		63,90	175	0,01944	10,381	0,616	CARGA :	Lectura Dial x Cte. Anillo
		68,50	200	0,02222	10,410	0,658		
		76,90	250	0,02778	10,470	0,735		
		79,46	300	0,03333	10,530	0,755		

Ilustración 13-Resultado del análisis de suelo por compresión simple

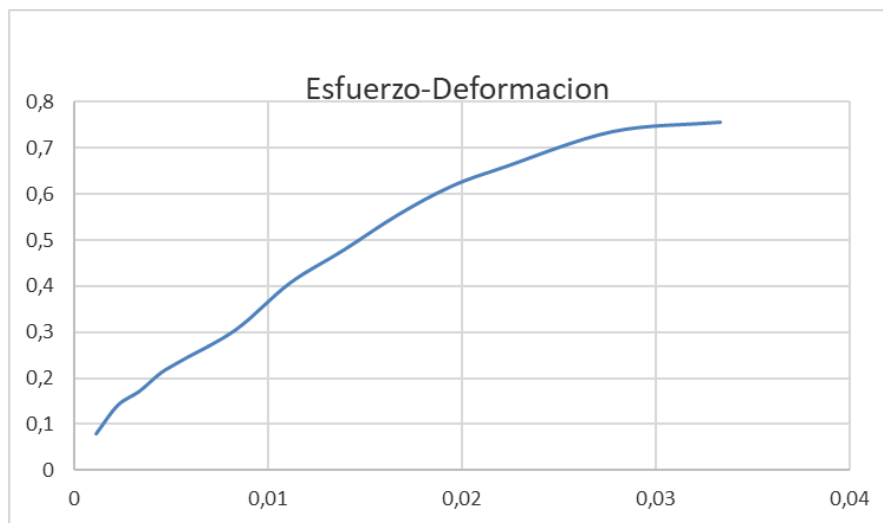


Ilustración 14- Gráfica de esfuerzo-deformación compresión simple



<b>Cohesion</b>	0,377	<b>Kg/cm2</b>
-----------------	-------	---------------

<b>Wesp</b>	1,757	<b>gr/cm3</b>
-------------	-------	---------------

<b>angulo:</b>	14,826
----------------	--------

*Ilustración 15-Valores de compresión simple*



*Ilustración 16- Medición de calicata en la cual se extrajo la muestra con el tubo shelby*



*Ilustración 17- Estratos de la calicata*



*Ilustración 18 - Muestras extraídas del tubo shelby*



*Ilustración 19 - Tallando la muestra cilíndrica para la toma de medidas*



*Ilustración 21- Toma de medidas de la muestra cilíndrica*



*Ilustración 20- Medición de esfuerzos bajo carga*



*Ilustración 23 - Resultado de muestra bajo carga*



*Ilustración 22 - Secado al horno para saber el porcentaje de humedad*





*Ilustración 24 - Peso de muestra seca*



*Ilustración 25 - Muestra seca*