



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE CIMENTACIONES EN
TERRENO CON BAJA CAPACIDAD PORTANTE, EDIFICIO DE
LABORATORIO DE LA FIC

FAREZ ALVAREZ GARBY ISRAEL
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE CIMENTACIONES
EN TERRENO CON BAJA CAPACIDAD PORTANTE, EDIFICIO DE
LABORATORIO DE LA FIC

FAREZ ALVAREZ GARBY ISRAEL
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE CIMENTACIONES EN TERRENO
CON BAJA CAPACIDAD PORTANTE, EDIFICIO DE LABORATORIO DE LA FIC

FAREZ ALVAREZ GARBY ISRAEL
INGENIERO CIVIL

CABRERA GORDILLO JORGE PAUL

MACHALA, 17 DE FEBRERO DE 2022

MACHALA
17 de febrero de 2022

TESIS

por Garby Farez

Fecha de entrega: 11-feb-2022 12:46p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1760177492

Nombre del archivo: GARBY_FAREZ.docx (3.55M)

Total de palabras: 5963

Total de caracteres: 29968

TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD

0%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

Excluir citas

Activo

Excluir bibliografía

Activo

Excluir coincidencias < 11%

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

El que suscribe, FAREZ ALVAREZ GARBY ISRAEL, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE CIMENTACIONES EN TERRENO CON BAJA CAPACIDAD PORTANTE, EDIFICIO DE LABORATORIO DE LA FIC, 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.

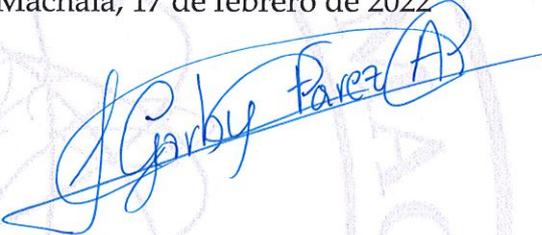
El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

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, 17 de febrero de 2022



FAREZ ALVAREZ GARBY ISRAEL
0705845766



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme realizar esta experiencia universitaria, gracias a esto con el pasar de los semestres encontré habilidades y destrezas que me permitieron desarrollarme tanto en el ámbito personal como profesional.

Agradezco especialmente a mis padres y hermanos quienes fueron el pilar fundamental de apoyo donde me supieron aconsejar y guiar para culminar mi carrera. Quiero agradecer a mi novia quien a su vez fue mi pareja de estudio durante este proceso, es la persona que estuvo apoyándome desde principio hasta la culminación de la tesis. Gracias a mis compañeros de aula quienes me enseñaron que el trabajo en equipo siempre dará mejores resultados.

Agradezco a cada uno de los docentes de la facultad de ingeniería civil quienes me impartieron sus conocimientos en las diferentes ramas de la carrera. De forma especial agradezco a mi tutor el Ing. Paul Cabrera, por ser una guía y apoyo fundamental para concretar esta última etapa de la carrera de ingeniería civil.

DEDICATORIA

Principal agradecimiento a Dios quien me da la perseverancia y fortalezas para seguir adelante y culminar mis metas propuestas.

A mis padres por haberme guiado y apoyado para poder llegar a esta meta y culminar mis estudios de tercer nivel ya que ellos siempre han estado presentes. A mis abuelitos que desde el cielo me protegen y guían para seguir adelante en mis proyectos.

Dedico este trabajo a todas las personas que de una y otra forma me apoyaron a seguir adelante a pesar de los diferentes obstáculos de la vida.

RESUMEN

En el presente trabajo previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil se realizó la evaluación técnica y económica de cimentaciones del edificio de laboratorios de la facultad de Ingeniería Civil. Se recolectó la información necesaria como son los planos en físico del edificio de los cuales se encuentran en proceso de digitalización en el Departamento de Construcciones de la UTMACH, esta información nos sirvió para realizar el cálculo del peso total del edificio y determinar la columna más solicitada de la estructura.

El estudio de suelos fue obtenido en la tesis de la Ing. Stefany Judith Mancheno Torres el cual se encuentra registrada en el repositorio de la Facultad de Ingeniería Civil, en el estudio de suelos se registra un suelo con baja capacidad portante con valores menor a 1kg/cm^2 .

La evaluación técnica y económica del edificio de laboratorios de la facultad de Ingeniería Civil tiene como finalidad determinar en base a la carga que ejerce el edificio al suelo en cada zapata. El estudio de suelo nos permitirá determinar sus propiedades mecánicas con la finalidad de saber si el suelo es apto para construir o si es necesario realizar el mejoramiento del mismo.

Para el proceso se tendrá a consideración 2 tipos de zapatas como son una zapata corrida y una cuadrada para determinar sus dimensiones y escoger las dimensiones de la capa de mejoramiento necesaria para aumentar la resistencia del suelo. Se adjunta un presupuesto del volumen de materiales en cada tipo de zapata en estudio.

Palabras claves: Capacidad portante, estudio de suelos, peso del edificio, tipos de zapatas

ABSTRACT

In this work, prior to obtaining the degree of Civil Engineer, a technical and economic evaluation of the foundations of the laboratory building of the Civil Engineering faculty was carried out. The necessary information was collected, such as the physical plans of the building, which are in the process of being digitized in the Construction Department of the UTMACH. This information was used to calculate the total weight of the building and to determine the most requested column of the structure.

The soil study was obtained from the thesis of Stefany Judith Mancheno Torres, which is registered in the repository of the School of Civil Engineering. The soil study records a soil with low bearing capacity with values less than 1kg/cm^2 .

The purpose of the technical and economic evaluation of the laboratory building of the Civil Engineering faculty is to determine the load that the building exerts on the ground in each footing. The soil study will allow us to determine its mechanical properties in order to know if the soil is suitable for construction or if it is necessary to improve it.

For the process, 2 types of footings will be considered such as a spread footing and a square footing to determine their dimensions and to choose the dimensions of the improvement layer necessary to increase the soil resistance. An estimate of the volume of materials in each type of footing under study is attached.

Keywords: bearing capacity, soil study, building weight, footing types.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	1
AGRADECIMIENTO	3
DEDICATORIA	4
RESUMEN	5
ABSTRACT	6
ÍNDICE DE CONTENIDO	7
LISTA DE TABLAS	10
LISTA DE FIGURAS	12
INTRODUCCIÓN	13
1.1 Generalidades del objeto de estudio	13
1.2 Objetivos de la investigación	14
1.3 Problemática	14
1.4 Definición y contextualización del objeto de estudio	14
1.5 Descripción Técnica – Económica de una cimentación	14
1.6 Localización Geográfica.	15
<i>1.6.1 Características del edificio de laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil.</i>	<i>15</i>
DESARROLLO	16
2.1 Mecánica de Suelos	16
<i>2.1.1 Tipos de suelos.</i>	<i>16</i>
<i>2.1.2 Diagrama de Presiones de acuerdo al tipo de suelo.</i>	<i>16</i>
<i>2.1.3 Capacidad portante del suelo.</i>	<i>17</i>
2.2 Cimentaciones	17
<i>2.2.3 Tipos de cimentaciones.</i>	<i>18</i>
<i>2.2.3.1 Cimentación superficial..</i>	<i>18</i>
<i>2.2.4 Cimentaciones profundas.</i>	<i>19</i>
2.3 Mejoramiento de suelos	19
2.4 Descripción del estudio de suelos	20
<i>2.4.1 Características del suelo.</i>	<i>20</i>
CONCLUSIONES	22
RECOMENDACIONES	23

BIBLIOGRAFÍA	24
ANEXOS	27
6.1.1 <i>Datos del Edificio. Pisos y columnas del edificio.</i>	27
6.1.2 <i>Datos del estudio de suelo.</i>	28
6.1.3 <i>Prediseño</i>	28
6.1.3.1 <i>Selección de columna crítica.</i>	28
6.1.3.2 <i>Cálculo de cargas en Estado límite de servicio.</i>	29
6.1.3.3 <i>Cálculo de Cargas en Estado límite Último.</i>	29
6.1.4 <i>Mejoramiento del Suelo.</i>	30
6.1.4.1 <i>Espesor de mejoramiento.</i>	30
6.2. <i>Diseño de Zapata continua o corrida según ACI 318-14</i>	31
6.2.1 <i>Recubrimiento.</i>	31
6.2.2 <i>Peralte Efectivo.</i>	31
6.2.3 <i>Capacidad de carga neta</i>	33
6.2.4 <i>Determinación del ancho de la zapata</i>	33
6.2.5 <i>Revisión de la zapata considerando la transmisión de Fuerza Cortante en una dirección.</i>	34
6.2.5.1 <i>Cortante resistente del concreto en una dirección.</i>	34
6.2.6 <i>Momento Flexionante ejercido en la sección crítica</i>	36
6.2.7 <i>Determinación del acero de refuerzo para resistir M_u</i>	36
6.2.8 <i>Verificación de diseño</i>	36
6.2.9 <i>Momento nominal</i>	37
6.2.10 <i>Separación de refuerzo</i>	37
6.2.11 <i>Acero por retracción y temperatura.</i>	38
6.2.12 <i>Separación del refuerzo</i>	38
6.2.13 <i>Armado de acero – Vista en elevación y en planta</i>	39
6.3 <i>Diseño de Zapata Aislada según ACI 318-14</i>	40
6.3.1 <i>Recubrimiento.</i>	40
6.3.2 <i>Peralte Efectivo.</i>	40
6.3.3 <i>Capacidad de carga neta</i>	41
6.3.4 <i>Determinación del ancho de la zapata.</i>	41
6.3.5 <i>Revisión de la zapata considerando la transmisión de Fuerza Cortante en una dirección.</i>	42
6.3.5.1 <i>Cortante resistente del concreto en una dirección.</i>	42
6.3.6 <i>Diseño de la zapata considerando transmisión de fuerza cortante en 2 direcciones</i>	44
6.3.7 <i>Momento Flexionante ejercido en la sección crítica</i>	45
6.3.8 <i>Momento resistente</i>	46
6.3.9 <i>Separación del refuerzo en ambos sentidos</i>	47
6.3.10 <i>Armado de acero – Vista en elevación y en planta</i>	47

6.4 Presupuesto	48
6.5 Parámetros a considerar en el diseño de una cimentación	49
6.5.1 Factores que determinan el tipo de cimentación.	49
6.6 Estratigrafía del suelo	50
6.7 Carga Por el Peso Propio de la Estructura.	51
6.7.1 Cálculo del peso propio del edificio	51
6.7.2 Sobrecarga en la estructura	54
6.7.2.1 Paredes.	54
6.7.2.2 Peso de Recubrimientos.	56
6.8 Cargas Vivas	57
6.9 Combinaciones de cargas según la NEC_SE_CG_(cargas no sísmicas)	59
6.10 Capacidad admisible de mejoramiento	61
6.11 Fotografías del edificio de laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil	63
6.12 Planos en físico del edificio de laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil	65

LISTA DE TABLAS

TABLA 1	Coordenadas UTM	15
TABLA 2	Tipos de partículas y su tamaño	16
TABLA 3	Clasificación de las unidades de construcción por categorías	20
TABLA 4	Número mínimo de sondeos y profundidad	20
TABLA 5	Valores referenciales de cohesión en Kg/cm ²	21
TABLA 6	Valores referenciales de ángulo de fricción y carga admisible para suelos	21
TABLA 7	Resumen de Cargas del edificio de laboratorio de la FIC	27
TABLA 8	Parámetros de suelos a una profundidad de 2,2 m	28
TABLA 9	Resumen de Cargas del edificio de la facultad de Ingeniería Civil	29
TABLA 10	Capacidad admisible para los 2 tipos de cimientos	30
TABLA 11	Localización de la sección crítica para Mu	34
TABLA 12	Cortante resistente del concreto a una dirección Vc	34
TABLA 13	Valor de λ para elementos de concreto	35
TABLA 14	Factores de reducción de resistencia ϕ	35
TABLA 15	Cuantía mínima de refuerzo corrugado de retracción y temperatura calculadas sobre el área bruta de concreto	38
TABLA 16	Localización de la sección crítica para Mu	42
TABLA 17	Cortante resistente del concreto a una dirección Vc	42
TABLA 18	Valor de λ para elementos de concreto	43
TABLA 19	Factores de reducción de resistencia ϕ	44
TABLA 20	Cálculo de vc para cortante en dos direcciones	45
TABLA 21	Presupuesto entre las zapatas en estudio	48
TABLA 22	Estratigrafía del Suelo en estudio	50
TABLA 23	Límites de Atterberg	50
TABLA 24	Compresibilidad del suelo según sondeo a 5 metros de profundidad.	50
TABLA 25	Lista de pesos unitarios de materiales de construcción	51
TABLA 26	Peso de vigas, columnas y Pantallas	51
TABLA 27	Dimensiones de bloque	52
TABLA 28	Peso de losa de espesor de 30 cm por m ²	52
TABLA 29	Peso de losa de espesor de 20 cm por m ²	52
TABLA 30	Peso total de losa	53
TABLA 31	Peso total del descanso de la escalera	53
TABLA 32	Peso total de tramos de escalera	53
TABLA 33	Peso de losa del tanque elevado	53
TABLA 34	Dimensiones de ladrillo	54
TABLA 35	Peso por m ² de pared de espesor de 12 cm	54
TABLA 36	Peso por m ² de pared de espesor de 22 cm	55
TABLA 37	Peso total de paredes del edificio	56
TABLA 38	Peso total de baldosa	57
TABLA 39	Enlucido inferior de losa	57

TABLA 40. Carga viva en el edificio	58
TABLA 41. Combinación de cargas NEC -15	60
TABLA 42. Determinación de la capacidad de carga del suelo – Método de Terzaghi – Piedra Bola	61
TABLA 43. Determinación de la capacidad de carga del suelo – Método de Terzaghi –Capa de Subbase 3	62

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Localización Geográfica	15
FIGURA 2. Diagrama de presión debajo la zapata (a) zapata sobre arena; (b) zapata sobre arcilla; (c) presión equivalente.	17
FIGURA 3. Zapata aislada	18
FIGURA 4. Zapata Corrida	18
FIGURA 5. Losa de cimentación	19
FIGURA 6. Cimentaciones profundas	19
FIGURA 7. Área Crítica	28
FIGURA 8. Fachada frontal del Edificio de laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil	63
FIGURA 9. Fachada posterior del edificio de laboratorios de la facultad de Ingeniería Civil	63
FIGURA 10. Fachada derecha del edificio de laboratorios de la facultad de Ingeniería Civil	64
FIGURA 11. Fachada izquierda del edificio de laboratorios de la facultad de Ingeniería Civil	64
FIGURA 12. Planta Baja del edificio de laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil	65
FIGURA 13. Segundo Piso alto del edificio de laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil	66
FIGURA 14. Fachada Principal del edificio de laboratorios de la facultad de Ingeniería Civil.	67
FIGURA 15. Sección aa del edificio de laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil	68
FIGURA 16. Sección bb del edificio de laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil	69
FIGURA 17. Detalle de Cubierta del edificio de laboratorios de la facultad de Ingeniería Civil	70
FIGURA 18. Planta de escalera del edificio de laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil	71
FIGURA 19. Detalle del diseño de escaleras del edificio de laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil	72

1. INTRODUCCIÓN

Los cimientos son las encargadas de soportar el peso de la edificación las cuales transmiten las cargas al suelo. Por eso es necesario contar con un estudio de suelo antes de realizar la construcción de una edificación. En muchos casos es necesario realizar el mejoramiento del suelo para así aumentar su resistencia.

En el caso del edificio de laboratorios de la facultad de Ingeniería Civil es una estructura la cual se encuentra asentada en un suelo con baja capacidad portante, por lo tanto, es necesario realizar el mejoramiento del suelo.

Con el peso de la edificación y estudio de suelo del lugar en estudio son datos necesarios para realizar el dimensionamiento de nuestra cimentación ya sea corrida o cuadrada la cual deberá soportar dichas cargas. “Los cimientos su función principal es trasladar las cargas en base del peso de la estructura al suelo, dicho peso será responsable el ingeniero estructural quien garantizará con ayuda de un estudio de suelo el buen comportamiento de la estructura al estar en contacto con la estructura.” [1]

1.1 Generalidades del objeto de estudio

La cimentación es una estructura que se determinará a trasladar cargas al terreno la cual debe resistir los diferentes estados límites (hundimiento, vuelco, deslizamiento, etc.). Las dimensiones del cimiento se verán afectadas por el área del suelo a construir.

Realizar un estudio geotécnico es necesario, ya que esto permitirá al ingeniero estructural proponer y diseñar una cimentación con criterio, tomando en consideración las propiedades mecánicas del suelo.

En nuestro país el tipo de cimentación a elegir está regido por el tipo de suelo que tengamos, por eso se debe tener en cuenta los diferentes parámetros como son su ángulo de rozamiento interno, su cohesión, su nivel freático entre otros.

1.2 Objetivos de la investigación

Objetivo general

Realizar el diseño estructural de una zapata corrida y cuadrada de acuerdo a las normas ACI 318-14, teniendo en consideración la parte técnica y económica escogiendo la opción más factible para el edificio de laboratorios de la facultad de Ingeniería Civil.

Objetivos específicos

- Establecer las dimensiones de las capas de mejoramiento necesarias para aumentar la resistencia del suelo.
- Determinar las dimensiones y áreas que cumplen con las solicitaciones del edificio de laboratorios de la facultad de Ingeniería Civil.
- Escoger la cimentación idónea de acuerdo a la parte técnica y económica para el edificio de laboratorios de la facultad de Ingeniería Civil.

1.3 Problemática

Dentro de las principales consideraciones para el diseño de una cimentación se debe tener en cuenta principalmente el estudio de suelo. El cual puede ser realizado por un Ingeniero en Geotecnia o un Ingeniero Civil el cual tenga estudios en suelos.

El especialista en suelos nos brindará información sobre las propiedades mecánicas del tipo de mejoramiento se debe colocar en caso de necesitarla. En la realización de este proyecto se tendrá en cuenta los parámetros del estudio del suelo y el peso del edificio para obtener el dimensionamiento de nuestra cimentación.

1.4 Definición y contextualización del objeto de estudio

La Universidad Técnica de Machala, alma máter de la Provincia de El Oro, ubicada en la ciudad de Machala, posee cinco Unidades Académicas entre las cuales se contempla la Unidad Académica de Ingeniería Civil que comprende en su estructura arquitectónica tres bloques que son: Bloque de Administración, Bloque de Aulas y Bloque de Laboratorios de los cuales éste último bloque corresponde al objeto de estudio.

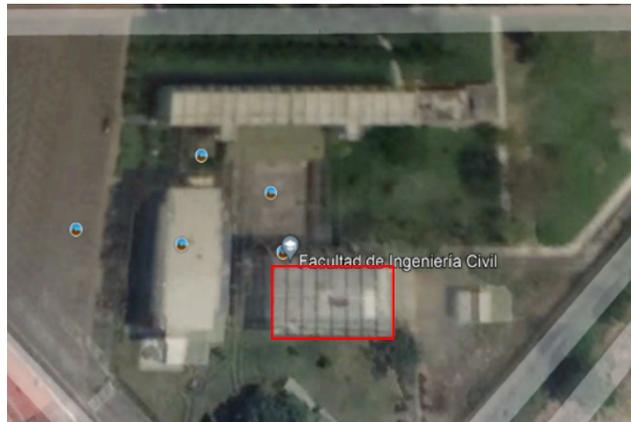
1.5 Descripción Técnica – Económica de una cimentación

Mientras una cimentación se encuentre más cerca del contrapiso de la estructura su costo será menor. “Para el diseño de una cimentación es necesario tener en cuenta varios factores que aumentan las dimensiones y costo total de la cimentación por eso es necesario saber si el proyecto a construir se encuentra dentro de una zona sísmica, provocando estas posibles fallas en la estructura”. [2]

1.6 Localización Geográfica.

El bloque de laboratorios de la facultad de Ingeniería Civil, se encuentra en el Campus El Cambio de la Universidad Técnica de Machala.

FIGURA 1. Localización Geográfica



Fuente: Google Earth Pro

El bloque de laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil, corresponden las siguientes Coordenadas UTM. (Tabla 1).

TABLA 1 Coordenadas UTM

Cuadrante	COORDENADAS UTM	
	NORTE	ESTE
1	9636537.34	621042.29
2	9636554.92	621042.29
3	9636554.92	621068.48
4	9636537.34	621068.48

Fuente: Elaboración Propia

1.6.1 Características del edificio de laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil. La estructura del bloque de laboratorios consta de 3 plantas de 510 m² contiene el área de las maestrías de la facultad, incluyendo salones de dibujo, oficinas y laboratorios.

Estructuralmente el edificio está compuesto de un total de 27 columnas. En el eje “x” las columnas poseen una distribución simétrica, obteniéndose en total 9 ejes separados a 3.50 metros cada uno, mientras que en el eje “y”, la distribución es de 3 ejes de separación distinta.

2. DESARROLLO

2.1 Mecánica de Suelos

La mecánica de suelos es una rama de la ingeniería civil el cual tuvo sus inicios en los estudios de las deformaciones de los suelos que se encuentran por debajo del nivel freático, conformados estos en estado sólido y líquido ante la presencia de una estructura. [3]

El suelo es la superficie que va soportar las sollicitaciones de la estructura, con el análisis del suelo se puede determinar sus propiedades y capacidades admisibles ante la transmisión de dichas cargas, “por lo tanto el conocimiento de su estructura y propiedades es elemental en la construcción y por lo tanto en la ingeniería civil.” [4]

La evaluación de las propiedades y parámetros del suelo se realizan a partir de un estudio de suelo mediante diferentes ensayos realizado en el laboratorio, a partir de ese estudio se considera el tipo y diseño de la cimentación idónea de nuestra estructura. [5]

Se debe realizar un estudio de suelos para estructuras mayores a dos pisos, teniendo en cuenta la capacidad del suelo y el peso de la edificación para una correcta resistencia y permita valores permisibles ante fallas. [6]

2.1.1 Tipos de suelos. Se indican 3 tipos de partículas primarias. La arena, el limo y la arcilla y están clasificadas por su tamaño de la siguiente manera:

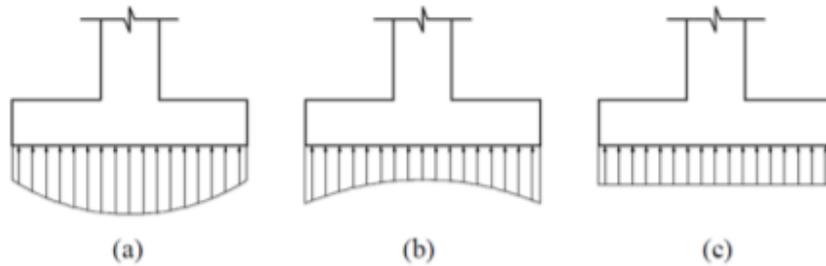
TABLA 2. Tipos de partículas y su tamaño

Tipo de partícula	Tamaño según USDA (mm)
Arena	0,05 - 2,00
Limo	0,002 - 0,05
Arcilla	menores a 0,002

Fuente: Estructura de Suelos y Arcillas [4]

2.1.2 Diagrama de Presiones de acuerdo al tipo de suelo. “La presión del suelo bajo una zapata se distribuye de acuerdo con el tipo de suelo, la rigidez relativa del suelo y la cimentación y la profundidad de contacto entre la cimentación y el suelo. La figura 1a muestra el diagrama de distribución de presión para la zapata que descansa sobre suelos arenosos (suelos granulares). La figura 1b presenta el diagrama de distribución de presión para la zapata que descansa sobre suelos arcillosos (suelos cohesivos)” [7]

FIGURA 2. Diagrama de presión debajo la zapata (a) zapata sobre arena; (b) zapata sobre arcilla; (c) presión equivalente.



Fuente: Modelo optimizado para cabezales rectangulares apoyados sobre un grupo de pilotes: Parte 2)
Diseño óptimo [7]

2.1.3 Capacidad portante del suelo. La capacidad portante es la presión máxima entre el suelo y el cimiento, teniendo en cuenta que la presión ejercida del cimiento sea igual o inferior a la admisible del suelo para no producir asentamiento de la estructura. Los parámetros más considerables en la obtención de la carga admisible del suelo son, el ángulo de fricción y los esfuerzos de fluencia. [8]

Los asentamientos provocados por las cimentaciones son en su mayoría considerados por medio de los ensayos realizados en laboratorio aplicando normas de correlaciones o tomando valores en forma empírica. [9]

2.2 Cimentaciones

La cimentación es la parte de un sistema estructural que tiene como fin transmitir las cargas que se ejercen sobre ella y la carga de su propio peso hacia el terreno o roca. Los esfuerzos resultantes en el suelo (a excepción de la superficie del terreno) se suman a los ya existentes en la masa de tierra causados por su propio peso e historia geológica. [10]

La realización de cimentaciones es una rama de la ingeniería que se encargan los ingenieros, geólogos, tecnólogos e inversionistas de la construcción. Esta especialización de la ingeniería civil ha sido escasamente conocida en el país, sobre todo en las zonas sísmicas. En zonas sísmicas se debe garantizar que la estructura tenga un daño mínimo, esto considerando la seguridad del edificio [11]

La cimentación de la estructura deberá garantizar su diseño debe cumplir con los parámetros límites ante las diferentes fallas como son los deslizamiento y asentamiento provocados por la estructura, teniendo en consideración la capacidad admisible del suelo a implantar nuestra estructura. [12]

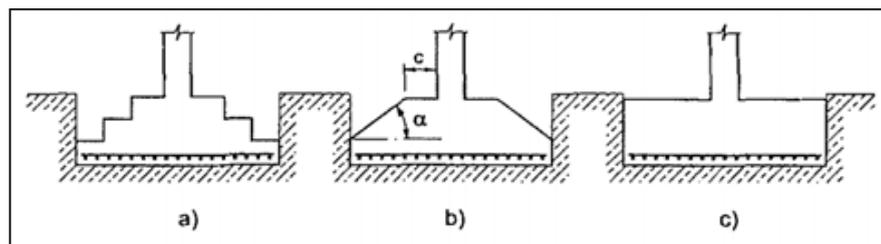
Las solicitaciones de la estructura en zapatas superficiales son trasladadas al suelo mientras que las cimentaciones profundas se trasladan al cabezal de los pilotes. [7]

2.2.3 *Tipos de cimentaciones.* Existen 2 tipos de cimentaciones: superficiales y profundas

2.2.3.1 *Cimentación superficial.* Son aquellos cimientos con una profundidad menor a 4 m de las cuales son usadas cuando la capacidad portante del suelo soporta estructuras de media y baja solicitaciones.

- *Zapatas Aisladas.* “Una zapata aislada o zapata para una sola columna es usada para el soporte de la carga de una sola columna. Los tipos de zapatas aisladas son los más comúnmente usados, en particular cuando las cargas son ligeras y las columnas no están muy cercanas entre sí.” [13]

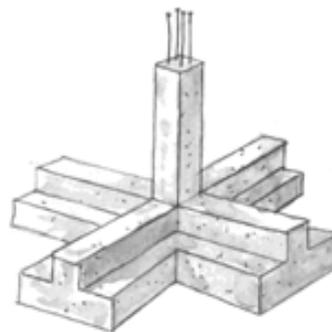
FIGURA 3. Zapata aislada



Fuente: Geotechnical Consulting - Definición y tipos de zapatas

- *Zapata Corrida.* “Una zapata corrida es simplemente el alargamiento de la parte inferior de un muro, cuya finalidad es distribuir adecuadamente la carga sobre el suelo de la cimentación. Las zapatas corridas comúnmente se usan al contorno de un edificio y a veces bajo los muros interiores.” [13]

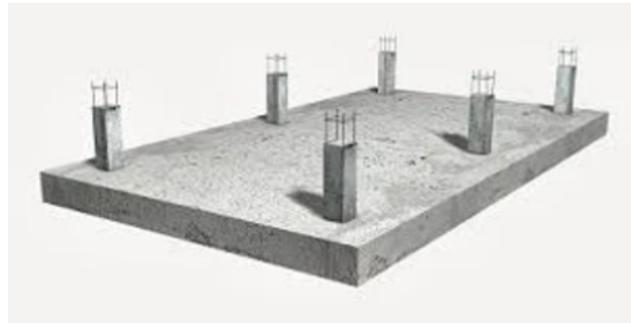
FIGURA 4. Zapata Corrida



Fuente: Geotechnical Consulting - Definición y tipos de zapatas

- *Losa de cimentación.* “Una losa de cimentación o cimentación flotante es una losa continua de concreto reforzado sobre un área grande que se usa para soportar muchas columnas y muros.” [13]

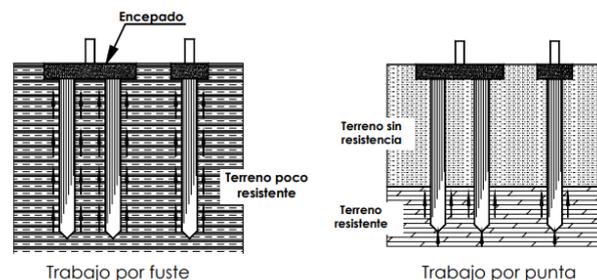
FIGURA 5. Losa de cimentación



Fuente: Andrés Cevallos - Tipos de zapatas usadas en edificaciones [14]

2.2.4 *Cimentaciones profundas.* “En general, se considera una cimentación como profunda cuando su extremo inferior sobre el terreno se encuentra a una profundidad superior a ocho veces su anchura o diámetro. Por su mayor complejidad tanto en su modo de trabajar como en la ejecución o en los materiales empleados no existe una clasificación clara por lo que pasamos a exponer estos aspectos aclarando que cada pilote se obtiene combinando todas ellos.” [15]

FIGURA 6. Cimentaciones profundas



Fuente: Prontuario características técnicas de los terrenos y cimentaciones adecuadas a los mismos [15]

2.3 Mejoramiento de suelos

Un mejoramiento de suelo nos sirve para remover esa capa de suelo que no tenga las características necesarias para soportar el peso de una estructura considerable, por eso es necesario realizar este tipo de prácticas que nos permitirá las siguientes características:

- Aumento de la capacidad portante admisible
- Disminución de asentamientos

2.4 Descripción del estudio de suelos

Con respecto al estudio de suelo se puede observar que han realizado sondeos a 15,50 m de profundidad debido que es una construcción de 3 pisos con una carga máxima de servicio en columna mayor a los 800 KN y la profundidad mínima que nos indica la NEC – Geotecnia y Cimentaciones es de 15 m. (Ver Tabla 6)

TABLA 3. Clasificación de las unidades de construcción por categorías

Clasificación	Según los niveles de construcción	Según las cargas máximas de servicio en columnas (kN)
Baja	Hasta 3 niveles	Menores de 800
Media	Entre 4 y 10 niveles	Entre 801 y 4 000
Alta	Entre 11 y 20 niveles	Entre 4 001 y 8 000
Especial	Mayor de 20 niveles	Mayores de 8 000

Fuente: Geotécnia y Cimentaciones [17]

TABLA 4. Número mínimo de sondeos y profundidad

CATEGORÍA DE LA UNIDAD DE CONSTRUCCIÓN (Véase en la sección 2.5)			
Baja	Media	Alta	Especial
Profundidad Mínima de sondeos: 6 m.	Profundidad Mínima de sondeos: 15 m.	Profundidad Mínima de sondeos: 25 m.	Profundidad Mínima de sondeos: 30 m.
Número mínimo de sondeos: 3	Número mínimo de sondeos: 4	Número mínimo de sondeos: 4	Número mínimo de sondeos: 5

Fuente: Geotécnia y Cimentaciones [17]

2.4.1 Características del suelo. La estratigrafía nos muestra suelos sedimentarios y metamórficos (arcillas, limos y arenas) suelos finos de origen aluvial.

De 0,15 hasta los 2 m de profundidad se encuentra un material limoso con arcillas (CL) de consistencia mediana color café claro y con valores entre $N = 1$ y 2 golpes/pie.

Luego de 2 a 6,50 m de profundidad se encuentra un material de Arena Limosa (CL) de consistencia mediana color café claro y con valores de $N = 7$ golpes/pie.

Para la capacidad admisible del suelo natural se tomará en cuenta los siguientes valores referenciales:

- Profundidad de desplante = 2,2 m
- El factor de seguridad para edificios públicos es 3,5
- Ángulo de fricción = 25 grados
- Peso específico = 1365 Kg/cm²
- Cohesión = 0.05 Kg/cm²

TABLA 5. Valores referenciales de cohesión en Kg/cm²

Arcilla rígida	0.25
Arcilla semirígida	0.1
Arcilla blanda	0.01
Arcilla arenosa	0.05
Limo rígido o duro	0.02

Fuente: [18]

TABLA 6. Valores referenciales de ángulo de fricción y carga admisible para suelos

Tipo de suelo	Consistencia	Angulo de fricción interna ϕ en grados	Peso específico en kg/cm ³
Arena gruesa o arena con grava	Compacta	40	2250
	suelta	35	1450
Arena media	Compacta	40	2080
	suelta	30	1450
Arena limosa fina o limo arenoso	Compacta	30	2080
	suelta	25	1365
Limo uniforme	Compacta	30	2160
	suelta	25	1365
Arcilla – limo	Suave a mediana	20	1440 – 1920
Arcilla limosa	Suave a mediana	15	1440 – 1920
Arcilla	Suave a mediana	0.1	1440 – 1920

Fuente: [18]

3. CONCLUSIONES

- Las dimensiones de las capas de mejoramiento de 0,6 de piedra bola y 0,3 de subbase clase 3 nos aportan capacidad de cargas admisibles necesarias para el esfuerzo transmitido para la columna más solicitada.
- Las zapatas propuestas son idóneas para resistir las solicitaciones en el caso de una zapata aislada las medidas son de 1,8 x 2 m y espesor 0,4 mientras para una zapata corrida son de 1,5 m de base y su longitud será todo el tramo de la longitud menor del edificio con un espesor de 0,45 m.
- La mejor elección en la parte técnica son zapatas corridas debido que nos brinda mayor estabilidad y rigidez al estar conectadas con las columnas.
- La relación presupuestaria en comparación con los 2 tipos de zapas en estudio es de 1:2 por lo que en la parte económica se usaría zapatas aisladas con dimensiones de 1,80 x 2 m.

4. RECOMENDACIONES

- Para suelos con baja capacidad portante se recomienda realizar el mejoramiento de una capa de suelo, esto permitirá aumentar su resistencia.
- Para el dimensionamiento de una zapata se debe realizar con el peso de servicio de la edificación es decir $D + L$ debido a que la capacidad admisible del suelo ya cuenta con un factor de seguridad.
- El costo de una cimentación se ve afectada a medida de la profundidad del cimiento con el nivel del terreno, esto dependerá esencialmente de la capacidad admisible del terreno al que se vaya a construir.
- Para suelos con baja capacidad portante es recomendable realizar zapatas corridas ya que el peso de la estructura hacia al suelo se distribuye de mejor forma y esto evitará asentamientos considerables.
- En zapatas corridas diseñar el acero longitudinal del muro necesario para resistir la carga para la cuál fue diseñada.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. R. R. Fernández Sola, L.F. Hernández Rodríguez, . C. E. Loeza Pérez y O.M. González Cuevas , «ACCIONES DE DISEÑO EN CIMENTACIONES EN EDIFICIOS DE,» *ACCIONES DE DISEÑO EN CIMENTACIONES EN EDIFICIOS DE CONCRETO REFORZADO CON COMPORTAMIENTO INELÁSTICO*, pp. 32-50, 2020.
- [2] E. R. Álvarez Deulofeu, E. Beira Fontaine, P. M. Cabrera Castro y D. Mohamed Mohamed, «Estimación de costos adicionales por seguridad sísmica en proyectos de cimentaciones superficiales,» *Redalyc*, vol. 37, nº 3, pp. 286-299, 2021.
- [3] I. Flores, J. Garcia y Y. González, «Relación entre la compactación y la succión en presas de tierra con suelos tipo CH,» *Obras y Proyectos*, nº 27, p. 15, 26 Febrero 2020.
- [4] J. Alfaro Rodríguez, «Estructura de Suelos y Arcillas,» 2018. [En línea]. Available: https://www.academia.edu/37854876/Estructura_de_Suelos_y_Arcillas. [Último acceso: 24 Enero 2022].
- [5] M. A. Munévar Peña, A. M. Ramos Cañon y L. F. Prada Sarmiento, «Incorporación de la incertidumbre aleatoria de las propiedades del,» a *Boletín de Ciencias de la Tierra*, nº 44, pp. 38-48, 2018.
- [6] C. . M. R. H. y A. A. Silva Busso , «Relación entre datos geomecánicos medidos en ensayos spt y resistividad del subsuelo en la fm. Ubajay, Entre Ríos, Argentina,» *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*, nº 42, pp. 23 - 34, 2019.
- [7] O. M. Farias Montemayor, A. Luévanos Rojas, S. López Chavarría y M. Medina Elizondo, «Modelo optimizado para cabezales rectangulares apoyados sobre un grupo de pilotes: Parte 2) Diseño óptimo,» *Acta universitaria*, vol. 30, 2020.
- [8] J. A. Quintero Chamorro, B. . J. Martínez Ortega y L. G. Cruz Velasco, «Evaluation of Load Capacity of,» *Facultad de Ingeniería*, pp. 1-18, 23 Febrero 2021.

- [9] B. Clero Jiménez, D. López Martín y G. Rodríguez Plasencia, «Estudio de la interacción suelo-estructura de una cimentación aislada mediante simulación numérica,» *Revista Unica*, vol. 9, pp. 160-172, 29 Noviembre 2019.
- [10] R. O. Roa Alvarado y O. Vidal Saenz, «EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE CIMENTACIONES EN TERRENO,» Lima, 2019.
- [11] E.R. Álvarez Deulofeu, «Influencia de las cargas muertas y el tipo de suelo en el diseño de cimentaciones aisladas en zonas sísmicas,» vol. 1, pp. 15-32, 20 Junio 2019.
- [12] E. R. Álvarez Deulofeu, E. Beira Fontaine, P. M. Cabrera Castro y O. Reyes Pérez, «Comparación de métodos geotécnicos para la evaluación de asentamientos por consolidación primaria para cimentaciones en balsa,» *Minería y Geología*, vol. 35, n° 4, pp. 369-383, 2019.
- [13] «Geotechnical Consulting,» [En línea]. Available: <https://geotecniaymecanicasuelosabc.com/zapatas/>. [Último acceso: 28 Enero 2021].
- [14] A. Ceballos, «Tipos de zapatas usadas en edificaciones,» 24 Junio 2019. [En línea]. Available: <https://andresceballos2019.wixsite.com/inicio/post/tipos-de-zapatas-usadas-en-edificaciones>. [Último acceso: 30 Enero 2021].
- [15] P. Huaman, «Cimentaciones Sísmicas,» 2011.
- [16] S. J. MANCHENO TORRES, «ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DEL EDIFICIO DE AULAS DE LA UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL,» Machala, 2017.
- [17] NEC, «GEOTÉCNIA Y CIMENTACIONES,» Dirección de Comunicación Social, MIDUVI, Quito, 2014.
- [18] P. Cabrera Gordillo, «Parámetros de suelos,» Machala, 2021.
- [19] Comité ACI 318, Requisitos de Reglamento Para Concreto Estructural(ACI 318S-14), 2014.

[20] N. E. d. I. Construcción, «CARGAS (NO SÍSMICAS),» Dirección de Comunicación Social, Quito, 2014.

6. ANEXOS

Para desarrollar este trabajo se necesitan 2 factores que son:

- El estudio de Suelo
- El peso total del edificio

El edificio de laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil se encuentra ubicado en el campus de la Universidad Técnica de Machala, el cual mide 28,3 m de largo y 14,90 m de ancho.

6.1.1 Datos del Edificio. Pisos y columnas del edificio.

Número de pisos = 3

Cantidad de columnas = 27 Columnas

Dimensiones de columnas = 30 x 50 cm

TABLA 7. Resumen de Cargas del edificio de laboratorio de la FIC

Resumen de Cargas		
Carga Por el Peso Propio de la Estructura		Peso (Tn)
Vigas y columnas		409,819
Pantallas horizontal y vertical		88,992
Losas del 1 y 2 piso - Cubierta de hormigón		432,896
Descanso de la escalera		4,147
Tramo de escalera		5,887
Losas de tanque elevado		5,016
Sobrecarga de la estructura		
Paredes		239,245
Baldosa		44,982
Enlucido de losa inferior		37,106
Peso total de Carga Muerta - D		1268,089
Peso total de Carga Vivas - L		392,736
Cálculo de Cargas en Estado límite Último		
1,2 D + 1,6 L		2150,084

Fuente: Autor

6.6.2 Datos del estudio de suelo.

TABLA 8. Parámetros de suelos a una profundidad de 2,2 m

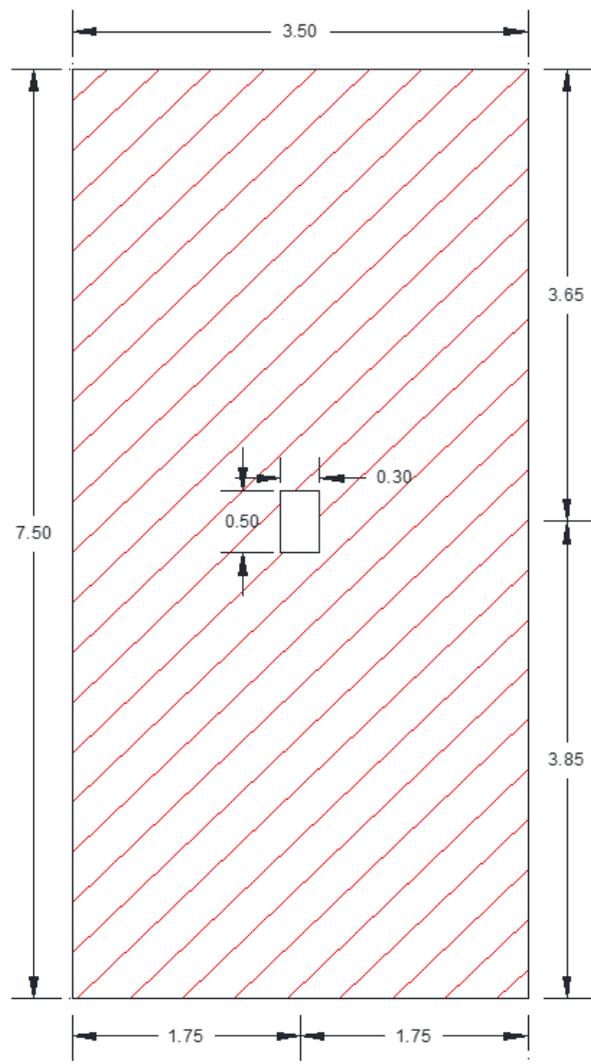
ESTRATIGRAFÍA DEL SUELO						
Prof(m)	Estratigrafía	Clasif. SUCS	(LL- %)	(IP - %)	N - SPT	qa (Kg/cm2)
2,2	Arena Limosa	SM	51,28	33,4	0,7	0,7

Fuente: Autor

6.6.3 Prediseño

6.6.3.1 Selección de columna crítica. Las columnas más cargadas del edificio de laboratorios de la facultad de Ingeniería Civil son las centrales.

FIGURA 7. Área Crítica



Fuente: Autor

$$\text{Área colaborante} = 3,5 \text{ m} \times 7,5 \text{ m}$$

$$\text{Área colaborante} = 26,25 \text{ m}^2$$

6.6.3.2 Cálculo de cargas en Estado límite de servicio.

TABLA 9. Resumen de Cargas del edificio de la facultad de Ingeniería Civil

Cálculo de cargas en Estado límite de servicio							
Elemento	l (m)	a (m)	Área	WD (Tn)	WL (Tn)	WD (Tn/m ²)	WL (Tn/m ²)
Losa	28,3	14,9	421,67	1268,089	392,736	3,007	0,931

Fuente: Autor

$$WD = 3,007 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^2} \times 26,25 \text{ m}^2 = 78,934 \text{ Tn}$$

$$WL = 0,931 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^2} \times 26,25 \text{ m}^2 = 24,439 \text{ Tn}$$

$$W_{serv} = 78,934 \text{ Tn} + 24,439 \text{ Tn}$$

$$W_{serv} = 103,373 \text{ Tn}$$

6.6.3.3 Cálculo de Cargas en Estado límite Último.

Combo 2

$$W_u = 1,2D + 1,6L + 0,5\max(L_r; S; R)$$

$$W_u = 1,2(78,934 \text{ Tn}) + 1,6(24,439 \text{ Tn})$$

$$W_u = 133,823 \text{ Tn}$$

Carga distribuida en 1 cm²

$$W_{ser} = 10,337 \text{ Kg/cm}^2$$

Se procede a comparar con la carga del suelo vs estructura

$$q_a \geq q_r$$

$$0,7 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 10,337 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

El suelo tiene una capacidad portante de 0,7 kg/cm² por lo tanto es necesario realizar el mejoramiento del mismo para aumentar la resistencia del suelo.

6.6.4 *Mejoramiento del Suelo.* De acuerdo con lo observado en la estratigrafía del suelo existe un suelo de origen aluvial (arcilla, arena y limos), se recomienda realizar una reposición de material de mejoramiento.

6.6.4.1 *Espesor de mejoramiento.* Se toma una profundidad de mejoramiento de 1 m, donde 60 cm con material granular grueso (piedra bola), 30 cm de lastre de relleno y 10 cm de replantillo (hormigón de 210 Kg/cm²).

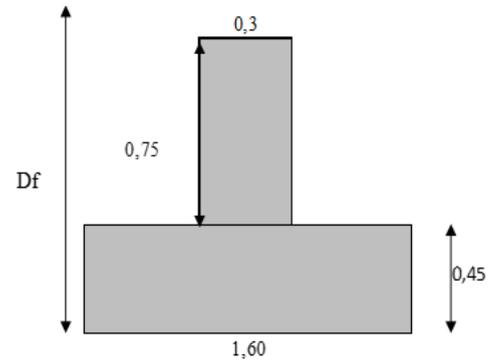
TABLA 10. Capacidad admisible para los 2 tipos de cimientos–Ver Tabla 43 y 44

Determinación de la capacidad de carga del suelo para cada cimentación – Método de Terzaghi		
Tipo de cimiento	Cimiento continuo	Cimiento Cuadrado
Df	0,9	0,9
Ancho o Radio del cimiento (m)	1,5	1,5
Capacidad admisible por mejoramiento de piedra Bola de 60 cm		
qa (tn/m ²)	45,49	44,44
Capacidad admisible por mejoramiento de subbase 3 de 30 cm		
qa (tn/m ²)	4,58	4,65
Capacidad total del suelo de mejoramiento		
qa (tn/m ²)	50,08	49,08

Fuente: Autor

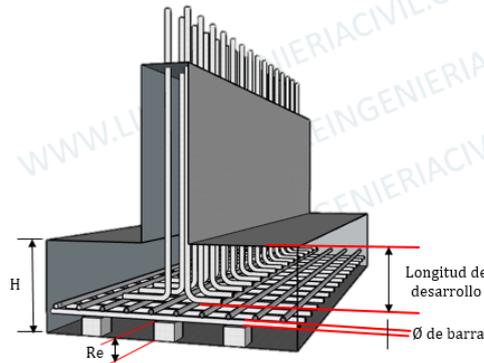
6.2. Diseño de Zapata continua o corrida según ACI 318-14

Datos			
Concreto	f'_c	280	Kg/cm ²
Fluencia del acero	f_y	4200	Kg/cm ²
Peso de carga Muerta	WD	78,942	Tn
Peso de carga Viva	WL	24,449	Tn
Peso en estado limite	WU	133,848	Tn
Capacidad admisible	qa	50,076	Tn/m ²
Peso especifico		1,8	Tn/m ³
Peso especifico del concreto		2,4	Tn/m ³
Profundidad de desplante	Df	1,2	m



6.2.1 *Recubrimiento.* En la norma del ACI 318-14 nos indica que el acero de refuerzo requiere por lo menos un recubrimiento libre de 75 mm.

Se usará un diámetro de 16 mm para el acero en ambos sentidos



$$r = 7,5 \text{ cm} + 1,5(\emptyset)$$

$$r = 7,5 \text{ cm} + 1,5(1,6 \text{ cm})$$

$$r = 9,90 \text{ cm}$$

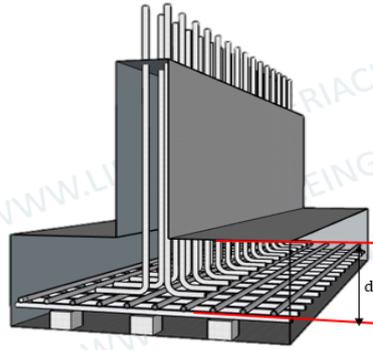
6.2.2 *Peralte Efectivo.* De acuerdo a la norma del ACI 318-14 el peralte efectivo debe ser de al menos de 150 mm.

Asumiremos una altura de zapata de 45 cm para los cálculos.

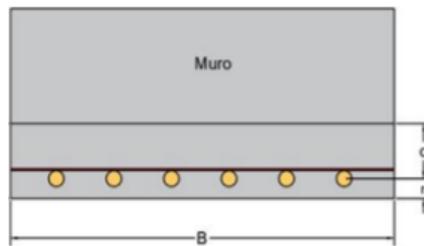
$$d = H - r$$

$$d = 45 - 9,90$$

$$d = 35,1 \text{ cm}$$



Para la sección paralela al muro tenemos el siguiente recubrimiento inferior



$$r = 7,5 \text{ cm} + 0,5(\phi)$$

$$r = 7,5 \text{ cm} + 0,5(1,6 \text{ cm})$$

$$r = 8,30 \text{ cm}$$

Peralte efectivo

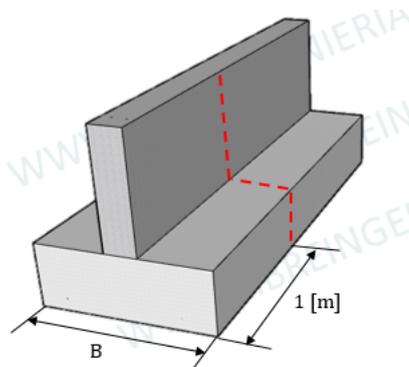
$$d = H - r$$

$$d = 45 - 8.30$$

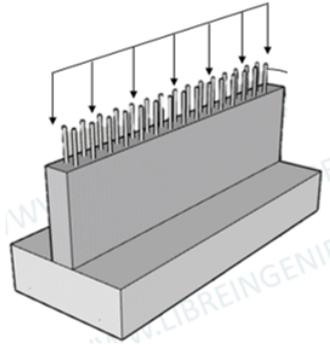
$$d = 36,7 \text{ cm}$$

Para el cálculo de dimensiones de la zapata se lo realiza con el Peso en servicio del edificio es decir D+L y para el diseño con el peso último de servicio con 1,2D+1,6L.

Para el análisis se calculará con 1m de ancho de franja.



6.2.3 Capacidad de carga neta



$$q_n = q_a - \gamma_m * H_s - \gamma_c * H$$

$$q_n = 50,076 \frac{Tn}{m^2} - 1,8 \frac{Tn}{m^3} * 0,75 m - 2,4 \frac{Tn}{m^3} * 0,3$$

$$q_n = 48,006 \frac{Tn}{m^2}$$

6.2.4 Determinación del ancho de la zapata

$$B = \frac{WD+WL}{q_n}$$

$$B = \frac{78,942 Tn + 24,449 Tn}{48,006 \frac{Tn}{m^2}}$$

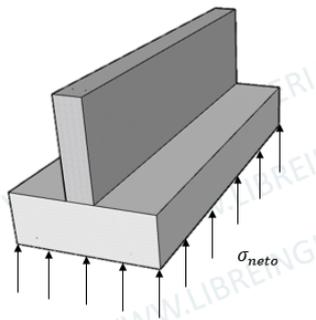
$$B = 1,468 m \sim 1,60 m$$

Para el diseño por resistencia que ejerce el suelo sobre zapata

$$q_u = \frac{WU}{B}$$

$$q_u = \frac{133,848 \frac{Tn}{m}}{1,60 m}$$

$$q_u = 83,655 \frac{Tn}{m^2}$$



En la norma del ACI 318-14 nos dice que la sección crítica para cortante en una dirección o para cortante en dos direcciones debe medirse desde la ubicación de la sección crítica para Mu.

TABLA 11. Localización de la sección crítica para Mu

Localización de la sección crítica	Miembro soportado
Cara de la columna o pedestal	Columna o pedestal
En el punto medio entre la cara de la columna y el borde de la placa base de acero	Columna con placa base de acero
Cara del muro	Muro de concreto
En el punto medio entre el eje y la cara del muro de albañilería	Muro de albañilería

Fuente: ACI 318S-14 [19]

Para nuestro caso se trata de un muro de concreto la sección crítica para Mu se va a localizar en la cara del muro.

6.2.5 Revisión de la zapata considerando la transmisión de Fuerza Cortante en una dirección.

$$Vu = \left(\frac{B-b}{2} - d \right) x 1 x qu$$

$$Vu = \left(\frac{1,6 m - 0,3 m}{2} - \frac{36,70 m}{100} \right) x 1 x 83,655 \frac{Tn}{m^2}$$

$$Vu = 23,674 Tn$$

6.2.5.1 Cortante resistente del concreto en una dirección. Según el apartado 22.5.5.1 del ACI 318-14

TABLA 12. Cortante resistente del concreto a una dirección Vc

Sistema SI esfuerzos en MPa	Sistema mks esfuerzos en kgf/cm ²	Sistema de unidades usuales en USA esfuerzos en libras por pulgada cuadrada (lb/pulg ²)
$V_c = 0.17\lambda\sqrt{f'_c} b_w d$	$V_c = 0.53\lambda\sqrt{f'_c} b_w d$	$V_c = 2\lambda\sqrt{f'_c} b_w d$

Fuente: ACI 318S-14 [19]

Para determinar el valor λ de nos dirigimos a la Tabla 19.2.4.2 del ACI 318-14

TABLA 13. Valor de λ para elementos de concreto

Concreto	Composición de los agregados	λ
Todos livianos	Fino: ASTM C330M Grueso: ASTM C330M	0.75
Liviano, mezcla fina	Fino: Combinación de ASTM C330M y C33M Grueso: ASTM C330	0.75 a 0.85 ^[1]
Arena, liviana	Fino: ASTM C33M Grueso: ASTM C330M	0.85
Arena, liviana, Mezcla gruesa	Fino: ASTM C33M Grueso: Combinación de ASTM C330M y C33M	0.85 a 1.00 ^[2]
Peso normal	Fino: ASTM C33M Grueso: ASTM C33M	1.00

Fuente: ACI 318S-14 [19]

Para nuestro caso utilizaremos el valor que es asignado a un concreto de peso normal

$$V_c = 0,53\lambda\sqrt{f'_c} x b_w x d$$

$$V_c = 0,53 x 1 x \sqrt{280 \frac{Kg}{cm^2}} x 100 \text{ cm} x 36,70 \text{ cm}$$

$$V_c = 32,548 \text{ Tn}$$

TABLA 14. Factores de reducción de resistencia ϕ

Acción o Elemento Estructural	ϕ	Excepciones
(a) Momento, fuerza axial o momento y fuerza axial combinados	0.65 a 0.9 de acuerdo con 21.2.2	Cerca de los extremos de elementos pretensados donde los torones no se han desarrollado totalmente, ϕ debe cumplir con 21.2.3.
(b) Cortante	0.75	Se presentan requisitos adicionales en 21.2.4 para estructuras diseñadas para resistir efectos sísmicos.

Fuente: ACI 318S-14 [19]

$$\phi V_c = 0,75 x 32,548 \text{ Tn}$$

$$\phi V_c = 24,411 \text{ Tn}$$

Verificación

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$24,411 \text{ Tn} \geq 23,674 \text{ Tn}$$

6.2.6 Momento Flexionante ejercido en la sección crítica

$$Mu = \left[1 \text{ m} \left(\frac{B-b}{2} \right) \right] x qu x \left(\frac{B-b}{4} \right)$$

$$Mu = \left[1 \text{ m} \left(\frac{1,6 \text{ m} - 0,3 \text{ m}}{2} \right) \right] x 83,655 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^2} x \left(\frac{1,6 \text{ m} - 0,3 \text{ m}}{4} \right)$$

$$Mu = 17,672 \text{ Tn} - \text{m}$$

6.2.7 Determinación del acero de refuerzo para resistir Mu

$$\rho = \frac{0,85 x f'c}{fy} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 x Mu}{\phi(0,85)f'c b d^2} \right)} \right]$$

$$\rho = \frac{0,85 x 280}{4200} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 x 17,672 x 1000 x 100}{0,9 (0,85) x 280 x 100 x 36,70^2} \right)} \right]$$

$$\rho = 0,00358$$

$$As = \rho b d$$

$$As = 0,00358 x 100 \text{ cm} x 36,70 \text{ cm}$$

$$As = 13,155 \text{ cm}^2$$

Se coloca el mayor valor de estas dos ecuaciones

$$As_{min} = \frac{0,8 x \sqrt{f'c}}{fy} x bw x d = \frac{0,8 x \sqrt{280}}{4200} x 100 x 36,70 = 11,697 \text{ cm}^2$$

$$As_{min} = \frac{14}{fy} x bw x d = \frac{14}{4200} x 100 x 36,70 = 12,33 \text{ cm}^2$$

Se quiere de:

7 varillas de $\phi = 16 \text{ mm}$

$$As = \frac{\pi x \phi^2}{4} x 7$$

$$As = 14,074 \text{ cm}^2$$

6.2.8 Verificación de diseño

$$a = \frac{As x fy}{0,85 x f'c x b}$$

$$a = \frac{14,074 x 4200}{0,85 x 280 x 100}$$

$$a = 2,484 \text{ cm}$$

$$c = \beta x a$$

$$c = 0,85 x 2,484$$

$$c = 2,111 \text{ cm}$$

$$T = Asfy$$

$$T = 14,074 x 4200$$

$$T = 59,112 \text{ Tn}$$

6.2.9 Momento nominal

$$Mn = T \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn = 59,112 x \left(36,70 - \frac{2,484}{2} \right)$$

$$Mn = 20,960 \text{ Tn} - m$$

$$\phi Mn = 0,9(20,960 \text{ Tn} - m)$$

$$\phi Mn = 18,864 \text{ Tn} - m$$

Verificación:

$$\phi Mn \geq Mu$$

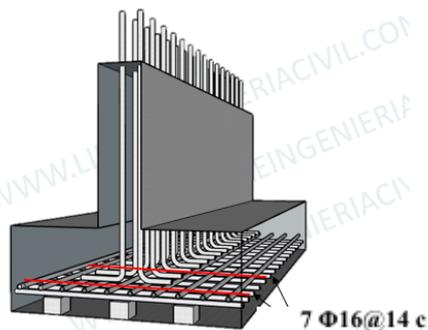
$$18,864 \geq 17,672$$

6.2.10 Separación de refuerzo

$$S = \frac{100}{\#varillas}$$

$$S = \frac{100}{7}$$

$$S = 14,28 \text{ cm} - 14 \text{ cm}$$



6.2.11 Acero por retracción y temperatura. Según la tabla 24.4.3.2 del ACI 318-14

TABLA 15. Cuantía mínima de refuerzo corrugado de retracción y temperatura calculadas sobre el área bruta de concreto

Tipo de refuerzo	f_y , MPa	Cuantía mínima de refuerzo	
Barras corrugadas	< 420	0.0020	
Barras corrugadas o refuerzo de alambre electrosoldado	≥ 420	Mayor de:	$\frac{0.0018 \times 420}{f_y}$
			0.0014

Fuente: ACI 318S-14 [19]

La cuantía mínima utilizaremos será:

$$A_s = \rho B h$$

$$A_s = 0,0018 \times 160 \times 45$$

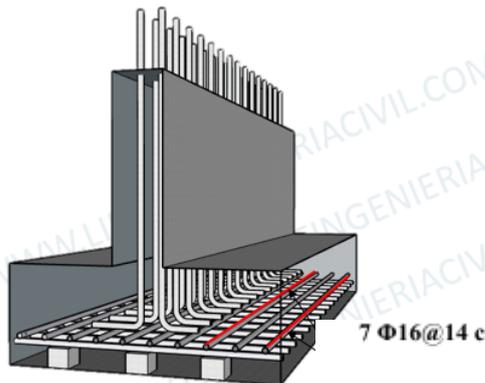
$$A_s = 12,96 \text{ cm}^2$$

Se quiere de:

7 varillas de $\phi = 16 \text{ mm}$

$$A_s = \frac{\pi \times \phi^2}{4} \times 7$$

$$A_s = 14,074 \text{ cm}^2$$



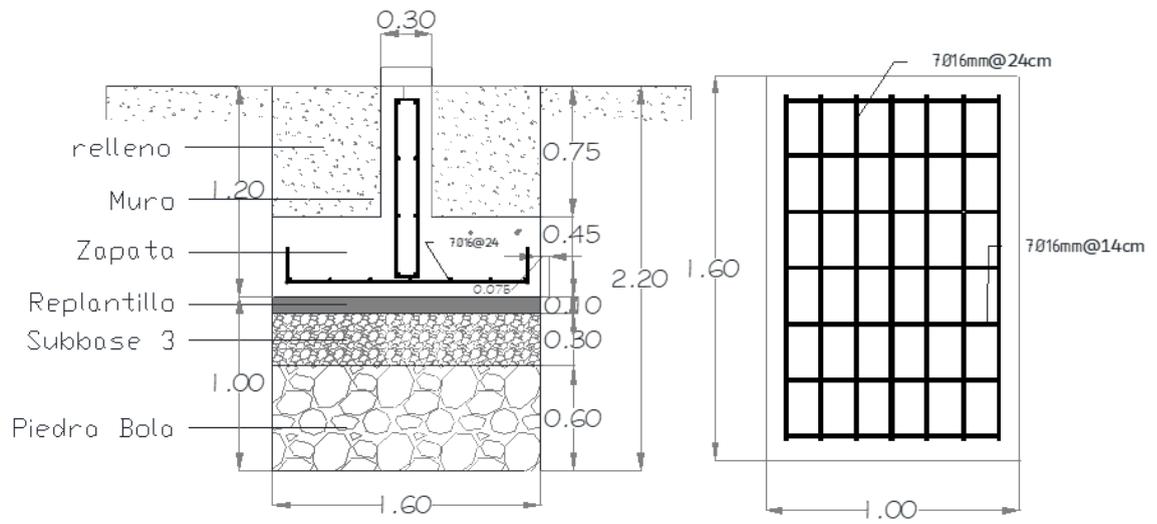
6.2.12 Separación del refuerzo

$$S = \frac{B - 2r_{Libre} - 2\phi}{\#varillas - 1}$$

$$S = \frac{150 - 2(7.5) - 2(0.16)}{11 - 1}$$

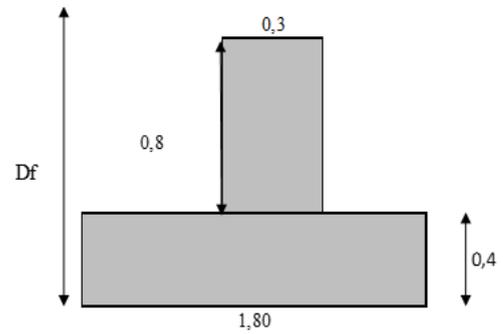
$$S = 24,11 - 24 \text{ cm}$$

6.2.13 Armado de acero – Vista en elevación y en planta



6.3 Diseño de Zapata Aislada según ACI 318-14

Datos			
Concreto	f'_c	280	Kg/cm ²
Fluencia del acero	f_y	4200	Kg/cm ²
Peso de carga Muerta	WD	78,942	Tn
Peso de carga Viva	WL	24,449	Tn
Peso en estado limite	WU	133,848	Tn
Capacidad admisible	q_a	49,084	Tn/m ²
Peso especifico		1,8	Tn/m ³
Peso especifico del concreto		2,4	Tn/m ³
Profundidad de desplante	Df	1,2	m



6.3.1 *Recubrimiento.* De acuerdo a la norma del ACI 318-14 el acero de refuerzo requiere por lo menos un recubrimiento libre de 75 mm.

Se usará un diámetro de 16 mm para el acero en ambos sentidos

$$r = 7,5 \text{ cm} + 1,5(\emptyset)$$

$$r = 7,5 \text{ cm} + 1,5(1,6 \text{ cm})$$

$$r = 9,90 \text{ cm}$$

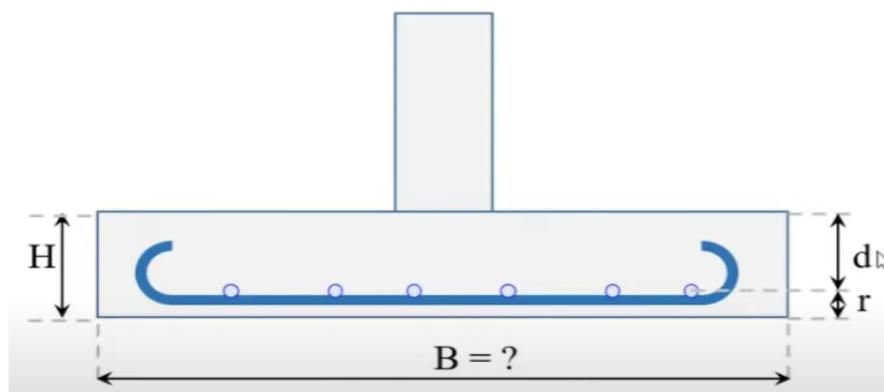
6.3.2 *Peralte Efectivo.* De acuerdo a la norma del ACI 318-14 el peralte efectivo debe ser de al menos de $d = 150 \text{ mm}$.

Asumiremos una altura de zapata de 45 cm para los cálculos.

$$d = H - r$$

$$d = 40 - 9,90$$

$$d = 30,1 \text{ cm}$$



6.3.3 Capacidad de carga neta

$$qn = qa - \gamma m * Hs - \gamma c * H$$

$$qn = 49,084 \frac{Tn}{m^2} - 1,8 \frac{Tn}{m^3} * 0,8 m - 2,4 \frac{Tn}{m^3} * 0,3$$

$$qn = 46,924 \frac{Tn}{m^2}$$

6.3.4 Determinación del ancho de la zapata. Para el dimensionamiento de la zapata se usan las cargas de servicio es decir WD+WL debido a que el suelo cuenta con un factor de seguridad, en el diseño se considerará el peso último de servicio.

$$B = \frac{WD+WL}{qn}$$

$$B = \frac{78,942 Tn + 24,449 Tn}{46,924 \frac{Tn}{m^2}}$$

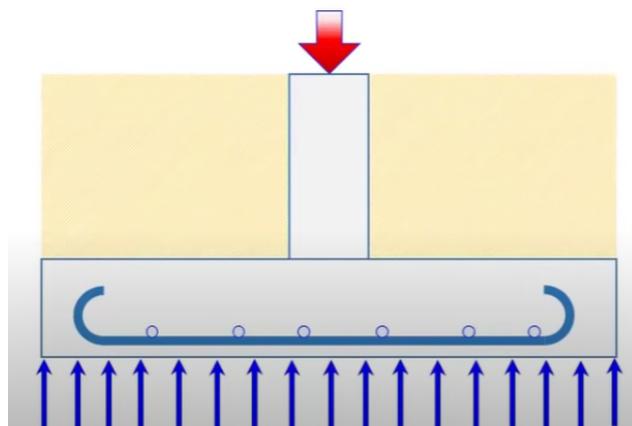
$$B = 1,484 m \sim \text{Se opta por } 1,80 m$$

Para el diseño por resistencia que ejerce el suelo sobre zapata

$$qu = \frac{WU}{B}$$

$$qu = \frac{133,848 \frac{Tn}{m}}{1,80 m}$$

$$qu = 41,311 \frac{Tn}{m^2}$$



En la norma del ACI 318-14 nos dice que la sección crítica para cortante en una dirección o para cortante en dos direcciones debe medirse desde la ubicación de la sección crítica para Mu.

TABLA 16. Localización de la sección crítica para Mu

Localización de la sección crítica	Miembro soportado
Cara de la columna o pedestal	Columna o pedestal
En el punto medio entre la cara de la columna y el borde de la placa base de acero	Columna con placa base de acero
Cara del muro	Muro de concreto
En el punto medio entre el eje y la cara del muro de albañilería	Muro de albañilería

Fuente: ACI 318S-14 [19]

6.3.5 Revisión de la zapata considerando la transmisión de Fuerza Cortante en una dirección.

$$Vu = \left(\frac{B-b}{2} - d \right) x 1,8 x qu$$

$$Vu = \left(\frac{1,8 m - 0,3 m}{2} - \frac{30,10 m}{100} \right) x 1,8 x 41,311 \frac{Tn}{m^2}$$

$$Vu = 33,388 Tn$$

6.3.5.1 Cortante resistente del concreto en una dirección. Según el apartado 22.5.5.1 del ACI 318-14

TABLA 17. Cortante resistente del concreto a una dirección V_c

Sistema SI esfuerzos en MPa	Sistema mks esfuerzos en kgf/cm ²	Sistema de unidades usuales en USA esfuerzos en libras por pulgada cuadrada (lb/pulg ²)
$V_c = 0.17\lambda\sqrt{f'_c} b_w d$	$V_c = 0.53\lambda\sqrt{f'_c} b_w d$	$V_c = 2\lambda\sqrt{f'_c} b_w d$

Fuente: ACI 318S-14 [19]

Para determinar el valor de λ de nos dirigimos a la Tabla 19.2.4.2 del ACI 318-14

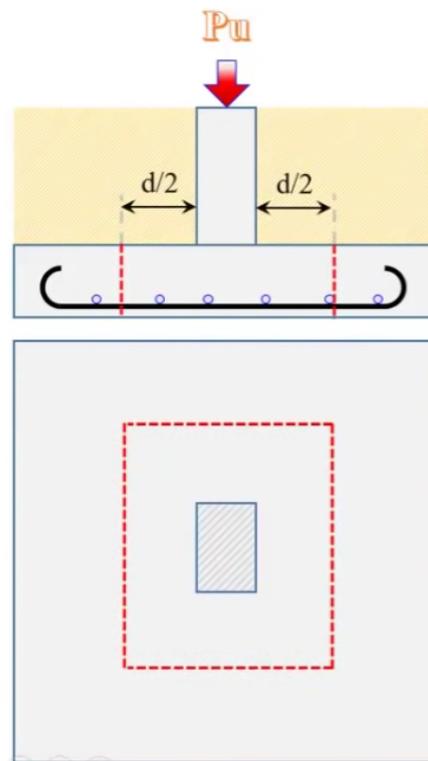
TABLA 18. Valor de λ para elementos de concreto

Concreto	Composición de los agregados	λ
Todos livianos	Fino: ASTM C330M Grueso: ASTM C330M	0.75
Liviano, mezcla fina	Fino: Combinación de ASTM C330M y C33M Grueso: ASTM C330	0.75 a 0.85 ^[1]
Arena, liviana	Fino: ASTM C33M Grueso: ASTM C330M	0.85
Arena, liviana, Mezcla gruesa	Fino: ASTM C33M Grueso: Combinación de ASTM C330M y C33M	0.85 a 1.00 ^[2]
Peso normal	Fino: ASTM C33M Grueso: ASTM C33M	1.00

Fuente: ACI 318S-14 [19]

Para nuestro caso utilizaremos el valor que es asignado a un concreto de peso normal

Ubicación de la sección crítica para cortar en dos direcciones



$$V_c = 0,53\lambda\sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$V_c = 0,53 \times 1 \times \sqrt{280 \frac{Kg}{cm^2}} \times 180 \text{ cm} \times 30,10 \text{ cm}$$

$$V_c = 48,050 \text{ Tn}$$

TABLA 19. Factores de reducción de resistencia ϕ

Acción o Elemento Estructural		ϕ	Excepciones
(a)	Momento, fuerza axial o momento y fuerza axial combinados	0.65 a 0.9 de acuerdo con 21.2.2	Cerca de los extremos de elementos pretensados donde los torones no se han desarrollado totalmente, ϕ debe cumplir con 21.2.3.
(b)	Cortante	0.75	Se presentan requisitos adicionales en 21.2.4 para estructuras diseñadas para resistir efectos sísmicos.

Fuente: ACI 318S-14 [19]

$$\phi V_c = 0,75 \times 48,050 \text{ Tn}$$

$$\phi V_c = 36,038 \text{ Tn}$$

Verificación

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$36,038 \text{ Tn} \geq 33,388 \text{ Tn}$$

6.3.6 Diseño de la zapata considerando transmisión de fuerza cortante en 2 direcciones

$$V_u = (B^2 - (a + d)(b + d)) \times q_u$$

$$V_u = (1,8^2 - (0,5 + 0,3010)(0,3 + 0,3010)) \times 41,311$$

$$V_u = 113,961 \text{ Tn}$$

$$b_o = 2(a + d) + 2(b + d)$$

$$b_o = 2(0,5 + 0,3010) + 2(0,3 + 0,3010)$$

$$b_o = 280,4 \text{ cm}$$

TABLA 20. Cálculo de v_c para cortante en dos direcciones

Sistema SI Esfuerzos en MPA	Sistema mks esfuerzos en kgf/cm ²	Sistema de unidades
$V_c = 0.33\lambda\sqrt{f'_c}$	$V_c = 1.1\lambda\sqrt{f'_c}$	$V_c = 4\lambda\sqrt{f'_c}$
$V_c = 0.17\left(1 + \frac{2}{\beta}\right)\lambda\sqrt{f'_c}$	$V_c = 0.53\left(1 + \frac{2}{\beta}\right)\lambda\sqrt{f'_c}$	$V_c = \left(2 + \frac{4}{\beta}\right)\lambda\sqrt{f'_c}$
$V_c = 0.083\left(2 + \frac{\alpha_s d}{b_o}\right)\lambda\sqrt{f'_c}$	$V_c = 0.27\left(2 + \frac{\alpha_s d}{b_o}\right)\lambda\sqrt{f'_c}$	$V_c = \left(2 + \frac{\alpha_s d}{b_o}\right)\lambda\sqrt{f'_c}$

Nota: β es la relación del lado largo al lado corto de la sección de la columna, carga concentrada o área de reacción, y α_s está dada en 22.6.5.3.

Fuente: ACI 318S-14 [19]

$$V_c = 1,1 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d = 1,1 \lambda \sqrt{280} \times 280,4 \times 30,10 = 155,352 \text{ Tn}$$

$$V_c = 0,53 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'_c} = 0,53 \left(1 + \frac{2}{50/30}\right) 1 \sqrt{280} = 164,673 \text{ Tn}$$

$$V_c = 0,27 \left(2 + \frac{\alpha_s d}{b_o}\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d = 0,27 \left(2 + \frac{50 \times 30,10}{280,4}\right) \sqrt{280} \times 280,4 \times 30,10$$

$$V_c = 280,930 \text{ Tn}$$

Se escoge el menor siendo 155,352 Tn

$$\phi V_c = 0,75 \times 155,352 \text{ Tn}$$

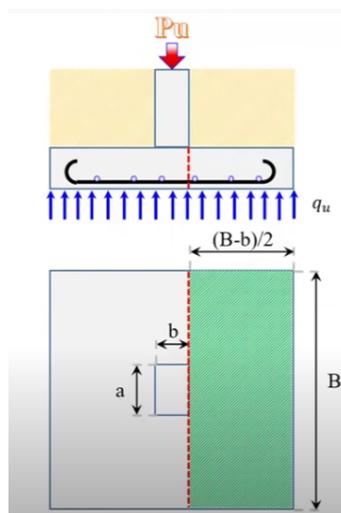
$$\phi V_c = 116,514 \text{ Tn}$$

Verificación

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$116,514 \text{ Tn} \geq 113,961 \text{ Tn}$$

6.3.7 Momento Flexionante ejercido en la sección crítica

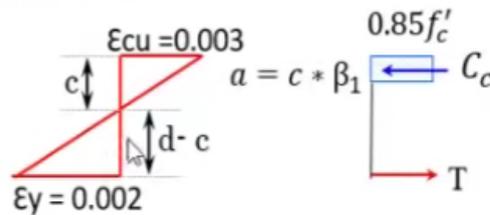


$$Mu = \left[1,8 m \left(\frac{B-b}{2} \right) \right] x qu x \left(\frac{B-b}{4} \right)$$

$$Mu = \left[1,8 m \left(\frac{1,8 m - 0,3 m}{2} \right) \right] x 41,311 \frac{Tn}{m^2} x \left(\frac{1,8 m - 0,3 m}{4} \right)$$

$$Mu = 20,914 Tn - m$$

6.3.8 Momento resistente



$$\frac{c}{\epsilon_{cu}} = \frac{d}{\epsilon_y + \epsilon_{cu}} = c = \frac{\epsilon_{cu} x d}{\epsilon_y + \epsilon_{cu}} = \frac{0,003 x 30,10}{0,003 + 0,002} = 18,06 \text{ cm}$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$a = \beta x c$$

$$a = 18,06 x 0,85$$

$$a = 15,35 \text{ cm}$$

$$As = \frac{Mu}{\phi f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)}$$

$$As = \frac{20,914 \text{ tn-m}}{0,9 x 4200 \left(30,10 - \frac{15,35}{2} \right)}$$

$$As = 24,672 \text{ cm}^2$$

Se coloca el mayor valor de estas dos ecuaciones

$$As_{min} = \frac{0,8 x \sqrt{f'_c}}{f_y} x bw x d = \frac{0,8 x \sqrt{280}}{4200} x 180 x 30,10 = 17,269 \text{ cm}^2$$

$$As_{min} = \frac{14}{f_y} x bw x d = \frac{14}{4200} x 180 x 30,10 = 18,096 \text{ cm}^2$$

$$As = 24,672 \text{ cm}^2$$

12 varillas de $\phi = 16 \text{ mm}$

$$As = \frac{\pi x \phi^2}{4} x 12$$

$$As = 24,74 \text{ cm}^2$$

$$Mn = As \times Fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn = 24,672 \times 4200 \times \left(d - \frac{2,365}{2}\right)$$

$$Mn = 29,303 \text{ Tn} - m$$

$$\phi Mn = 0,9(29,303 \text{ Tn} - m)$$

$$\phi Mn = 26,73 \text{ Tn} - m$$

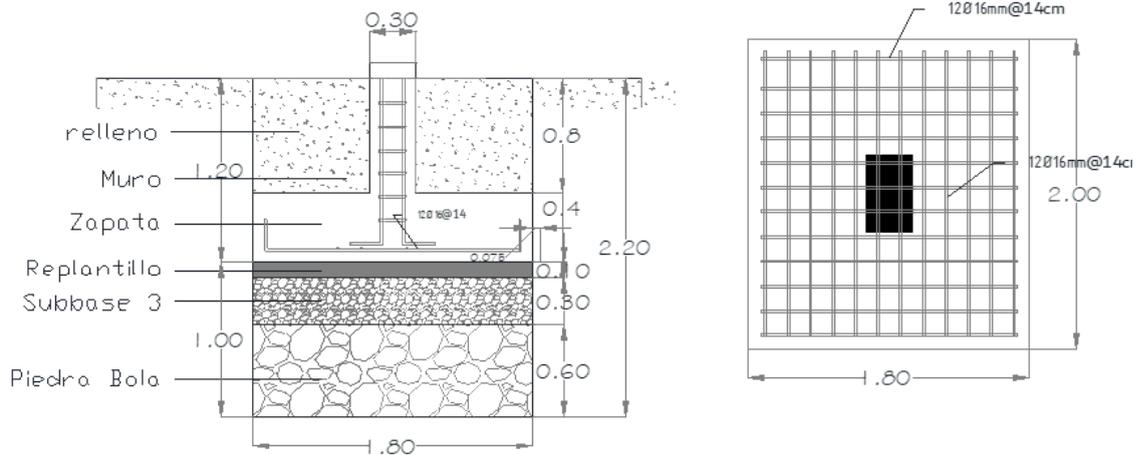
6.3.9 Separación del refuerzo en ambos sentidos

$$S = \frac{B - 2r_{\text{Libre}} - 2\phi}{\# \text{varillas}}$$

$$S = \frac{180 - 2(7.5)}{12}$$

$$S = 13,75 - 14 \text{ cm}$$

6.3.10 Armado de acero – Vista en elevación y en planta



6.4 Presupuesto

Comparativo entre una zapata corrida y una zapata aislada, relación 1:2

TABLA 21. Presupuesto entre las zapatas en estudio

Especificaciones para el hormigón				
	F'c (Kg/cm2)		Fy (Kg/cm2)	
Replanto	180		4200	
Cimentación	280		4200	
Cantidades de Obra por zapata aislada				
Descripción	Cantidad (m3)	Precio por m3	Cantidad	Total
Excavación	7,8	5,2	27	1095,12
Piedra Bola	2,16	28		1632,96
Subbase clase 3	1,08	26		758,16
Replanto	0,36	120		1166,4
Zapata	1,44	180		6998,4
Relleno	2,76	12		894,24
Descripción	Cantidad (m)	Peso (Kg/m)	Precio	Total
Acero de refuerzo - 16 mm	1731,6	1,552	3,35	9002,935
Total				21548,215

Cantidades de Obra por zapata corrida				
Descripción	Cantidad (m3)	Precio por m3	Cantidad	Total
Excavación	53,6625	5,2	9	2511,405
Piedra Bola	19,08	28		4808,16
Subbase clase 3	7,155	26		1674,27
Replanto	2,385	120		2575,8
Zapata	10,7325	180		17386,65
Relleno	14,31	12		1545,48
Descripción	Cantidad (m)	Peso (Kg/m)	Precio	Total
Acero de refuerzo - 16 mm	2103,57	1,552	3,35	10936,881
Total				41438,646

Fuente: Autor

6.5 Parámetros a considerar en el diseño de una cimentación.

Para el diseño de la cimentación de un proyecto se debe tener en cuenta los siguientes factores:

- Donde será realizada la Obra
- Estudio de Suelos
- Área de Zona sísmica
- Función de la edificación
- Carga de servicio de la edificación

6.5.1 Factores que determinan el tipo de cimentación. Para determinar la correcta cimentación se tuvo en cuenta los siguientes parámetros:

- Uso y dimensiones de la estructura
- Función de cada tipo del cimiento ante cargas
- Cuando las cargas son muy altas y el suelo tiene baja capacidad portante se debe diseñar una losa de cimentación.
- Si el tipo de zapatas ocupa un área mayor al 50% de la superficie del edificio es recomendable diseñar una losa de cimentación.
- En una zapata corrida transmite mejor las cargas al suelo a diferencia de una zapata cuadrada o circular.
- Es recomendable usar zapatas continuas en una o dos direcciones con el índice de compresibilidad media está entre 0,2 y 0,4 para evitar asentamientos.
- Para el uso de zapatas corridas el índice de compresibilidad es baja y es menor a 0,2.

6.6 Estratigrafía del suelo

TABLA 22. Estratigrafía del Suelo en estudio

ESTRATIGRAFIA DEL SUELO				
Prof(m)	Estratigrafía	Espesor	Clasif. Sucs	N -SPT
0,15 - 1,30	Arcilla color café	1,30	CL	2
1,30 - 2	Arcilla limosa color café	0,70	CH	1
2 - 6,50	Arena fina limosa color café	4,50	SM	7
6,50 - 8	Arena fina limosa color café	1,50	SM	10
8 - 9,50	Arena fina limosa color café	1,50	SM	12
9,50 - 11	Arena fina limosa color café	1,50	SM	13
11 - 12,50	Arcilla limosa color café	1,50	CL	8
12, 50 - 14	Arcilla limosa color café	1,50	CL	16
14 - 15,50	Arcilla limosa color café	1,50	CL	18

Fuente: Tesis: Stefany Mancheno - Análisis del desempeño sísmico del edificio de aulas de la unidad académica de ingeniería civil [16]

TABLA 23. Límites de Atterberg

Profundidad (m)	Estratigrafía	Contenido de Humedad (W - %)		Índice de Plasticidad (IP - %)	
		Perf. 1	Perf. 2	Perf. 1	Perf. 2
1,3	Arcilla Limosa Color Café	46,8	47	24,3	28
2		51,28	88,16	33,4	26,7
3,5		46,7	81,64	23,5	21,2
5		48,2	79,52	28,1	26,6

6.6.1 Índice de compresibilidad del suelo en estudio

TABLA 24. Compresibilidad del suelo según sondeo a 5 metros de profundidad.

Prof(m)	Limite Líquido (LL)	Índice de compresibilidad (Cc)	
		Cc = 0,009 (LL - 10)	
1,3	46,8	0,331	Media
2	51,28	0,372	Media
3,5	46,7	0,330	Media
5	48,2	0,344	Media

Fuente: Propia

6.7 Carga Por el Peso Propio de la Estructura.

Las cargas permanentes de la estructura son las siguientes

- Peso propio
- Losa
- Acabados
- Mampostería

TABLA 25. Lista de pesos unitarios de materiales de construcción

MATERIAL	PESO UNITARIO	UNIDAD
Hormigón Armado	24.0	KN/m ³
Hormigón Simple	22.0	KN/m ³
Cemento compuesto y arena 1:3 a 1:5 (mortero)	20.0	KN/m ³
Baldosa de Cerámica, con mortero de cemento por cada cm de espesor.	0.20	KN/m ²
H. cielo rasos de mortero de Cemento	0.55	KN/m ²
Contrapiso de hormigón simple, por cada cm, de espesor	0.22	KN/m ²

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC_SE_CG_ (cargas no sísmicas) [20]

6.7.1 Cálculo del peso propio del edificio

TABLA 26. Peso de vigas, columnas y Pantallas

Peso Propio de Vigas, Columnas y Pantallas							
Elemento	Número de elementos	Dimensiones			Peso		
		b(m)	h(m)	largo(m)	Peso (Ton/m3)	Peso total (Ton)	
Columnas	27	0,3	0,5	8,7	2,4	84,56	
Vigas	Principal						
	V-8	27	0,3	0,7	18,1	2,4	246,30
	VT-25	9	0,2	0,7	25,6	2,4	77,41
	V - Esc	2	0,2	0,5	3,2	2,4	1,54
Total	65	Peso total				409,82	

Elemento	Número de elementos	Dimensiones			Peso	
		b(m)	h(m)	largo(m)	Peso (Ton/m3)	Peso total (Ton)
Pantallas horizontal	45	0,1	1,2	3,2	2,4	41,472
Pantallas horizontal	45	0,1	0,7	3,2	2,4	24,192
Pantallas Vertical	36	0,1	2,7	1	2,4	23,328
Total	126	Peso total				88,99

Fuente: Autor

Para obtener el Peso de la Losa se analizó el peso de la misma para un metro cuadrado, tomando en cuenta la viga T que se forma y el bloque de alivianamiento.

El 1 y 2 piso alto cuentan con losas de espesor de 30 cm

TABLA 27. Dimensiones de bloque

DIMENSIONES DEL BLOQUE			PESO UNITARIO
a	b	c	
20 cm	40 cm	10 cm	8 Kg
20 cm	40 cm	15 cm	10 Kg
20 cm	40 cm	20 cm	12 Kg
20 cm	40 cm	25 cm	14 Kg

Fuente: Autor

TABLA 28. Peso de losa de espesor de 30 cm por m²

Peso propio de losa					
Elemento	Peso de Losa de 1 y 2 piso				
	Dimensiones			Peso	
	Espesor	Ancho	Largo	Peso (Ton/m3)	Peso total (Ton)
Nervios	0,2	0,25	1	2,4	0,12
Loseta de compresion	0,05	1	1	2,4	0,12
	Cantidad			Peso/m2	
Bloques de aliviamentos	10			0,014	0,14
Peso total de losa m2					0,38

Fuente: Autor

La cubierta está compuesta de una losa de hormigón con un espesor de 20 cm

TABLA 29. Peso de losa de espesor de 20 cm por m²

Peso propio de losa de cubierta					
Elemento	Peso de Losa de Cubierta				
	Dimensiones			Peso	
	Espesor	Ancho	Largo	Peso (Ton/m3)	Peso total (Ton)
Nervios	0,2	0,15	1	2,4	0,072
Loseta de compresion	0,05	1	1	2,4	0,12
	Cantidad			Peso/m2	
Bloques de aliviamentos	10			0,01	0,1
Peso total de losa m2					0,29

Fuente: Autor

Finalmente se obtiene el peso total de la losa aliviada de hormigón armado.

TABLA 30. Peso total de losa

Peso total de losa				
Planta	l(m)	a(m)	Área de losa (m2)	Peso (Ton)
1PA	28,3	14,9	407,59	154,88
2PA	28,3	14,9	407,59	154,88
Cubierta	28,3	14,9	421,67	123,13
Peso total de losa y cubierta			1236,85	432,90

Fuente: Autor

Peso por el descanso de la escalera.

TABLA 31. Peso total del descanso de la escalera

Peso total de descanso de escalera				
Elemento	Área (m2)	Espesor (m)	Peso (Ton/m3)	Peso (Ton)
Descanso 1	5,76	0,15	2,4	2,0736
Descanso 2	5,76	0,15	2,4	2,0736
Total				4,147

Fuente: Autor

Peso de escalera sin descanso

TABLA 32. Peso total de tramos de escalera

Peso total de tramos de escalera					
Elemento	Huella	ContraHuella	ancho	Peso (Ton/m3)	Peso (Ton)
16	0,3	0,177	1,40	2,4	2,85
16	0,3	0,188	1,40	2,4	3,03
Total					5,89

Fuente: Autor

Peso de la losa del tanque elevado

TABLA 33. Peso de losa del tanque elevado

Peso de losa del tanque elevado					
Elemento	Espesor	Ancho	Largo	Peso (Ton/m3)	Peso (Ton)
losa	0,2	2,2	3,8	2,4	4,01
	0,05	2,2	3,8	2,4	1,00
Peso total de losa del tanque elevado					5,02

Fuente: Autor

6.7.2 Sobrecarga en la estructura

6.7.2.1 Paredes. La estructura cuenta 2 tipos de espesores de paredes que son de 12 y 22 cm. Se considera:

$$\text{Ladrillo cerámico hueco } 10 \text{ KN/m}^3 = 1000 \text{ Kg/ m}^3$$

No se conoce las dimensiones del mampuesto se considera lo que indica la norma NTE INEN 293:1977 para la fabricación de ladrillo:

TABLA 34. Dimensiones de ladrillo

Tipo de Ladrillo	Largo L (cm)	Ancho a (cm)	Alto h (m)
Común	39	19	9
De máquina	39	19	9
	29	14	9
Reprensado	29	19	9
	29	14	9
Hueco	29	19	19
	29	19	14
	29	19	9

Fuente: NTE INEN 293:1977

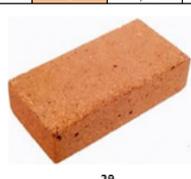
Para la pared de 12 cm de espesor se usará ladrillos huecos de L= 29 , e = 19 y h = 9.

TABLA 35. Peso por m² de pared de espesor de 12 cm

Calculo para m2 de muro, m3 mortero y material

Medida pieza en cm	Conversión a M	Medidas Muro	1	Largo en metros
Largo	29	0,29	1	Largo en metros
Alto	19	0,19	1,5	Alto en metros
Ancho	9	0,09	1	m2

Longitud ladrillo + junta (en metros)		
0,29	0,015	0,305
0,19	0,015	0,205



Muro de ladrillo, etc.



Area Ladrillo	Largo + junta	Alto + junta	Total
	0,305	0,205	0,062525

Cantidad de Ladrillo	
Número de Ladrillo	Area Muro/Area Ladrillo = 15,993603 = 16
Peso por m3	1000 = 79,3 Kg
	0,079 Tn

Instrucciones

Sólo Editar esto:

Medida Ladrillo en cm

Medida de Muros en M

Junta en cm

Proporciones

Costo de materiales

Tipo de Ladrillo	Largo L (cm)	Ancho a (cm)	Alto h (m)
Común	39	19	9
De máquina	39	19	9
	29	14	9
Reprensado	29	19	9
	29	14	9
Hueco	29	19	19
	29	19	14
	29	19	9

Vol. Mortero

Vol. Mort 1 = 0,09

Vol. Mort 2 = 0,07931228

Vol. total = 0,107 m³

Formulas

Area Muro x Ancho Ladrillo

Número de Ladrillos x Largo Ladrillo x Alto Ladrillo x Ancho Ladrillo

Vol Mortero 1 - Vol Mortero 2

	Peso (tn/m ³)	III. Piedras artificiales, Concretos y Morteros (Peso Vol. ton/m ³)	
		Máximo	Mínimo
Peso total de mortero	0,0224 Tn	2,20	2,00
		2,40	2,20
		1,50	1,40
		2,10	1,90
		1,50	1,10
		1,50	1,30
		2,20	1,60

Vol de enlucido

Espeor - ambas caras = 0,03

Vol. Total = 0,03

Peso total de mortero = 0,0630 Tn

Peso total de pared (10 cm)		0,1648	Tn
-----------------------------	--	--------	----

Fuente: Autor

Para la pared de 22 cm de espesor se usará ladrillos huecos de L= 29 , e = 19 y h = 19.

TABLA 36. Peso por m² de pared de espesor de 22 cm

Medida pieza en cm					Longitud ladrillo + junta (en metros)			
Largo	29	0,29	Medidas Muro	1	Largo en metros	0,29	0,015	0,305
Alto	19	0,19	Junta en cm	1,5	Alto en metros	0,19	0,015	0,205
Ancho	19	0,19	Area Muro	1				

Calculo para m2 de muro, m3 mortero y material			
Area Ladrillo	Largo + junta	Alto + junta	Total
	0,305	0,205	0,062525
Cantidad de Ladrillo			
Número de Ladrillo	Area Muro/Area ladrillo	15,993503	16
	Peso por m3	1000	167,4 Kg
			0,167 Tn

Instrucciones			
Sólo Editar esto:			
Medida Ladrillo en cm			
Medida de Muros en M			
Junta en cm			
Proporciones			
Costo de materiales			

Tipo de Ladrillo	Largo L (cm)	Ancho a (cm)	Alto h (m)
Comun	39	19	9
De máquina	39	19	9
	29	14	9
Reprensado	29	19	9
	29	14	9
Hueco	29	19	19
	29	19	14
	29	19	9

Formulas			
Vol. Mortero			
Vol. Mort 1	0,19	Area Muro x Ancho ladrillo	
Vol. Mort 2	0,16743703	Número de Ladrillos x Largo Ladrillo x Alto Ladrillo x Ancho Ladrillo	
Vol. total	0,0226	Vol Mortero 1 - Vol Mortero 2	

III. Piedras artificiales, Concretos y Morteros (Peso Vol. ton/m ³)			
		Máximo	Mínimo
Concreto simple con agregados de peso normal	2,20	2,20	2,00
Concreto reforzado	2,40	2,20	
Mortero de cal y arena	1,50	1,40	
Mortero de cemento y arena	2,10	1,90	
Aplanado de yeso	1,50	1,10	
Tabique macizo hecho a mano	1,50	1,30	
Tabique macizo prensado	2,20	1,60	

Peso (tn/,m3)	2,1		
Peso total de mortero	0,0474	Tn	
Vol de enlucido			
Espesor - ambas caras	0,03		
Vol. Total	0,03		
Peso total de mortero	0,0630	Tn	
Peso total de pared (10 cm)		0,2778	Tn

Fuente: Autor

Una vez obtenido el peso por m² de pared para los distintos espesores, se cuantifica el total de paredes, y se obtiene el peso por sobrecarga de paredes.

TABLA 37. Peso total de paredes del edificio

Peso total de paredes - 2 piso alto								
Elemento	Numero de elementos	Dimensiones			Abertura (m2)	Área de ladrillo	Peso (tn/m2)	Peso Total
		e (m)	L (m)	h(m)				
Pared Frontal	8	0,2	3,2	1,5		38,40	0,278	10,668
Pared Posterior	6	0,2	3,2	1,5		28,80	0,278	8,001
	2	0,2	3,2	2,3		14,72	0,278	4,089
Pared Lateral derecha	1	0,1	6,8	2,7	3,84	14,52	0,165	2,392
	1	0,1	7,2	2,7		19,44	0,165	3,203
Pared Lateral izquierda	1	0,1	6,8	2,7		18,36	0,165	3,025
	1	0,1	7,2	2,7		19,44	0,165	3,203
Paredes internas								
	8	0,2	3,2	2,7	7,4	61,72	0,278	17,147
	5	0,1	3,2	2,7	6,8	36,40	0,165	5,997
	2	0,1	7,2	2,7	1,8	37,08	0,165	6,109
	5	0,1	4,4	2,7		59,40	0,165	9,787
	1	0,1	2,4	2,7	2,8	3,68	0,165	0,606
Peso total de paredes - 1 piso alto								
Elemento	Numero de elementos	Dimensiones			Abertura (m2)	Área de ladrillo	Peso (tn/m2)	Peso Total
		e (m)	L (m)	h(m)				
Pared Frontal	8	0,1	3,2	1,9		48,64	0,165	8,014
Pared Posterior	5	0,1	3,2	1,9		30,40	0,165	5,009
	2	0,1	3,2	3,1		19,84	0,165	3,269
	1	0,1	3,2	3,1	1,68	8,24	0,165	1,358
Pared Lateral derecha	1	0,1	6,8	3,1	3,84	17,24	0,165	2,840
	1	0,1	7,2	3,1		22,32	0,165	3,677
Pared Lateral izquierda	1	0,1	6,8	3,1		21,08	0,165	3,473
	1	0,1	7,2	3,1		22,32	0,165	3,677
Paredes internas								
	8	0,2	3,2	3,1	7,4	71,96	0,278	19,992
	3	0,1	3,2	3,1	5	24,76	0,165	4,079
	1	0,1	7,2	3,1		22,32	0,165	3,677
	2	0,1	6,8	3,1	2,8	39,36	0,165	6,485
	3	0,1	4,4	3,1		40,92	0,165	6,742
Peso total de paredes -Planta baja								
Elemento	Numero de elementos	Dimensiones			Abertura (m2)	Área de ladrillo	Peso (tn/m2)	Peso Total
		e (m)	L (m)	h(m)				
Pared Frontal	8	0,2	3,2	1,8		46,08	0,278	12,802
Pared Posterior	4	0,2	3,2	1,8		23,04	0,278	6,401
	3	0,2	3,2	2,9		27,84	0,278	7,734
	1	0,2	3,2	2,9	4,04	5,24	0,278	1,456
Pared Lateral derecha	1	0,1	6,8	2,9	6,96	12,76	0,165	2,102
	1	0,1	7,2	2,9		20,88	0,165	3,440
Pared Lateral izquierda	1	0,1	6,8	2,9	6,96	12,76	0,165	2,102
	1	0,1	7,2	2,9		20,88	0,165	3,440
Paredes internas								
	8	0,2	3,2	2,9	2,8	71,44	0,278	19,847
	5	0,1	3,8	2,9		55,10	0,165	9,078
	2	0,1	7,2	2,9	2,4	39,36	0,165	6,485
	2	0,1	3	2,9	3,6	13,80	0,165	2,274
	5	0,1	4,4	2,9		63,80	0,165	10,511
	1	0,1	11,4	2,9	2,4	30,66	0,165	5,051
Peso total de paredes								239,245

Fuente: Autor

Peso de paredes: 239,245 Tn

6.7.2.2 *Peso de Recubrimientos.* El peso por recubrimiento de pisos se evalúa considerando un tamaño de baldosa de cerámica de 30cm x 30 cm con peso de 1.38 Kg/Unidad.

Número baldosas por m² de piso = 11

TABLA 38. Peso total de baldosa

Peso de baldosa por m2			
Numero de Baldosas por m2	Peso de baldosa (Tn)	Peso de mortero por m2 (tn/m3)	Área de mortero m2
11	0,00138	2	0,02
Peso total de cerámica y mortero (Tn)			0,0552

Peso total de Baldosa						
Planta	l(m)	a(m)	Área de losa (m2)	Abertura de escalera	Área total	Peso (Ton)
1PA	28,3	14,9	421,67	14,08	407,59	22,49
2PA	28,3	14,9	421,67	14,08	407,59	22,49
Peso total de losa						44,98

Fuente: Autor

TABLA 39. Enlucido inferior de losa

Peso de enlucido inferior de losa						
Planta	l(m)	a(m)	Área de Losa (m2)	Peso (Ton/m3)	espesor (m)	Peso total (Ton)
1PA	28,3	14,9	407,59	2,00	0,015	37,11
2PA	28,3	14,9	407,59	2,00	0,015	
Cubierta	28,3	14,9	421,67	2,00	0,015	

Fuente: Autor

Total de carga muerta: PP + Sobrecarga

Total de carga muerta: 946,757 Tn + 321,332 Tn

Total de carga muerta: 1268,089 Tn

6.8 Cargas Vivas

Las cargas vivas son aquellas cargas que son temporales en la edificación como los equipos, muebles, personas entre otros.

Balcones, corredores = 4,80 KN/m²

Cubiertas planas, inclinadas y curvas= 0,70 KN/m²

Oficinas= 2,40 KN/m²

Aulas= 2,00 KN/m²

Para centros de cómputo= 4,80 KN/m²

Patios y terrazas peatonales= 4,80 KN/m²

Escaleras y rutas de escape= 4,80 KN/m²

TABLA 40. Carga viva en el edificio

Cargas Vivas				
Piso	Descripción	P. Unit (Ton/m2)	Área (m2)	Peso (Ton)
Planta Baja	Sala de equipos	0,48	55,3	26,544
	Oficina	0,24	18,62	4,469
	Sala de dibujo	0,2	56,88	11,376
	Sala de exposiciones	0,2	57,67	11,534
	Baños	0,2	33,58	6,716
	Cuarto de transformadores	0,48	11,4	5,472
	Cuarto de Bomba	0,2	6,08	1,216
	Bodega general	0,2	48,3	9,660
	dormitorio porteros	0,2	16,56	3,312
	Escalera	0,48	14,96	7,181
	Corredor	0,48	106,54	51,139
1 Piso Alto	Laboratorio de Física	0,2	135,28	27,06
	Aula de Física	0,2	80,56	16,11
	Baños	0,2	33,58	6,72
	Escalera	0,48	14,96	7,18
	Oficina	0,24	17,48	4,20
	Corredor	0,4	37,44	14,98
	Laboratorio	0,48	74,88	35,94
	Cuarto de equipo	0,48	27,36	13,13
2 Piso Alto	Área Disponible	0,2	186,2	37,240
	Aula de dibujo	0,2	110,6	22,120
	Baños	0,2	33,58	6,716
	Escalera	0,48	14,96	7,181
	Oficina	0,24	16,1	3,864
	Oficina	0,24	16,1	3,864
	Corredor	0,4	45,76	18,304
Cubierta	Losa de hormigón	0,07	421,67	29,517
Carga Viva total				392,736

Fuente: Autor

6.9 Combinaciones de cargas según la NEC_SE_CG_(cargas no sísmicas)

“Dónde:

D: carga permanente

L: sobrecarga (carga viva)

S: carga de granizo

Lr: sobrecarga cubierta (carga viva)

W: carga viento

E: carga de sismo

- **Combinación 1**

1.4D

- **Combinación 2**

$1,2D + 1,6L + 0,5\max(L_r; S; R)$

- **Combinación 3**

$1,2D + 1,6\max(L_r; S; R) + \max(L; 0,5W)$

- **Combinación 4**

$1,2D + 1,0W + L + 0,5\max(L_r; S; R)$

- **Combinación 5**

$1,2D + 1,0E + L + 0,2S$

- **Combinación 6**

$0,9D + 1,0W$

- **Combinación 7**

$0,9D + 1,0E''$ [20]

TABLA 41. Combinación de cargas NEC -15

Combinaciones de cargas según la NEC_SE_CG_(cargas no sísmicas)				
D : Dead	L :Live			Peso (Tn)
1268,089	392,736			
Combinacion 1		D	L	
1,4 D		1775,325		1775,325
Combinacion 2				
1,2 D + 1,6 L + 0,5 max(Lr ; S ; R)		1521,707	628,377	2150,084
Combinacion 3				
1,2 D + 1,6 max (Lr ; S ; R) + max(L ; 0,5 W)		1521,707	392,736	1914,443
Combinacion 4				
1,2 D + 1,0 W + L + 0,5max(Lr ; S ; R)		1521,707	392,736	1914,443
Combinacion 5				
1,2 D + 1,0 E + L + 0,2 S		1521,707	392,736	1914,443
Combinacion 6				
0,9 D + 1,0 W		1141,280		1141,280
Combinacion 7				
0,9 D + 1,0 E		1141,280		1141,280
Mayor combinacion de carga				2150,084

Fuente: Autor

6.10 Capacidad admisible de mejoramiento

TABLA 42. Determinación de la capacidad de carga del suelo – Método de Terzaghi – Piedra Bola

 CAPACIDAD DE CARGA <small>1.5</small>		PROYECTO:	EDIFICIO DE LABORATORIO DE LA FIC	FECHA:	07/02/22
		LOCALIZACIÓN:	UT MACH		
<small>Elig C/2004</small>		ELABORADO PARA:	DISEÑO DE CIMENTACION		
		ELABORÓ:	GARBY ISRAEL FAREZ ALVAREZ		
DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO -MÉTODO DE TERZAGHI-					
Datos:					
		Profundidad de desplante, D_f , (mts):	0,6		
		Peso Volumétrico del suelo; G_m (Ton/m ³):	2,5		
		Cohesión del suelo, c ; (Ton/m ²):	1,5		
		Ángulo de fricción interna del suelo, F_i (grados):	32		
		Ancho o Radio del cimiento; B ó R (mts):	1,5		
		Tipo de suelo: 1-Arcilloso firme / 2-Arcilloso blando / 3-Arenoso	1		
		Factor de seguridad, F.S.: (3.5 / 3.0 / 2.5)	3,5		
Cálculos y Resultados:					
Factores dependientes del ángulo de fricción:					
		Factor de cohesión, $N_c =$	44,04		
		Factor de sobrecarga, $N_q =$	28,52		
		Factor de piso, $N_g =$	26,87		
a) Para cimiento continuo:					
Capacidad de carga última, q_c :					
$q_c = c \cdot N_c + G_m \cdot D_f \cdot N_q + 0.5 \cdot G_m \cdot B \cdot N_g$					
Capacidad de carga admisible; q_a :					
$q_a = q_c / FS$					
$c \cdot N_c = 66,1$					
$G_m \cdot D_f \cdot N_q = 42,8$					
$0.5 \cdot g \cdot B \cdot N_g = 50,4$					
q_c , (Ton/m ²) = 159,2					
q_a, (Ton/m²) = 45,5					
b) Para cimiento cuadrado:					
Capacidad de carga última, q_c :					
$q_c = 1.3c \cdot N_c + G_m \cdot D_f \cdot N_q + 0.4 \cdot G_m \cdot B \cdot N_g$					
Capacidad de carga admisible; q_a :					
$q_a = q_c / FS$					
$1.3 \cdot c \cdot N_c = 85,9$					
$g \cdot D_f \cdot N_q = 42,8$					
$0.4 \cdot g \cdot B \cdot N_g = 26,9$					
q_c , (Ton/m ²) = 155,5					
q_a, (Ton/m²) = 44,4					

Fuente: Autor

TABLA 43. Determinación de la capacidad de carga del suelo – Método de Terzaghi –Capa de Subbase 3

	PROYECTO:	EDIFICIO DE LABORATORIO DE LA FIC	FECHA: 07/02/22
	LOCALIZACIÓN:	UTMACH	
	ELABORADO PARA:	DISEÑO DE CIMENTACION	
	ELABORÓ:	GARBY ISRAEL FAREZ ALVAREZ	
DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO -MÉTODO DE TERZAGHI-			
Datos:			
		Profundidad de desplante, D_f ; (mts):	0,3
		Peso Volumétrico del suelo; G_m (Ton/m ³):	2,26
		Cohesión del suelo, c ; (Ton/m ²):	0,5
		Ángulo de fricción interna del suelo, F_i (grados):	18
		Ancho o Radio del cimiento; B ó R (mts):	1,5
		Tipo de suelo: 1-Arcilloso firme / 2-Arcilloso blando / 3-Arenoso	1
		Factor de seguridad, F.S.: (3.5 / 3.0 / 2.5)	3,5
Cálculos y Resultados:			
Factores dependientes del ángulo de fricción:			
		Factor de cohesión, $N_c =$	15,12
		Factor de sobrecarga, $N_q =$	6,04
		Factor de piso, $N_g =$	2,59
a) Para cimiento continuo:			
Capacidad de carga última, q_c :			
$q_c = c \cdot N_c + G_m \cdot D_f \cdot N_q + 0.5 \cdot G_m \cdot B \cdot N_g$			
Capacidad de carga admisible; q_a :			
$q_a = q_c / FS$			
$c \cdot N_c = 7,6$			
$G_m \cdot D_f \cdot N_q = 4,1$			
$0.5 \cdot g \cdot B \cdot N_g = 4,4$			
q_c , (Ton/m ²) = 16,0			
q_a , (Ton/m ²) = 4,6			
b) Para cimiento cuadrado:			
Capacidad de carga última, q_c :			
$q_c = 1.3c \cdot N_c + G_m \cdot D_f \cdot N_q + 0.4 \cdot G_m \cdot B \cdot N_g$			
Capacidad de carga admisible; q_a :			
$q_a = q_c / FS$			
$1.3 \cdot c \cdot N_c = 9,8$			
$g \cdot D_f \cdot N_q = 4,1$			
$0.4 \cdot g \cdot B \cdot N_g = 2,3$			
q_c , (Ton/m ²) = 16,3			
q_a , (Ton/m ²) = 4,6			

Fuente: Autor

6.11 Fotografías del edificio de laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil

FIGURA 8. Fachada frontal del Edificio de laboratorios de la facultad de Ingeniería Civil



Fuente: Fotografía tomada por el autor

FIGURA 9. Fachada posterior del edificio de laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil



Fuente: Fotografía tomada por el autor

FIGURA 10. Fachada derecha del edificio de laboratorios de la facultad de Ingeniería Civil



Fuente: Fotografía tomada por el autor

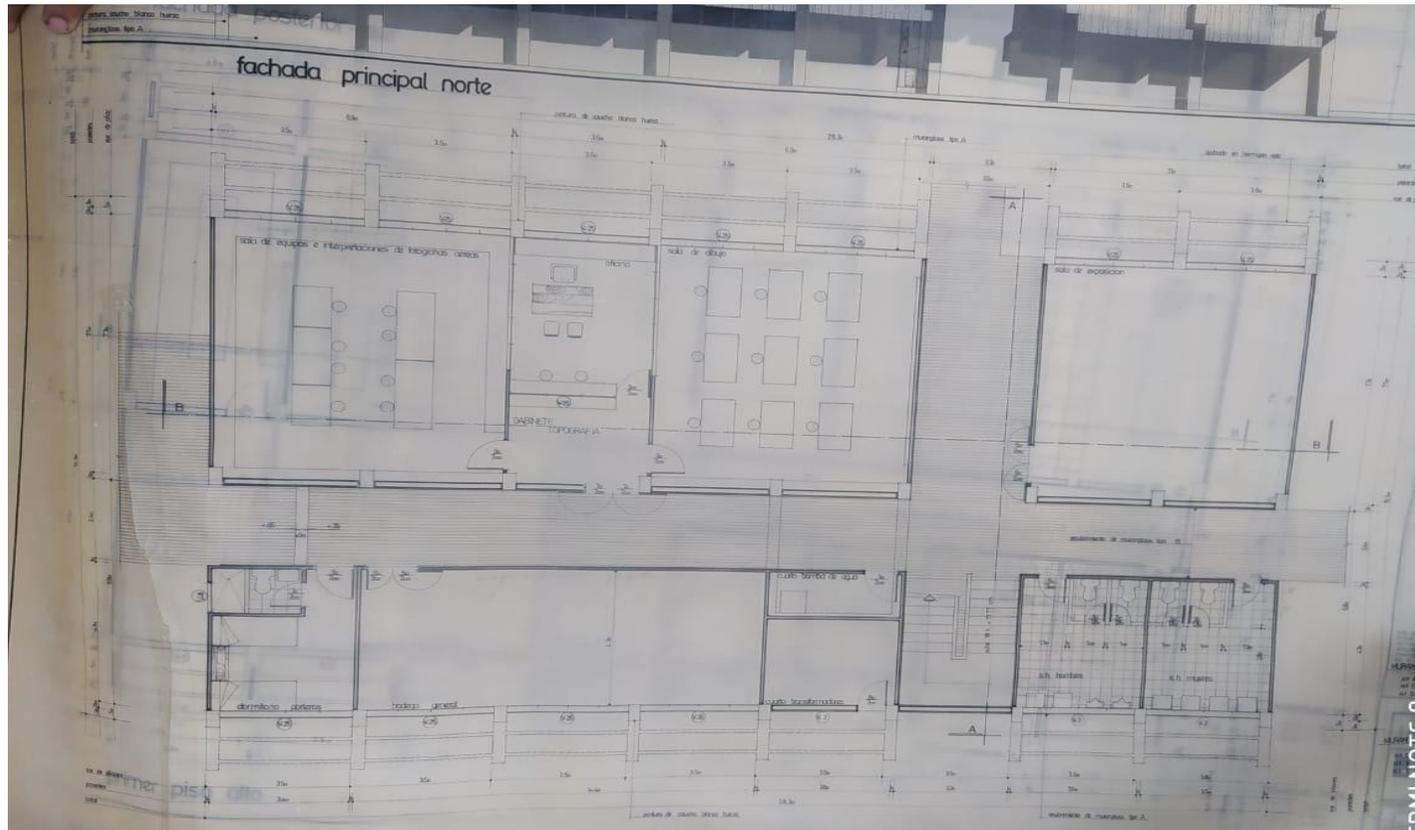
FIGURA 11. Fachada izquierda del edificio de laboratorios de la facultad de Ingeniería Civil



Fuente: Fotografía tomada por el autor

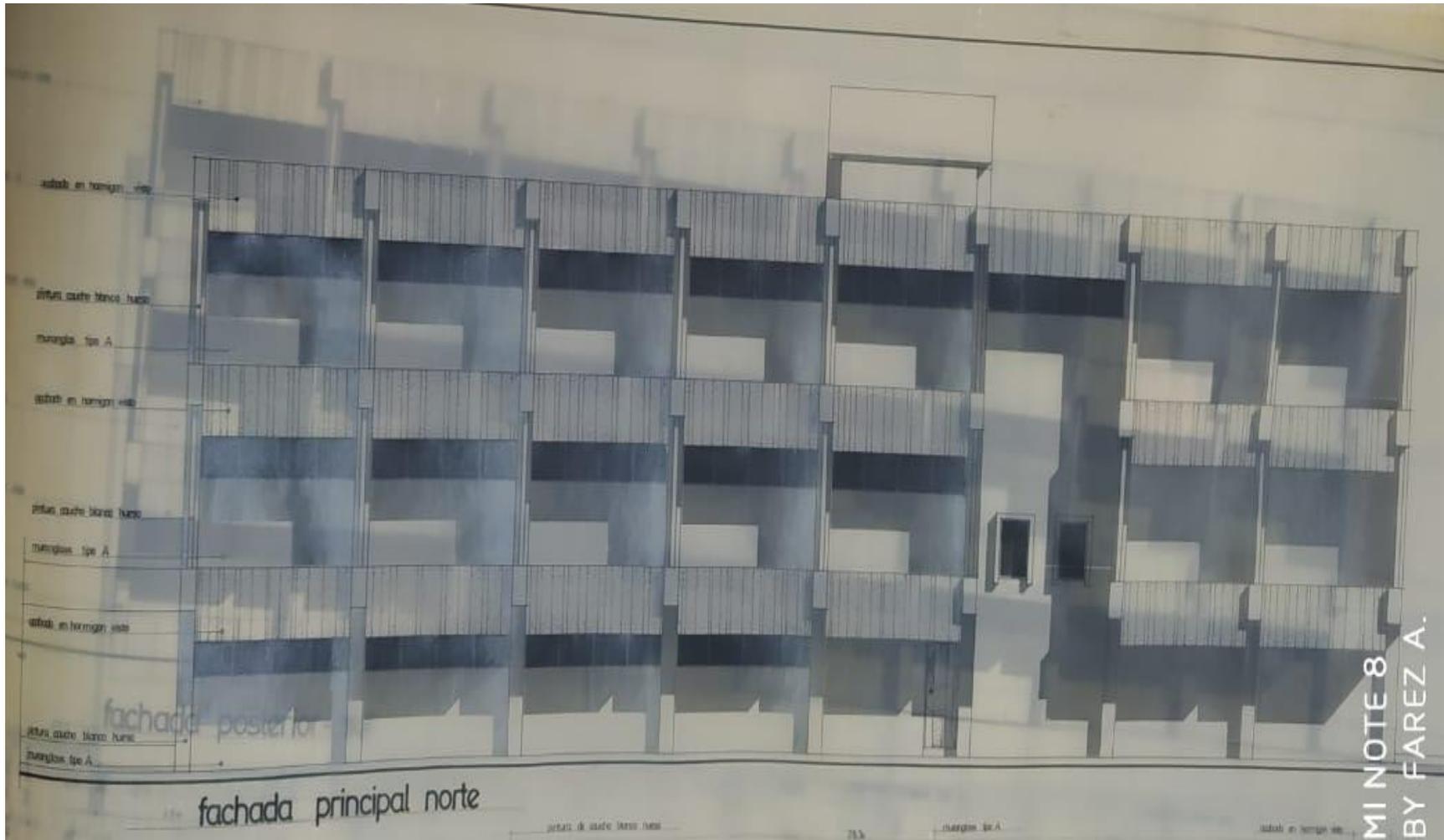
6.12 Planos en físico del edificio de laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil

FIGURA 12. Planta Baja del edificio de laboratorios de la facultad de Ingeniería Civil



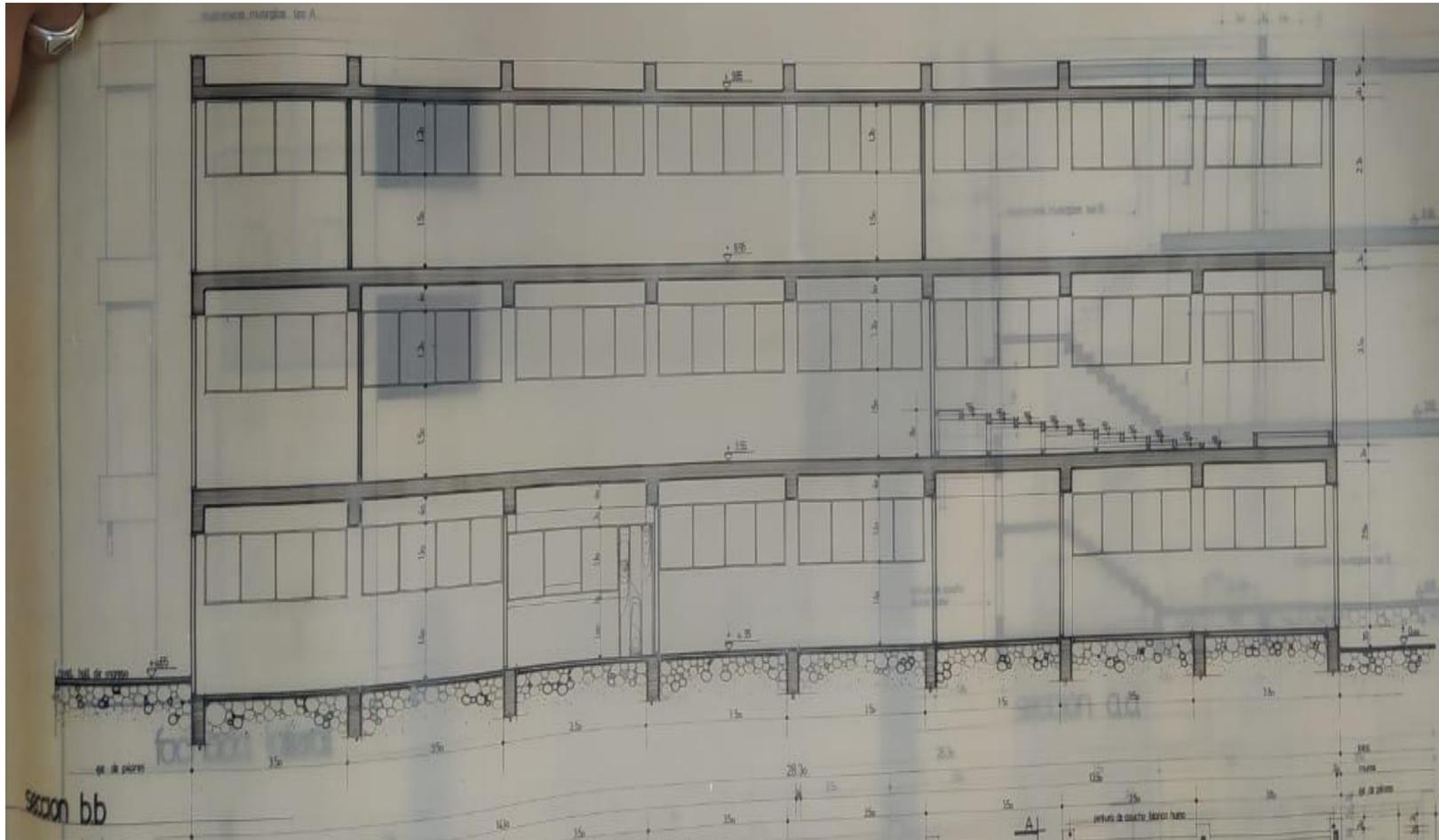
Fuente: Departamento de Construcciones - Planos en Físico del edificio de laboratorios de Ingeniería Civil

FIGURA 14. Fachada Principal del edificio de laboratorios de la facultad de Ingeniería Civil.



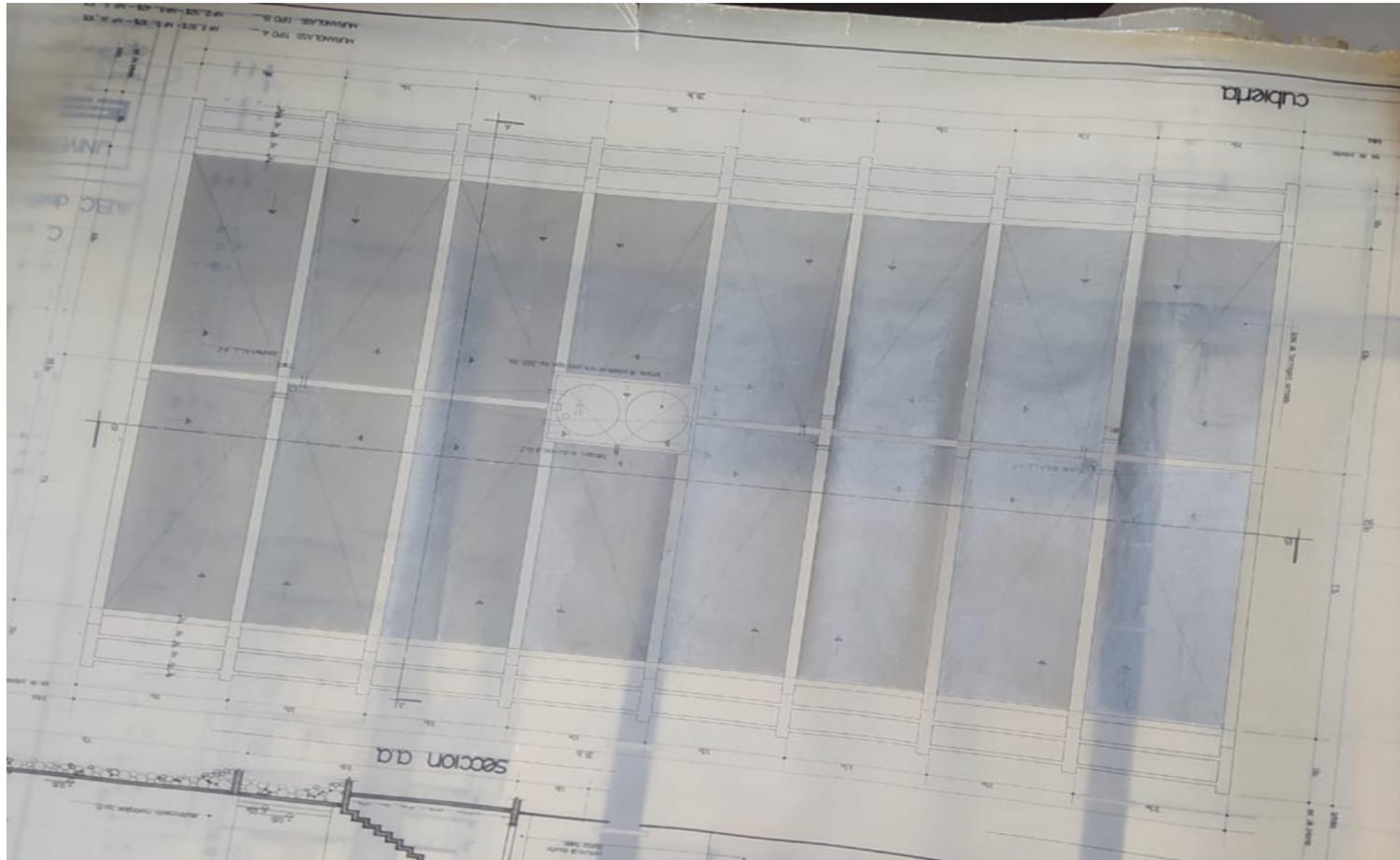
Fuente: Departamento de Construcciones - Planos en Físico del edificio de laboratorios de Ingeniería Civil

FIGURA 16. Sección bb del edificio de laboratorios de la facultad de Ingeniería Civil



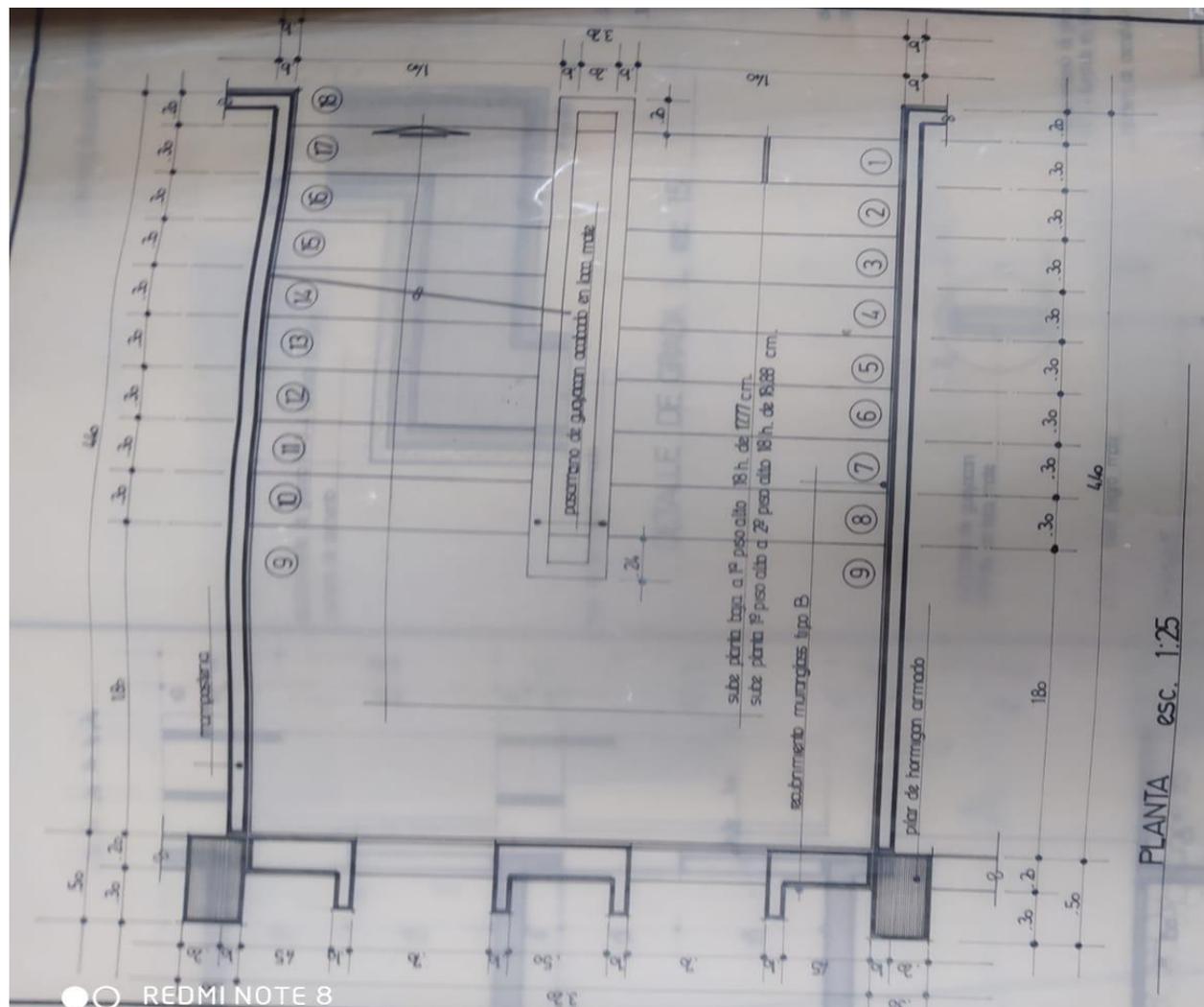
Fuente: Fuente: Departamento de Construcciones - Planos en Físico del edificio de laboratorios de Ingeniería Civil

FIGURA 17. Detalle de Cubierta del edificio de laboratorios de la facultad de Ingeniería Civil



Fuente: Departamento de Construcciones - Planos en Físico del edificio de laboratorios de Ingeniería Civil

FIGURA 18. Planta de escalera del edificio de laboratorios de la facultad de Ingeniería Civil



Fuente: Departamento de Construcciones - Planos en Físico del edificio de laboratorios de Ingeniería Civil

