



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**Comparación técnica entre cimentaciones rígidas y flexibles
en función de la descarga y el tipo de suelo**

Trabajo de grado previo a la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL

Autora:

CLAUDIA EMILIA ABRIL ORELLANA

Director:

JOSÉ FERNANDO VÁZQUEZ CALERO

CUENCA-ECUADOR

2023

Dedicatoria

Para mis padres, Rosita y Olmedo. Por enseñarme que ni siquiera el cielo es el límite.

A mis hermanos, Andrés y Gabriela. Gracias por ser siempre mis ejemplos de dedicación y excelencia.

Agradecimientos

Al Ingeniero José Vázquez por su brillante dirección y constante apoyo al conocimiento de este proyecto.

Al Ingeniero Juan Carlos Malo por su persistente soporte a esta investigación.



Resumen:

La geomorfología cuencana permite la construcción de cimentaciones rígidas o flexibles en base al análisis estructural de capacidad de carga del suelo; considerando condiciones geológicas, cargas de la superestructura, normas técnicas y resistencia. El proceso de análisis para el cimiento adecuado comenzará con el modelamiento de las estructuras en el software SAP2000, obteniendo sus descargas para predimensionar cada cimentación, evaluándolas frente a parámetros de flexión, cortante, punzonamiento, asentamiento y cuantía. Los resultados de esta investigación sugieren que las cimentaciones flexibles muestran un mejor desempeño en suelos de capacidad baja, mientras que las rígidas son óptimas en suelos de mejor calidad.

Palabras clave: capacidad de carga, cimentaciones, flexibles, resistencia, rígidas.



Abstract:

Cuenca geomorphology allows the construction of rigid or flexible foundations based on the structural analysis of load capacity of soils by considering geological conditions, superstructure loads, technical standards, and resistance. The analysis process for the appropriate foundation will begin with the modeling of the structures in the SAP2000 software by obtaining their loads to pre-dimension each foundation and to evaluate them against bending, shearing, punching shear, settlement, and reinforcement percentage parameters. The results of this research suggest that flexible foundations show better performance in low-capacity soils, while rigid ones are optimal in better quality soils.

Keywords: flexible, foundations, load capacity, resistance, rigid.

Translated by: Claudia Abril

Director: José Vázquez Calero



Índice de Contenidos

Dedicatoria	II
Agradecimientos	III
Resumen	IV
Abstract	V
Índice de Contenidos.....	VI
Introducción.....	1
Objetivos	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
Capítulo 1: Marco teórico	4
Capítulo 2: Modelamiento y análisis de edificaciones tipo	12
Modelación de las estructuras	12
Comparación de resultados.....	18
Capítulo 3: Análisis de cimentaciones superficiales.....	36
Análisis de cimentaciones rígidas y flexibles en diferentes tipos de suelo	36
Clasificación de resultados de los análisis.....	44
Obtención de parámetros para recomendaciones de uso de cimentaciones rígidas o flexibles por tipo de suelo.....	64
Conclusiones y Recomendaciones.....	66
Referencias bibliográficas	68
Anexos	70

Índice de Figuras

Figura 1.1 Cimentación de zapata aislada.....	4
Figura 1.2 Distribución de esfuerzos en una cimentación flexible.....	5
Figura 1.3 Distribución de esfuerzos en una cimentación rígida.	5
Figura 1.4 Distribución de presiones en función de la naturaleza del terreno.	6
Figura 1.5 Tipología estructural de zapatas atendiendo a la EHE.	7
Figura 1.6 Disposición de zapatas combinadas.	8
Figura 1.7 Esquema de emparrillado de cimentación.	8
Figura 1.8 Placa de cimentación.	10
Figura 2.1 Planta baja tipo.....	13
Figura 2.2 Planta alta tipo.	13
Figura 2.3 Edificación de dos pisos.	13
Figura 2.4 Edificación de cuatro pisos.....	13
Figura 2.5 Edificación de ocho pisos.	14
Figura 2.6 Espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.	15
Figura 2.7 Espectro de diseño suelo tipo B.....	16
Figura 2.8 Espectro de diseño suelo tipo C.....	17
Figura 2.9 Espectro de diseño suelo tipo D.....	17
Figura 2.10 Distribución de nodos.....	19
Figura 3.1 Naturaleza de las fallas a) Por cortante general, b) Por cortante local y c) Por punzonamiento.....	37
Figura 3.2 Perfil del asentamiento en a) Cimentaciones Flexibles y b) Cimentaciones Rígidas.....	38
Figura 3.3 Distribución de nodos.....	39
Figura 3.4 Modelación de zapata aislada.	45
Figura 3.5 Modelación de zapata combinada.....	45
Figura 3.6 Modelación de emparrillado.....	45
Figura 3.7 Modelación de losa.	45
Figura 3.8 Acero superior zapata aislada suelo B en el sentido y.....	46
Figura 3.9 Acero inferior zapata aislada suelo B en el sentido y.....	46

Figura 3.10 Acero superior zapata aislada suelo B en el sentido x.....	47
Figura 3.11 Acero inferior zapata aislada suelo B en el sentido x.....	47
Figura 3.12 Acero superior zapata aislada suelo D en el sentido y.....	48
Figura 3.13 Acero inferior zapata aislada suelo D en el sentido y.....	48
Figura 3.14 Acero superior zapata aislada suelo D en el sentido x.	49
Figura 3.15 Acero inferior zapata aislada suelo D en el sentido x.	49
Figura 3.16 Acero superior zapata combinada suelo B en el sentido y.....	51
Figura 3.17 Acero inferior zapata combinada suelo B en el sentido y.....	51
Figura 3.18 Acero superior zapata combinada suelo B en el sentido x.	52
Figura 3.19 Acero inferior zapata combinada suelo B en el sentido x.	52
Figura 3.20 Acero superior emparrillado suelo B en el sentido y.....	54
Figura 3.21 Acero inferior emparrillado suelo B en el sentido y.....	54
Figura 3.22 Acero superior emparrillado suelo B en el sentido x.	55
Figura 3.23 Acero inferior emparrillado suelo B en el sentido x.	55
Figura 3.24 Acero superior losa suelo B en el sentido y.	56
Figura 3.25 Acero inferior losa suelo B en el sentido y.	56
Figura 3.26 Acero superior losa suelo B en el sentido x.....	57
Figura 3.27 Acero inferior losa suelo B en el sentido x.....	57
Figura 3.28 Acero superior emparrillado suelo D en el sentido y.	58
Figura 3.29 Acero inferior emparrillado suelo D en el sentido y.	58
Figura 3.30 Acero superior emparrillado suelo D en el sentido x.	59
Figura 3.31 Acero inferior emparrillado suelo D en el sentido x.	59
Figura 3.32 Acero superior losa suelo D en el sentido y.....	60
Figura 3.33 Acero inferior losa suelo D en el sentido y.....	60
Figura 3.34 Acero superior losa suelo D en el sentido x.....	61
Figura 3.35 Acero inferior losa suelo D en el sentido x.....	61
Figura 3.36 Acero superior losa suelo C en el sentido y.	62
Figura 3.37 Acero inferior losa suelo C en el sentido y.	62
Figura 3.38 Acero superior losa suelo C en el sentido x.....	63
Figura 3.39 Acero inferior losa suelo C en el sentido x.....	63

Índice de Tablas

Tabla 2.1 Factores espectro de diseño suelo tipo B.	16
Tabla 2.2 Factores espectro de diseño suelo tipo C.	17
Tabla 2.3 Factores espectro de diseño suelo tipo C.	17
Tabla 2.4 Resultados estructura dos pisos suelo B.	19
Tabla 2.5 Resultados estructura cuatro pisos suelo B.	21
Tabla 2.6 Resultados estructura ocho pisos suelo B.	23
Tabla 2.7 Resultados estructura dos pisos suelo C.	24
Tabla 2.8 Resultados estructura cuatro pisos suelo C.	26
Tabla 2.9 Resultados estructura ocho pisos suelo C.	28
Tabla 2.10 Resultados estructura dos pisos suelo D.	30
Tabla 2.11 Resultados estructura cuatro pisos suelo D.	31
Tabla 2.12 Resultados estructura ocho pisos suelo D.	33
Tabla 3.1 Predimensionamiento cimentaciones estructura de dos pisos suelo B.	40
Tabla 3.2 Predimensionamiento cimentaciones estructura de cuatro pisos suelo D.	41
Tabla 3.3 Predimensionamiento cimentaciones estructura de ocho pisos suelo C.	42
Tabla 3.4 Módulo de Balasto para cimentaciones suelo B.	43
Tabla 3.5 Módulo de Balasto para cimentaciones suelo C.	43
Tabla 3.6 Módulo de Balasto para cimentaciones suelo D.	43

Índice de Anexos:

Anexo 1 Espectro de diseño suelo tipo B.....	70
Anexo 2 Espectro de diseño suelo tipo C.....	74
Anexo 3 Espectro de diseño suelo tipo D	78
Anexo 4 Módulo de balasto zapata aislada suelo B.....	82
Anexo 5 Módulo de balasto zapata combinada-emparrillado-losa suelo B	83
Anexo 6 Módulo de balasto zapata aislada suelo C.....	84
Anexo 7 Módulo de balasto zapata combinada-emparrillado-losa suelo C.....	85
Anexo 8 Módulo de balasto zapata aislada suelo D	86
Anexo 9 Módulo de balasto zapata combinada-emparrillado-losa suelo D.....	87
Anexo 10 Comprobación de cortante por punzonamiento zapata aislada dos pisos suelo B	88
Anexo 11 Comprobación de cortante por punzonamiento zapata aislada cuatro pisos Suelo D.....	89
Anexo 12 Comprobación de cortante por punzonamiento zapata combinada dos pisos Suelo B.....	90
Anexo 13 Comprobación de cuantías	91

Introducción

La parte inferior de una estructura se denomina generalmente cimentación y su función es transferir la carga de la estructura al suelo en que esta descansa. Una cimentación adecuadamente diseñada es la que transfiere la carga a través del suelo sin sobreesforzar a este. Sobreesforzar al suelo conduce a un asentamiento excesivo o bien a una falla cortante del suelo, provocando daños a la estructura (Braja, 2001, p. 389).

Es por esto, que los ingenieros geotecnistas y estructurales que diseñan las cimentaciones deben evaluar la capacidad de carga de los suelos. El diseño de cimentaciones involucra el conocimiento general de los siguientes puntos, como los enumera Braja (2001):

- a. Condiciones y propiedades geológicas del suelo en la zona considerada
- b. Materiales y tipología de la cimentación que se propone diseñar
- c. Cargas provenientes de la superestructura
- d. Requisitos de las normas técnicas aplicables
- e. La deformabilidad y la distribución de esfuerzos correspondientes que afectará tanto al suelo como a la cimentación.

Las cimentaciones se diseñan para no alcanzar los estados límites últimos o de servicio. Los primeros llevan a la situación de ruina (estabilidad global, hundimiento, desplazamiento, vuelco o rotura del elemento estructural), mientras que los segundos limitan su capacidad funcional, estética, etc. Se denomina capacidad portante a la máxima presión que transmite una cimentación sin alcanzar un estado límite último, mientras la presión admisible es aquella que no se alcanza en ningún estado límite, ya sea último o de servicio presentando un coeficiente de seguridad respecto a la capacidad portante (Yepes, 2020, p.14).

La elección del tipo de cimentación se basa en el análisis del tipo de terreno, el tipo de estructura y la interacción con los edificios cercanos. El terreno juega un papel importante en términos de su capacidad portante, deformabilidad, nivel freático, excavabilidad o alterabilidad, entre otros factores. Por otro lado, en el diseño de la estructura, se consideran las cargas, la tolerancia a los asentamientos y la presencia de sótanos. Los edificios antiguos con cimentaciones superficiales y aquellos que difieren

significativamente en términos de cargas con los edificios cercanos son especialmente susceptibles a problemas relacionados con la cimentación (Yepes, 2020).

En la ciudad de Cuenca, la geomorfología es diversa, y por este motivo no se puede considerar la misma cimentación en zonas tan diferentes con depósitos que van desde aluviales, coluviales, hasta estratos con gran contenido orgánico.

Es por ello que, en el presente trabajo se determinarán los parámetros necesarios para el uso adecuado de cimentaciones rígidas o flexibles. Se evaluarán la conveniencia de estas mediante el uso del software comercial SAP2000 frente a los siguientes criterios: por asentamientos, por resistencia al cortante, por flexión y por punzonamiento.

Lo anteriormente expuesto implica que el diseño de las cimentaciones no solo debe considerar las bases teóricas procedentes de la mecánica de suelos y rocas, sino también los procedimientos constructivos, los condicionantes económicos locales y los medios para el control de la calidad y la ejecución. El mal diseño de las cimentaciones nos conducirá a daños importantes que pueden interferir en el apropiado funcionamiento de las estructuras.

Para poder realizar la comparación técnica entre cimentaciones rígidas o flexibles, se comenzará con el levantamiento de modelos de edificaciones con diverso número de plantas; de esta manera se obtendrán las descargas de cada una hacia los cimientos. La determinación de las cargas que la superestructura va a soportar tomará en consideración las cargas gravitatorias, como las del peso propio de la estructura, las cargas vivas y muertas, y las cargas dinámicas como las producidas por los sismos. Una vez obtenidas las descargas, se tendrá también como resultado los esfuerzos de cortante, axial y los momentos flectores, todo esto se realizará en el software comercial SAP2000.

A continuación, una vez discretizada la información antes obtenida, se procederá al análisis de las cimentaciones rígidas y flexibles con las descargas de cada modelo. Para esto, primero se deben identificar las características de los diversos tipos de suelos presentes en la ciudad y determinar la clase de cimentación adecuada para que su construcción sea estable.

Para finalizar, los resultados se sistematizarán y se clasificarán, obteniendo los parámetros para el uso de cada cimentación conveniente según las recomendaciones por tipo de suelo.

Objetivos

Objetivo general

1. Realizar la comparación técnica entre cimentaciones rígidas y flexibles en función de la descarga y el tipo de suelo.

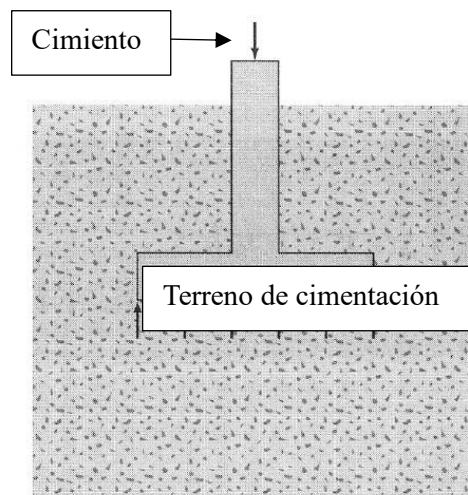
Objetivos específicos

1. Analizar y modelar estructuras tipo para determinar sus descargas al suelo.
2. Analizar las diferentes descargas con cimentaciones rígidas y flexibles en diferentes tipos de suelo.
3. Comparar los resultados y obtener recomendaciones.

Capítulo 1: Marco teórico

Se entiende como cimentación de una estructura aquello que la sustenta y que se compone de dos partes, el elemento estructural encargado de transmitir las cargas al terreno, o cimiento, y la zona de terreno afectado por dichas cargas, o terreno de cimentación. El comportamiento de la cimentación depende precisamente de las características de ambos elementos (Labad, 2002, p. 13).

Figura 1.1 Cimentación de zapata aislada.



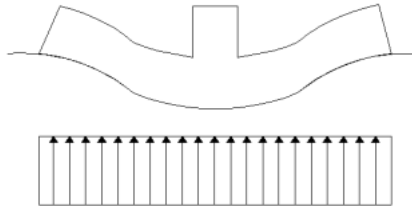
Fuente: Braja (2001).

Las cimentaciones generalmente se encuentran enterradas, transmitiendo al terreno su peso propio y las cargas que reciben. Además de resistir cargas, las cimentaciones se hacen cargo de mantener a la estructura estable: transmitiendo una presión menor a la admisible, limitando asentamientos y sujetando a la estructura frente a acciones horizontales como las del viento o sismos. De esta manera, se puede distinguir entre dos categorías principales de las cimentaciones superficiales según su comportamiento estructural (deformabilidad del cimiento respecto a la del terreno): cimentaciones rígidas y cimentaciones flexibles.

Según Quevedo (2007) (citado en Canales, 2013, p. 17), las cimentaciones flexibles de manera general se pueden definir como aquellas que tendrán una deformación congruente con la deformación del suelo sobre el que descansan. Por otro lado, las cimentaciones

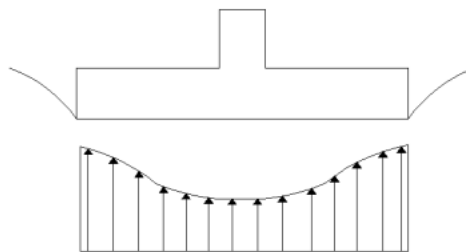
rígidas, son aquellas cimentaciones cuya relación de rigidez con respecto a la del suelo sobre el cual descansan las definen con deformaciones uniformes a lo largo de la superficie de contacto.

Figura 1.2 Distribución de esfuerzos en una cimentación flexible.



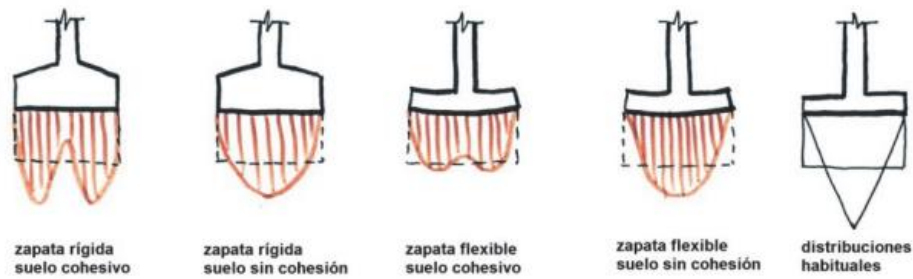
Fuente: Canales (2013).

Figura 1.3 Distribución de esfuerzos en una cimentación rígida.



Fuente: Canales (2013).

Un aspecto muy importante en el cálculo de los cimientos consiste precisamente en la distribución de presiones que se transmiten al terreno, la cual depende no solo del espesor del cimiento sino de las características del terreno y de la distribución de las cargas, de acuerdo con la interacción suelo-cimiento (Labad, 2002, p. 13).

Figura 1.4 Distribución de presiones en función de la naturaleza del terreno.

Fuente: Yepes (2020).

Según el tipo de estructura y el suelo existente, definimos diferentes tipos de cimentaciones. Comenzaremos indicando que las cimentaciones superficiales según Calavera (2000), son aquellas que se denominan así cuando a nivel de la zona inferior de la estructura o próximo a él, el terreno presenta características adecuadas desde los puntos de vista técnico y económico para cimentar sobre él.

En el presente proyecto precisaremos cuatro clasificaciones de cimentaciones superficiales: zapatas aisladas, zapatas de múltiples columnas en dos direcciones, emparrillados y losas.

Zapatas aisladas: es una cimentación puntual que recibe un solo sistema de carga, como son los pilares. “Es la cimentación más económica sobre roca o suelos con tensiones admisibles habituales superiores a $0,15 \text{ N/mm}^2$, lo cual implica su uso en edificios de entre 5 y 15 pisos” (Yepes, 2020, p. 8).

Una zapata se considera rígida si se cumple lo siguiente según los efectos de interacción suelo-estructura: $h \geq \alpha \cdot v$

Donde:

h= Canto de la zapata en su encuentro con la cara del pilar, v= Vuelo, o distancia horizontal entre la cara del pilar y la cara vertical más próxima de contorno de la zapata

$$\alpha = 2,2 \cdot \left(\frac{E}{E_h}\right)^{1/3} \quad (1.1)$$

α = Coeficiente adimensional que se estima según la relación:

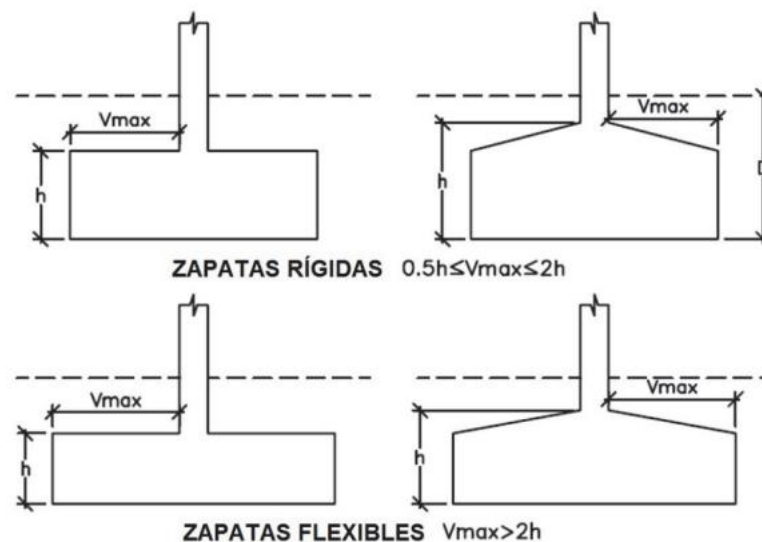
E= Módulo de elasticidad del terreno de cimentación

E_h = Módulo de elasticidad del material que forma la zapata

Estas expresiones se han deducido suponiendo que la deflexión máxima o la flecha diferencial que tiene la estructura de cimentación es igual a la décima parte del asiento máximo. Habitualmente, los cantos de las zapatas las hacen rígidas; sin embargo, las más económicas son aquellas flexibles ya que contienen un menor volumen de hormigón y acero.

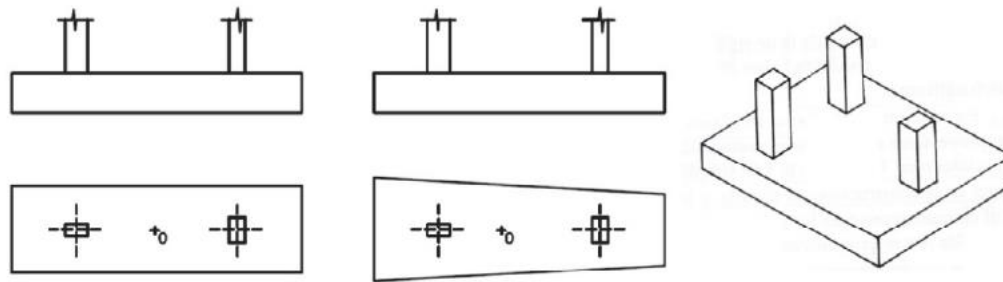
Asimismo, las zapatas rígidas según la EHE (Yepes, 2020) son aquellas en la que el vuelo V_{\max} no supera a dos veces el canto h ; mientras que en las flexibles el vuelo es mayor al doble del canto.

Figura 1.5 Tipología estructural de zapatas atendiendo a la EHE.



Fuente: Yepes (2020).

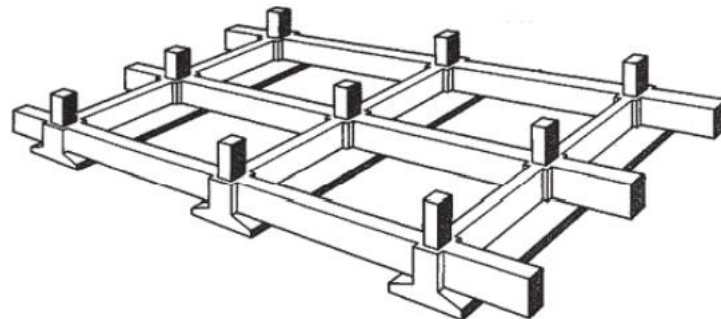
Zapatas de múltiples columnas en dos direcciones: se entiende por zapata combinada la que cimienta dos pilares. Actualmente, por motivos económicos, se tiende a dar a las zapatas combinadas canto constante y el centro de gravedad deberá coincidir con el de las acciones (Calavera, 2000). Usualmente son de sección rectangular, aunque también pueden ser trapezoidales. Asimismo, si las zapatas se encuentran muy cercanas entre sí, se pueden combinar más de dos zapatas.

Figura 1.6 Disposición de zapatas combinadas.

Fuente: Yepes (2020).

La rigidez de este tipo de zapatas está determinada de la misma manera que la rigidez en zapatas aisladas.

Emparrillados de cimentación: recogen los pilares de la estructura en una única cimentación, consistente en zapatas corridas entrecruzadas en malla habitualmente ortogonal, de gran rigidez. Son menos sensibles a las heterogeneidades, oquedades o a los defectos locales del terreno. Suelen emplearse cuando la presión admisible del terreno es baja, existe una elevada deformabilidad o se esperan importantes asentamientos diferenciales (Yepes, 2020, p. 25).

Figura 1.7 Esquema de emparrillado de cimentación.

Fuente: Yepes (2020).

Losas de cimentación: también llamadas placas de cimentación se caracterizan porque la dimensión en planta es mucho mayor que el canto. Se utiliza cuando la superficie de las zapatas supera el 50% de la superficie de la planta. Se aconseja para reducir los asentamientos diferenciales y también son útiles cuando la capacidad portante del terreno

es escasa, en construcciones donde la superficie es pequeña con relación al volumen (como rascacielos). Su uso es frecuente en edificios de más de 8 plantas con una capacidad portante media-baja, estando comprendida la tensión admisible entre 0,08 y 0,15 N/mm² (Yepes, 2020, p. 26).

En casos generales y según la interacción suelo-estructura, tanto los emparrillados como las losas de cimentación pueden considerarse rígidas si es que se cumple con la condición:

$$h \geq \beta \cdot l$$

En donde:

h= Canto de la losa, l= Luz libre entre apoyo

$$\beta = 2 \cdot \left(\frac{K_b \cdot l}{E_h} \right)^{1/3} \quad (1.2)$$

β = Coeficiente adimensional dado por la expresión:

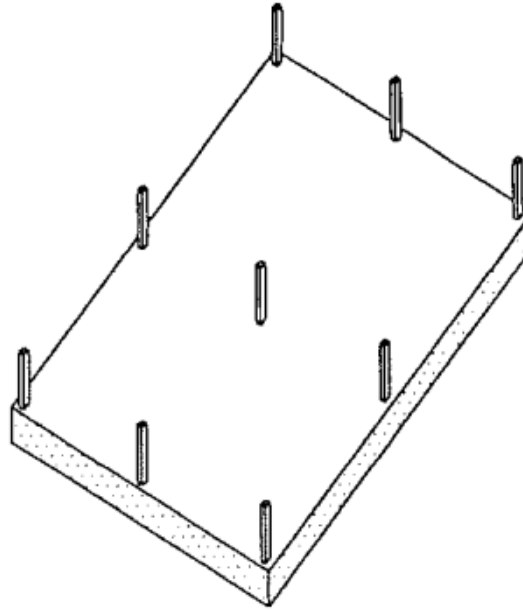
Donde:

K_b = Módulo de balasto

E_h = Módulo de elasticidad del material que forma el elemento

Estas expresiones se han deducido suponiendo que la deflexión máxima o la flecha diferencial que tiene la estructura de cimentación es igual a la décima parte del asiento máximo. En la práctica habitual, los cantos de las losas de cimentación suelen ser tales que las hacen flexibles.

Figura 1.8 Placa de cimentación.



Fuente: Calavera (2000).

Asimismo, es esencial caracterizar el tipo de suelo sobre el cuál se cimentará. El dominio fisiológico del medio aluvial del cantón Cuenca incluye las diversas formas fluviales de la actual red hidrográfica y los depósitos de la región Sierra. Estos depósitos se los encuentra tanto en las zonas orientales como occidentales en alturas desde los 400 hasta los 3.930 msnm.

En el cantón Cuenca esta unidad está dominada principalmente por la acción de los ríos Chaucha, Pan de Azúcar y Miguir en el sector occidental (con dirección preferencial sureste-noroeste) y Chacayacu (con dirección preferencial E-O); y por los ríos Tarqui, Cumbe, Yanucay y Tomebamba en el sector oriental (con dirección preferencial SO-NE). El contexto también se desarrolla sobre depósitos superficiales indiferenciados, depósitos fluvio glaciares y depósitos aluviales (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2015.)

Se definen entonces tres tipos de suelos que se considerarán en el análisis según la geomorfología de la ciudad de Cuenca:

1. Suelo tipo B: suelo de origen rocoso, se lo encuentra comúnmente cerca de los ríos.
2. Suelo tipo C: suelo de origen aluvial denominado canto rodado, el cual se originó gracias a los derrumbes de las montañas hacia los ríos. Donde, debido a la acción de la gravedad fueron depositados en los ríos y al ser arrastrados por las corrientes de agua se fueron quedando únicamente con el componente más duro de la roca. Estos tipos de suelo conforman la mayor parte del cantón.
3. Suelo tipo D: suelos de origen arcilloso y limoso, ubicados generalmente al norte del cantón como en Challuabamba y al sur como en el Salado.

Capítulo 2: Modelamiento y análisis de edificaciones tipo

Modelación de las estructuras

Las edificaciones tipo están distribuidas de la misma manera tanto en su planta baja como en cada una de las plantas altas. La organización de sus cimentaciones es cuadrada y todas las estructuras cuentan con 16 columnas de dimensiones que varían según el tipo de edificación, además, en cada planta alta se tiene un voladizo de 1.2 m.

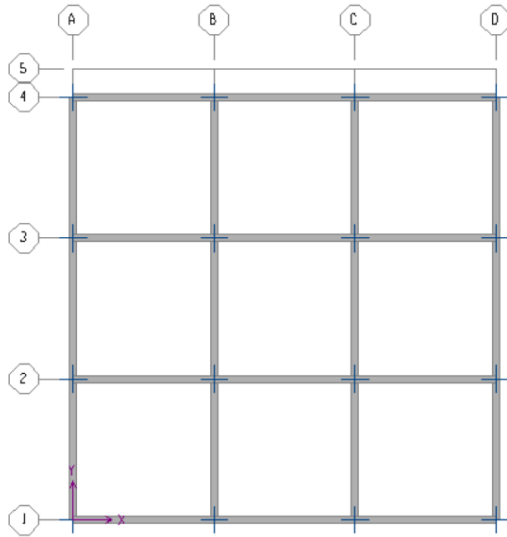
Se ha considerado para todos los elementos de hormigón de la estructura una resistencia del concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y un límite elástico del acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$. El prediseño de todos los elementos toma en cuenta las normas y parámetros de la NEC 14.

Según norma se supone una luz de viga igual a seis metros y en base a eso, se diseña la sección de la viga de acuerdo con las siguientes consideraciones: la altura de la viga se calcula entre los valores $1/10$ hasta $1/15$ de su luz, mientras que su base se calcula a partir de $1/2$ hasta $2/3$ de la altura. Es así que las vigas principales quedan definidas con las medidas: 50 cm x 30 cm. Las vigas del voladizo se diseñan a partir de la ecuación $h = (1/9)L$; como la sección no puede ser menor a 25 cm, se define la sección de la viga en voladizo de 25 cm x 25 cm.

Las columnas tienen una sección diferenciada según el número de pisos que conforman a la vivienda, para aquellas de dos pisos, la sección de las columnas es de 30 cm x 30 cm; para cuatro pisos, 40 cm x 40 cm; y para ocho pisos, 60 cm x 60 cm. La altura de 3 m de cada columna es constante en todos los pisos y en todas las estructuras.

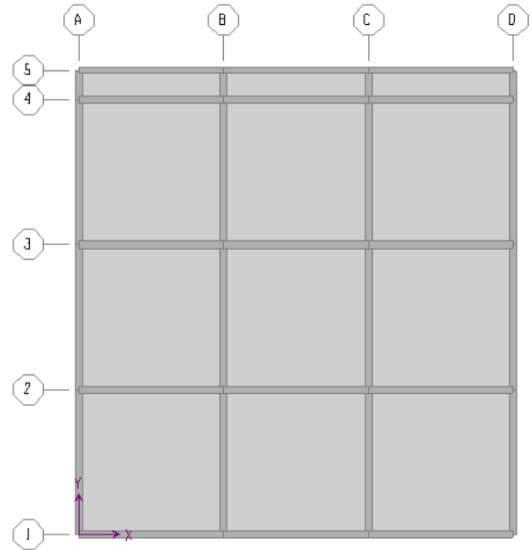
De la misma manera, las losas de todas las edificaciones tienen un espesor de 20 cm y fueron diseñadas con su distribución de cargas en ambas direcciones para que las descargas de estas sean uniformes en todo el marco; distribuyéndose hacia las vigas, posteriormente a las columnas, luego hacia las cimentaciones y, por último, al suelo.

Figura 2.1 Planta baja tipo.



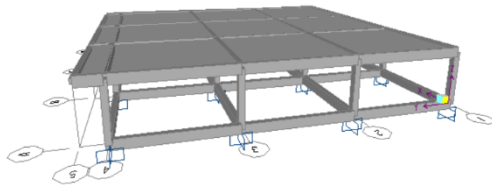
Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.2 Planta alta tipo.



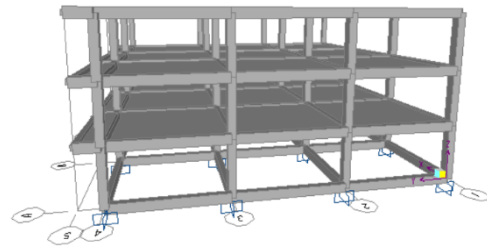
Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.3 Edificación de dos pisos.



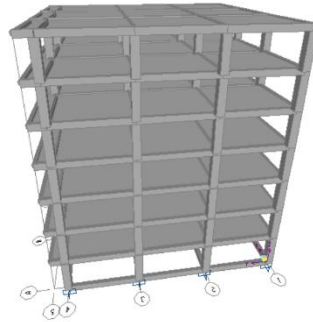
Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.4 Edificación de cuatro pisos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.5 Edificación de ocho pisos.



Fuente: Elaboración propia.

Cargas:

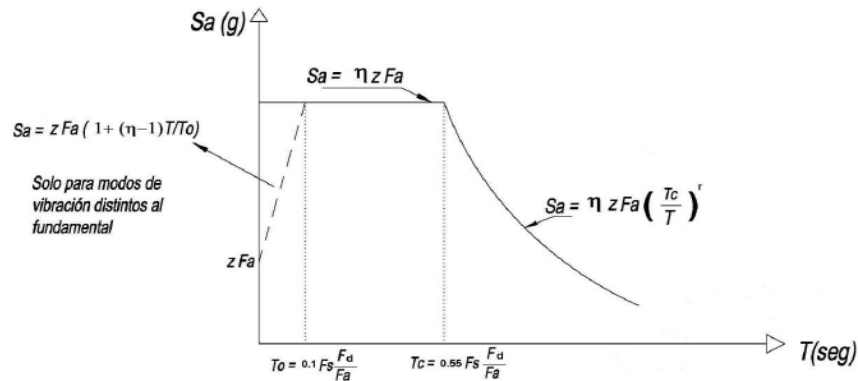
Se asumen según norma las siguientes cargas distribuidas para cada losa de cada piso:

- Carga muerta= 200 kg/m^2
- Carga viva= 200 kg/m^2
- Carga viva en el voladizo= 480 kg/m^2
- Carga sísmica=espectro de la NEC según la región y el tipo de suelo

Datos del espectro:

El espectro de respuesta para diseño representa la amenaza o el peligro sísmico, y más específicamente la respuesta de la estructura al sismo. El espectro de diseño puede representarse mediante un espectro de respuesta basado en las condiciones geológicas, tectónicas, sismológicas y del tipo de suelo asociadas con el sitio de emplazamiento de la estructura (NEC, 2014, p. 11). Este viene definido por el siguiente diagrama:

Figura 2.6 Espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.



Fuente: NEC (2014).

En donde,

η = Razón entre la aceleración espectral S_a ($T=0.1s$) y el PGA para el periodo de retorno seleccionado.

F_a = Coeficiente de amplificación del suelo en la zona del periodo corto. Amplifica las coordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio.

F_d = Coeficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio.

F_s = Coeficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del periodo del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos.

S_a = Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g). Depende del periodo o modo de vibración de la estructura.

T = Periodo fundamental de vibración de la estructura.

T_0 = Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

T_c = Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

Z = Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad g .

Las edificaciones modeladas se encontrarán en la región sierra, provincia del Azuay, cantón Cuenca; zona sísmica II de amenaza alta y factor $z=0,25g$ en un periodo de retorno de 5 años. La carga sísmica para todas las edificaciones está aplicada en las direcciones x e y .

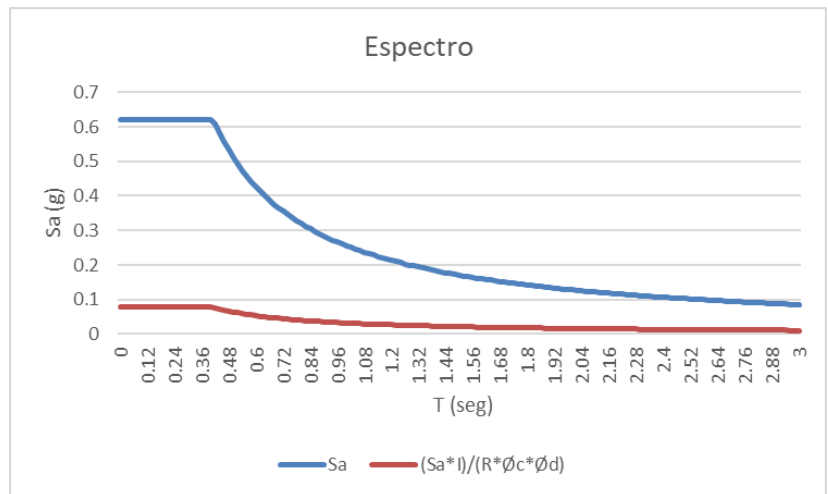
Ilustración 2.7 Espectro de diseño suelo tipo B.

Para el tipo de suelo B:

Tabla 2.1 Factores espectro de diseño suelo tipo B.

Fa	1
Fd	1.00
Fs	0.75
n	2.48
r	1.00
To	0.08
Tc	0.41

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

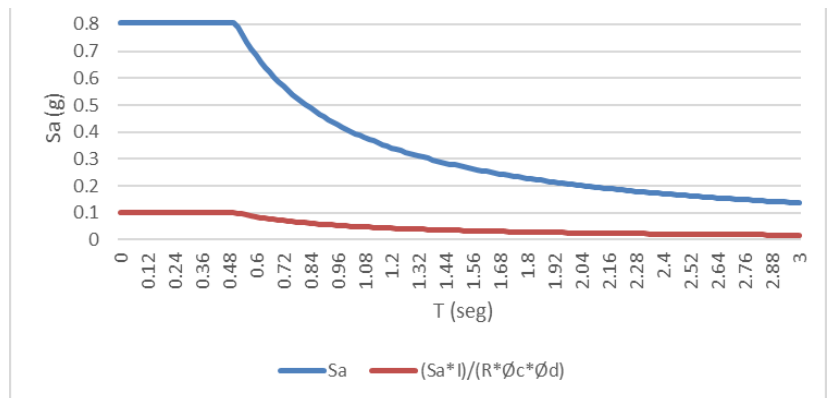
Para el suelo C:

Ilustración 2.8 Espectro de diseño suelo tipo C.

Tabla 2.2 Factores espectro de diseño suelo tipo C.

Fa	1.3
Fd	1.28
Fs	0.94
n	2.48
r	1.00
To	0.09
Tc	0.51

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

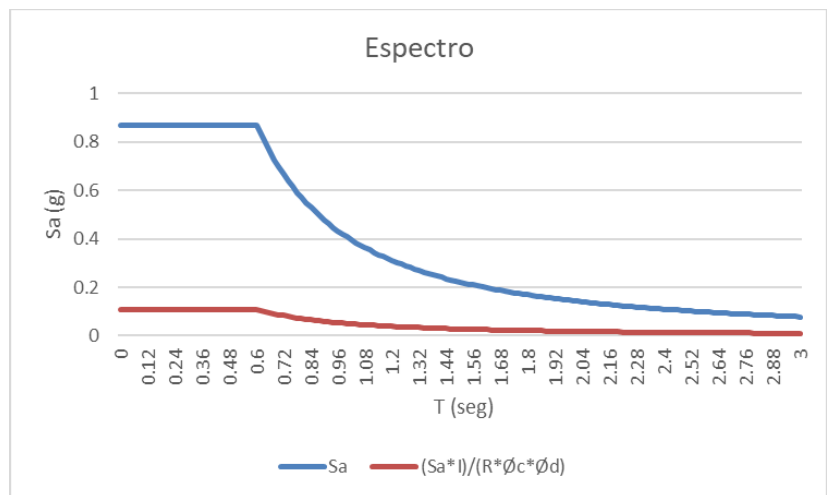
Ilustración 2.9 Espectro de diseño suelo tipo D.

Para el suelo D:

Tabla 2.3 Factores espectro de diseño suelo tipo C.

Fa	1.4
Fd	1.45
Fs	1.06
n	2.48
r	1.00
To	0.11
Tc	0.60

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Antes de introducir las funciones espectrales en el programa, se las redujo por el factor R de reducción de resistencia sísmica. La NEC (2014), define a este factor para permitir una “reducción de las fuerzas sísmicas de diseño, lo cual es permisible siempre que las estructuras y sus conexiones se diseñen para desarrollar un mecanismo de falla previsible y con adecuada ductilidad” (p. 67). Para todas las edificaciones, el factor R es igual a 8.

La carga sísmica es aplicada con un factor de 981 kgf/cm y en las direcciones x e y.

Para finalizar el modelamiento de las estructuras, es necesario realizar la comprobación sísmica del cortante basal en cada edificación. El cortante basal obtenido debe ser mayor al mínimo de diseño ($V_{\min}=0.85V$). La NEC (2014, p. 64) define al cortante basal mediante la siguiente formulación:

$$V = \frac{I S_a(T_a)}{R \Phi_p \Phi_E} W \quad (2.1)$$

Donde,

$S_a(T_a)$ = Espectro de diseño en aceleración

$\Phi_p \Phi_E$ =Coeficientes de configuración en planta y elevación

I= Coeficiente de importancia

R= Factor de reducción de resistencia sísmica

V= Cortante basal total de diseño

W= Carga sísmica reactiva (según la sección 6.1.7 de la NEC (2014, p. 58) se considera la carga muerta total de la estructura más el 25% de la carga viva de cada piso.)

T_a =Periodo de vibración

Comparación de resultados

Según la NEC (2014, p. 19), las estructuras, componentes y cimentaciones, deberán ser diseñadas de tal manera que la resistencia de diseño iguale o exceda los efectos de las cargas incrementadas, de acuerdo con las siguientes combinaciones:

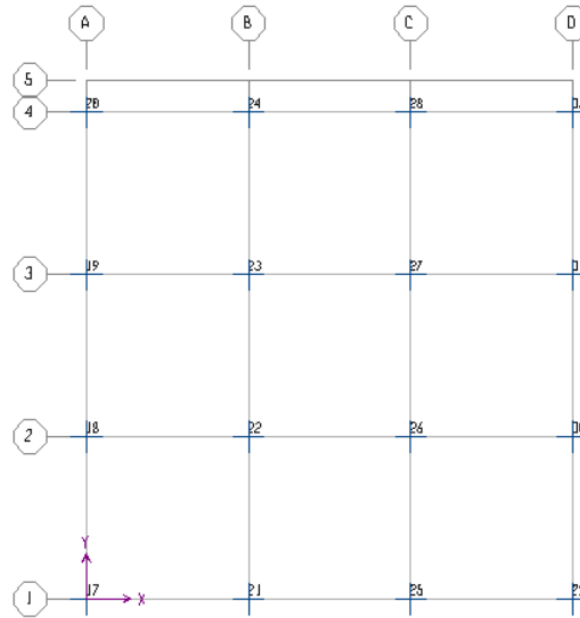
1. 1.4D (1.4 veces la carga muerta)
2. 1.2D+1.6L (1.2 veces la carga muerta más 1.6 veces la carga viva)
3. 1.2D+1L+1E (1.2 veces la carga muerta más la carga viva y más la carga por sismo)

A continuación, se presentan las tablas resultantes con las descargas de las diversas estructuras en cada tipo de suelo. Como se puede observar, la combinación que genera las

peores descargas hacia la cimentación es la combinación tres, ya que involucra las cargas vivas, muertas y de sismo. También se verifica que, para la misma edificación, las descargas aumentan conforme el tipo de suelo es de menor capacidad portante.

La distribución de los nodos para cada estructura es la siguiente:

Figura 2.10 Distribución de nodos.



Fuente: Elaboración propia.

Suelo B:

Tabla 2.4 Resultados estructura dos pisos suelo B.

Reacciones Edificación de Dos Pisos Suelo B								
Nodo	Combinación	Tipo	F1	F2	F3	M1	M2	M3
			Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-cm	Kgf-cm	Kgf-cm
17	1.4D		362.54	269.09	14554.31	130087.54	-115696.37	3.23
17	1.2D+1.6L		511.61	380.5	14764.58	99604.34	-79400.8	7.21
17	1.2D+1L+1E	Max	1270.09	1395.11	14470.13	273474.41	45036.02	2023.17
17	1.2D+1L+1E	Min	-397.51	-746.49	13341.93	-65341.28	-218663.27	-2012.09
18	1.4D		457.54	-159.27	27036.02	20905.04	-106318.98	-6.41
18	1.2D+1.6L		727.19	-232.94	28717.2	30279.44	-58138.43	-11.01

18	1.2D+1L+1E	Max	1568.61	986.56	27066.16	206193.15	80188.36	2010.92
18	1.2D+1L+1E	Min	-365.49	-1380.12	26210.65	-154904.9	-221209.31	-2028.81
19	1.4D		454.17	-92.98	26200.57	14365.86	-106652.58	5.6
19	1.2D+1.6L		717.63	-118.96	27562.78	19036.87	-59082.75	10.91
19	1.2D+1L+1E	Max	1687.66	1079.2	26171.74	197086.87	99168.56	2021.61
19	1.2D+1L+1E	Min	-498.66	-1287.67	25124.95	-164055.59	-241584.37	-2004.37
20	1.4D		486.21	-91.94	19539.35	-137115.38	-103509.88	-4.37
20	1.2D+1.6L		852.08	-148.7	21654.82	-107786.61	-45869.15	-4.79
20	1.2D+1L+1E	Max	1899.82	949.92	20402.05	58168.32	128352.41	2006.15
20	1.2D+1L+1E	Min	-522.15	-1194.9	19227.48	-281047.19	-252230.9	-2014.94
21	1.4D		-80.99	356.92	26804.88	121427.89	-7996.08	-4.01
21	1.2D+1.6L		-122.27	585.45	28396.23	79405.39	-12069.94	-8.75
21	1.2D+1L+1E	Max	818.34	1561.77	26838.78	257114.63	130344.37	2013.02
21	1.2D+1L+1E	Min	-1023.24	-600.51	25888.22	-79797.1	-150572.13	-2026.53
22	1.4D		-90.61	-163.22	49036.63	21302.03	-8942.64	4.32
22	1.2D+1.6L		-158.85	-260.79	54857.3	33031.9	-15674.23	8.65
22	1.2D+1L+1E	Max	915.88	951.77	50365.94	204451.49	145653.42	2025.56
22	1.2D+1L+1E	Min	-1172.69	-1382.69	49729.24	-149467.46	-170995.05	-2011.96
23	1.4D		-92.5	-120.88	47530.58	17119.44	-9130.88	-4.89
23	1.2D+1.6L		-163.37	-139.73	52735.05	21085.04	-16123.08	-8.41
23	1.2D+1L+1E	Max	1048.76	1042.43	48555.75	195786.23	166000.94	2009.55
23	1.2D+1L+1E	Min	-1312.44	-1294.79	47918.44	-158424.57	-192024.64	-2023.2
24	1.4D		-110.73	2.28	36966.17	-146388.21	-10923.78	2.63
24	1.2D+1.6L		-212.16	-64.83	43733.74	-116042.22	-20927.33	5.56
24	1.2D+1L+1E	Max	1153.42	1037.22	39775.81	48500.25	184638.91	2017.62
24	1.2D+1L+1E	Min	-1489.81	-1116.79	38655.34	-287659.73	-217820.51	-2008.98
25	1.4D		80.99	356.92	26804.88	121427.89	7996.08	4.01
25	1.2D+1.6L		122.27	585.45	28396.23	79405.39	12069.94	8.75
25	1.2D+1L+1E	Max	1023.24	1561.77	26838.78	257114.63	150572.13	2026.53
25	1.2D+1L+1E	Min	-818.34	-600.51	25888.22	-79797.1	-130344.37	-2013.02
26	1.4D		90.61	-163.22	49036.63	21302.03	8942.64	-4.32
26	1.2D+1.6L		158.85	-260.79	54857.3	33031.9	15674.23	-8.65
26	1.2D+1L+1E	Max	1172.69	951.77	50365.94	204451.49	170995.05	2011.96
26	1.2D+1L+1E	Min	-915.88	-1382.69	49729.24	-149467.46	-145653.42	-2025.56
27	1.4D		92.5	-120.88	47530.58	17119.44	9130.88	4.89
27	1.2D+1.6L		163.37	-139.73	52735.05	21085.04	16123.08	8.41
27	1.2D+1L+1E	Max	1312.44	1042.43	48555.75	195786.23	192024.64	2023.2
27	1.2D+1L+1E	Min	-1048.76	-1294.79	47918.44	-158424.57	-166000.94	-2009.55
28	1.4D		110.73	2.28	36966.17	-146388.21	10923.78	-2.63
28	1.2D+1.6L		212.16	-64.83	43733.74	-116042.22	20927.33	-5.56
28	1.2D+1L+1E	Max	1489.81	1037.22	39775.81	48500.25	217820.51	2008.98
28	1.2D+1L+1E	Min	-1153.42	-1116.79	38655.34	-287659.73	-184638.91	-2017.62
29	1.4D		-362.54	269.09	14554.31	130087.54	115696.37	-3.23

29	1.2D+1.6L		-511.61	380.5	14764.58	99604.34	79400.8	-7.21
29	1.2D+1L+1E	Max	397.51	1395.11	14470.13	273474.41	218663.27	2012.09
29	1.2D+1L+1E	Min	-1270.09	-746.49	13341.93	-65341.28	-45036.02	-2023.17
30	1.4D		-457.54	-159.27	27036.02	20905.04	106318.98	6.41
30	1.2D+1.6L		-727.19	-232.94	28717.2	30279.44	58138.43	11.01
30	1.2D+1L+1E	Max	365.49	986.56	27066.16	206193.15	221209.31	2028.81
30	1.2D+1L+1E	Min	-1568.61	-1380.12	26210.65	-154904.9	-80188.36	-2010.92
31	1.4D		-454.17	-92.98	26200.57	14365.86	106652.58	-5.6
31	1.2D+1.6L		-717.63	-118.96	27562.78	19036.87	59082.75	-10.91
31	1.2D+1L+1E	Max	498.66	1079.2	26171.74	197086.87	241584.37	2004.37
31	1.2D+1L+1E	Min	-1687.66	-1287.67	25124.95	-164055.59	-99168.56	-2021.61
32	1.4D		-486.21	-91.94	19539.35	-137115.38	103509.88	4.37
32	1.2D+1.6L		-852.08	-148.7	21654.82	-107786.61	45869.15	4.79
32	1.2D+1L+1E	Max	522.15	949.92	20402.05	58168.32	252230.9	2014.94
32	1.2D+1L+1E	Min	-1899.82	-1194.9	19227.48	-281047.19	-128352.41	-2006.15

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.5 Resultados estructura cuatro pisos suelo B.

Reacciones Edificación de Cuatro Pisos Suelo B								
Nodo	Combinación	Tipo	F1	F2	F3	M1	M2	M3
			Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-cm	Kgf-cm	Kgf-cm
17	1.4D		486.51	371.65	41552.05	128003.13	-103763.56	-9.2
17	1.2D+1.6L		681.06	519.37	43344.38	97256.78	-63105.96	-19.15
17	1.2D+1L+1E	Max	2586.64	2867.89	44666.92	547273.29	295094.86	6625.97
17	1.2D+1L+1E	Min	-1422.56	-1979.77	36225.58	-343414.59	-440682.46	-6655.82
18	1.4D		700.89	-174.43	74627.3	29937.96	-82893.15	13.57
18	1.2D+1.6L		1091.63	-262.06	80987.69	43783.76	-23110.01	23.23
18	1.2D+1L+1E	Max	3239.56	2802.42	77966.37	540891.63	370365.98	6667.09
18	1.2D+1L+1E	Min	-1424.44	-3242.12	71242.93	-466916.1	-452541.94	-6629.33
19	1.4D		700.4	-185.7	73682.89	31101.23	-82930.86	-12.12
19	1.2D+1.6L		1087.87	-242.79	79675.36	41985.98	-23459.71	-25.17
19	1.2D+1L+1E	Max	3462.94	2810.62	77271.72	540141.58	410046.44	6613.88
19	1.2D+1L+1E	Min	-1652.85	-3233.49	69690.06	-467665.46	-492683.78	-6653.14
20	1.4D		682.59	-136.61	56678.45	-125033.27	-84635.4	14.15
20	1.2D+1.6L		1176.16	-209.92	64679.89	-90940.46	-14761.31	13.81
20	1.2D+1L+1E	Max	3659.06	2253.66	63082.17	348874.34	451881.4	6640.58
20	1.2D+1L+1E	Min	-1750.06	-2603.88	54203.84	-542928.45	-524741.51	-6614.22
21	1.4D		-17.66	566.33	73931.8	109038.25	-1647.85	9.97
21	1.2D+1.6L		-40.85	901.95	80010.73	59970.18	-3879.97	21.63
21	1.2D+1L+1E	Max	2467.59	3307.8	77513.72	524777.54	413287.87	6662.94

21	1.2D+1L+1E	Min	-2530	-1816.29	70027.29	-379718.8	-419197.16	-6629.5
22	1.4D		-5.93	-178.12	132820.31	30282.49	-506.84	-10.36
22	1.2D+1.6L		-50.5	-293.52	149851.89	46832.65	-4824.03	-20.65
22	1.2D+1L+1E	Max	2840.63	2919.52	137586.3	549640.41	461186.11	6628.57
22	1.2D+1L+1E	Min	-2907.57	-3400.93	135113.04	-471632.27	-467541.97	-6661.05
23	1.4D		-7	-247.43	131237.72	37096.64	-603.6	11.4
23	1.2D+1.6L		-53.9	-304.36	147696.45	47974.11	-5138.71	18.85
23	1.2D+1L+1E	Max	3115.29	2892.15	135734.05	552717.82	505884.8	6656.73
23	1.2D+1L+1E	Min	-3187.17	-3431.67	133253.62	-468902.35	-512696.22	-6625.84
24	1.4D		-38.02	-15.7	102769.2	-136873.1	-3639.64	-3.49
24	1.2D+1.6L		-108.95	-108.66	123270.87	-100859.58	-10513.9	-10.23
24	1.2D+1L+1E	Max	3257.06	2478.97	114022.97	344265.91	542421.23	6625.82
24	1.2D+1L+1E	Min	-3417.69	-2624.89	106131.53	-558330.23	-557903.37	-6640.85
25	1.4D		17.66	566.33	73931.8	109038.25	1647.85	-9.97
25	1.2D+1.6L		40.85	901.95	80010.73	59970.18	3879.97	-21.63
25	1.2D+1L+1E	Max	2530	3307.8	77513.71	524777.54	419197.16	6629.5
25	1.2D+1L+1E	Min	-2467.59	-1816.29	70027.29	-379718.8	-413287.87	-6662.94
26	1.4D		5.93	-178.12	132820.31	30282.49	506.84	10.36
26	1.2D+1.6L		50.5	-293.52	149851.89	46832.65	4824.03	20.65
26	1.2D+1L+1E	Max	2907.57	2919.52	137586.3	549640.41	467541.97	6661.05
26	1.2D+1L+1E	Min	-2840.63	-3400.93	135113.04	-471632.27	-461186.11	-6628.57
27	1.4D		7	-247.43	131237.72	37096.64	603.6	-11.4
27	1.2D+1.6L		53.9	-304.36	147696.45	47974.11	5138.71	-18.85
27	1.2D+1L+1E	Max	3187.17	2892.15	135734.05	552717.82	512696.22	6625.84
27	1.2D+1L+1E	Min	-3115.29	-3431.67	133253.62	-468902.35	-505884.8	-6656.73
28	1.4D		38.02	-15.7	102769.2	-136873.1	3639.64	3.49
28	1.2D+1.6L		108.95	-108.66	123270.87	-100859.58	10513.9	10.23
28	1.2D+1L+1E	Max	3417.69	2478.97	114022.97	344265.91	557903.37	6640.85
28	1.2D+1L+1E	Min	-3257.06	-2624.89	106131.53	-558330.23	-542421.23	-6625.82
29	1.4D		-486.51	371.65	41552.05	128003.13	103763.56	9.2
29	1.2D+1.6L		-681.06	519.37	43344.38	97256.78	63105.96	19.15
29	1.2D+1L+1E	Max	1422.56	2867.89	44666.92	547273.29	440682.46	6655.82
29	1.2D+1L+1E	Min	-2586.64	-1979.77	36225.58	-343414.59	-295094.86	-6625.97
30	1.4D		-700.89	-174.43	74627.3	29937.96	82893.15	-13.57
30	1.2D+1.6L		-1091.63	-262.06	80987.69	43783.76	23110.01	-23.23
30	1.2D+1L+1E	Max	1424.44	2802.42	77966.37	540891.63	452541.94	6629.33
30	1.2D+1L+1E	Min	-3239.56	-3242.12	71242.93	-466916.1	-370365.98	-6667.09
31	1.4D		-700.4	-185.7	73682.89	31101.23	82930.86	12.12
31	1.2D+1.6L		-1087.87	-242.79	79675.36	41985.98	23459.71	25.17
31	1.2D+1L+1E	Max	1652.85	2810.62	77271.72	540141.58	492683.78	6653.14
31	1.2D+1L+1E	Min	-3462.94	-3233.49	69690.06	-467665.46	-410046.44	-6613.88
32	1.4D		-682.59	-136.61	56678.45	-125033.27	84635.4	-14.15
32	1.2D+1.6L		-1176.16	-209.92	64679.89	-90940.46	14761.31	-13.81

32	1.2D+1L+1E	Max	1750.06	2253.66	63082.17	348874.34	524741.51	6614.22
32	1.2D+1L+1E	Min	-3659.06	-2603.88	54203.84	-542928.45	-451881.4	-6640.58

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.6 Resultados estructura ocho pisos suelo B.

Reacciones Edificación de Ocho Pisos Suelo B								
Nodo	Combiación	Tipo	F1	F2	F3	M1	M2	M3
			Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-cm	Kgf-cm	Kgf-cm
17	1.4D		673.85	500.51	112540.87	149532.54	-86373.01	-34.91
17	1.2D+1.6L		943.98	700	116615.17	127928.74	-38758.6	-74.83
17	1.2D+1L+1E	Max	3736.65	3928.75	121839.88	1023130.67	735032.17	16051.91
17	1.2D+1L+1E	Min	-2123.48	-2732	96276.78	-767091.68	-839005.92	-16167.9
18	1.4D		1020.66	-195.81	184772.16	64513.32	-53758	49.16
18	1.2D+1.6L		1585.91	-297.96	199427.44	93204.6	21764.69	81.56
18	1.2D+1L+1E	Max	4710.39	4012.85	195218.75	1063397.26	847824.36	16116.08
18	1.2D+1L+1E	Min	-2071.86	-4511.19	172847.66	-905418.67	-855177.21	-15982.53
19	1.4D		1026.19	-294.34	185608.36	74353.73	-53146.54	-46.4
19	1.2D+1.6L		1593.14	-389.88	200662.36	102548.09	22592.37	-105.77
19	1.2D+1L+1E	Max	4937.35	3924.02	196932.69	1072477.8	902717.49	15886.82
19	1.2D+1L+1E	Min	-2286.24	-4600.59	173214.92	-896493.86	-908642.66	-16048.85
20	1.4D		956.84	-208.88	148787.73	-84870.79	-59505.46	69.05
20	1.2D+1.6L		1644.62	-315.32	168461.4	-34001.35	28039.09	44.66
20	1.2D+1L+1E	Max	4994.24	3069.39	166707.92	847095.69	952397.36	16066.55
20	1.2D+1L+1E	Min	-2323.36	-3597.81	139518.09	-944157.16	-955602.01	-15966.33
21	1.4D		55.73	815.36	182399.41	119914.55	5809.11	28.12
21	1.2D+1.6L		56.56	1296.45	196047.24	71686.45	6085.03	75.38
21	1.2D+1L+1E	Max	3806.02	4689.51	193194.63	993239.65	871499.14	16096.4
21	1.2D+1L+1E	Min	-3699.5	-2544.79	169121.18	-826543.66	-860158.43	-15984.1
22	1.4D		111.85	-189.62	303321.97	63846.55	11115.34	-37.77
22	1.2D+1.6L		109.79	-315.71	338111.78	94789.53	11120.66	-78.99
22	1.2D+1L+1E	Max	4561.82	4501.23	309298.56	1097935.61	963066.49	15958.48
22	1.2D+1L+1E	Min	-4352.69	-5017.77	308333.86	-938404.49	-942020.09	-16081.5
23	1.4D		115.7	-394.26	305098.55	83643.41	11534.51	42.03
23	1.2D+1.6L		115.3	-503.42	340884.63	113175.4	11768.1	64.07
23	1.2D+1L+1E	Max	4853.02	4317.95	311604.74	1115749.02	1024143.32	16049.49
23	1.2D+1L+1E	Min	-4634.52	-5200.67	310635.82	-920509	-1002018.15	-15942.38
24	1.4D		51.66	-32.96	245756.78	-101876.06	5397.09	13.65
24	1.2D+1.6L		22.81	-174.16	290690.06	-47695.32	2960.84	-4.32
24	1.2D+1L+1E	Max	4726.2	3490.41	272817.18	846643.06	1056412.44	15957.74
24	1.2D+1L+1E	Min	-4664.48	-3729.3	248531.89	-971753.96	-1049241.84	-15954.36

25	1.4D		-55.73	815.36	182399.41	119914.55	-5809.11	-28.12
25	1.2D+1.6L		-56.56	1296.45	196047.24	71686.45	-6085.03	-75.38
25	1.2D+1L+1E	Max	3699.5	4689.51	193194.63	993239.64	860158.43	15984.1
25	1.2D+1L+1E	Min	-3806.02	-2544.79	169121.18	-826543.65	-871499.15	-16096.4
26	1.4D		-111.85	-189.62	303321.97	63846.55	-11115.34	37.77
26	1.2D+1.6L		-109.79	-315.71	338111.78	94789.53	-11120.66	78.99
26	1.2D+1L+1E	Max	4352.69	4501.23	309298.56	1097935.6	942020.09	16081.5
26	1.2D+1L+1E	Min	-4561.82	-5017.77	308333.86	-938404.48	-963066.49	-15958.48
27	1.4D		-115.7	-394.26	305098.55	83643.41	-11534.51	-42.03
27	1.2D+1.6L		-115.3	-503.42	340884.63	113175.4	-11768.1	-64.07
27	1.2D+1L+1E	Max	4634.52	4317.95	311604.74	1115749.01	1002018.16	15942.38
27	1.2D+1L+1E	Min	-4853.02	-5200.67	310635.82	-920508.99	-1024143.32	-16049.49
28	1.4D		-51.66	-32.96	245756.78	-101876.06	-5397.09	-13.65
28	1.2D+1.6L		-22.81	-174.16	290690.06	-47695.32	-2960.84	4.32
28	1.2D+1L+1E	Max	4664.48	3490.41	272817.18	846643.05	1049241.84	15954.36
28	1.2D+1L+1E	Min	-4726.2	-3729.3	248531.89	-971753.95	-1056412.44	-15957.74
29	1.4D		-673.85	500.51	112540.87	149532.54	86373.01	34.91
29	1.2D+1.6L		-943.98	700	116615.17	127928.74	38758.6	74.83
29	1.2D+1L+1E	Max	2123.48	3928.75	121839.88	1023130.65	839005.92	16167.9
29	1.2D+1L+1E	Min	-3736.65	-2732	96276.79	-767091.67	-735032.17	-16051.91
30	1.4D		-1020.66	-195.81	184772.16	64513.32	53758	-49.16
30	1.2D+1.6L		-1585.91	-297.96	199427.44	93204.6	-21764.69	-81.56
30	1.2D+1L+1E	Max	2071.86	4012.85	195218.75	1063397.24	855177.21	15982.53
30	1.2D+1L+1E	Min	-4710.39	-4511.19	172847.66	-905418.65	-847824.37	-16116.08
31	1.4D		-1026.19	-294.34	185608.36	74353.73	53146.54	46.4
31	1.2D+1.6L		-1593.14	-389.88	200662.36	102548.09	-22592.37	105.77
31	1.2D+1L+1E	Max	2286.24	3924.02	196932.69	1072477.78	908642.66	16048.85
31	1.2D+1L+1E	Min	-4937.35	-4600.59	173214.92	-896493.84	-902717.49	-15886.82
32	1.4D		-956.84	-208.88	148787.73	-84870.79	59505.46	-69.05
32	1.2D+1.6L		-1644.62	-315.32	168461.4	-34001.35	-28039.09	-44.66
32	1.2D+1L+1E	Max	2323.36	3069.39	166707.91	847095.66	955602.01	15966.33
32	1.2D+1L+1E	Min	-4994.24	-3597.81	139518.09	-944157.14	-952397.36	-16066.55

Fuente: Elaboración propia.

Suelo C:*Tabla 2.7* Resultados estructura dos pisos suelo C.

Nodo	Combinación	Tipo	Reacciones Edificación de Dos Pisos Suelo C					
			F1	F2	F3	M1	M2	M3
			Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-cm	Kgf-cm	Kgf-cm

17	1.4D		362.54	269.09	14554.31	130087.54	-115696.37	3.23
17	1.2D+1.6L		511.61	380.5	14764.58	99604.34	-79400.8	7.21
17	1.2D+1L+1E	Max	1520.23	1716.35	14639.36	324296.76	84590.92	2628.46
17	1.2D+1L+1E	Min	-647.65	-1067.74	13172.7	-116163.63	-258218.16	-2617.38
18	1.4D		457.54	-159.27	27036.02	20905.04	-106318.98	-6.41
18	1.2D+1.6L		727.19	-232.94	28717.2	30279.44	-58138.43	-11.01
18	1.2D+1L+1E	Max	1858.73	1341.56	27194.48	260357.86	125398.01	2616.88
18	1.2D+1L+1E	Min	-655.61	-1735.12	26082.32	-209069.61	-266418.96	-2634.77
19	1.4D		454.17	-92.98	26200.57	14365.86	-106652.58	5.6
19	1.2D+1.6L		717.63	-118.96	27562.78	19036.87	-59082.75	10.91
19	1.2D+1L+1E	Max	2015.6	1434.23	26328.76	251258.24	150281.5	2625.51
19	1.2D+1L+1E	Min	-826.6	-1642.7	24967.94	-218226.95	-292697.31	-2608.27
20	1.4D		486.21	-91.94	19539.35	-137115.38	-103509.88	-4.37
20	1.2D+1.6L		852.08	-148.7	21654.82	-107786.61	-45869.15	-4.79
20	1.2D+1L+1E	Max	2263.11	1271.64	20578.23	109050.65	185439.9	2609.32
20	1.2D+1L+1E	Min	-885.44	-1516.62	19051.3	-331929.51	-309318.4	-2618.11
21	1.4D		-80.99	356.92	26804.88	121427.89	-7996.08	-4.01
21	1.2D+1.6L		-122.27	585.45	28396.23	79405.39	-12069.94	-8.75
21	1.2D+1L+1E	Max	1094.58	1886.11	26981.36	307651.39	172481.84	2618.95
21	1.2D+1L+1E	Min	-1299.48	-924.85	25745.64	-130333.86	-192709.61	-2632.46
22	1.4D		-90.61	-163.22	49036.63	21302.03	-8942.64	4.32
22	1.2D+1.6L		-158.85	-260.79	54857.3	33031.9	-15674.23	8.65
22	1.2D+1L+1E	Max	1229.16	1301.94	50461.44	257539.34	193150.69	2631.19
22	1.2D+1L+1E	Min	-1485.98	-1732.85	49633.73	-202555.3	-218492.32	-2617.59
23	1.4D		-92.5	-120.88	47530.58	17119.44	-9130.88	-4.89
23	1.2D+1.6L		-163.37	-139.73	52735.05	21085.04	-16123.08	-8.41
23	1.2D+1L+1E	Max	1402.94	1393.01	48651.34	248917.85	219704.77	2614.46
23	1.2D+1L+1E	Min	-1666.62	-1645.38	47822.84	-211556.2	-245728.47	-2628.12
24	1.4D		-110.73	2.28	36966.17	-146388.21	-10923.78	2.63
24	1.2D+1.6L		-212.16	-64.83	43733.74	-116042.22	-20927.33	5.56
24	1.2D+1L+1E	Max	1549.9	1360.32	39943.88	98924.25	245007.82	2621.61
24	1.2D+1L+1E	Min	-1886.29	-1439.9	38487.27	-338083.72	-278189.42	-2612.97
25	1.4D		80.99	356.92	26804.88	121427.89	7996.08	4.01
25	1.2D+1.6L		122.27	585.45	28396.23	79405.39	12069.94	8.75
25	1.2D+1L+1E	Max	1299.48	1886.11	26981.36	307651.39	192709.61	2632.46
25	1.2D+1L+1E	Min	-1094.58	-924.85	25745.64	-130333.86	-172481.84	-2618.95
26	1.4D		90.61	-163.22	49036.63	21302.03	8942.64	-4.32
26	1.2D+1.6L		158.85	-260.79	54857.3	33031.9	15674.23	-8.65
26	1.2D+1L+1E	Max	1485.98	1301.94	50461.44	257539.34	218492.32	2617.59
26	1.2D+1L+1E	Min	-1229.16	-1732.85	49633.73	-202555.3	-193150.69	-2631.19
27	1.4D		92.5	-120.88	47530.58	17119.44	9130.88	4.89
27	1.2D+1.6L		163.37	-139.73	52735.05	21085.04	16123.08	8.41
27	1.2D+1L+1E	Max	1666.62	1393.01	48651.34	248917.85	245728.47	2628.12

27	1.2D+1L+1E	Min	-1402.94	-1645.38	47822.84	-211556.2	-219704.77	-2614.46
28	1.4D		110.73	2.28	36966.17	-146388.21	10923.78	-2.63
28	1.2D+1.6L		212.16	-64.83	43733.74	-116042.22	20927.33	-5.56
28	1.2D+1L+1E	Max	1886.29	1360.32	39943.88	98924.25	278189.42	2612.97
28	1.2D+1L+1E	Min	-1549.9	-1439.9	38487.27	-338083.72	-245007.82	-2621.61
29	1.4D		-362.54	269.09	14554.31	130087.54	115696.37	-3.23
29	1.2D+1.6L		-511.61	380.5	14764.58	99604.34	79400.8	-7.21
29	1.2D+1L+1E	Max	647.65	1716.35	14639.36	324296.76	258218.16	2617.38
29	1.2D+1L+1E	Min	-1520.23	-1067.74	13172.7	-116163.63	-84590.92	-2628.46
30	1.4D		-457.54	-159.27	27036.02	20905.04	106318.98	6.41
30	1.2D+1.6L		-727.19	-232.94	28717.2	30279.44	58138.43	11.01
30	1.2D+1L+1E	Max	655.61	1341.56	27194.48	260357.86	266418.96	2634.77
30	1.2D+1L+1E	Min	-1858.73	-1735.12	26082.32	-209069.61	-125398.01	-2616.88
31	1.4D		-454.17	-92.98	26200.57	14365.86	106652.58	-5.6
31	1.2D+1.6L		-717.63	-118.96	27562.78	19036.87	59082.75	-10.91
31	1.2D+1L+1E	Max	826.6	1434.23	26328.76	251258.24	292697.31	2608.27
31	1.2D+1L+1E	Min	-2015.6	-1642.7	24967.94	-218226.95	-150281.5	-2625.51
32	1.4D		-486.21	-91.94	19539.35	-137115.38	103509.88	4.37
32	1.2D+1.6L		-852.08	-148.7	21654.82	-107786.61	45869.15	4.79
32	1.2D+1L+1E	Max	885.44	1271.64	20578.23	109050.65	309318.4	2618.11
32	1.2D+1L+1E	Min	-2263.11	-1516.62	19051.3	-331929.51	-185439.9	-2609.32

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.8 Resultados estructura cuatro pisos suelo C

Reacciones Edificación de Cuatro Pisos Suelo C								
Nodo	Combinación	Tipo	F1	F2	F3	M1	M2	M3
			Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-cm	Kgf-cm	Kgf-cm
17	1.4D		486.51	371.65	41552.05	128003.13	-103763.56	-9.2
17	1.2D+1.6L		681.06	519.37	43344.38	97256.78	-63105.96	-19.15
17	1.2D+1L+1E	Max	3417.38	3962.02	46584.65	748545.6	447508.47	9395.38
17	1.2D+1L+1E	Min	-2253.3	-3073.89	34307.86	-544686.9	-593096.07	-9425.24
18	1.4D		700.89	-174.43	74627.3	29937.96	-82893.15	13.57
18	1.2D+1.6L		1091.63	-262.06	80987.69	43783.76	-23110.01	23.23
18	1.2D+1L+1E	Max	4266.17	4167.79	79433.69	768684.4	551702.67	9436.55
18	1.2D+1L+1E	Min	-2451.06	-4607.49	69775.62	-694708.87	-633878.63	-9398.79
19	1.4D		700.4	-185.7	73682.89	31101.23	-82930.86	-12.12
19	1.2D+1.6L		1087.87	-242.79	79675.36	41985.98	-23459.71	-25.17
19	1.2D+1L+1E	Max	4634.25	4175.9	79026.49	767932.33	616997.44	9372.46
19	1.2D+1L+1E	Min	-2824.16	-4598.77	67935.29	-695456.21	-699634.77	-9411.71
20	1.4D		682.59	-136.61	56678.45	-125033.27	-84635.4	14.15

20	1.2D+1.6L		1176.16	-209.92	64679.89	-90940.46	-14761.31	13.81
20	1.2D+1L+1E	Max	4921.94	3349.13	65103.09	550303.24	680302.16	9396.8
20	1.2D+1L+1E	Min	-3012.93	-3699.35	52182.92	-744357.35	-753162.27	-9370.45
21	1.4D		-17.66	566.33	73931.8	109038.25	-1647.85	9.97
21	1.2D+1.6L		-40.85	901.95	80010.73	59970.18	-3879.97	21.63
21	1.2D+1L+1E	Max	3502.95	4470.2	79210.53	730220.09	585708.66	9431.16
21	1.2D+1L+1E	Min	-3565.36	-2978.69	68330.47	-585161.34	-591617.95	-9397.72
22	1.4D		-5.93	-178.12	132820.31	30282.49	-506.84	-10.36
22	1.2D+1.6L		-50.5	-293.52	149851.89	46832.65	-4824.03	-20.65
22	1.2D+1L+1E	Max	4107.19	4355.3	138147.95	781752.86	665931.83	9395.13
22	1.2D+1L+1E	Min	-4174.13	-4836.71	134551.39	-703744.72	-672287.69	-9427.61
23	1.4D		-7	-247.43	131237.72	37096.64	-603.6	11.4
23	1.2D+1.6L		-53.9	-304.36	147696.45	47974.11	-5138.71	18.85
23	1.2D+1L+1E	Max	4560.46	4328.69	136297.14	784908.01	739557.04	9420.15
23	1.2D+1L+1E	Min	-4632.34	-4868.21	132690.52	-701092.54	-746368.46	-9389.26
24	1.4D		-38.02	-15.7	102769.2	-136873.1	-3639.64	-3.49
24	1.2D+1.6L		-108.95	-108.66	123270.87	-100859.58	-10513.9	-10.23
24	1.2D+1L+1E	Max	4818.17	3636.76	115827.6	549272.24	799971.02	9384.22
24	1.2D+1L+1E	Min	-4978.8	-3782.67	104326.9	-763336.56	-815453.17	-9399.25
25	1.4D		17.66	566.33	73931.8	109038.25	1647.85	-9.97
25	1.2D+1.6L		40.85	901.95	80010.73	59970.18	3879.97	-21.63
25	1.2D+1L+1E	Max	3565.36	4470.2	79210.53	730220.09	591617.95	9397.72
25	1.2D+1L+1E	Min	-3502.95	-2978.69	68330.47	-585161.34	-585708.66	-9431.16
26	1.4D		5.93	-178.12	132820.31	30282.49	506.84	10.36
26	1.2D+1.6L		50.5	-293.52	149851.89	46832.65	4824.03	20.65
26	1.2D+1L+1E	Max	4174.13	4355.3	138147.95	781752.86	672287.69	9427.61
26	1.2D+1L+1E	Min	-4107.19	-4836.71	134551.39	-703744.72	-665931.83	-9395.13
27	1.4D		7	-247.43	131237.72	37096.64	603.6	-11.4
27	1.2D+1.6L		53.9	-304.36	147696.45	47974.11	5138.71	-18.85
27	1.2D+1L+1E	Max	4632.34	4328.69	136297.14	784908.01	746368.46	9389.26
27	1.2D+1L+1E	Min	-4560.46	-4868.21	132690.52	-701092.54	-739557.04	-9420.15
28	1.4D		38.02	-15.7	102769.2	-136873.1	3639.64	3.49
28	1.2D+1.6L		108.95	-108.66	123270.87	-100859.58	10513.9	10.23
28	1.2D+1L+1E	Max	4978.8	3636.76	115827.6	549272.24	815453.17	9399.25
28	1.2D+1L+1E	Min	-4818.17	-3782.67	104326.9	-763336.56	-799971.02	-9384.22
29	1.4D		-486.51	371.65	41552.05	128003.13	103763.56	9.2
29	1.2D+1.6L		-681.06	519.37	43344.38	97256.78	63105.96	19.15
29	1.2D+1L+1E	Max	2253.3	3962.02	46584.65	748545.6	593096.07	9425.24
29	1.2D+1L+1E	Min	-3417.38	-3073.89	34307.86	-544686.9	-447508.47	-9395.38
30	1.4D		-700.89	-174.43	74627.3	29937.96	82893.15	-13.57
30	1.2D+1.6L		-1091.63	-262.06	80987.69	43783.76	23110.01	-23.23
30	1.2D+1L+1E	Max	2451.06	4167.79	79433.69	768684.4	633878.63	9398.79
30	1.2D+1L+1E	Min	-4266.17	-4607.49	69775.62	-694708.87	-551702.67	-9436.55

31	1.4D		-700.4	-185.7	73682.89	31101.23	82930.86	12.12
31	1.2D+1.6L		-1087.87	-242.79	79675.36	41985.98	23459.71	25.17
31	1.2D+1L+1E	Max	2824.16	4175.9	79026.49	767932.33	699634.78	9411.71
31	1.2D+1L+1E	Min	-4634.25	-4598.77	67935.29	-695456.21	-616997.44	-9372.46
32	1.4D		-682.59	-136.61	56678.45	-125033.27	84635.4	-14.15
32	1.2D+1.6L		-1176.16	-209.92	64679.89	-90940.46	14761.31	-13.81
32	1.2D+1L+1E	Max	3012.93	3349.13	65103.09	550303.25	753162.27	9370.45
32	1.2D+1L+1E	Min	-4921.94	-3699.35	52182.92	-744357.35	-680302.16	-9396.8

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.9 Resultados estructura ocho pisos suelo C

Reacciones Edificación de Ocho Pisos Suelo C								
Nodo	Combinación	Tipo	F1	F2	F3	M1	M2	M3
			Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-cm	Kgf-cm	Kgf-cm
17	1.4D		673.85	500.51	112540.87	149532.54	-86373.01	-34.91
17	1.2D+1.6L		943.98	700	116615.17	127928.74	-38758.6	-74.83
17	1.2D+1L+1E	Max	5450.68	5870.97	129537.59	1549768.38	1199023.24	25573.96
17	1.2D+1L+1E	Min	-3837.52	-4674.21	88579.07	-1293729.39	-1302996.99	-25689.94
18	1.4D		1020.66	-195.81	184772.16	64513.32	-53758	49.16
18	1.2D+1.6L		1585.91	-297.96	199427.44	93204.6	21764.69	81.56
18	1.2D+1L+1E	Max	6693.87	6507.36	201955.52	1642885.65	1349370.99	25600.38
18	1.2D+1L+1E	Min	-4055.34	-7005.69	166110.88	-1484907.06	-1356723.83	-25466.83
19	1.4D		1026.19	-294.34	185608.36	74353.73	-53146.54	-46.4
19	1.2D+1.6L		1593.14	-389.88	200662.36	102548.09	22592.37	-105.77
19	1.2D+1L+1E	Max	7047.24	6418.59	204074.05	1651997.36	1435701.3	25324.77
19	1.2D+1L+1E	Min	-4396.13	-7095.15	166073.56	-1476013.42	-1441626.48	-25486.8
20	1.4D		956.84	-208.88	148787.73	-84870.79	-59505.46	69.05
20	1.2D+1.6L		1644.62	-315.32	168461.4	-34001.35	28039.09	44.66
20	1.2D+1L+1E	Max	7127.67	5013.8	174893.31	1374043.41	1513401.67	25535.05
20	1.2D+1L+1E	Min	-4456.79	-5542.23	131332.69	-1471104.88	-1516606.33	-25434.84
21	1.4D		55.73	815.36	182399.41	119914.55	5809.11	28.12
21	1.2D+1.6L		56.56	1296.45	196047.24	71686.45	6085.03	75.38
21	1.2D+1L+1E	Max	6008.27	6801.97	200442.91	1528617.28	1382199.21	25575.37
21	1.2D+1L+1E	Min	-5901.75	-4657.25	161872.9	-1361921.29	-1370858.5	-25463.07
22	1.4D		111.85	-189.62	303321.97	63846.55	11115.34	-37.77
22	1.2D+1.6L		109.79	-315.71	338111.78	94789.53	11120.66	-78.99
22	1.2D+1L+1E	Max	7177.77	7290.98	309587.51	1697431.75	1524490.96	25425.62
22	1.2D+1L+1E	Min	-6968.63	-7807.52	308044.91	-1537900.63	-1503444.56	-25548.63
23	1.4D		115.7	-394.26	305098.55	83643.41	11534.51	42.03
23	1.2D+1.6L		115.3	-503.42	340884.63	113175.4	11768.1	64.07

23	1.2D+1L+1E	Max	7634.13	7107.46	311895.07	1715204.73	1620736.9	25503
23	1.2D+1L+1E	Min	-7415.63	-7990.18	310345.49	-1519964.72	-1598611.74	-25395.89
24	1.4D		51.66	-32.96	245756.78	-101876.06	5397.09	13.65
24	1.2D+1.6L		22.81	-174.16	290690.06	-47695.32	2960.84	-4.32
24	1.2D+1L+1E	Max	7474.07	5599.14	280122.14	1381642.15	1675910.74	25388.41
24	1.2D+1L+1E	Min	-7412.35	-5838.02	241226.94	-1506753.05	-1668740.14	-25385.04
25	1.4D		-55.73	815.36	182399.41	119914.55	-5809.11	-28.12
25	1.2D+1.6L		-56.56	1296.45	196047.24	71686.45	-6085.03	-75.38
25	1.2D+1L+1E	Max	5901.75	6801.97	200442.91	1528617.28	1370858.5	25463.07
25	1.2D+1L+1E	Min	-6008.27	-4657.25	161872.9	-1361921.29	-1382199.21	-25575.37
26	1.4D		-111.85	-189.62	303321.97	63846.55	-11115.34	37.77
26	1.2D+1.6L		-109.79	-315.71	338111.78	94789.53	-11120.66	78.99
26	1.2D+1L+1E	Max	6968.63	7290.98	309587.51	1697431.75	1503444.56	25548.63
26	1.2D+1L+1E	Min	-7177.77	-7807.52	308044.91	-1537900.62	-1524490.96	-25425.62
27	1.4D		-115.7	-394.26	305098.55	83643.41	-11534.51	-42.03
27	1.2D+1.6L		-115.3	-503.42	340884.63	113175.4	-11768.1	-64.07
27	1.2D+1L+1E	Max	7415.63	7107.46	311895.07	1715204.72	1598611.74	25395.89
27	1.2D+1L+1E	Min	-7634.13	-7990.18	310345.49	-1519964.71	-1620736.9	-25503
28	1.4D		-51.66	-32.96	245756.78	-101876.06	-5397.09	-13.65
28	1.2D+1.6L		-22.81	-174.16	290690.06	-47695.32	-2960.84	4.32
28	1.2D+1L+1E	Max	7412.35	5599.14	280122.14	1381642.14	1668740.14	25385.04
28	1.2D+1L+1E	Min	-7474.07	-5838.02	241226.94	-1506753.04	-1675910.74	-25388.41
29	1.4D		-673.85	500.51	112540.87	149532.54	86373.01	34.91
29	1.2D+1.6L		-943.98	700	116615.17	127928.74	38758.6	74.83
29	1.2D+1L+1E	Max	3837.52	5870.97	129537.59	1549768.36	1302996.99	25689.94
29	1.2D+1L+1E	Min	-5450.68	-4674.21	88579.07	-1293729.38	-1199023.24	-25573.96
30	1.4D		-1020.66	-195.81	184772.16	64513.32	53758	-49.16
30	1.2D+1.6L		-1585.91	-297.96	199427.44	93204.6	-21764.69	-81.56
30	1.2D+1L+1E	Max	4055.34	6507.35	201955.52	1642885.63	1356723.83	25466.83
30	1.2D+1L+1E	Min	-6693.87	-7005.69	166110.88	-1484907.04	-1349370.99	-25600.38
31	1.4D		-1026.19	-294.34	185608.36	74353.73	53146.54	46.4
31	1.2D+1.6L		-1593.14	-389.88	200662.36	102548.09	-22592.37	105.77
31	1.2D+1L+1E	Max	4396.13	6418.59	204074.05	1651997.34	1441626.48	25486.8
31	1.2D+1L+1E	Min	-7047.24	-7095.15	166073.56	-1476013.4	-1435701.3	-25324.77
32	1.4D		-956.84	-208.88	148787.73	-84870.79	59505.46	-69.05
32	1.2D+1.6L		-1644.62	-315.32	168461.4	-34001.35	-28039.09	-44.66
32	1.2D+1L+1E	Max	4456.79	5013.8	174893.31	1374043.38	1516606.32	25434.84
32	1.2D+1L+1E	Min	-7127.67	-5542.23	131332.7	-1471104.86	-1513401.67	-25535.05

Fuente: Elaboración propia.

Suelo D:**Tabla 2.10** Resultados estructura dos pisos suelo D.

Reacciones Edificación de Dos Pisos Suelo D								
Nodo	Combinación	Tipo	F1	F2	F3	M1	M2	M3
			Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-cm	Kgf-cm	Kgf-cm
17	1.4D		362.54	269.09	14554.31	130087.54	-115696.37	3.23
17	1.2D+1.6L		511.61	380.5	14764.58	99604.34	-79400.8	7.21
17	1.2D+1L+1E	Max	1603.61	1823.43	14695.77	341237.54	97775.88	2830.22
17	1.2D+1L+1E	Min	-731.03	-1174.82	13116.29	-133104.42	-271403.12	-2819.14
18	1.4D		457.54	-159.27	27036.02	20905.04	-106318.98	-6.41
18	1.2D+1.6L		727.19	-232.94	28717.2	30279.44	-58138.43	-11.01
18	1.2D+1L+1E	Max	1955.43	1459.89	27237.26	278412.77	140467.9	2818.87
18	1.2D+1L+1E	Min	-752.32	-1853.45	26039.54	-227124.51	-281488.85	-2836.76
19	1.4D		454.17	-92.98	26200.57	14365.86	-106652.58	5.6
19	1.2D+1.6L		717.63	-118.96	27562.78	19036.87	-59082.75	10.91
19	1.2D+1L+1E	Max	2124.92	1552.57	26381.1	269315.36	167319.14	2826.81
19	1.2D+1L+1E	Min	-935.92	-1761.04	24915.6	-236284.08	-309734.95	-2809.57
20	1.4D		486.21	-91.94	19539.35	-137115.38	-103509.88	-4.37
20	1.2D+1.6L		852.08	-148.7	21654.82	-107786.61	-45869.15	-4.79
20	1.2D+1L+1E	Max	2384.21	1378.88	20636.96	126011.43	204469.07	2810.37
20	1.2D+1L+1E	Min	-1006.54	-1623.86	18992.57	-348890.29	-328347.56	-2819.16
21	1.4D		-80.99	356.92	26804.88	121427.89	-7996.08	-4.01
21	1.2D+1.6L		-122.27	585.45	28396.23	79405.39	-12069.94	-8.75
21	1.2D+1L+1E	Max	1186.66	1994.23	27028.89	324496.98	186527.67	2820.93
21	1.2D+1L+1E	Min	-1391.56	-1032.96	25698.11	-147179.45	-206755.43	-2834.43
22	1.4D		-90.61	-163.22	49036.63	21302.03	-8942.64	4.32
22	1.2D+1.6L		-158.85	-260.79	54857.3	33031.9	-15674.23	8.65
22	1.2D+1L+1E	Max	1333.59	1418.66	50493.28	275235.28	208983.12	2833.06
22	1.2D+1L+1E	Min	-1590.41	-1849.58	49601.9	-220251.25	-234324.75	-2819.47
23	1.4D		-92.5	-120.88	47530.58	17119.44	-9130.88	-4.89
23	1.2D+1.6L		-163.37	-139.73	52735.05	21085.04	-16123.08	-8.41
23	1.2D+1L+1E	Max	1521	1509.87	48683.21	266628.39	237606.05	2816.1
23	1.2D+1L+1E	Min	-1784.68	-1762.24	47790.98	-229266.74	-263629.75	-2829.75
24	1.4D		-110.73	2.28	36966.17	-146388.21	-10923.78	2.63
24	1.2D+1.6L		-212.16	-64.83	43733.74	-116042.22	-20927.33	5.56
24	1.2D+1L+1E	Max	1682.06	1468.02	39999.9	115732.25	265130.79	2822.94
24	1.2D+1L+1E	Min	-2018.45	-1547.6	38431.25	-354891.72	-298312.39	-2814.3
25	1.4D		80.99	356.92	26804.88	121427.89	7996.08	4.01
25	1.2D+1.6L		122.27	585.45	28396.23	79405.39	12069.94	8.75
25	1.2D+1L+1E	Max	1391.56	1994.23	27028.89	324496.98	206755.43	2834.43
25	1.2D+1L+1E	Min	-1186.66	-1032.96	25698.11	-147179.45	-186527.67	-2820.93

26	1.4D		90.61	-163.22	49036.63	21302.03	8942.64	-4.32
26	1.2D+1.6L		158.85	-260.79	54857.3	33031.9	15674.23	-8.65
26	1.2D+1L+1E	Max	1590.41	1418.66	50493.28	275235.28	234324.75	2819.47
26	1.2D+1L+1E	Min	-1333.59	-1849.58	49601.9	-220251.25	-208983.12	-2833.06
27	1.4D		92.5	-120.88	47530.58	17119.44	9130.88	4.89
27	1.2D+1.6L		163.37	-139.73	52735.05	21085.04	16123.08	8.41
27	1.2D+1L+1E	Max	1784.68	1509.87	48683.21	266628.39	263629.75	2829.75
27	1.2D+1L+1E	Min	-1521	-1762.24	47790.98	-229266.74	-237606.05	-2816.1
28	1.4D		110.73	2.28	36966.17	-146388.21	10923.78	-2.63
28	1.2D+1.6L		212.16	-64.83	43733.74	-116042.22	20927.33	-5.56
28	1.2D+1L+1E	Max	2018.45	1468.02	39999.9	115732.25	298312.39	2814.3
28	1.2D+1L+1E	Min	-1682.06	-1547.6	38431.25	-354891.72	-265130.79	-2822.94
29	1.4D		-362.54	269.09	14554.31	130087.54	115696.37	-3.23
29	1.2D+1.6L		-511.61	380.5	14764.58	99604.34	79400.8	-7.21
29	1.2D+1L+1E	Max	731.03	1823.43	14695.77	341237.54	271403.12	2819.14
29	1.2D+1L+1E	Min	-1603.61	-1174.82	13116.29	-133104.42	-97775.88	-2830.22
30	1.4D		-457.54	-159.27	27036.02	20905.04	106318.98	6.41
30	1.2D+1.6L		-727.19	-232.94	28717.2	30279.44	58138.43	11.01
30	1.2D+1L+1E	Max	752.32	1459.89	27237.26	278412.77	281488.85	2836.76
30	1.2D+1L+1E	Min	-1955.43	-1853.45	26039.54	-227124.51	-140467.9	-2818.87
31	1.4D		-454.17	-92.98	26200.57	14365.86	106652.58	-5.6
31	1.2D+1.6L		-717.63	-118.96	27562.78	19036.87	59082.75	-10.91
31	1.2D+1L+1E	Max	935.92	1552.57	26381.1	269315.36	309734.95	2809.57
31	1.2D+1L+1E	Min	-2124.92	-1761.04	24915.6	-236284.08	-167319.14	-2826.81
32	1.4D		-486.21	-91.94	19539.35	-137115.38	103509.88	4.37
32	1.2D+1.6L		-852.08	-148.7	21654.82	-107786.61	45869.15	4.79
32	1.2D+1L+1E	Max	1006.54	1378.88	20636.96	126011.43	328347.56	2819.16
32	1.2D+1L+1E	Min	-2384.21	-1623.86	18992.57	-348890.29	-204469.07	-2810.37

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.11 Resultados estructura cuatro pisos suelo D.

Reacciones Edificación de Cuatro Pisos Suelo D								
Nodo	Combinación	Tipo	F1	F2	F3	M1	M2	M3
			Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-cm	Kgf-cm	Kgf-cm
17	1.4D		486.51	371.65	41552.05	128003.13	-103763.56	-9.2
17	1.2D+1.6L		681.06	519.37	43344.38	97256.78	-63105.96	-19.15
17	1.2D+1L+1E	Max	3635.49	4232.63	47056.83	798285.31	487531.72	10119.25
17	1.2D+1L+1E	Min	-2471.41	-3344.51	33835.67	-594426.61	-633119.33	-10149.11
18	1.4D		700.89	-174.43	74627.3	29937.96	-82893.15	13.57
18	1.2D+1.6L		1091.63	-262.06	80987.69	43783.76	-23110.01	23.23

18	1.2D+1L+1E	Max	4524.53	4505.3	79805.15	824968.75	597301.95	10160.99
18	1.2D+1L+1E	Min	-2709.41	-4945	69404.16	-750993.22	-679477.91	-10123.23
19	1.4D		700.4	-185.7	73682.89	31101.23	-82930.86	-12.12
19	1.2D+1.6L		1087.87	-242.79	79675.36	41985.98	-23459.71	-25.17
19	1.2D+1L+1E	Max	4921.12	4513.39	79453.08	824216.51	667637.14	10094.93
19	1.2D+1L+1E	Min	-3111.02	-4936.26	67508.7	-751740.38	-750274.48	-10134.18
20	1.4D		682.59	-136.61	56678.45	-125033.27	-84635.4	14.15
20	1.2D+1.6L		1176.16	-209.92	64679.89	-90940.46	-14761.31	13.81
20	1.2D+1L+1E	Max	5227.12	3620.23	65600.02	600097.88	735435.41	10118.62
20	1.2D+1L+1E	Min	-3318.12	-3970.45	51685.99	-794151.99	-808295.52	-10092.27
21	1.4D		-17.66	566.33	73931.8	109038.25	-1647.85	9.97
21	1.2D+1.6L		-40.85	901.95	80010.73	59970.18	-3879.97	21.63
21	1.2D+1L+1E	Max	3774.8	4756.7	79628.99	780811.68	630990.45	10155.35
21	1.2D+1L+1E	Min	-3837.22	-3265.19	67912.01	-635752.93	-636899.74	-10121.91
22	1.4D		-5.93	-178.12	132820.31	30282.49	-506.84	-10.36
22	1.2D+1.6L		-50.5	-293.52	149851.89	46832.65	-4824.03	-20.65
22	1.2D+1L+1E	Max	4425.7	4708.84	138286.28	838887.38	717401.82	10119.09
22	1.2D+1L+1E	Min	-4492.64	-5190.25	134413.06	-760879.25	-723757.67	-10151.57
23	1.4D		-7	-247.43	131237.72	37096.64	-603.6	11.4
23	1.2D+1.6L		-53.9	-304.36	147696.45	47974.11	-5138.71	18.85
23	1.2D+1L+1E	Max	4914.03	4682.42	136435.86	842061.88	796708.02	10143.59
23	1.2D+1L+1E	Min	-4985.91	-5221.93	132551.8	-758246.4	-803519.44	-10112.7
24	1.4D		-38.02	-15.7	102769.2	-136873.1	-3639.64	-3.49
24	1.2D+1.6L		-108.95	-108.66	123270.87	-100859.58	-10513.9	-10.23
24	1.2D+1L+1E	Max	5194.97	3922.12	116269.93	599757.19	862102.72	10106.66
24	1.2D+1L+1E	Min	-5355.6	-4068.04	103884.57	-813821.51	-877584.87	-10121.69
25	1.4D		17.66	566.33	73931.8	109038.25	1647.85	-9.97
25	1.2D+1.6L		40.85	901.95	80010.73	59970.18	3879.97	-21.63
25	1.2D+1L+1E	Max	3837.22	4756.7	79628.99	780811.68	636899.74	10121.91
25	1.2D+1L+1E	Min	-3774.8	-3265.19	67912.01	-635752.93	-630990.45	-10155.35
26	1.4D		5.93	-178.12	132820.31	30282.49	506.84	10.36
26	1.2D+1.6L		50.5	-293.52	149851.89	46832.65	4824.03	20.65
26	1.2D+1L+1E	Max	4492.64	4708.84	138286.28	838887.38	723757.67	10151.57
26	1.2D+1L+1E	Min	-4425.7	-5190.25	134413.06	-760879.25	-717401.82	-10119.09
27	1.4D		7	-247.43	131237.72	37096.64	603.6	-11.4
27	1.2D+1.6L		53.9	-304.36	147696.45	47974.11	5138.71	-18.85
27	1.2D+1L+1E	Max	4985.91	4682.42	136435.86	842061.88	803519.44	10112.7
27	1.2D+1L+1E	Min	-4914.03	-5221.93	132551.8	-758246.4	-796708.02	-10143.59
28	1.4D		38.02	-15.7	102769.2	-136873.1	3639.64	3.49
28	1.2D+1.6L		108.95	-108.66	123270.87	-100859.58	10513.9	10.23
28	1.2D+1L+1E	Max	5355.6	3922.12	116269.94	599757.19	877584.87	10121.69
28	1.2D+1L+1E	Min	-5194.97	-4068.04	103884.57	-813821.51	-862102.72	-10106.66
29	1.4D		-486.51	371.65	41552.05	128003.13	103763.56	9.2

29	1.2D+1.6L		-681.06	519.37	43344.38	97256.78	63105.96	19.15
29	1.2D+1L+1E	Max	2471.41	4232.63	47056.83	798285.31	633119.33	10149.11
29	1.2D+1L+1E	Min	-3635.49	-3344.51	33835.67	-594426.61	-487531.72	-10119.25
30	1.4D		-700.89	-174.43	74627.3	29937.96	82893.15	-13.57
30	1.2D+1.6L		-1091.63	-262.06	80987.69	43783.76	23110.01	-23.23
30	1.2D+1L+1E	Max	2709.41	4505.3	79805.15	824968.75	679477.91	10123.23
30	1.2D+1L+1E	Min	-4524.53	-4945	69404.16	-750993.23	-597301.95	-10160.99
31	1.4D		-700.4	-185.7	73682.89	31101.23	82930.86	12.12
31	1.2D+1.6L		-1087.87	-242.79	79675.36	41985.98	23459.71	25.17
31	1.2D+1L+1E	Max	3111.02	4513.39	79453.08	824216.5	750274.48	10134.18
31	1.2D+1L+1E	Min	-4921.12	-4936.26	67508.7	-751740.38	-667637.14	-10094.93
32	1.4D		-682.59	-136.61	56678.45	-125033.27	84635.4	-14.15
32	1.2D+1.6L		-1176.16	-209.92	64679.89	-90940.46	14761.31	-13.81
32	1.2D+1L+1E	Max	3318.12	3620.23	65600.02	600097.88	808295.52	10092.27
32	1.2D+1L+1E	Min	-5227.12	-3970.45	51685.99	-794151.99	-735435.41	-10118.62

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.12 Resultados estructura ocho pisos suelo D.

Reacciones Edificación de Ocho Pisos Suelo D								
Nodo	Combinación	Tipo	F1	F2	F3	M1	M2	M3
			Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
17	1.4D		673.85	500.51	112540.87	1495.33	-863.73	-0.35
17	1.2D+1.6L		943.98	700	116615.17	1279.29	-387.59	-0.75
17	1.2D+1L+1E	Max	6103.87	6530.92	132188.87	17288	13764.15	291.26
17	1.2D+1L+1E	Min	-4490.71	-5334.17	85927.79	-14727.61	-14803.88	-292.41
18	1.4D		1020.66	-195.81	184772.16	645.13	-537.58	0.49
18	1.2D+1.6L		1585.91	-297.96	199427.44	932.05	217.65	0.82
18	1.2D+1L+1E	Max	7409.59	7355.5	204394.01	18399.35	15304.41	291.48
18	1.2D+1L+1E	Min	-4771.06	-7853.84	163672.39	-16819.57	-15377.94	-290.14
19	1.4D		1026.19	-294.34	185608.36	743.54	-531.47	-0.46
19	1.2D+1.6L		1593.14	-389.88	200662.36	1025.48	225.92	-1.06
19	1.2D+1L+1E	Max	7772.97	7266.93	206524.54	18490.84	16189.52	288.74
19	1.2D+1L+1E	Min	-5121.85	-7943.5	163623.07	-16731	-16248.77	-290.36
20	1.4D		956.84	-208.88	148787.73	-848.71	-595.05	0.69
20	1.2D+1.6L		1644.62	-315.32	168461.4	-340.01	280.39	0.45
20	1.2D+1L+1E	Max	7837.54	5675.3	177706.22	15532.78	16997.38	290.95
20	1.2D+1L+1E	Min	-5166.66	-6203.72	128519.79	-16503.39	-17029.43	-289.95
21	1.4D		55.73	815.36	182399.41	1199.15	58.09	0.28
21	1.2D+1.6L		56.56	1296.45	196047.24	716.86	60.85	0.75
21	1.2D+1L+1E	Max	6848.18	7517.06	202893.58	17097.72	15774.57	291.23

21	1.2D+1L+1E	Min	-6741.66	-5372.33	159422.23	-15430.76	-15661.16	-290.1
22	1.4D		111.85	-189.62	303321.97	638.47	111.15	-0.38
22	1.2D+1.6L		109.79	-315.71	338111.78	947.9	111.21	-0.79
22	1.2D+1L+1E	Max	8122.11	8235.16	309687.05	19002.76	17272.04	289.73
22	1.2D+1L+1E	Min	-7912.97	-8751.7	307945.37	-17407.45	-17061.57	-290.96
23	1.4D		115.7	-394.26	305098.55	836.43	115.35	0.42
23	1.2D+1.6L		115.3	-503.42	340884.63	1131.75	117.68	0.64
23	1.2D+1L+1E	Max	8590.45	8051.56	311995.04	19180.36	18258.4	290.51
23	1.2D+1L+1E	Min	-8371.95	-8934.28	310245.52	-17227.96	-18037.15	-289.44
24	1.4D		51.66	-32.96	245756.78	-1018.76	53.97	0.14
24	1.2D+1.6L		22.81	-174.16	290690.06	-476.95	29.61	-0.04322
24	1.2D+1L+1E	Max	8387.86	6312.99	282589.42	15626.73	18816.63	289.35
24	1.2D+1L+1E	Min	-8326.14	-6551.87	238759.66	-16877.84	-18744.92	-289.32
25	1.4D		-55.73	815.36	182399.41	1199.15	-58.09	-0.28
25	1.2D+1.6L		-56.56	1296.45	196047.24	716.86	-60.85	-0.75
25	1.2D+1L+1E	Max	6741.66	7517.06	202893.58	17097.72	15661.16	290.1
25	1.2D+1L+1E	Min	-6848.18	-5372.33	159422.24	-15430.76	-15774.57	-291.23
26	1.4D		-111.85	-189.62	303321.97	638.47	-111.15	0.38
26	1.2D+1.6L		-109.79	-315.71	338111.78	947.9	-111.21	0.79
26	1.2D+1L+1E	Max	7912.97	8235.16	309687.05	19002.76	17061.57	290.96
26	1.2D+1L+1E	Min	-8122.11	-8751.7	307945.37	-17407.45	-17272.04	-289.73
27	1.4D		-115.7	-394.26	305098.55	836.43	-115.35	-0.42
27	1.2D+1.6L		-115.3	-503.42	340884.63	1131.75	-117.68	-0.64
27	1.2D+1L+1E	Max	8371.95	8051.56	311995.04	19180.36	18037.15	289.44
27	1.2D+1L+1E	Min	-8590.45	-8934.28	310245.52	-17227.96	-18258.4	-290.51
28	1.4D		-51.66	-32.96	245756.78	-1018.76	-53.97	-0.14
28	1.2D+1.6L		-22.81	-174.16	290690.06	-476.95	-29.61	0.04322
28	1.2D+1L+1E	Max	8326.14	6312.99	282589.42	15626.73	18744.92	289.32
28	1.2D+1L+1E	Min	-8387.86	-6551.87	238759.66	-16877.84	-18816.63	-289.35
29	1.4D		-673.85	500.51	112540.87	1495.33	863.73	0.35
29	1.2D+1.6L		-943.98	700	116615.17	1279.29	387.59	0.75
29	1.2D+1L+1E	Max	4490.71	6530.92	132188.87	17288	14803.88	292.41
29	1.2D+1L+1E	Min	-6103.87	-5334.17	85927.79	-14727.61	-13764.15	-291.26
30	1.4D		-1020.66	-195.81	184772.16	645.13	537.58	-0.49
30	1.2D+1.6L		-1585.91	-297.96	199427.44	932.05	-217.65	-0.82
30	1.2D+1L+1E	Max	4771.06	7355.5	204394.01	18399.35	15377.94	290.14
30	1.2D+1L+1E	Min	-7409.59	-7853.84	163672.39	-16819.57	-15304.41	-291.48
31	1.4D		-1026.19	-294.34	185608.36	743.54	531.47	0.46
31	1.2D+1.6L		-1593.14	-389.88	200662.36	1025.48	-225.92	1.06
31	1.2D+1L+1E	Max	5121.85	7266.93	206524.54	18490.84	16248.77	290.36
31	1.2D+1L+1E	Min	-7772.97	-7943.5	163623.07	-16731	-16189.52	-288.74
32	1.4D		-956.84	-208.88	148787.73	-848.71	595.05	-0.69
32	1.2D+1.6L		-1644.62	-315.32	168461.4	-340.01	-280.39	-0.45

32	1.2D+1L+1E	Max	5166.66	5675.3	177706.21	15532.78	17029.43	289.95
32	1.2D+1L+1E	Min	-7837.54	-6203.72	128519.8	-16503.39	-16997.38	-290.95

Fuente: Elaboración propia.

Por último, las comprobaciones del cortante basal son las siguientes:

Estructura de dos pisos, suelo B

$$V = \frac{1 * 0.62}{8 * 1 * 1} * 372.60 = 28.88 \text{ ton}$$

$$V_{min} = 0.85 * V = 24.55 \text{ ton}$$

$$V_{estructura} = 36.9 \text{ ton}$$

$$V_{estructura} \geq V_{min}; \text{ por lo tanto, Cumple}$$

Estructura de cuatro pisos, suelo D

$$V = \frac{1 * 0.868}{8 * 1 * 1} * 1038.23 = 112.65 \text{ ton}$$

$$V_{min} = 0.85 * V = 95.75 \text{ ton}$$

$$V_{estructura} = 122.62 \text{ ton}$$

$$V_{estructura} \geq V_{min}; \text{ por lo tanto, cumple}$$

Estructura de ocho pisos, suelo C

$$V = \frac{1 * 0.806}{8 * 1 * 1} * 2514.81 = 253.37 \text{ ton}$$

$$V_{min} = 0.85 * V = 215.36 \text{ ton}$$

$$V_{estructura} = 222.19 \text{ ton}$$

$$V_{estructura} \geq V_{min}; \text{ por lo tanto, cumple}$$

Capítulo 3: Análisis de cimentaciones superficiales

Análisis de cimentaciones rígidas y flexibles en diferentes tipos de suelo

Según Braja (1999), “para comportarse satisfactoriamente, las cimentaciones superficiales deben tener dos características principales:

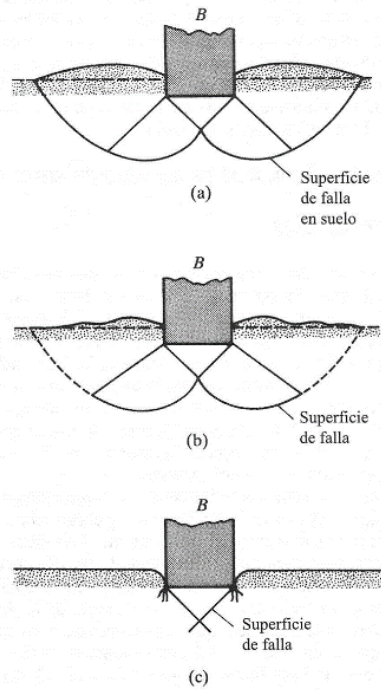
1. La cimentación debe ser segura contra una falla por corte general del suelo que la soporta.
2. La cimentación no debe experimentar un desplazamiento excesivo, es decir, un asentamiento excesivo” (p, 152).

“La carga por unidad de área de la cimentación bajo la cual ocurre la falla por corte en el suelo se llama capacidad de carga última” (Braja, 1999, p. 152). Por lo tanto, las cimentaciones se diseñarán a partir de las cargas admisibles del suelo; considerando un factor de seguridad para que no exista una falla por corte general o local (que puede extenderse hasta la superficie del terreno) o una falla por punzonamiento (que va desde la cimentación hacia afuera).

Según la siguiente distribución, las cargas admisibles para los diferentes tipos de suelos se asumirán como:

- Suelo B: $q_{adm}=2 \text{ kg/cm}^2$
- Suelo C: $q_{adm}=1,2 \text{ kg/cm}^2$
- Suelo D: $q_{adm}=0,8 \text{ kg/cm}^2$

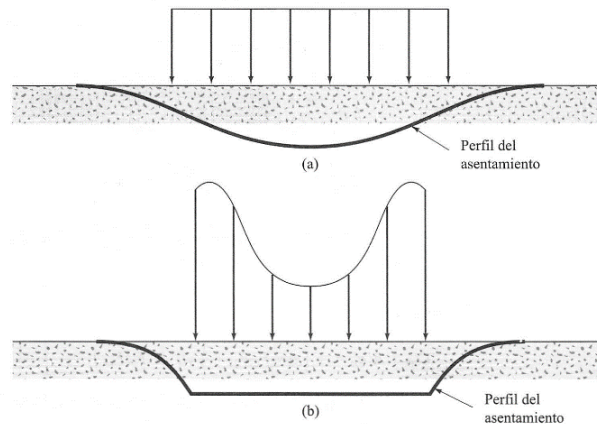
Figura 3.1 Naturaleza de las fallas a) Por cortante general, b) Por cortante local y c) Por punzonamiento.



Fuente: Braja (1999).

De la misma manera, las fallas por asentamientos elásticos o inmediatos dependerán de la clase de cimentación. Para una cimentación que se encuentra cargada de manera uniforme sobre un material elástico la distribución de presiones será constante con un asentamiento de forma colgante (esto asegura su uniformidad de presiones) para cimentaciones flexibles. En cambio, si la cimentación es rígida, el asentamiento será uniforme haciendo que la presión de contacto se redistribuya y tenga variaciones. Tomando en cuenta las especificaciones de la NEC (2014), el asentamiento máximo permisible en todas las estructuras será de una pulgada (2.54 cm).

Figura 3.2 Perfil del asentamiento en a) Cimentaciones Flexibles y b) Cimentaciones Rígidas.



Fuente: Braja (1999).

Las dimensiones de las cimentaciones se calculan a partir de la presión admisible neta del suelo y las cargas de las columnas hacia la cimentación, el diseño de cada cimentación se determina de la siguiente forma:

$$\text{Área de la cimentación} = \frac{\text{Cargas de las columnas}}{\text{Capacidad de carga admisible neta del suelo}} \quad (3.1)$$

A fin de completar el dimensionamiento de los cimientos, los espesores se determinarán de manera iterativa para que cumplan todos los requisitos de resistencia, sin ser menores a 150 mm.

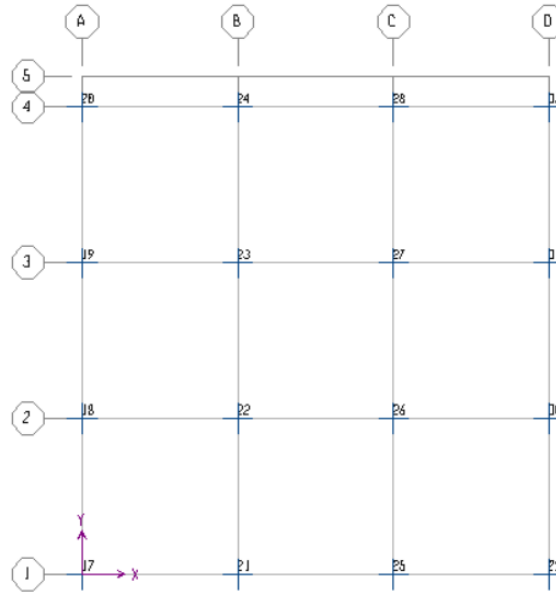
Para el presente trabajo, el análisis de las cimentaciones rígidas considerará zapatas aisladas y en dos direcciones; mientras que en las cimentaciones flexibles se calcularán emparrillados y losas de cimentación.

El cálculo del área requerida en cada cimentación viene determinado por las descargas F3 (se escogen las mayores de cada combinación) concéntricas en los nodos:

- En zapatas aisladas, 26 para en el tipo de suelo B y D; 27 en el suelo C.
- Para zapatas en dos direcciones, 26 y 30 en los suelos B, D; 27 y 28 para el suelo C.
- 21, 22, 23, 24 en el emparrillado.

- Todos los nodos para la losa de cimentación.

Figura 3.3 Distribución de nodos.



Fuente: Elaboración propia

De la misma manera, el diseño de la cimentación considerará únicamente los nodos antes mencionados; al cumplir con todas las comprobaciones en esos nodos, las demás cimentaciones también tendrán el mismo desempeño bajo las mismas dimensiones, estando del lado de la seguridad.

La sección de las zapatas aisladas y de la losa de cimentación será cuadrada; en las zapatas combinadas ya sea su largo o ancho siempre será de, al menos 6 m; y los emparrillados obligatoriamente tendrán por lo menos 18 m de largo en su dirección x y 18 m de ancho en su dirección y. Asimismo, la losa de cimentación no podrá tener dimensiones menores a 18 m.

El diseño de cimientos para el tipo de suelo B, tomará en consideración las descargas de la vivienda de dos pisos; para el suelo C las descargas de la superestructura de ocho pisos y para el suelo D, las cargas obtenidas de la edificación de cuatro pisos. Cada tipo de estructura se validará tanto para cimentaciones rígidas como flexibles, teniendo como resultado el diseño de doce tipos de cimientos.

De esta manera, para la edificación de dos pisos se tienen las siguientes áreas de cimentación:

$$\text{Área zapatas aisladas} = \frac{54857.3 \text{ kg}}{2 \text{ kg/cm}^2} = 2.74 \text{ m}^2$$

$$\text{Área zapatas combinadas} = \frac{83574.5 \text{ kg}}{2 \text{ kg/cm}^2} = 4.18 \text{ m}^2$$

$$\text{Área emparillado} = \frac{179722.32 \text{ kg}}{2 \text{ kg/cm}^2} = 8.99 \text{ m}^2$$

$$\text{Área losa} = \frac{544843.4 \text{ kg}}{2 \text{ kg/cm}^2} = 27.24 \text{ m}^2$$

Dimensionamiento:

Tabla 3.1 Predimensionamiento cimentaciones estructura de dos pisos suelo B.

Tipo de Cimentación	Dimensiones Asumidas
Zapatas Aisladas	1.7 x 1.7 m Espesor inicial: 30 cm
Zapatas Combinadas	6 x 1 m (incremento del área en un 43%) Espesor inicial: 30cm
Emparrillado	18 x 1 (en ambas direcciones) (incremento del área en un 100%) Espesor inicial: 30cm
Losa	5.3 x 5.3 m (ideal) 18 x 18 m (incremento del área en un 1053%) Espesor inicial: 30cm

Fuente: Elaboración propia.

En la edificación de cuatro pisos las áreas de cimentación son las siguientes:

$$\text{Área zapatas aisladas} = \frac{149851.89 \text{ kg}}{0,8 \text{ kg/cm}^2} = 18.73 \text{ m}^2$$

$$\text{Área zapatas combinadas} = \frac{230839.58 \text{ kg}}{0,8 \text{ kg/cm}^2} = 28.85 \text{ m}^2$$

$$\text{Área emparillado} = \frac{500829.94 \text{ kg}}{0,8 \text{ kg/cm}^2} = 62.60 \text{ m}^2$$

$$\text{Área losa} = \frac{1548299.68}{0,8 \text{ kg/cm}^2} = 193.57 \text{ m}^2$$

Dimensionamiento:

Tabla 3.2 Predimensionamiento cimentaciones estructura de cuatro pisos suelo D.

Tipo de Cimentación	Dimensiones Asumidas
Zapatas Aisladas	4.4 x 4.4 m Espesor inicial: 40cm
Zapatas Combinadas	6 x 4.9 m Espesor inicial: 40cm
Emparrillado	18 x 3.5 m (en ambas direcciones) Espesor inicial: 40cm
Losa	14 x 14 m (ideal) 18 x 18 m (incremento del área en un 65%) Espesor inicial: 40cm

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, la edificación de ocho pisos tendrá las áreas de cimentación:

$$\text{Área zapatas aisladas} = \frac{340884.63 \text{ kg}}{1,2 \text{ kg/cm}^2} = 28.41 \text{ m}^2$$

$$\text{Área zapatas combinadas} = \frac{631574.69 \text{ kg}}{1,2 \text{ kg/cm}^2} = 52.63 \text{ m}^2$$

$$\text{Área emparillado} = \frac{1170129.38 \text{ kg}}{1,2 \text{ kg/cm}^2} = 97.51 \text{ m}^2$$

$$\text{Área losa} = \frac{3761179.7}{1,2 \text{ kg/cm}^2} = 313.43 \text{ m}^2$$

Dimensionamiento:

Tabla 3.3 Predimensionamiento cimentaciones estructura de ocho pisos suelo C.

Tipo de Cimentación	Dimensiones Asumidas
Zapatillas Aisladas	5.4 x 5.4 m Espesor inicial: 60cm
Zapatillas Combinadas	No se puede dimensionar esta clase de cimiento ya que excede las proporciones del diseño.
Emparrillado	18 x 5.5 m (en ambas direcciones) Espesor inicial: 60cm
Losa	18 x 18 m Espesor inicial: 60cm

Fuente: Elaboración propia.

Las cimentaciones flexibles se diseñarán sobre una base de mejoramiento o un dado de hormigón ciclópeo, teniendo como resultado que la cara superior de la cimentación se encuentre en el nivel 0+00. Asimismo, la altura D_f de desplante para las cimentaciones rígidas será de 2 m para la superestructura de ocho pisos, de 1.5 m para la edificación de cuatro pisos y de 1.2 m para la vivienda de dos pisos.

Una vez definido el nivel al cual se encontrará cada cimentación, se procede a restringir el desplazamiento en las direcciones x e y en todos los nudos de la planta baja, permitiendo únicamente el giro. De la misma forma, los nodos a nivel de las cimentaciones estarán articulados, es decir; restringidos del movimiento traslacional en el eje z. Por el contrario,

los nodos que conformarán las áreas de cimentación permitirán el movimiento únicamente en el eje z. Para finalizar, es imprescindible simular el entorno del suelo donde interactuarán las cimentaciones. Con el fin de conseguir esto, se considerarán resortes infinitos debajo de cada cimiento con un módulo de balasto según las consideraciones del ancho definido para cada cimiento y el tipo de suelo. De esta forma se obtiene:

Tabla 3.4 Módulo de Balasto para cimentaciones suelo B.

Tipo de Cimentación	K_b Suelo B
Zapata Aislada	8,705.88 t/m ³
Zapata en Dos Direcciones	8,200.00 t/m ³
Emparrillados	8,200.00 t/m ³
Losa	8,200.00 t/m ³

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.5 Módulo de Balasto para cimentaciones suelo C.

Tipo de Cimentación	K_b Suelo C
Zapata Aislada	4,088.08 t/m ³
Zapata en Dos Direcciones	4,066.56 t/m ³
Emparrillados	4,066.56 t/m ³
Losa	4,066.56 t/m ³

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.6 Módulo de Balasto para cimentaciones suelo D.

Tipo de Cimentación	K_b Suelo D
Zapata Aislada	5,281.72 t/m ³
Zapata en Dos Direcciones	5,220.49 t/m ³
Emparrillados	5,220.49 t/m ³
Losa	5,220.49 t/m ³

Fuente: Elaboración propia.

En el diseño, además de los criterios de evaluación por asentamientos, resistencia al cortante, flexión y punzonamiento; se considerarán las relaciones de cuantía relativa entre la cantidad de hormigón y de acero de cada cimiento. Para esto, se establece una cuantía máxima de 80 kg/m^3 . El espaciamiento de las varillas en la distribución de aceros para ambas direcciones de armado según el ACI (2014), no será menor que 1.5 veces el diámetro de la barra, 4 cm o 1.3 veces el tamaño máximo del agregado grueso de 2.54 cm; ni mayor que 450 mm. El armado mínimo que tendrá cada cimiento viene definido por la formulación:

$$A_{s_{\min}} = \rho_{\min} * b * d \quad (3.2)$$

Siendo:

ρ_{\min} : Cuantía mínima $\frac{14}{F_y}$.

b: 100 cm ya que la cantidad de acero se evalúa por un metro de cimiento.

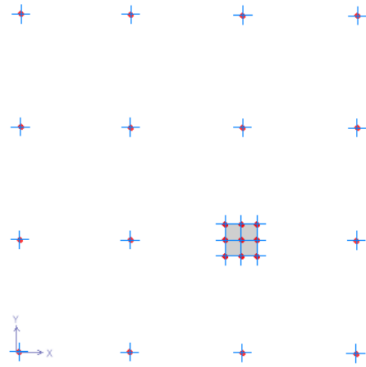
d: la distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción ($d=e-r$).

Clasificación de resultados de los análisis

Técnicamente, la evaluación de cimientos para la edificación de cuatro pisos considerando cimentaciones rígidas de zapatas combinadas, no es aplicable. Esto sucede porque las dimensiones de los cimientos son muy grandes, haciendo que las cimentaciones se encuentren muy pegadas entre sí; donde los espacios libres entre cimentaciones se ven limitados por distancias menores a 1.5 m, por lo que el análisis sería mucho más aElaboración apropiado con cimentaciones flexibles. Asimismo, para la superestructura de ocho pisos, las cimentaciones rígidas y el emparrillado de cimentación superan los criterios técnicos para su valoración, considerando únicamente la losa de cimentación.

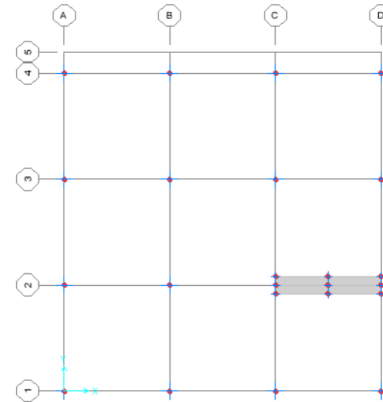
La comprobación por punzonamiento para todas las cimentaciones no se la realizó en el software SAP2000, por lo tanto, la evaluación de este criterio se encuentra especificada en los anexos.

Figura 3.4 Modelación de zapata aislada.



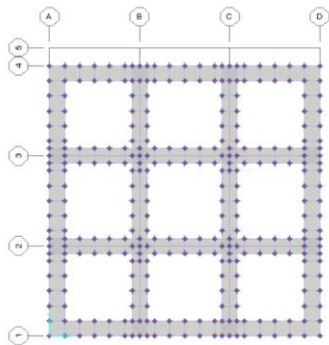
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.5 Modelación de zapata combinada.



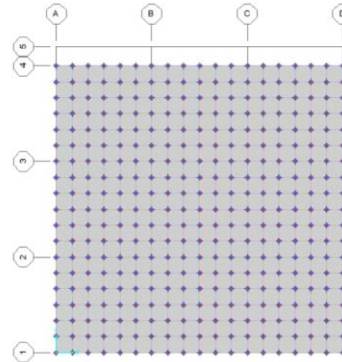
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.6 Modelación de emparrillado.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.7 Modelación de losa.



Fuente: Elaboración propia.

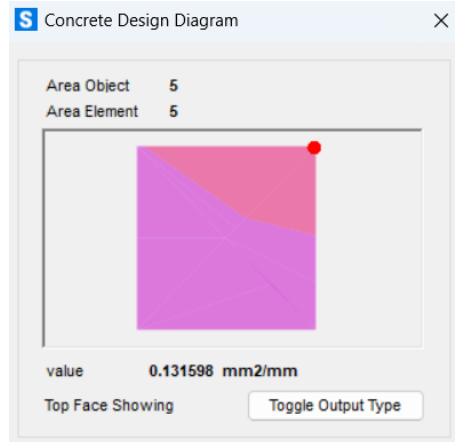
Zapata Aislada Suelo B-Vivienda de Dos Pisos

Chequeo por Flexión

$$A_{s_{min}} = 0.003333 * 100 * 23 = 7.66 \text{ cm}^2 \text{ en } 100 \text{ cm}$$

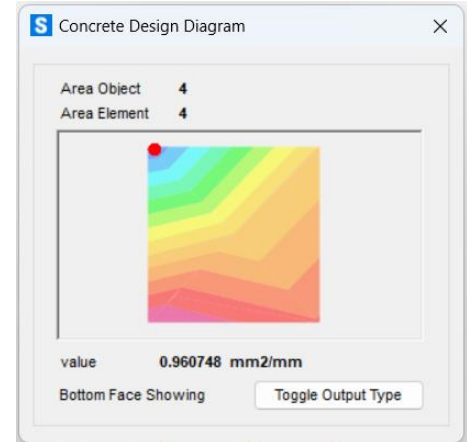
Acero en la dirección y:

Figura 3.8 Acero superior zapata aislada suelo B en el sentido y.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.9 Acero inferior zapata aislada suelo B en el sentido y.



Fuente: Elaboración propia.

➤ Superior: $1.32 \text{ cm}^2/\text{m} < A_{s_{\min}}$; por lo tanto, se selecciona el acero mínimo.

5 varillas $\phi 14$ en un metro

9 varillas $\phi 14 @ 17 \text{ cm}$ en 1.70 m

13.85 cm^2 acero en el sentido y

➤ Inferior: $9.6 \text{ cm}^2/\text{m}$

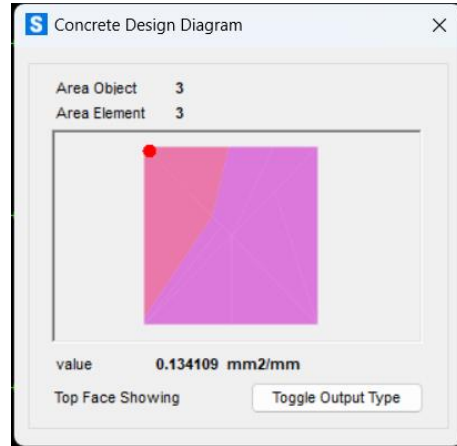
5 varillas $\phi 16$ en un metro

9 varillas $\phi 16 @ 18 \text{ cm}$ en 1.70 m

18.1 cm^2 acero en el sentido y

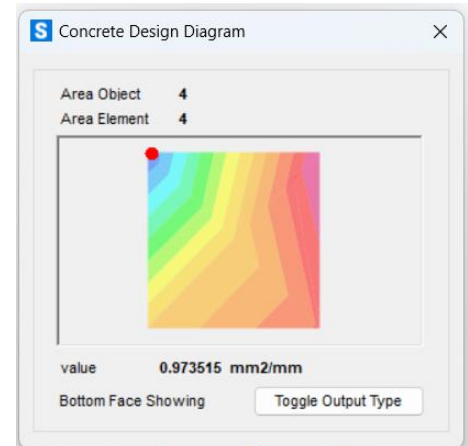
Acero en la dirección x:

Figura 3.10 Acero superior zapata aislada suelo
B en el sentido x.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.11 Acero inferior zapata aislada suelo
B en el sentido x.



Fuente: Elaboración propia.

- Superior: $1.34 \text{ cm}^2/\text{m} < A_{s\text{min}}$; por lo tanto, se selecciona el acero mínimo.

5 varillas $\phi 14$ en un metro

9 varillas $\phi 14 @ 17 \text{ cm}$ en 1.70 m

13.85 cm^2 acero en el sentido x

- Inferior: $9.74 \text{ cm}^2/\text{m}$

5 varillas $\phi 16$ en un metro

9 varillas $\phi 16 @ 18 \text{ cm}$ en 1.70 m

18.1 cm^2 acero en el sentido x

Chequeo por Cortante

$$V_{u13} = 11.09 \text{ kg}$$

$$V_{u23} = 11.1 \text{ kg}$$

$$V_c = 0.75 * 0.53 * \sqrt{f'c} * 100 * d = 0.75 * 0.53 * \sqrt{210} * 100 * 23 \text{ kg}$$

$$V_c = 13.25 \text{ kg}$$

$V_u < V_c$, Cumple

Chequeo por Punzonamiento

$V_u = 12.35 \text{ kg/cm}^2$

$V_c = 15.36 \text{ kg/cm}^2$

$V_u < V_c$, Cumple

Chequeo por Asentamiento

Asentamiento de $0.3 \text{ cm} < 2.54 \text{ cm}$; cumple.

Chequeo por Cuantía

54.09 kg/m^3 en ambos sentidos; cumple.

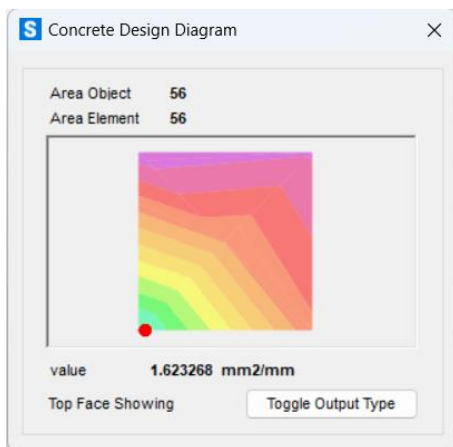
Zapata Aislada Suelo D-Vivienda de Cuatro Pisos

Chequeo por Flexión

$A_{s_{min}} = 0.003333 * 100 * 38 = 12.66 \text{ cm}^2$ en 100 cm

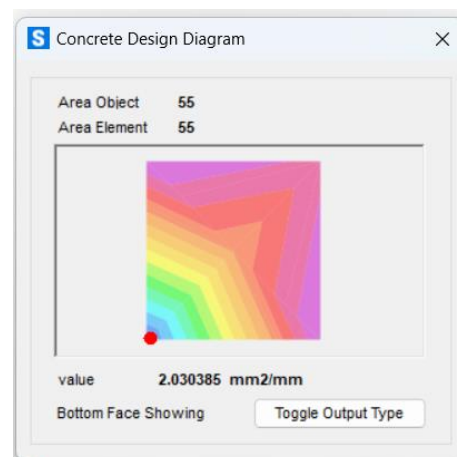
Acero en la dirección y:

Figura 3.12 Acero superior zapata aislada suelo D en el sentido y.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.13 Acero inferior zapata aislada suelo D en el sentido y.



Fuente: Elaboración propia.

➤ Superior: 16.23 cm²/m

7 varillas ϕ 18 en un metro

31 varillas ϕ 18 @ 13 cm en 4.4 m

78.89 cm² acero en el sentido y

➤ Inferior: 20.30 cm²/m

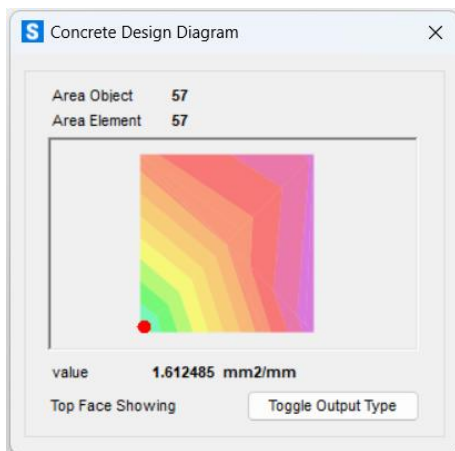
8 varillas ϕ 18 en un metro

36 varillas ϕ 18 @ 11 cm en 4.4 m

91.62 cm² acero en el sentido y

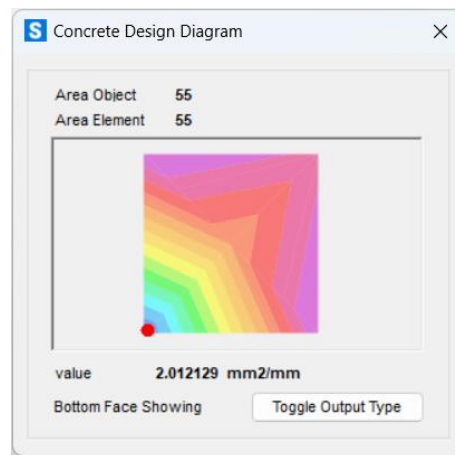
Acero en la dirección x:

Figura 3.14 Acero superior zapata aislada suelo
D en el sentido x.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.15 Acero inferior zapata aislada suelo
D en el sentido x.



Fuente: Elaboración propia.

➤ Superior: 16.12 cm²/m

7 varillas ϕ 18 en un metro

31 varillas ϕ 18 @ 13 cm en 4.4 m

78.89 cm² acero en el sentido x

➤ Inferior: 20.12 cm²/m

8 varillas $\phi 18$ en un metro

36 varillas $\phi 18 @ 11$ cm en 4.4 m

91.62 cm² acero en el sentido x

Chequeo por Cortante

$$V_{u13} = 16.78 \text{ kg}$$

$$V_{u23} = 16.79 \text{ kg}$$

$$V_c = 0.75 * 0.53 * \sqrt{210} * 100 * 33 \text{ kg}$$

$$V_c = 19 \text{ kg}$$

$$V_u < V_c, \text{ Cumple}$$

Chequeo por Punzonamiento

La sección no cumplía con el peralte inicial de 40 cm; por lo que fue modificada a 45 cm.

$$V_u = 14.69 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_c = 15.36 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_u < V_c, \text{ Cumple}$$

Chequeo por Asentamiento

Asentamiento de 0.77 cm < 2.54 cm; cumple

Chequeo por Cuantía

74.35 kg/m³ en ambos sentidos; cumple.

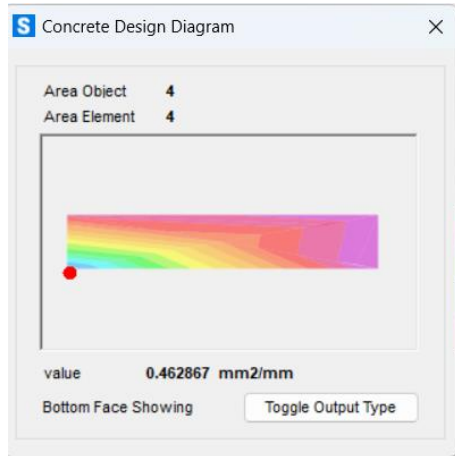
Zapata Combinada Suelo B-Vivienda de Dos Pisos

Chequeo por Flexión

$$A_{S_{\min}} = 0.003333 * 100 * 28 = 9.33 \text{ cm}^2 \text{ en } 100 \text{ cm}$$

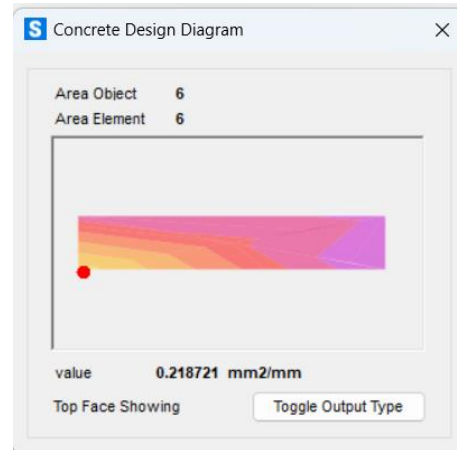
Acero en la dirección y:

Figura 3.16 Acero superior zapata combinada suelo B en el sentido y.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.17 Acero inferior zapata combinada suelo B en el sentido y.



Fuente: Elaboración propia.

- Superior: $2.19 \text{ cm}^2/\text{m} < A_{S_{\min}}$; se utiliza el acero mínimo.

6 varillas $\phi 16 @ 15 \text{ cm}$ en 1 m

10.05 cm^2 acero en el sentido y

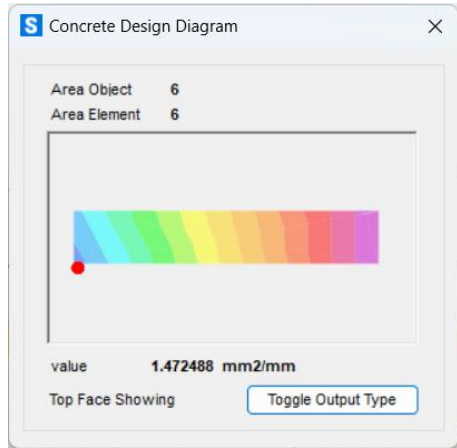
- Inferior: $4.63 \text{ cm}^2/\text{m} < A_{S_{\min}}$; se utiliza el acero mínimo.

6 varillas $\phi 16 @ 15 \text{ cm}$ en 1 m

10.05 cm^2 acero en el sentido y .

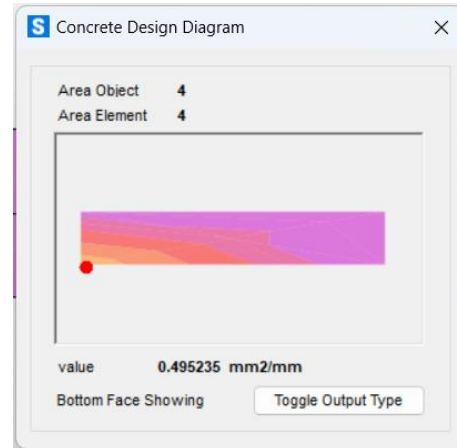
Acero en la dirección x:

Figura 3.18 Acero superior zapata combinada suelo B en el sentido x



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.19 Acero inferior zapata combinada suelo B en el sentido x.



Fuente: Elaboración propia.

➤ Superior: 14.72 cm²/m

6 varillas $\phi 18$ en 1 m

36 varillas $\phi 18 @ 16$ cm en 6 m

91.61 cm² acero en el sentido x

➤ Inferior: 4.95 cm²/m < $A_{s_{min}}$; se utiliza el acero mínimo.

5 varillas $\phi 16$ en 1 m

30 varillas $\phi 16 @ 15$ cm en 6 m

32.18 cm² acero en el sentido x

Chequeo por Cortante

La sección no cumplía con el peralte inicial de 30 cm; por lo que fue modificada a 60 cm.

$$V_{u13} = 11.73 \text{ kg}$$

$$V_{u23} = 15.70 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_c = 0.75 * 0.53 * \sqrt{210} * 100 * 53 \text{ kg}$$

$$V_c = 30.53 \text{ kg}$$

$$V_u < V_c, \text{ Cumple}$$

Chequeo por Punzonamiento

La sección no cumplía con el peralte inicial de 30 cm; por lo que fue modificada a 60 cm.

$$V_u = 5.03 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_c = 15.36 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_u < V_c, \text{ Cumple}$$

Chequeo por Asentamiento

Asentamiento de 0.4cm < 2.54 cm; cumple.

Chequeo por Cuantía:

9.92 kg/m³ en y; cumple.

218.65 kg/m³ en x; no cumple.

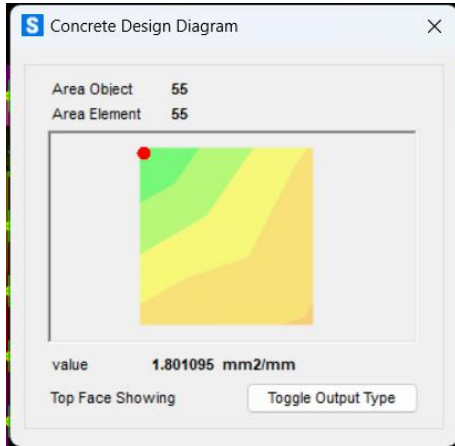
Emparrillado Suelo B-Vivienda de Dos Pisos

Chequeo por Flexión

$$A_{smin} = 0.003333 * 100 * 23 = 7.66 \text{ cm}^2 \text{ en } 100 \text{ cm}$$

Acero en la Dirección y:

Figura 3.20 Acero superior emparrillado suelo B en el sentido y.



Fuente: Elaboración propia.

➤ Superior: 18.01 cm²/m

6 varillas $\phi 20$ en 1 m

108 varillas $\phi 20 @ 16$ cm en 18 m

339.29 cm² acero en el sentido y

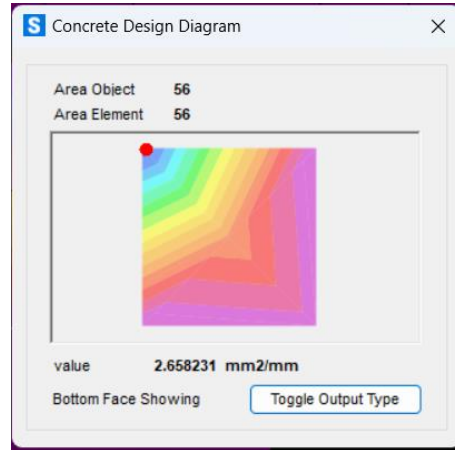
➤ Inferior: 26.58 cm²/m

7 varillas $\phi 22$ en 1 m

126 varillas $\phi 22 @ 14$ cm en 18 m

478.97 cm² acero en el sentido y

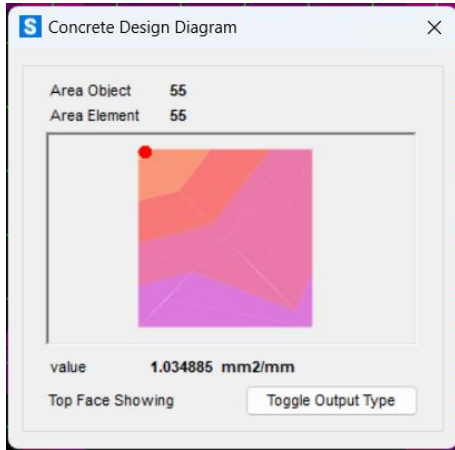
Figura 3.21 Acero inferior emparrillado suelo B en el sentido y.



Fuente: Elaboración propia.

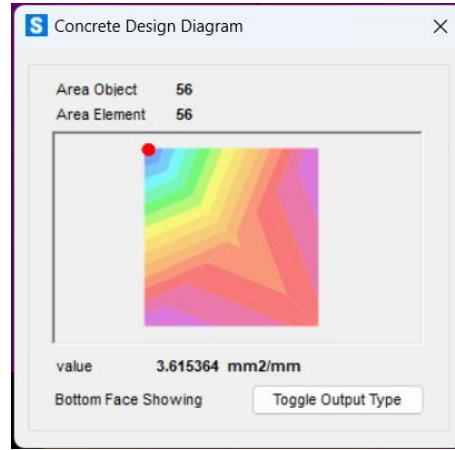
Acero en la dirección x:

Figura 3.22 Acero superior emparrillado suelo B en el sentido x.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.23 Acero inferior emparrillado suelo B en el sentido x.



Fuente: Elaboración propia.

➤ Superior: 10.34 cm²/m

3 varillas $\phi 22$ @ 20 cm en 1 m

11.40 cm² acero en el sentido x

➤ Inferior: 36.15 cm²/m

6 varillas $\phi 28$ @ 15 cm en 1 m

36.94 cm² acero en el sentido x

Chequeo por Asentamiento

Asentamiento de 0.9 cm < 2.54 cm; cumple

Chequeo por Cuantía

2355.23 kg/m³ en y; cumple.

7.73 kg/m³ en x; cumple.

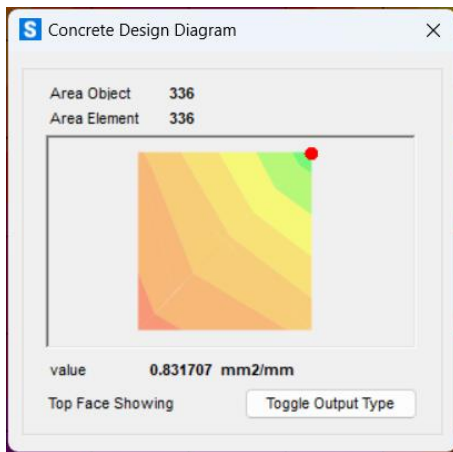
Losa Suelo B-Vivienda de Dos Pisos

Chequeo por Flexión

$$A_{s_{min}} = 0.003333 * 100 * 23 = 7.66 \text{ cm}^2 \text{ en } 100 \text{ cm}$$

Acero en la dirección y:

Figura 3.24 Acero superior losa suelo B en el sentido y.



Fuente: Elaboración propia.

➤ Superior: 8.32 cm²/m

6 varillas $\phi 14$ en 1 m

108 varillas $\phi 14 @ 16 \text{ cm}$ en 18 m

166.21 cm² acero en el sentido y

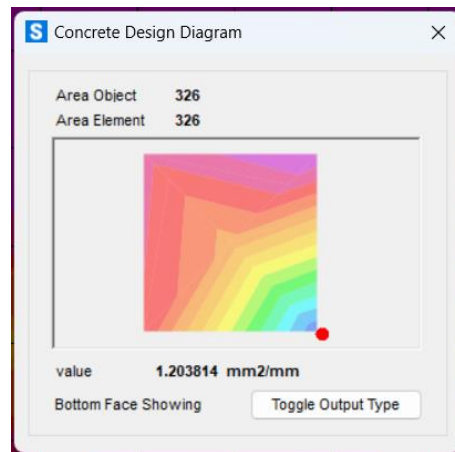
➤ Inferior: 12.04 cm²/m

6 varillas $\phi 16$ en 1 m

108 varillas $\phi 16 @ 16 \text{ cm}$ en 18 m

217.19 cm² acero en el sentido y

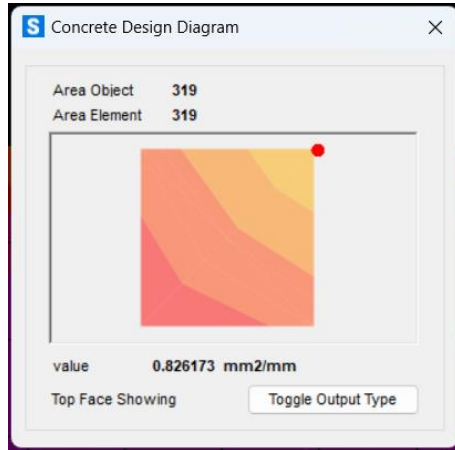
Figura 3.25 Acero inferior losa suelo B en el sentido y.



Fuente: Elaboración propia.

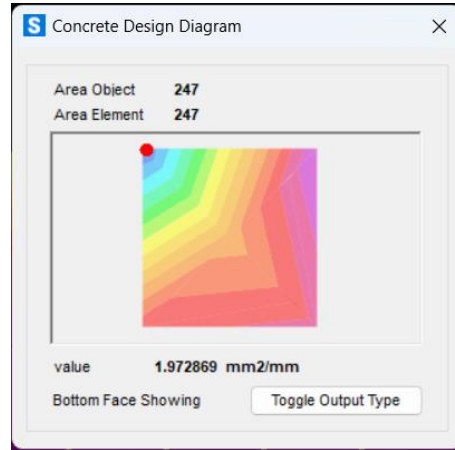
Acero en la dirección x:

Figura 3.26 Acero superior losa suelo B en el sentido x.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.27 Acero inferior losa suelo B en el sentido x.



Fuente: Elaboración propia.

➤ Superior: 8.26 cm²/m

6 varillas $\phi 14$ en 1 m

108 varillas $\phi 14 @ 16$ cm en 18 m

166.212 cm² acero en el sentido x

➤ Inferior: 19.73 cm²/m

8 varillas $\phi 18$ en 1 m

144 varillas $\phi 18 @ 12$ cm en 18 m

366.48 cm² acero en el sentido x

Chequeo por Asentamiento

Asentamiento de 0.3 cm < 2.54 cm; cumple

Chequeo por Cuantía

61.31 kg/m³ en y; cumple.

85.18 kg/m³ en x; no cumple, pero la cuantía se reduce si aumentamos el espesor a 35cm.

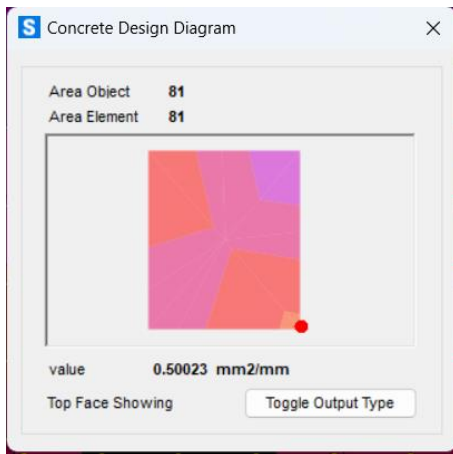
Emparrillado Suelo D-Vivienda de Cuatro Pisos

Chequeo por Flexión

$$A_{s_{\min}} = 0.003333 \cdot 100 \cdot 33 = 11 \text{ cm}^2 \text{ en } 100 \text{ cm}$$

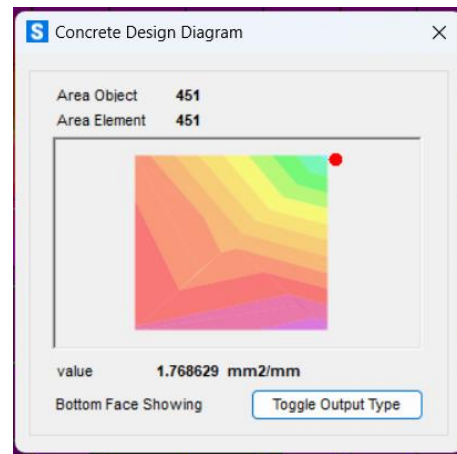
Acero en la dirección y:

Figura 3.28 Acero superior emparrillado suelo D en el sentido y.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.29 Acero inferior emparrillado suelo D en el sentido y.



Fuente: Elaboración propia.

- Superior: $5.00 \text{ cm}^2/\text{m} < A_{s_{\min}}$; por lo tanto, se utiliza el mínimo.

3 varillas $\phi 22$ en 1 m

54 varillas $\phi 22 @ 33 \text{ cm}$ en 18 m

205.25 cm^2 acero en el sentido y

- Inferior: $17.68 \text{ cm}^2/\text{m}$

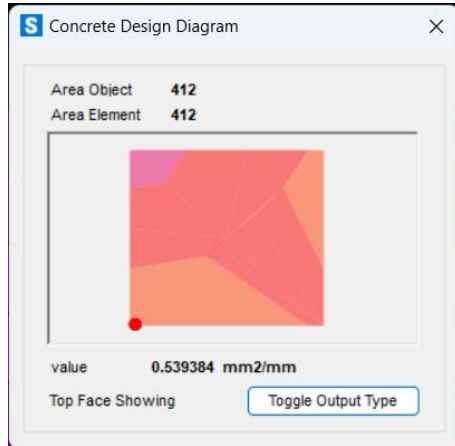
7 varillas $\phi 18$ en 1 m

126 varillas $\phi 18 @ 14 \text{ cm}$ en 18 m

320.67 cm^2 acero en el sentido y

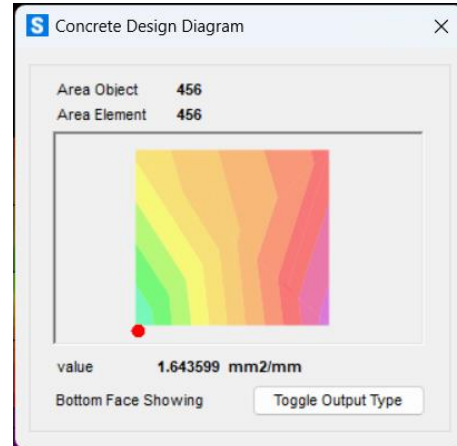
Acero en la dirección x:

Figura 3.30 Acero superior emparrillado suelo D en el sentido x.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.31 Acero inferior emparrillado suelo D en el sentido x.



Fuente: Elaboración propia.

- Superior: $5.39 \text{ cm}^2/\text{m} < A_{S\text{min}}$; por lo tanto, se utiliza el mínimo.

3 varillas $\phi 22$ en 1 m

11 varillas $\phi 22 @ 30 \text{ cm}$ en 3.5 m

41.81 cm^2 acero en el sentido x

- Inferior: $16.43 \text{ cm}^2/\text{m}$

7 varillas $\phi 18 @ 12 \text{ cm}$ en 1 m

25 varillas $\phi 18 @ 13 \text{ cm}$ en 3.5 m

63.63 cm^2 acero en el sentido x

Chequeo por Asentamiento

Asentamiento de $0.4 \text{ cm} < 2.54 \text{ cm}$; cumple

Chequeo por Cuantía

131.43 kg/m^3 en y; no cumple.

158.97 kg/m^3 en x; no cumple.

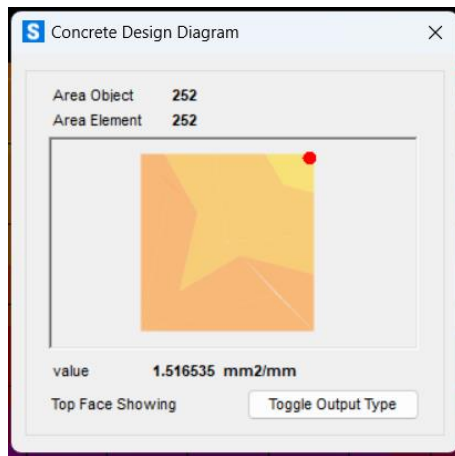
Losa Suelo D-Vivienda de Cuatro Pisos

Chequeo por Flexión

$$A_{s_{min}} = 0.003333 * 100 * 33 = 11 \text{ cm}^2 \text{ en } 100 \text{ cm}$$

Acero en la dirección y:

Figura 3.32 Acero superior losa suelo D en el sentido y.



Fuente: Elaboración propia.

➤ Superior: 15.17 cm²/m

6 varillas $\phi 18$ en 1 m

108 varillas $\phi 18 @ 16$ cm en 18 m

274.75 cm² acero en el sentido y

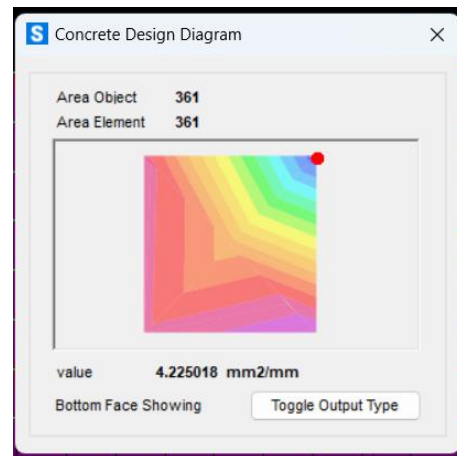
➤ Inferior: 42.25 cm²/m

12 varillas $\phi 22$ en un metro

216 varillas $\phi 8 @ 14$ cm en 18 m

821.016 cm² acero en el sentido y

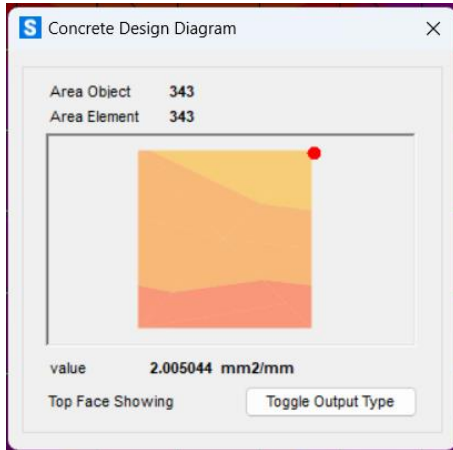
Figura 3.33 Acero inferior losa suelo D en el sentido y.



Fuente: Elaboración propia.

Acero en la dirección x:

Figura 3.34 Acero superior losa suelo D en el sentido x.



Fuente: Elaboración propia.

➤ Superior: 20.05 cm²/m

6 varillas $\phi 22$ en 1 m

108 varillas $\phi 22 @ 16$ cm en 18 m

410.51 cm² acero en el sentido x

➤ Inferior: 58.07 cm²/m

10 varillas $\phi 28$ en un metro

180 varillas $\phi 28 @ 9$ cm en 18 m

1108.44 cm² acero en el sentido x

Chequeo por Asentamiento

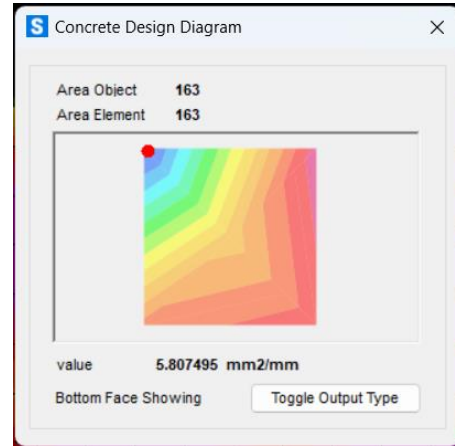
Asentamiento de 0.84 cm < 2.54 cm; cumple.

Chequeo por Cuantía

131.43 kg/m³ en y; no cumple.

158.97 kg/m³ en x; no cumple.

Figura 3.35 Acero inferior losa suelo D en el sentido x.



Fuente: Elaboración propia.

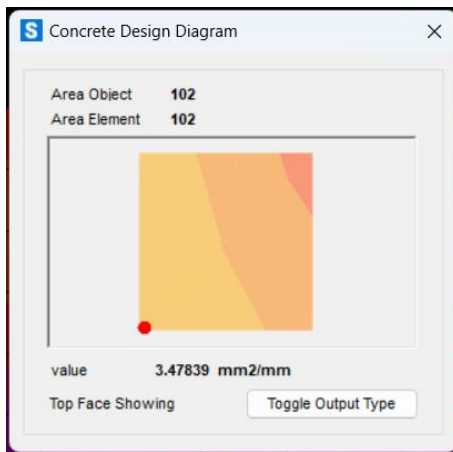
Losa Suelo C-Vivienda de Ocho Pisos

Chequeo por Flexión

$$A_{s_{min}} = 0.003333 * 100 * 53 = 17.66 \text{ cm}^2 \text{ en } 100 \text{ cm}$$

Acero en la dirección y:

Figura 3.36 Acero superior losa suelo C en el sentido y.



Fuente: Elaboración propia.

➤ Superior: 34.78 cm²/m

6 varillas $\phi 28$ en 1 m

108 varillas $\phi 28$ @ 16 cm en 18 m

665.01 cm² acero en el sentido y

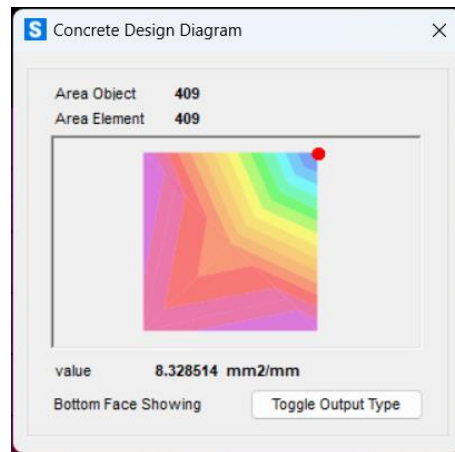
➤ Inferior: 83.29 cm²/m

14 varillas $\phi 28$ en un metro

252 varillas $\phi 28$ @ 7 cm en 18 m

1551.70 cm² acero en el sentido y

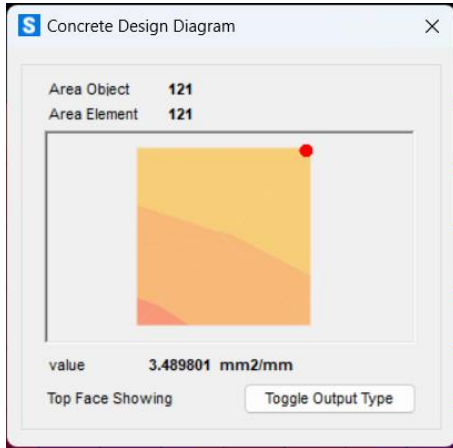
Figura 3.37 Acero inferior losa suelo C en el sentido y.



Fuente: Elaboración propia.

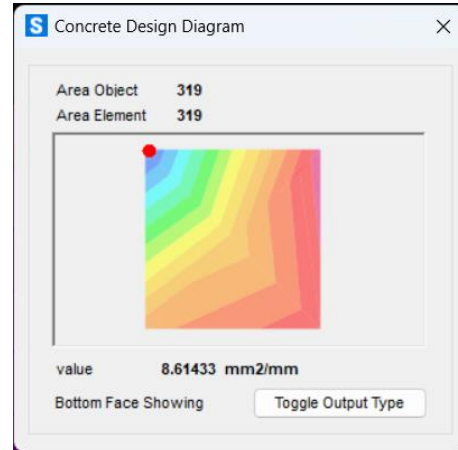
Acero en la dirección x:

Figura 3.38 Acero superior losa suelo C en el sentido x.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.39 Acero inferior losa suelo C en el sentido x.



Fuente: Elaboración propia.

➤ Superior: 34.89 cm²/m

6 varillas $\phi 28$ en 1 m

108 varillas $\phi 28$ @ 16 cm en 18 m

665.01 cm² acero en el sentido x

➤ Inferior: 86.14 cm²/m

14 varillas $\phi 28$ en un metro

252 varillas $\phi 28$ @ 7 cm en 18 m

1551.70 cm² acero en el sentido x

Chequeo por Asentamiento

Asentamiento de 1.33 cm < 2.54 cm; cumple.

Chequeo por Cuantía

177.23 kg/m³ en y; no cumple.

177.23 kg/m³ en x; no cumple.

Obtención de parámetros para recomendaciones de uso de cimentaciones rígidas o flexibles por tipo de suelo

La principal diferenciación entre cimentaciones rígidas y flexibles se basa en la capacidad que tienen para poder soportar las cargas y deformaciones.

Por un lado, las cimentaciones rígidas presentan gran resistencia a las deformaciones gracias a su rigidez. Usualmente, están diseñadas para soportar cargas ligeras, distribuyendo este peso en todo el terreno de forma uniforme. En terrenos que son estables y uniformes, este tipo de cimentación funciona muy bien, ya que no se esperan movimientos considerables en el suelo. Es por esto que podemos observar que los asentamientos son pequeños dentro de este grupo de cimientos.

En cambio, las cimentaciones flexibles son las que mejor se adaptan al movimiento que tiene el terreno, ya que tienen menos rigidez. Su diseño hace que sean resistentes a las cargas pesadas para distribuir el peso de forma más variable. Para terrenos irregulares donde se espera que el suelo se mueva y presente asentamientos con el tiempo, las cimentaciones flexibles son la mejor opción.

Sin embargo, según el tipo de suelo y la descarga del edificio, se pueden observar ciertos comportamientos de las estructuras que nos permiten sostener las siguientes afirmaciones:

- Para todas las estructuras se pueden considerar cualquier tipo de cimentación, sin embargo, técnicamente la ejecución de una o de otra no siempre es la más adecuada. Por ejemplo, en el caso de la vivienda de dos pisos, si se consideran cimientos flexibles, las áreas construibles son muy extensas en comparación a las requeridas, por lo tanto, es mejor optar por cimentaciones rígidas. Por otra parte, para las edificaciones de cuatro y ocho pisos, existen cimentaciones que, debido a la distribución física de su área, no son aptas, como las cimentaciones rígidas o los emparrillados para estructuras de ocho pisos.
- A pesar de tener las mismas descargas en los análisis, los asentamientos en las cimentaciones flexibles son mayores que en las rígidas para la misma clase de

estructura. El tener mayores asentamientos no quiere decir que no se deba considerar la construcción de este tipo de cimientos, pues la ingeniería de estos permite que ciertas estructuras únicamente pueden asentarse sobre este tipo de cimentaciones. Además, en cimentaciones flexibles, el tipo de suelo no tiene tanta relevancia como en las rígidas, pues lo que predomina es la descarga que tiene la edificación al suelo. A mayor descarga, mayor será el asentamiento, independientemente del suelo en el que esta se encuentre.

- Para todos los modelos analizados, las condiciones de predimensionamiento del volumen de cada cimentación fueron correctas a excepción de los espesores de la zapata combinada en la vivienda de dos pisos (60 cm), y la zapata aislada en la edificación de cuatro pisos (45 cm). En cuanto a las cuantías que superan el máximo establecido, no quiere decir que los modelos estén analizados de manera errónea; por ejemplo, la losa para la vivienda de dos pisos puede mejorar su cuantía si se incrementa 5 cm en su espesor. Esto significa que el acero puede ser optimizado de mejor manera; en este modelamiento consideramos un armado continuo, tanto en la parte superior del cimiento como en la inferior. Por lo tanto, el mayor refuerzo se encontrará en las zonas traccionadas y en las fibras comprimidas únicamente será necesario la mitad de la cantidad de acero determinada.

Conclusiones y Recomendaciones

Las cimentaciones flexibles se adaptan con mayor facilidad a los cambios que se pueden llegar a producir en los suelos (el clima, la humedad y las descargas de las estructuras pueden hacer que el suelo se mueva o se asiente excesivamente). De esta forma se reducen los riesgos de daño, agrietamiento, deformación o colapso que se dan por la variabilidad del suelo. Si la cimentación es muy rígida, cualquier alteración del suelo puede transmitirse inmediatamente a la superestructura. Por el contrario, al contar con cimentaciones flexibles, estas permiten que el suelo que se encuentra por debajo de ellas se mueva o se asiente sin causar daño a la estructura, absorbiendo parte del movimiento del suelo y permitiendo cierta redistribución de las cargas. Es por esto, que es recomendable la utilización de esta clase de cimientos; pero, la elección del tipo de cimentación dependerá de una serie de factores entre los cuales sobresalen las características del terreno y las descargas que el área de cimentación deberá soportar y transmitir al terreno de cimentación.

Los cimientos analizados nos dan una serie de resultados que nos permiten interpretar varias consideraciones:

- Una vez modeladas las edificaciones, como es lógico, se puede observar que las estructuras de mayor altura generan mayores descargas.
- Mediante la simulación de las diferentes condiciones geotécnicas, se ha comprobado que las descargas de esfuerzos cortantes y momentos flectores se amplifican en suelos tipo D, especialmente cuando se consideran combinaciones con acción sísmica.
- El diseño de cimentaciones flexibles y rígidas es posible en todas las variantes analizadas. Sin embargo, las cimentaciones flexibles presentan mejor desempeño en suelos de baja capacidad portante (tipos C y D) y en su defecto, las zapatas rígidas trabajan de mejor forma en edificaciones de baja altura (2,3,4 pisos) y en suelos de mejor calidad (tipos A y B).

- Es importante mencionar que las cuantías de armado en las cimentaciones flexibles son superiores a la media de las cuantías para zapatas rígidas, pudiendo disminuirse al aumentar el área de contacto y descarga para los emparrillados.
- Los asentamientos de los cimientos flexibles se acercan más al límite permisible que los registrados en las zapatas rígidas. Pero esto no es una característica de la clase de cimentación, sino del tipo de suelo.
- Para prevenir deslizamientos, la necesidad constructiva de dentellones en zapatas y losas de cimentación flexibles se da debido a las cargas horizontales, de la misma manera, estas estructuras sirven para asumir y resistir fenómenos de punzonamiento.
- El sistema de zapatas flexibles o rígidas vinculadas al mismo nivel forma un disco rígido indeformable, a pesar de ello, pensar en zapatas aisladas ligadas a otro nivel no cumple las condiciones de un disco rígido indeformable. En este modelo es posible que se presenten asentamientos y giros que pueden producir daños a la edificación.
- Si bien las cimentaciones analizadas y diseñadas dan cuenta de elementos concéntricos, debería continuarse la investigación con cimentaciones excéntricas y doblemente excéntricas.
- Asimismo, se debe recomendar que para los estudios de mecánica de suelos no se solicite únicamente los factores de capacidad admisible, ángulo de fricción y cohesión del suelo, sino que debería complementarse con el módulo de balasto. De tal forma que el consultor estructural pueda escoger directamente entre una cimentación rígida o flexible.
- Finalmente, se recomienda analizar y diseñar cimentaciones en condiciones con niveles freáticos altos y llevar a cabo investigaciones similares.

Referencias bibliográficas

- American Concrete Institution. (2014). *Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S-14)*. Farmington Hills, Estados Unidos.
- Braja M., Das. (2001). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Sacramento, Estados Unidos: Editorial Brooks Cole.
- Braja M., Das. (1999). *Principios de Ingeniería de Cimentaciones*. Sacramento, Estados Unidos: Editorial Thomson.
- Calavera, J. (2000). *Cálculo de estructuras de cimentación*. 4ª ed. Madrid: Intemac.
- Canales Chávez, M. (2013). *Modelo para cimientos de concreto reforzado rígidos y flexibles en función del suelo bajo una carga uniforme*. Tegucigalpa, Honduras.
https://www.researchgate.net/profile/Marco-Canales-2/publication/348977298_MODELO_PARA_CIMIENOS_DE_CONCRETO_REFORZADO_RIGIDOS_Y_FLEXIBLES_EN_FUNCION_DEL_SUELO_BAJO_UNA_CARGA_UNIFORME/links/6019fb09a6fdcc37a8fc1d5e/MODELO-PARA-CIMIENOS-DE-CONCRETO-REFORZADO-RIGIDOS-Y-FLEXIBLES-EN-FUNCION-DEL-SUELO-BAJO-UNA-CARGA-UNIFORME.pdf
- Labad, F. M. (2002). *La rigidez de las cimentaciones superficiales*. Rev. Obras Publicas, 149(3419), 27-33. http://fernandomuzaalabad.com/4_archivos/Arti004.pdf
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2015). *Levantamiento de cartografía temática escala 1:25.000, lote 2*. Memoria Técnica. Geomorfología Cantón Cuenca. [Memoria_tecnica_Geomorfologia_CUENCA_20151117.pdf](#) (sigtierras.gob.ec)
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2014). *Cargas (No Sísmicas) (Norma NEC-SE-CG)*. <http://cici.org.ec/wp-content/uploads/2017/12/NEC-SE-CG.pdf>
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2014). *Geotecnia y Cimentaciones (Norma NEC-SE-GC)*. [NEC_SE_DS_peligro-sismico.pdf](#) (ecp.ec)

Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2014). *Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente (Norma NEC-SE-DS)*. NEC_SE_DS_peligro-sismico.pdf (ecp.ec)

Yepes Piqueras, V. (2020). *Procedimientos de construcción de cimentaciones y estructuras de contención*. 2ª ed. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València.

https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/149852/TOC_0328_09_02.pdf?sequence

Anexos:**Anexo 1** Espectro de diseño suelo tipo B

Poblacion	CUENCA
Tipo	B
z	0.25
Fa	1
Fd	1
Fs	0.75
n	2.48
r	1
I(Fact.de Importancia)	1
Tc	0.4125
Tl	2.4
To	0.075

R	8
Øc	1
Ød	1

T	Sa	Sa*I	(Sa*I)/(R*Øc*Ød)
0	0.62	0.62	0.0775
0.02	0.62	0.62	0.0775
0.04	0.62	0.62	0.0775
0.06	0.62	0.62	0.0775
0.08	0.62	0.62	0.0775
0.1	0.62	0.62	0.0775
0.12	0.62	0.62	0.0775
0.14	0.62	0.62	0.0775
0.16	0.62	0.62	0.0775
0.18	0.62	0.62	0.0775
0.2	0.62	0.62	0.0775
0.22	0.62	0.62	0.0775
0.24	0.62	0.62	0.0775
0.26	0.62	0.62	0.0775
0.28	0.62	0.62	0.0775
0.3	0.62	0.62	0.0775
0.32	0.62	0.62	0.0775
0.34	0.62	0.62	0.0775
0.36	0.62	0.62	0.0775
0.38	0.62	0.62	0.0775
0.4	0.62	0.62	0.0775
0.42	0.608928571	0.60892857	0.076116071
0.44	0.58125	0.58125	0.07265625
0.46	0.555978261	0.55597826	0.069497283

0.48	0.5328125	0.5328125	0.066601563
0.5	0.5115	0.5115	0.0639375
0.52	0.491826923	0.49182692	0.061478365
0.54	0.473611111	0.47361111	0.059201389
0.56	0.456696429	0.45669643	0.057087054
0.58	0.440948276	0.44094828	0.055118534
0.6	0.42625	0.42625	0.05328125
0.62	0.4125	0.4125	0.0515625
0.64	0.399609375	0.39960938	0.049951172
0.66	0.3875	0.3875	0.0484375
0.68	0.376102941	0.37610294	0.047012868
0.7	0.365357143	0.36535714	0.045669643
0.72	0.355208333	0.35520833	0.044401042
0.74	0.345608108	0.34560811	0.043201014
0.76	0.336513158	0.33651316	0.042064145
0.78	0.327884615	0.32788462	0.040985577
0.8	0.3196875	0.3196875	0.039960938
0.82	0.311890244	0.31189024	0.03898628
0.84	0.304464286	0.30446429	0.038058036
0.86	0.297383721	0.29738372	0.037172965
0.88	0.290625	0.290625	0.036328125
0.9	0.284166667	0.28416667	0.035520833
0.92	0.27798913	0.27798913	0.034748641
0.94	0.272074468	0.27207447	0.034009309
0.96	0.26640625	0.26640625	0.033300781
0.98	0.260969388	0.26096939	0.032621173
1	0.25575	0.25575	0.03196875
1.02	0.250735294	0.25073529	0.031341912
1.04	0.245913462	0.24591346	0.030739183
1.06	0.241273585	0.24127358	0.030159198
1.08	0.236805556	0.23680556	0.029600694
1.1	0.2325	0.2325	0.0290625
1.12	0.228348214	0.22834821	0.028543527
1.14	0.224342105	0.22434211	0.028042763
1.16	0.220474138	0.22047414	0.027559267
1.18	0.216737288	0.21673729	0.027092161
1.2	0.213125	0.213125	0.026640625
1.22	0.209631148	0.20963115	0.026203893
1.24	0.20625	0.20625	0.02578125
1.26	0.20297619	0.20297619	0.025372024
1.28	0.199804688	0.19980469	0.024975586
1.3	0.196730769	0.19673077	0.024591346
1.32	0.19375	0.19375	0.02421875
1.34	0.190858209	0.19085821	0.023857276
1.36	0.188051471	0.18805147	0.023506434

1.38	0.185326087	0.18532609	0.023165761
1.4	0.182678571	0.18267857	0.022834821
1.42	0.180105634	0.18010563	0.022513204
1.44	0.177604167	0.17760417	0.022200521
1.46	0.175171233	0.17517123	0.021896404
1.48	0.172804054	0.17280405	0.021600507
1.5	0.1705	0.1705	0.0213125
1.52	0.168256579	0.16825658	0.021032072
1.54	0.166071429	0.16607143	0.020758929
1.56	0.163942308	0.16394231	0.020492788
1.58	0.161867089	0.16186709	0.020233386
1.6	0.15984375	0.15984375	0.019980469
1.62	0.15787037	0.15787037	0.019733796
1.64	0.155945122	0.15594512	0.01949314
1.66	0.154066265	0.15406627	0.019258283
1.68	0.152232143	0.15223214	0.019029018
1.7	0.150441176	0.15044118	0.018805147
1.72	0.14869186	0.14869186	0.018586483
1.74	0.146982759	0.14698276	0.018372845
1.76	0.1453125	0.1453125	0.018164063
1.78	0.143679775	0.14367978	0.017959972
1.8	0.142083333	0.14208333	0.017760417
1.82	0.140521978	0.14052198	0.017565247
1.84	0.138994565	0.13899457	0.017374321
1.86	0.1375	0.1375	0.0171875
1.88	0.136037234	0.13603723	0.017004654
1.9	0.134605263	0.13460526	0.016825658
1.92	0.133203125	0.13320313	0.016650391
1.94	0.131829897	0.1318299	0.016478737
1.96	0.130484694	0.13048469	0.016310587
1.98	0.129166667	0.12916667	0.016145833
2	0.127875	0.127875	0.015984375
2.02	0.126608911	0.12660891	0.015826114
2.04	0.125367647	0.12536765	0.015670956
2.06	0.124150485	0.12415049	0.015518811
2.08	0.122956731	0.12295673	0.015369591
2.1	0.121785714	0.12178571	0.015223214
2.12	0.120636792	0.12063679	0.015079599
2.14	0.119509346	0.11950935	0.014938668
2.16	0.118402778	0.11840278	0.014800347
2.18	0.117316514	0.11731651	0.014664564
2.2	0.11625	0.11625	0.01453125
2.22	0.115202703	0.1152027	0.014400338
2.24	0.114174107	0.11417411	0.014271763
2.26	0.113163717	0.11316372	0.014145465

2.28	0.112171053	0.11217105	0.014021382
2.3	0.111195652	0.11119565	0.013899457
2.32	0.110237069	0.11023707	0.013779634
2.34	0.109294872	0.10929487	0.013661859
2.36	0.108368644	0.10836864	0.013546081
2.38	0.107457983	0.10745798	0.013432248
2.4	0.1065625	0.1065625	0.013320313
2.42	0.105681818	0.10568182	0.013210227
2.44	0.104815574	0.10481557	0.013101947
2.46	0.103963415	0.10396341	0.012995427
2.48	0.103125	0.103125	0.012890625
2.5	0.1023	0.1023	0.0127875
2.52	0.101488095	0.1014881	0.012686012
2.54	0.100688976	0.10068898	0.012586122
2.56	0.099902344	0.09990234	0.012487793
2.58	0.099127907	0.09912791	0.012390988
2.6	0.098365385	0.09836538	0.012295673
2.62	0.097614504	0.0976145	0.012201813
2.64	0.096875	0.096875	0.012109375
2.66	0.096146617	0.09614662	0.012018327
2.68	0.095429104	0.0954291	0.011928638
2.7	0.094722222	0.09472222	0.011840278
2.72	0.094025735	0.09402574	0.011753217
2.74	0.093339416	0.09333942	0.011667427
2.76	0.092663043	0.09266304	0.01158288
2.78	0.091996403	0.0919964	0.01149955
2.8	0.091339286	0.09133929	0.011417411
2.82	0.090691489	0.09069149	0.011336436
2.84	0.090052817	0.09005282	0.011256602
2.86	0.089423077	0.08942308	0.011177885
2.88	0.088802083	0.08880208	0.01110026
2.9	0.088189655	0.08818966	0.011023707
2.92	0.087585616	0.08758562	0.010948202
2.94	0.086989796	0.0869898	0.010873724
2.96	0.086402027	0.08640203	0.010800253
2.98	0.085822148	0.08582215	0.010727768
3	0.08525	0.08525	0.01065625

Anexo 2 Espectro de diseño suelo tipo C

Poblacion	CUENCA
Tipo	C
z	0.25
Fa	1.3
Fd	1.28
Fs	0.94
n	2.48
r	1
I(Fact.de Importancia)	1
Tc	0.509046154
Tl	3.072
To	0.092553846

R	8
Øc	1
Ød	1

T	Sa	Sa*I	(Sa*I)/(R*Øc*Ød)
0	0.806	0.806	0.10075
0.02	0.806	0.806	0.10075
0.04	0.806	0.806	0.10075
0.06	0.806	0.806	0.10075
0.08	0.806	0.806	0.10075
0.1	0.806	0.806	0.10075
0.12	0.806	0.806	0.10075
0.14	0.806	0.806	0.10075
0.16	0.806	0.806	0.10075
0.18	0.806	0.806	0.10075
0.2	0.806	0.806	0.10075
0.22	0.806	0.806	0.10075
0.24	0.806	0.806	0.10075
0.26	0.806	0.806	0.10075
0.28	0.806	0.806	0.10075
0.3	0.806	0.806	0.10075
0.32	0.806	0.806	0.10075
0.34	0.806	0.806	0.10075
0.36	0.806	0.806	0.10075
0.38	0.806	0.806	0.10075
0.4	0.806	0.806	0.10075
0.42	0.806	0.806	0.10075
0.44	0.806	0.806	0.10075
0.46	0.806	0.806	0.10075
0.48	0.806	0.806	0.10075
0.5	0.806	0.806	0.10075
0.52	0.789021538	0.78902154	0.098627692
0.54	0.759798519	0.75979852	0.094974815
0.56	0.732662857	0.73266286	0.091582857

0.58	0.707398621	0.70739862	0.088424828
0.6	0.683818667	0.68381867	0.085477333
0.62	0.66176	0.66176	0.08272
0.64	0.64108	0.64108	0.080135
0.66	0.621653333	0.62165333	0.077706667
0.68	0.603369412	0.60336941	0.075421176
0.7	0.586130286	0.58613029	0.073266286
0.72	0.569848889	0.56984889	0.071231111
0.74	0.554447568	0.55444757	0.069305946
0.76	0.539856842	0.53985684	0.067482105
0.78	0.526014359	0.52601436	0.065751795
0.8	0.512864	0.512864	0.064108
0.82	0.500355122	0.50035512	0.06254439
0.84	0.488441905	0.4884419	0.061055238
0.86	0.477082791	0.47708279	0.059635349
0.88	0.46624	0.46624	0.05828
0.9	0.455879111	0.45587911	0.056984889
0.92	0.445968696	0.4459687	0.055746087
0.94	0.43648	0.43648	0.05456
0.96	0.427386667	0.42738667	0.053423333
0.98	0.41866449	0.41866449	0.052333061
1	0.4102912	0.4102912	0.0512864
1.02	0.402246275	0.40224627	0.050280784
1.04	0.394510769	0.39451077	0.049313846
1.06	0.38706717	0.38706717	0.048383396
1.08	0.379899259	0.37989926	0.047487407
1.1	0.372992	0.372992	0.046624
1.12	0.366331429	0.36633143	0.045791429
1.14	0.359904561	0.35990456	0.04498807
1.16	0.35369931	0.35369931	0.044212414
1.18	0.347704407	0.34770441	0.043463051
1.2	0.341909333	0.34190933	0.042738667
1.22	0.336304262	0.33630426	0.042038033
1.24	0.33088	0.33088	0.04136
1.26	0.325627937	0.32562794	0.040703492
1.28	0.32054	0.32054	0.0400675
1.3	0.315608615	0.31560862	0.039451077
1.32	0.310826667	0.31082667	0.038853333
1.34	0.306187463	0.30618746	0.038273433
1.36	0.301684706	0.30168471	0.037710588
1.38	0.297312464	0.29731246	0.037164058
1.4	0.293065143	0.29306514	0.036633143
1.42	0.288937465	0.28893746	0.036117183
1.44	0.284924444	0.28492444	0.035615556
1.46	0.28102137	0.28102137	0.035127671
1.48	0.277223784	0.27722378	0.034652973
1.5	0.273527467	0.27352747	0.034190933

1.52	0.269928421	0.26992842	0.033741053
1.54	0.266422857	0.26642286	0.033302857
1.56	0.263007179	0.26300718	0.032875897
1.58	0.259677975	0.25967797	0.032459747
1.6	0.256432	0.256432	0.032054
1.62	0.253266173	0.25326617	0.031658272
1.64	0.250177561	0.25017756	0.031272195
1.66	0.247163373	0.24716337	0.030895422
1.68	0.244220952	0.24422095	0.030527619
1.7	0.241347765	0.24134776	0.030168471
1.72	0.238541395	0.2385414	0.029817674
1.74	0.23579954	0.23579954	0.029474943
1.76	0.23312	0.23312	0.02914
1.78	0.230500674	0.23050067	0.028812584
1.8	0.227939556	0.22793956	0.028492444
1.82	0.225434725	0.22543473	0.028179341
1.84	0.222984348	0.22298435	0.027873043
1.86	0.220586667	0.22058667	0.027573333
1.88	0.21824	0.21824	0.02728
1.9	0.215942737	0.21594274	0.026992842
1.92	0.213693333	0.21369333	0.026711667
1.94	0.211490309	0.21149031	0.026436289
1.96	0.209332245	0.20933224	0.026166531
1.98	0.207217778	0.20721778	0.025902222
2	0.2051456	0.2051456	0.0256432
2.02	0.203114455	0.20311446	0.025389307
2.04	0.201123137	0.20112314	0.025140392
2.06	0.199170485	0.19917049	0.024896311
2.08	0.197255385	0.19725538	0.024656923
2.1	0.195376762	0.19537676	0.024422095
2.12	0.193533585	0.19353358	0.024191698
2.14	0.19172486	0.19172486	0.023965607
2.16	0.18994963	0.18994963	0.023743704
2.18	0.188206972	0.18820697	0.023525872
2.2	0.186496	0.186496	0.023312
2.22	0.184815856	0.18481586	0.023101982
2.24	0.183165714	0.18316571	0.022895714
2.26	0.181544779	0.18154478	0.022693097
2.28	0.179952281	0.17995228	0.022494035
2.3	0.178387478	0.17838748	0.022298435
2.32	0.176849655	0.17684966	0.022106207
2.34	0.17533812	0.17533812	0.021917265
2.36	0.173852203	0.1738522	0.021731525
2.38	0.172391261	0.17239126	0.021548908
2.4	0.170954667	0.17095467	0.021369333
2.42	0.169541818	0.16954182	0.021192727
2.44	0.168152131	0.16815213	0.021019016

2.46	0.166785041	0.16678504	0.02084813
2.48	0.16544	0.16544	0.02068
2.5	0.16411648	0.16411648	0.02051456
2.52	0.162813968	0.16281397	0.020351746
2.54	0.161531969	0.16153197	0.020191496
2.56	0.16027	0.16027	0.02003375
2.58	0.159027597	0.1590276	0.01987845
2.6	0.157804308	0.15780431	0.019725538
2.62	0.156599695	0.15659969	0.019574962
2.64	0.155413333	0.15541333	0.019426667
2.66	0.154244812	0.15424481	0.019280602
2.68	0.153093731	0.15309373	0.019136716
2.7	0.151959704	0.1519597	0.018994963
2.72	0.150842353	0.15084235	0.018855294
2.74	0.149741314	0.14974131	0.018717664
2.76	0.148656232	0.14865623	0.018582029
2.78	0.147586763	0.14758676	0.018448345
2.8	0.146532571	0.14653257	0.018316571
2.82	0.145493333	0.14549333	0.018186667
2.84	0.144468732	0.14446873	0.018058592
2.86	0.143458462	0.14345846	0.017932308
2.88	0.142462222	0.14246222	0.017807778
2.9	0.141479724	0.14147972	0.017684966
2.92	0.140510685	0.14051068	0.017563836
2.94	0.13955483	0.13955483	0.017444354
2.96	0.138611892	0.13861189	0.017326486
2.98	0.137681611	0.13768161	0.017210201
3	0.136763733	0.13676373	0.017095467

Anexo 3 Espectro de diseño suelo tipo D

Poblacion	CUENCA
Tipo	D
z	0.25
Fa	1.4
Fd	1.45
Fs	1.06
n	2.48
r	1.5
I(Fact.de Importancia)	1
Tc	0.603821429
Tl	3.48
To	0.109785714

R	8
Øc	1
Ød	1

T	Sa	Sa*I	(Sa*I)/(R*Øc*Ød)
0	0.868	0.868	0.1085
0.02	0.868	0.868	0.1085
0.04	0.868	0.868	0.1085
0.06	0.868	0.868	0.1085
0.08	0.868	0.868	0.1085
0.1	0.868	0.868	0.1085
0.12	0.868	0.868	0.1085
0.14	0.868	0.868	0.1085
0.16	0.868	0.868	0.1085
0.18	0.868	0.868	0.1085
0.2	0.868	0.868	0.1085
0.22	0.868	0.868	0.1085
0.24	0.868	0.868	0.1085
0.26	0.868	0.868	0.1085
0.28	0.868	0.868	0.1085
0.3	0.868	0.868	0.1085
0.32	0.868	0.868	0.1085
0.34	0.868	0.868	0.1085
0.36	0.868	0.868	0.1085
0.38	0.868	0.868	0.1085
0.4	0.868	0.868	0.1085
0.42	0.868	0.868	0.1085
0.44	0.868	0.868	0.1085
0.46	0.868	0.868	0.1085
0.48	0.868	0.868	0.1085
0.5	0.868	0.868	0.1085
0.52	0.868	0.868	0.1085
0.54	0.868	0.868	0.1085
0.56	0.868	0.868	0.1085

0.58	0.868	0.868	0.1085
0.6	0.868	0.868	0.1085
0.62	0.834247613	0.83424761	0.104280952
0.64	0.795449377	0.79544938	0.099431172
0.66	0.759567902	0.7595679	0.094945988
0.68	0.726305174	0.72630517	0.090788147
0.7	0.695401218	0.69540122	0.086925152
0.72	0.666628324	0.66662832	0.083328541
0.74	0.639786287	0.63978629	0.079973286
0.76	0.614698451	0.61469845	0.076837306
0.78	0.59120841	0.59120841	0.073901051
0.8	0.569177242	0.56917724	0.071147155
0.82	0.548481178	0.54848118	0.068560147
0.84	0.52900963	0.52900963	0.066126204
0.86	0.510663515	0.51066352	0.063832939
0.88	0.493353824	0.49335382	0.061669228
0.9	0.4770004	0.4770004	0.05962505
0.92	0.461530882	0.46153088	0.05769136
0.94	0.446879803	0.4468798	0.055859975
0.96	0.432987798	0.4329878	0.054123475
0.98	0.419800927	0.41980093	0.052475116
1	0.407270081	0.40727008	0.05090876
1.02	0.395350461	0.39535046	0.049418808
1.04	0.384001126	0.38400113	0.048000141
1.06	0.373184596	0.3731846	0.046648075
1.08	0.362866498	0.3628665	0.045358312
1.1	0.35301526	0.35301526	0.044126908
1.12	0.343601834	0.34360183	0.042950229
1.14	0.334599456	0.33459946	0.041824932
1.16	0.325983429	0.32598343	0.040747929
1.18	0.317730932	0.31773093	0.039716366
1.2	0.309820848	0.30982085	0.038727606
1.22	0.302233612	0.30223361	0.037779201
1.24	0.294951072	0.29495107	0.036868884
1.26	0.28795637	0.28795637	0.035994546
1.28	0.281233824	0.28123382	0.035154228
1.3	0.274768839	0.27476884	0.034346105
1.32	0.268547807	0.26854781	0.033568476
1.34	0.262558033	0.26255803	0.032819754
1.36	0.256787657	0.25678766	0.032098457
1.38	0.251225592	0.25122559	0.031403199
1.4	0.245861459	0.24586146	0.030732682
1.42	0.240685535	0.24068554	0.030085692
1.44	0.235688704	0.2356887	0.029461088
1.46	0.230862409	0.23086241	0.028857801
1.48	0.226198611	0.22619861	0.028274826
1.5	0.221689753	0.22168975	0.027711219

1.52	0.217328722	0.21732872	0.02716609
1.54	0.213108821	0.21310882	0.026638603
1.56	0.209023738	0.20902374	0.026127967
1.58	0.205067519	0.20506752	0.02563344
1.6	0.201234544	0.20123454	0.025154318
1.62	0.197519504	0.1975195	0.024689938
1.64	0.19391738	0.19391738	0.024239673
1.66	0.190423426	0.19042343	0.023802928
1.68	0.187033148	0.18703315	0.023379144
1.7	0.18374229	0.18374229	0.022967786
1.72	0.180546817	0.18054682	0.022568352
1.74	0.177442903	0.1774429	0.022180363
1.76	0.174426917	0.17442692	0.021803365
1.78	0.171495411	0.17149541	0.021436926
1.8	0.168645109	0.16864511	0.021080639
1.82	0.165872895	0.1658729	0.020734112
1.84	0.163175808	0.16317581	0.020396976
1.86	0.160551028	0.16055103	0.020068879
1.88	0.157995869	0.15799587	0.019749484
1.9	0.155507774	0.15550777	0.019438472
1.92	0.153084304	0.1530843	0.019135538
1.94	0.150723133	0.15072313	0.018840392
1.96	0.148422041	0.14842204	0.018552755
1.98	0.146178911	0.14617891	0.018272364
2	0.143991718	0.14399172	0.017998965
2.02	0.141858529	0.14185853	0.017732316
2.04	0.139777496	0.1397775	0.017472187
2.06	0.13774685	0.13774685	0.017218356
2.08	0.1357649	0.1357649	0.016970613
2.1	0.133830027	0.13383003	0.016728753
2.12	0.131940679	0.13194068	0.016492585
2.14	0.130095372	0.13009537	0.016261921
2.16	0.128292681	0.12829268	0.016036585
2.18	0.126531241	0.12653124	0.015816405
2.2	0.124809742	0.12480974	0.015601218
2.22	0.123126928	0.12312693	0.015390866
2.24	0.121481593	0.12148159	0.015185199
2.26	0.119872579	0.11987258	0.014984072
2.28	0.118298772	0.11829877	0.014787347
2.3	0.116759104	0.1167591	0.014594888
2.32	0.115252546	0.11525255	0.014406568
2.34	0.113778112	0.11377811	0.014222264
2.36	0.112334848	0.11233485	0.014041856
2.38	0.110921842	0.11092184	0.01386523
2.4	0.109538211	0.10953821	0.013692276
2.42	0.108183109	0.10818311	0.013522889
2.44	0.106855718	0.10685572	0.013356965

2.46	0.105555252	0.10555525	0.013194406
2.48	0.104280952	0.10428095	0.013035119
2.5	0.103032086	0.10303209	0.012879011
2.52	0.101807951	0.10180795	0.012725994
2.54	0.100607865	0.10060786	0.012575983
2.56	0.099431172	0.09943117	0.012428897
2.58	0.098277239	0.09827724	0.012284655
2.6	0.097145455	0.09714545	0.012143182
2.62	0.096035228	0.09603523	0.012004403
2.64	0.094945988	0.09494599	0.011868248
2.66	0.093877184	0.09387718	0.011734648
2.68	0.092828283	0.09282828	0.011603535
2.7	0.09179877	0.09179877	0.011474846
2.72	0.090788147	0.09078815	0.011348518
2.74	0.089795932	0.08979593	0.011224492
2.76	0.08882166	0.08882166	0.011102707
2.78	0.087864879	0.08786488	0.01098311
2.8	0.086925152	0.08692515	0.010865644
2.82	0.086002058	0.08600206	0.010750257
2.84	0.085095187	0.08509519	0.010636898
2.86	0.084204142	0.08420414	0.010525518
2.88	0.083328541	0.08332854	0.010416068
2.9	0.082468009	0.08246801	0.010308501
2.92	0.081622188	0.08162219	0.010202773
2.94	0.080790726	0.08079073	0.010098841
2.96	0.079973286	0.07997329	0.009996661
2.98	0.079169538	0.07916954	0.009896192
3	0.078379164	0.07837916	0.009797395

Anexo 4 Módulo de balasto zapata aislada suelo B

Geometría de la losa: **Cuadrada** Largo = **1.70** metros
 Ancho = **0.30** metros

Tipo de terreno: **Mixto** Arenas (%): **40**
 $K_{30} =$ **12.0** kp/cm³ Arcillas (%): **60**

$K_{arenoso} =$ kp/cm³ t/m³ kN/m³
 $K_{arcilloso} =$ kp/cm³ t/m³ kN/m³
 $K_{mixto} =$ **8.706** kp/cm³ **8,705.88** t/m³ **87,058.8** kN/m³

Tabla orientativa: **1**

Coefficiente de Balasto en función del tipo de suelo para placa de 30x30 cm.

Clases de suelo	Coefficiente de balasto (kp/cm ³)
Suelo ligero de turba y cenagoso	0,5 - 1,0
Suelo pesado de turba y cenagoso	1,0 - 1,5
Arena fina de ribera	1,0 - 1,5
Capas de humus, arena y grava	1,0 - 2,0
Tierra arcillosa mojada	2,0 - 3,0
Tierra arcillosa húmeda	4,0 - 5,0
Tierra arcillosa seca	6,0 - 8,0
Tierra arcillosa seca dura	10,0 -
Humus firmemente estratificado con arena y pocas piedras	8,0 - 10,0
Humus firmemente estratificado con arena y muchas piedras	10,0 - 12,0
Grava fina con mucha arena fina	8,0 - 10,0
Grava media con arena fina	10,0 - 12,0
Grava media con arena gruesa	12,0 - 15,0
Grava gruesa con arena gruesa	15,0 - 20,0
Grava gruesa con poca arena	15,0 - 20,0
Grava gruesa con poca arena, muy firmemente estratificada	20,0 - 25,0

Anexo 5 Módulo de balasto zapata combinada-emparillado-losa suelo B

Geometría de la losa: **Rectangular** Largo = **6.00** metros
 Ancho = **0.30** metros

Tipo de terreno: **Mixto** Arenas (%): **40**
 $K_{30} =$ **12.0** kp/cm³ Arcillas (%): **60**

$K_{arenoso} =$ kp/cm³ t/m³ kN/m³
 $K_{arcilloso} =$ kp/cm³ t/m³ kN/m³
 $K_{mixto} =$ **8.200** kp/cm³ **8,200.00** t/m³ **82,000.0** kN/m³

Tabla orientativa: **1**

Coefficiente de Balasto en función del tipo de suelo para placa de 30x30 cm.

Clases de suelo	Coefficiente de balasto (kp/cm ³)
Suelo ligero de turba y cenagoso	0,5 - 1,0
Suelo pesado de turba y cenagoso	1,0 - 1,5
Arena fina de ribera	1,0 - 1,5
Capas de humus, arena y grava	1,0 - 2,0
Tierra arcillosa mojada	2,0 - 3,0
Tierra arcillosa húmeda	4,0 - 5,0
Tierra arcillosa seca	6,0 - 8,0
Tierra arcillosa seca dura	10,0 -
Humus firmemente estratificado con arena y pocas piedras	8,0 - 10,0
Humus firmemente estratificado con arena y muchas piedras	10,0 - 12,0
Grava fina con mucha arena fina	8,0 - 10,0
Grava media con arena fina	10,0 - 12,0
Grava media con arena gruesa	12,0 - 15,0
Grava gruesa con arena gruesa	15,0 - 20,0
Grava gruesa con poca arena	15,0 - 20,0
Grava gruesa con poca arena, muy firmemente estratificada	20,0 - 25,0

Anexo 6 Módulo de balasto zapata aislada suelo C

Geometría de la losa: **Cuadrada** Largo = **5.40** metros
 Ancho = **0.60** metros

Tipo de terreno: **Mixto** Arenas (%): **45**
 $K_{30} = 11.0$ kp/cm³ Arcillas (%): **55**

$K_{arenoso} =$ kp/cm³ t/m³ kN/m³
 $K_{arcilloso} =$ kp/cm³ t/m³ kN/m³
 $K_{mixto} = 4.088$ kp/cm³ **4,088.08** t/m³ **40,880.8** kN/m³

Tabla orientativa: **1**

Coefficiente de Balasto en función del tipo de suelo para placa de 30x30 cm.

Clases de suelo	Coefficiente de balasto (kp/cm ³)
Suelo ligero de turba y cenagoso	0,5 - 1,0
Suelo pesado de turba y cenagoso	1,0 - 1,5
Arena fina de ribera	1,0 - 1,5
Capas de humus, arena y grava	1,0 - 2,0
Tierra arcillosa mojada	2,0 - 3,0
Tierra arcillosa húmeda	4,0 - 5,0
Tierra arcillosa seca	6,0 - 8,0
Tierra arcillosa seca dura	10,0 -
Humus firmemente estratificado con arena y pocas piedras	8,0 - 10,0
Humus firmemente estratificado con arena y muchas piedras	10,0 - 12,0
Grava fina con mucha arena fina	8,0 - 10,0
Grava media con arena fina	10,0 - 12,0
Grava media con arena gruesa	12,0 - 15,0
Grava gruesa con arena gruesa	15,0 - 20,0
Grava gruesa con poca arena	15,0 - 20,0
Grava gruesa con poca arena, muy firmemente estratificada	20,0 - 25,0

Anexo 7 Módulo de balasto zapata combinada-emparrillado-losa suelo C

Geometría de la losa: **Rectangular** Largo = **6.00** metros
 Ancho = **0.60** metros

Tipo de terreno: **Mixto** Arenas (%): **45**
 $K_{30} =$ **11.0** kp/cm³ Arcillas (%): **55**

$K_{arenoso} =$ kp/cm³ t/m³ kN/m³
 $K_{arcilloso} =$ kp/cm³ t/m³ kN/m³
 $K_{mixto} =$ **4.067** kp/cm³ **4,066.56** t/m³ **40,665.6** kN/m³

Tabla orientativa: **1**

Coefficiente de Balasto en función del tipo de suelo para placa de 30x30 cm.

Clases de suelo	Coefficiente de balasto (kp/cm ³)
Suelo ligero de turba y cenagoso	0,5 - 1,0
Suelo pesado de turba y cenagoso	1,0 - 1,5
Arena fina de ribera	1,0 - 1,5
Capas de humus, arena y grava	1,0 - 2,0
Tierra arcillosa mojada	2,0 - 3,0
Tierra arcillosa húmeda	4,0 - 5,0
Tierra arcillosa seca	6,0 - 8,0
Tierra arcillosa seca dura	10,0 -
Humus firmemente estratificado con arena y pocas piedras	8,0 - 10,0
Humus firmemente estratificado con arena y muchas piedras	10,0 - 12,0
Grava fina con mucha arena fina	8,0 - 10,0
Grava media con arena fina	10,0 - 12,0
Grava media con arena gruesa	12,0 - 15,0
Grava gruesa con arena gruesa	15,0 - 20,0
Grava gruesa con poca arena	15,0 - 20,0
Grava gruesa con poca arena, muy firmemente estratificada	20,0 - 25,0

Anexo 8 Módulo de balasto zapata aislada suelo D

Geometría de la losa: **Cuadrada** Largo = **4.40** metros
 Ancho = **0.40** metros

Tipo de terreno: **Mixto** Arenas (%): **50**
 $K_{30} =$ **10.0** kp/cm³ Arcillas (%): **50**

$K_{arenoso} =$ kp/cm³ t/m³ kN/m³
 $K_{arcilloso} =$ kp/cm³ t/m³ kN/m³
 $K_{mixto} =$ **5.282** kp/cm³ **5,281.72** t/m³ **52,817.2** kN/m³

Tabla orientativa: **1**

Coefficiente de Balasto en función del tipo de suelo para placa de 30x30 cm.

Clases de suelo	Coefficiente de balasto (kp/cm ³)
Suelo ligero de turba y cenagoso	0,5 - 1,0
Suelo pesado de turba y cenagoso	1,0 - 1,5
Arena fina de ribera	1,0 - 1,5
Capas de humus, arena y grava	1,0 - 2,0
Tierra arcillosa mojada	2,0 - 3,0
Tierra arcillosa húmeda	4,0 - 5,0
Tierra arcillosa seca	6,0 - 8,0
Tierra arcillosa seca dura	10,0 -
Humus firmemente estratificado con arena y pocas piedras	8,0 - 10,0
Humus firmemente estratificado con arena y muchas piedras	10,0 - 12,0
Grava fina con mucha arena fina	8,0 - 10,0
Grava media con arena fina	10,0 - 12,0
Grava media con arena gruesa	12,0 - 15,0
Grava gruesa con arena gruesa	15,0 - 20,0
Grava gruesa con poca arena	15,0 - 20,0
Grava gruesa con poca arena, muy firmemente estratificada	20,0 - 25,0

Anexo 9 Módulo de balasto zapata combinada-emparrillado-losa suelo D

Geometría de la losa: **Rectangular** Largo = **6.00** metros
 Ancho = **0.40** metros

Tipo de terreno: **Mixto** Arenas (%): **50**
 $K_{30} =$ **10.0** kp/cm³ Arcillas (%): **50**

$K_{arenoso} =$ kp/cm³ t/m³ kN/m³
 $K_{arcilloso} =$ kp/cm³ t/m³ kN/m³
 $K_{mixto} =$ **5.220** kp/cm³ **5,220.49** t/m³ **52,204.9** kN/m³

Tabla orientativa: **1**

Coefficiente de Balasto en función del tipo de suelo para placa de 30x30 cm.

Clases de suelo	Coefficiente de balasto (kp/cm ³)
Suelo ligero de turba y cenagoso	0,5 - 1,0
Suelo pesado de turba y cenagoso	1,0 - 1,5
Arena fina de ribera	1,0 - 1,5
Capas de humus, arena y grava	1,0 - 2,0
Tierra arcillosa mojada	2,0 - 3,0
Tierra arcillosa húmeda	4,0 - 5,0
Tierra arcillosa seca	6,0 - 8,0
Tierra arcillosa seca dura	10,0 -
Humus firmemente estratificado con arena y pocas piedras	8,0 - 10,0
Humus firmemente estratificado con arena y muchas piedras	10,0 - 12,0
Grava fina con mucha arena fina	8,0 - 10,0
Grava media con arena fina	10,0 - 12,0
Grava media con arena gruesa	12,0 - 15,0
Grava gruesa con arena gruesa	15,0 - 20,0
Grava gruesa con poca arena	15,0 - 20,0
Grava gruesa con poca arena, muy firmemente estratificada	20,0 - 25,0

Anexo 10 Comprobación de cortante por punzonamiento zapata aislada dos pisos suelo B

La sección crítica se sitúa alrededor de la columna a $d/2$ de sus caras

h =	30	cm
r =	7	cm
d =	23	cm
B =	170.00	cm
L =	170.00	cm

d/2 =	11.5	cm
Pu =	54857.30	kg
A =	28900	cm ²
b columna =	30	cm
h columna =	30	cm
dx =	23	cm
dy =	22	cm

$$\bar{q} = \frac{P_u}{A} = \boxed{1.898} \text{ kg/cm}^2$$

La fuerza cortante que actúa en la sección crítica:

$$V_u = \bar{q} * ((B * L) - (b.\text{columna} + d)(h.\text{columna} + d))$$

$$V_u = \boxed{49625.93} \text{ kg}$$

El esfuerzo cortante por punzonamiento que actúa en se es:

$$v_u = \frac{V_u}{\phi.b.d} = \boxed{12.3536695} \text{ kg/cm}^2$$

El esfuerzo que resiste el hormigón		
f'_c =	210	kg/cm ²

$$v_c = 1.06\sqrt{f'_c} = \boxed{15.3608594} \text{ kg/cm}^2$$

Si $V_u < V_c$ el peralte de la zapata es aceptable

El peralte es aceptable

Anexo II Comprobación de cortante por punzonamiento zapata aislada cuatro pisos Suelo D

La sección crítica se sitúa alrededor de la columna a $d/2$ de sus caras

h =	45	cm
r =	7	cm
d =	38	cm
B =	440.00	cm
L =	440.00	cm

d/2 =	19	cm
Pu =	149851.89	kg
A =	193600	cm ²
b columna =	40	cm
h columna =	40	cm
dx =	38	cm
dy =	37	cm

$$\bar{q} = \frac{Pu}{A} = \boxed{0.774} \text{ kg/cm}^2$$

La fuerza cortante que actúa en la sección crítica:

$$V_u = \bar{q} * ((B * L) - (b. columna + d)(h. columna + d))$$

$$V_u = \boxed{145203.08} \text{ kg}$$

El esfuerzo cortante por punzonamiento que actúa en se es:

$$v_u = \frac{V_u}{\phi \cdot b \cdot d} = \boxed{14.6935445} \text{ kg/cm}^2$$

El esfuerzo que resiste el hormigón	
$f'c$ =	210 kg/cm ²

$$v_c = 1.06\sqrt{f'c} = \boxed{15.3608594} \text{ kg/cm}^2$$

Si $V_u < V_c$ el peralte de la zapata es aceptable

El peralte es aceptable

Anexo 12 Comprobación de cortante por punzonamiento zapata combinada dos pisos Suelo B

La sección crítica se sitúa alrededor de la columna a $d/2$ de sus caras

h =	60	cm
r =	7	cm
d =	53	cm
B =	600.00	cm
L =	100.00	cm

d/2 =	26.5	cm
Pu =	83574.50	kg
A =	60000	cm ²
b columna =	30	cm
h columna =	30	cm
dx =	53	cm
dy =	52	cm

$$\bar{q} = \frac{P_u}{A} = \boxed{1.393} \text{ kg/cm}^2$$

La fuerza cortante que actúa en la sección crítica:

$$V_u = \bar{q} * ((B * L) - (b. columna + d)(h. columna + d))$$

$$V_u = \boxed{74094.37} \text{ kg}$$

El esfuerzo cortante por punzonamiento que actúa en se es:

$$v_u = \frac{V_u}{\phi \cdot b \cdot d} = \boxed{5.03115793} \text{ kg/cm}^2$$

El esfuerzo que resiste el hormigón

$$f'c = \boxed{210} \text{ kg/cm}^2$$

$$v_c = 1.06\sqrt{f'c} = \boxed{15.3608594} \text{ kg/cm}^2$$

Si $V_u < V_c$ el peralte de la zapata es aceptable

El peralte es aceptable

Anexo 13 Comprobación de cuantías

ID	Diámetro mm	Área Nominal m ²	Peso Unitario kg·m ⁻²	Peso por unidad de longitud kg·m ⁻¹	10% corte y traslape	Volumen m ³	Cuantía kg/m ³	Cuantía Total kg/m ³	Cuantía Total
ZA2 x sup	14	0.000153938	1.20841644	18.48877153	20.33764869	0.867	23.4574956		
ZA2 x inf	16	0.000201062	1.57833984	24.14859955	26.56343591	0.867	30.6383616	54.0958572	Cumple
ZA2 y sup	14	0.000153938	1.20841644	18.48877153	20.33764869	0.867	23.4574956		
ZA2 y inf	16	0.000201062	1.57833984	24.14859955	26.56343591	0.867	30.6383616	54.0958572	Cumple
ZA4 x sup	18	0.00025447	1.99758636	272.4707795	299.7178575	8.712	34.4028762	74.3546034	Cumple
ZA4 x inf	18	0.00025447	1.99758636	316.4176794	348.0594474	8.712	39.9517272	74.3546034	Cumple
ZA4 y sup	18	0.00025447	1.99758636	272.4707795	299.7178575	8.712	34.4028762	74.3546034	Cumple
ZA4 y inf	18	0.00025447	1.99758636	316.4176794	348.0594474	8.712	39.9517272	74.3546034	Cumple
ZC2 x sup	18	0.00025447	1.99758636	431.4786538	474.6265191	3.6	131.8406998		
ZC2 x inf	16	0.000201062	1.57833984	284.1011712	312.5112883	3.6	86.8086912	218.649391	No Cumple
ZC2 y sup	16	0.000201062	1.57833984	9.47003904	10.41704294	3.6	2.89362304	5.78724608	Cumple
ZC2 y inf	16	0.000201062	1.57833984	9.47003904	10.41704294	3.6	2.89362304	5.78724608	Cumple
E2 x sup	22	0.000380134	2.98404876	8.95214628	9.847360908	5.4	1.823585353	7.73139906	Cumple
E2 x inf	28	0.000615754	4.83366576	29.00199456	31.90219402	5.4	5.907813707	7.73139906	Cumple
E2 y sup	20	0.00031416	2.466156	4794.207264	5273.62799	5.4	976.597776		
E2 y inf	22	0.000380134	2.98404876	6767.822588	7444.604846	5.4	1378.630527	2355.228303	No Cumple
E4 x sup	22	0.000380134	2.98404876	114.8858773	126.374465	25.2	5.014859722		
E4 x inf	18	0.00025447	1.99758636	174.7888065	192.2676872	25.2	7.629670125	12.64452985	Cumple
E4 y sup	22	0.000380134	2.98404876	2900.495595	3190.544934	25.2	126.608926		
E4 y inf	18	0.00025447	1.99758636	4530.525864	4983.578451	25.2	197.7610496	324.3699756	No Cumple
L2 x sup	14	0.000153938	1.20841644	2349.161559	2584.077715	97.2	26.58516168		
L2 x inf	18	0.00025447	1.99758636	5177.743845	5695.51823	97.2	58.59586656	85.18102824	No Cumple
L2 y sup	14	0.000153938	1.20841644	2349.161559	2584.077715	97.2	26.58516168		
L2 y inf	16	0.000201062	1.57833984	3068.292649	3375.121914	97.2	34.72347648	61.30863816	Cumple
L4 x sup	16	0.000201062	1.57833984	3068.292649	3375.121914	129.6	26.04560736		
L4 x inf	28	0.000615754	4.83366576	15661.07706	17227.18477	129.6	132.9258084	158.9684158	No Cumple
L4 y sup	18	0.00025447	1.99758636	3883.307884	4271.638672	129.6	32.96017494		
L4 y inf	22	0.000380134	2.98404876	11601.98158	12762.17974	129.6	98.47360908	131.433784	No Cumple
L8 x sup	28	0.000615754	4.83366576	9396.646237	10336.31086	194.4	53.17032336		
L8 x inf	28	0.000615754	4.83366576	21925.50789	24118.08868	194.4	124.0640878	177.2344112	No Cumple
L8 y sup	28	0.000615754	4.83366576	9396.646237	10336.31086	194.4	53.17032336		
L8 y inf	28	0.000615754	4.83366576	21925.50789	24118.08868	194.4	124.0640878	177.2344112	No Cumple