



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño Estructural en concreto armado de una Vivienda Multifamiliar de 8 niveles en el
distrito de Víctor Larco Herrera - Trujillo

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Obeso Ramírez, Cesar Romario (ORCID: 0000-0002-9186-751X)

ASESOR:

Mg. Castillo Chávez, Juan Humberto (ORCID: 0000-0002-4701-3074)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

TRUJILLO – PERÚ

2020

DEDICATORIA

A mi madre, por ser el pilar más importante, quien con su amor, comprensión y esfuerzo supo llevarme por el buen sendero y permitirme llegar a cumplir hoy un sueño más.

A mi padre, pese a nuestra distancia física, sé que este momento hubiera sido muy especial tanto como lo es para mí.

A mis abuelos y hermanos, por todos los consejos brindados y siempre estar dispuestos a apoyarme en cualquier momento.

Cesar Romario Obeso Ramírez

AGRADECIMIENTO

A Dios, por otorgarme una familia maravillosa y haberme iluminado para poder llegar a cumplir mis objetivos.

A mi asesor, el Ing. Humberto Castillo Chavez, que con su sabiduría, conocimientos y experiencias ha sido de gran aporte para el desarrollo de este proyecto.

A todos mis amigos con los que he compartido gratos momentos de estudio durante el tiempo de nuestra formación académica profesional.

Cesar Romario Obeso Ramírez

Página del Jurado

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Cesar Romario Obeso Ramírez, estudiante de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N°72026467; a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, declaro bajo juramento que la tesis es de mi autoría y que toda la documentación, datos e información que en ella se presenta es veraz y auténtica.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto del contenido de la presente tesis como de información adicional aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.



Cesar Romario Obeso Ramírez

ÍNDICE

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Página del Jurado.....	iv
Declaratoria autenticidad.....	v
Índice	vi
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO	11
2.1 Tipo y diseño de investigación	11
2.2 Operacionalización de variables.....	12
2.3 Población, muestra y muestreo.....	15
2.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	15
2.5 Método de análisis de datos.....	16
2.6 Aspectos éticos.....	17
III. RESULTADOS	18
3.1 Estudio Topográfico	18
3.2 Diseño Arquitectónico.....	19
3.3 Estudio de Mecánica de suelos.....	22
3.4 Análisis Sismorresistente.....	24
3.5 Diseño en concreto armado	39
IV. DISCUSIÓN.....	66
V. CONCLUSIONES.....	67
VI. RECOMENDACIONES	68
REFERENCIAS	69
ANEXOS	73

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Matriz de operacionalización de variables	13
Cuadro 2: Clasificación de tipos de suelos	22
Cuadro 3: Clasificación de tipos de suelos	23
Cuadro 4: Propiedades físicas del suelo	23
Cuadro 5: Propiedades Mecánicas del suelo	24
Cuadro 6: Áreas tributarias en cada columna	28
Cuadro 7: Peso de la edificación	33
Cuadro 8: Distribución en altura de las fuerzas sísmicas.	34
Cuadro 9: Modos de vibración para ambas direcciones.	35
Cuadro 10: Valores T vs S_a del espectro de diseño.	36
Cuadro 11: Fuerzas cortantes y su factor escala.	37
Cuadro 12: Desplazamientos laterales en X-X	38
Cuadro 13: Desplazamientos laterales en Y-Y	38
Cuadro 14: Comparación de resultados de área de acero	45
Cuadro 15: Cargas para el diseño del aligerado	48
Cuadro 16: Cargas para el diseño de losa maciza	51
Cuadro 17: Cargas P_u y momentos M_u para el diseño de la placa	60
Cuadro 18: Pesos unitarios de los materiales	75
Cuadro 19: Cargas vivas mínimas repartidas	79
Cuadro 20: Tipos de perfiles de suelos.....	81
Cuadro 21: Factor de suelo “S”	82
Cuadro 22: Periodos “ T_P ” y “ T_L ”	82
Cuadro 23: Categoría de Edificaciones y su factor de uso	83
Cuadro 24: Categoría de las edificaciones y sistema estructura.....	84

Cuadro 25: Coeficiente de reducción sísmica	84
Cuadro 26: Factores de irregularidad “Ia” e “Ip”	85
Cuadro 27: Restricciones de irregularidad	87
Cuadro 28: Desplazamientos laterales.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Plano Topográfico del terreno del proyecto.....	18
Figura 2: Plano de Ubicación y Localización del terreno	19
Figura 3: Distribución de ambientes del 1° nivel.	20
Figura 4: Distribución de ambientes del 2° nivel al 7° nivel.....	20
Figura 5: Distribución de ambientes del 8° nivel	21
Figura 6: Configuración estructural del edificio.....	25
Figura 7: Vista tridimensional de la estructura en Etabs.	31
Figura 8: Espectro de pseudo-aceleraciones.....	37
Figura 9: Diagramas de momentos para el pórtico del eje 5.	40
Figura 10: Diagramas de cortantes para el pórtico del eje 5..	40
Figura 11: Diagramas de momentos de viga de diseño.	41
Figura 12: Diagramas de cortantes de viga de diseño..	45
Figura 13: Planta de techo típico para diseño de losa aligerada.....	47
Figura 14: Momentos últimos de diseño en losa aligerada..	48
Figura 15: Acero requerido para losa aligerada en cm..	48
Figura 16: Diagrama de cortantes de losa aligerada.....	50
Figura 17: Diagrama de momentos en la dirección X-X de la losa maciza.	52
Figura 18: Diagrama de momentos en la dirección Y-Y de la losa maciza..	52
Figura 19: Diagrama de cortantes en la dirección X-X de la losa maciza.....	54
Figura 20: Diagrama de cortantes en la dirección Y-Y de la losa maciza.....	55
Figura 21: Modelo de columna central 30 x 80 cm.....	56
Figura 22: Diagrama de interacción P – Mx	57
Figura 23: Diagrama de interacción P – My... ..	57

Figura 24: Modelo de la placa en L para diseño.....	59
Figura 25: Diagrama de interacción P-M33 para placa de diseño.....	61
Figura 26: Diagrama de interacción P-M33 para placa de diseño.....	61
Figura 27: Presiones en el suelo debido a cargas de gravedad.....	63
Figura 28: Momentos flectores en la dirección X... ..	64
Figura 29: Momentos flectores en la dirección Y... ..	64
Figura 30: Diagrama de fuerzas cortantes en la dirección X.....	65
Figura 31: Momentos flectores en la dirección Y.... ..	65
Figura 32: Mapa de los gaps sísmicos en el Perú	73
Figura 33: Levantamiento topográfico	74
Figura 34: Diseño arquitectónico	74
Figura 35: Estudio de mecánica de suelos.....	75
Figura 36: Mapa de zonificación sísmica del Perú.....	81
Figura 37: Levantamiento topográfico del terreno del proyecto	87
Figura 38: Excavación de calicata para estudio de suelos.....	88
Figura 39: Ensayo de penetración dinámica ligera (DPL)	88

RESUMEN

El presente proyecto de investigación comprende el diseño estructural de una vivienda multifamiliar de 8 pisos ubicado en el distrito de Víctor Larco Herrera, provincia de Trujillo, sobre un terreno de 283.51 m². En cada uno de los pisos del edificio se tiene dos departamentos, cada uno de ellos diseñados de acuerdo a los requisitos mínimos según la norma A.010 y A0.20. En la estructuración se buscó que la estructura tenga una adecuada rigidez en ambas direcciones para controlar los desplazamientos laterales, posteriormente se realizó el predimensionamiento de los diferentes elementos estructurales y el metrado de cargas siguiendo los criterios planteados en diversos libros de diseño estructural. El análisis sismorresistente se realizó a través del software Etabs, siguiendo los parámetros establecidos en la norma E 0.30 de Diseño Sismorresistente, comprobando si el sistema estructural planteado es el adecuado para cumplir con todos los lineamientos de la norma. Finalmente se realizó el diseño en concreto armado de los elementos estructurales mediante los softwares Etabs, safe y Sap200, siguiendo los requerimientos mínimos de la norma E 0.60.

Palabras clave: Espectro de aceleración, resistencia, derivas, carga axial, cuantía.

ABSTRACT

This research project includes the structural design of an 8-story multifamily house located in the district of Víctor Larco Herrera, province of Trujillo, on a plot of 283.51 m². In each of the floors of the building there are two departments, each determined according to the minimum requirements according to the A.010 and A0.20 standards. In the structure, it was sought that the structure has an adequate stiffness in the directions to control lateral displacements, then the pre-sizing of the different structural elements and the metering of loads was carried out following the criteria set out in various structural design books. The seismic-resistant analysis was carried out through the Etabs software, following the parameters established in standard E 0.30 of Seismic-resistant Design, checking whether the structural system proposed is adequate to comply with all the guidelines of the standard. Finally, the reinforced concrete design of the structural elements was carried out using the Etabs, safe and Sap200 software, following the specific requirements of standard E 0.60.

Keywords: Spectrum of acceleration, resistance, drifts, axial load, amount.

I. INTRODUCCIÓN

Durante la última década han ocurrido sismos en diferentes ciudades del Perú que han generado daños enormes en las edificaciones, estos sismos ocurren debido a que el Perú se encuentra ubicado en el cinturón de fuego del Océano Pacífico, esta zona concentra cerca del 85% de toda la actividad sísmica del mundo, la costa peruana representa ser la que tiene mayor riesgo sísmico (Tavera, 2014), ya que está afectada por el cruce de las placas tectónicas tales como: Nazca y Continental, que debido a su fricción ocasionan este fenómeno.

Muchos de los daños ocasionados por el sismo fueron irreparables generando pérdidas económicas y la muerte de muchas personas, esto sucedió debido a la empírica construcción que se hace hasta en la actualidad, que muchas de las edificaciones no tienen un óptimo diseño sísmico y por lo tanto fallan ante un evento sísmico.

La provincia de Trujillo, pertenece al gap sísmico (región geográfica donde han ocurrido sismos destructores), la cual está en observación y podría liberar su energía almacenada en cualquier momento (Ver anexo 1). El periodo de retorno sísmico está considerado entre 400 hasta 500 años y el último sismo que causó la destrucción total de la ciudad de Trujillo fue en el año 1619 (Silgado, 1978), debido a esto, estamos cerca de que pueda ocurrir otro evento sísmico similar o de una mayor magnitud.

En el distrito de Víctor Larco Herrera, de acuerdo con inspecciones realizadas alrededor de la ciudad, se ha podido identificar que hay muchas edificaciones que tienen un nivel alto de vulnerabilidad sísmica, que están construidas de adobe y otras presentan fallas en su estructura, la mayor parte de estas edificaciones fueron construidas por “auto-construcción”, el mismo propietario del terreno contrata al maestro de obra y este la ejecuta sin ningún diseño estructural adecuado que garantice una buena funcionalidad de la estructura y seguridad de las personas ante un sismo de gran magnitud.

Es por ello que surge la necesidad de diseñar edificios simorresistentes en el distrito de Víctor Larco Herrera ubicado según la zonificación sísmica en la zona 4 que

representa un alto riesgo sísmico, con este diseño se busca minimizar este riesgo sísmico y así garanticen un mejor nivel de seguridad ante un sismo, aplicando los parámetros establecidos de diseño sismorresistente de la NTE E.030, con este respectivo diseño la edificación no deberá colapsar, además no generará daños graves a las personas, de tal forma que puedan seguir teniendo un buen funcionamiento estructural frente a movimientos sísmicos.

En relación a lo dicho anteriormente se ha investigado los siguientes antecedentes: Ramírez (2019), en su investigación denominada “Diseño estructural de un edificio multifamiliar de 8 pisos”, realizó el análisis sísmico y el diseño reglamentario en concreto armado del edificio de 8 pisos, para lo cual realizó la estructuración y predimensionamiento de los distintos elementos estructurales, el metrado de cargas, el análisis sismorresistente y el diseño en concreto armado de los elementos estructurales. Los resultados muestran que la estructura tiene una deriva máxima de 5‰ en el sentido XX y 6.1‰ en el sentido YY, el periodo fundamental del edificio es de 0.612 s, así mismo presenta irregularidades en planta por esquina entrante por lo que el factor de reducción sísmica fue de 5.4, en la cimentación se diseñaron zapatas combinadas y conectadas. Concluyó que el diseño estructural elaborado para el edificio multifamiliar de 8 pisos obedece a los requerimientos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

Ticona (2018), en su investigación denominada “Análisis y Diseño Estructural en concreto armado, de un edificio multifamiliar de 6 pisos, en la ciudad de Arequipa”, en la cual tuvo como objetivo analizar y diseño estructuralmente, un edificio multifamiliar de 6 pisos y elaborar los planos estructurales, para lo cual hizo uso de las teorías de diseño y estableció los criterios de estructuración, también hizo predimensionamiento de los elementos, así mismo realizó el metrado de cargas, análisis sísmico y diseño en concreto armado. Los resultados obtenidos muestran derivas máximas de 5.3‰ y 2.8‰ en el sentido XX y YY, el periodo fundamental de vibración es de 0.47s, además el edificio es regular por lo que el factor de reducción sísmica R fue igual a 6, en la cimentación se diseñaron zapatas conectadas con el fin de distribuir presiones uniformes en el suelo. Finalmente concluyó que la estructura cumple con todos los criterios plasmados en la norma E0.30 y E0.60 del

Reglamento Nacional de edificaciones (R.N.E) por lo que garantizará un buen comportamiento estructural.

Luna y García (2017), en su investigación llamada “Diseño de un edificio de Viviendas de 7 pisos”, tuvo como objetivo analizar y diseñar estructuralmente un edificio multifamiliar en concreto armado, para lo cual realizó la estructuración del edificio, predimensionamiento de elementos, metrado de cargas, análisis sísmico estático y dinámico y por último el diseño en concreto armado. En los resultados de acuerdo al análisis muestran derivas máximas de 3.7‰ en el sentido XX y 2.5‰ en el sentido YY, el periodo fundamental de vibración es de 0.59 s, el edificio no presenta irregularidades por lo que es regular con un factor de reducción sísmica R igual a 6, en la cimentación se diseñaron zapatas combinadas y conectadas. Por lo que concluyó que el diseño estructural para esta edificación es adecuado ya que se empleó la norma verificando los resultados obtenidos y de esta manera tenga un buen comportamiento estructural.

Choquehuanca (2017), en su investigación llamada “Análisis y diseño estructural de una edificación en concreto armado de 6 pisos”, desarrolló el análisis y diseño estructural de un edificio aplicando las normas correspondientes, para lo cual realizó la estructuración del edificio, predimensionamiento, metrado de cargas de gravedad, además realizó el análisis sísmico y finalmente el diseño en concreto armado de los elementos estructurales. Los resultados detallan que la edificación tiene una deriva máxima de 3.7‰ y 6.4‰ en el sentido XX y YY, el periodo fundamental es de 0.411 s y presenta irregularidad torsional en planta, finalmente en la cimentación se diseñaron zapatas conectadas. Concluyó que el diseño sismorresistente realizado para este edificio tiene una rigidez suficiente para no sobrepasar los límites permisibles y pueda disminuir los efectos de daños ante un sismo.

Del Pino (2016), en su investigación denominada “Diseño estructural en concreto armado de un edificio con seis pisos - Lima”, se planteó el objetivo de desarrollar el diseño estructural de un edificio de 6 pisos, para el cual realizó su estructuración, predimensionamiento de elementos, metrado de cargas, el análisis sismorresistente y el diseño de elementos en concreto armado. Mostrando los resultados derivas máximas de 4.5‰ en el sentido XX y 5.7‰ en el sentido YY, el periodo de vibración

es de 0.28 s, el edificio tiene irregularidad por esquina entrante por lo que su factor de reducción sísmica es 5.4, para la cimentación se diseñaron zapatas aisladas y combinadas. Por último, concluyó que el diseño estructural sísmico analizado cumple con todas las exigencias requeridas por la norma y por ello tendrá una buena funcionabilidad.

Neira (2015), en su investigación denominada “Análisis y diseño estructural del edificio multifamiliar residencial la Toscana”, se planteó el objetivo de analizar y diseñar un edificio multifamiliar de 7 niveles y elaborar los planos estructurales, para lo cual estableció los criterios de estructuración, así mismo hizo el predimensionamiento, el metrado de cargas, el análisis sismorresistente y el diseño de todos los elementos en concreto armado. Mostrando los resultados derivas máximas de 4.24‰ en el en el sentido XX y 2.07‰ en el sentido YY, el periodo de vibración fue de 0.245 s, el edificio no presenta irregularidades por lo que su factor de reducción sísmica es 7 por ser un sistema dual, para la cimentación se diseñaron zapatas aisladas y combinadas. Por último, concluyó que la residencial la Toscana garantizará un buen funcionamiento estructural, ya que esta cumple con las especificaciones de la NTE mejorando así el nivel de seguridad de las personas.

Blanco (2014), en su investigación llamada “Diseño estructural de un edificio de vivienda de 8 pisos”, se planteó realizar el análisis y diseño estructural de un edificio de departamentos de 8 pisos, para lo cual realizó la estructuración del edificio, predimensionamiento, el metrado de cargas, el análisis sísmico y finalmente el diseño estructural en concreto armado de los elementos. Los resultados obtenidos muestran una deriva máxima de 6.87‰ en el sentido XX y 5.4‰ en el sentido YY, además presenta irregularidades en planta por lo que el factor de reducción R fue de 4.5, así mismo los factores de amplificación sísmica fueron de 1.72 y 1.14 en el sentido XX y YY respectivamente, para la cimentación se diseñaron zapatas combinadas y conectadas. Por último, concluyó que el diseño del edificio contempla todas las limitaciones del reglamento por lo que garantizará un buen funcionamiento estructural.

Guevara y Vera (2014), en su investigación denominada “Diseño de un edificio de concreto armado de 6 pisos”, tuvieron como objetivo el análisis y diseñar un edificio

de 6 pisos mediante el software Etabs y sap2000 de acuerdo a la normativa del reglamento, para lo cual realizaron primeramente la estructuración del edificio, predimensionamiento, metrado de cargas, análisis sismorresistente y el diseño de concreto armado de los elementos. En los resultados la deriva máxima fue de 5.84‰ y 6.45‰ tanto en el sentido XX y YY, además presenta irregularidad torsional y por esquina entrante por lo que el factor de reducción sísmica fue de 4.2, además en la cimentación se diseñaron zapatas conectadas. Por consiguiente, concluyeron que el análisis del edificio cumple con todos los criterios señalados en el Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E).

El diseño estructural para el edificio multifamiliar de 8 niveles comprende una serie de procedimientos los cuáles están ordenados en forma consecutiva a partir del presente párrafo, para ello se ha indagado teorías referentes al tema para conocer un poco más de que se trata cada uno de ellos, este diseño estructural consiste primeramente en hacer el levantamiento topográfico del terreno, para Jiménez (2007), este procedimiento permite medir las dimensiones de un área de la superficie terrestre, incluyendo las distancias horizontales, ángulos, direcciones y elevaciones (Ver anexo 2), todas estas dimensiones se representan a través de un plano el cual tiene la proyección de los puntos levantados del terreno permitiendo una visión en planta del lugar.

Posteriormente se hace el diseño arquitectónico, según Navarrete (2018), este diseño tiene por objetivo establecer ideas que permitan la creación y así mismo la realización de espacios físicos que están enmarcados dentro de lo que es la arquitectura, todo el diseño debe satisfacer los espacios habitables para las personas para su total comodidad, interviniendo factores geométricos, higiénico – constructivo y estéticos (Ver anexo 3).

Así mismo, se realiza el estudio de mecánica de suelos, para Juárez y Rico (2005), este estudio permite conocer las propiedades tanto físicas, químicas y mecánicas del suelo, todas estas propiedades nos permitirán conocer su comportamiento y detallar su uso como un material de construcción o de soporte para una edificación (Ver anexo 4). Por otra parte, permite asegurar la permanencia y estabilidad de las obras de tal modo de que se pueda promover el uso correcto de los recursos, los resultados

que se obtienen producto de las investigaciones elaboradas en campo y laboratorio, solamente deberán ser aplicadas al terreno mismo y no aplicarlas en otros terrenos ya que las propiedades del suelo pueden ser diferentes (Vivienda, 2018).

Además, se hace el análisis sismorresistente, para Aguiar (2008), este análisis tiene como objetivo encontrar las fuerzas internas y momentos internos debido a cargas sísmicas en todos los elementos estructurales. Para su realización contempla en primer lugar establecer criterios de estructuración y plantearlas en la arquitectura del edificio, según Blanco (1994), la estructuración debe ser lo más simple que se pueda, de tal forma que al idealizarlo en el análisis sísmico esta se asemeje lo más posible a la realidad, así mismo se debe evitar que los elementos no estructurales puedan distorsionar la distribución de fuerzas consideradas, ya que se estarían generando fuerzas en dichos elementos que su diseño no fue realizado para esas condiciones, algunos de los criterios para realizar la estructuración son:

Simetría y simplicidad, se ha demostrado que las estructuras muy simples tienen adecuado comportamiento durante los sismos, la idealización para las estructuras simples es más sencilla que para estructuras complejas, la simetría debe realizarse en las dos direcciones, para evitar los efectos de torsión que pueden ser muy dañinos. Resistencia y ductilidad, se deberá proporcionar a la estructura una resistencia sísmica óptima en ambas direcciones ortogonales, así mismo, se debe garantizar que la falla no se origine por compresión del concreto, sino que se origine por fluencia del acero, para que la falla sea dúctil.

Hiperestaticidad y monolitismo, al realizar un diseño-sismorresistente involucra que las estructuras tengan una disposición hiperestática, a través de ellos se obtiene una mejor capacidad de resistencia ya que permite que por aparición de rótulas plásticas se pueda disipar de mejor manera la energía sísmica otorgando un mayor grado de seguridad a la estructura.

Uniformidad y continuidad, se debe buscar que la estructura sea continua tanto en planta como en elevación, también se debe evitar los cambios violentos de rigidez en los elementos de manera que se pueda evitar la concentración alta de esfuerzos. Rigidez lateral, se debe asignar a la estructura elementos estructurales que aporten

rigidez lateral en ambas direcciones y de esta manera pueda resistir las fuerzas horizontales sin sufrir grandes deformaciones.

Diafragma rígido, se debe tener cuidado con las losas que tengan grandes aberturas ya que debilitan su rigidez, al realizar el análisis de la estructura y ser considerara la representación de una losa rígida en su plano, nos permitirá idealizar a la estructura como una sola unidad, generando que las fuerzas horizontales se distribuyan en las placas y columnas de acuerdo a la rigidez lateral que tengan, de esta forma se logrará mantener la misma deformación lateral en cada cierto nivel.

En casos en donde la planta de una estructura es alargada se tiene la posibilidad de que sufran distintos desplazamientos sísmicos en sus extremos, para ello es recomendable independizar a la estructura en unas dos o más secciones por medio de juntas sísmicas. Para el caso de los elementos no estructurales como es el de la tabiquería se deben independizar de los elementos que tienen mayor rigidez tanto como las columnas y placas que llevan la mayor parte de los esfuerzos para evitar que se produzca la falla por columna corta. Seguidamente se realiza el predimensionamiento de los elementos estructurales que conforman la edificación, columnas, losas, vigas y placas en base a criterios y fórmulas que permitan garantizar su buen comportamiento dentro de la estructura.

Por otra parte, se realiza el metrado de cargas en relación con la NTE E.020 con el fin de que la edificación sea capaz de resistir las cargas impuestas como efecto del tipo de uso que se ha previsto anteriormente, los valores asignados en dicha norma son los mínimos que deben usarse para el diseño del edificio, por lo tanto, no se debe emplear valores menores a los ya establecidos. Estas cargas se clasifican en cargas muertas y vivas, en las cargas muertas se considera el peso de todos los materiales que soporta la edificación incluyendo su propio peso (Ver anexo 5) y para el caso de las cargas vivas se considera el peso de los elementos que son móviles, como puede ser el peso de los habitantes, mobiliarios, etc. (Ver anexo 6).

Igualmente se hace el diseño sismorresistente en relación a la filosofía y principios de la NTE E.030 que lo que pretende es poder garantizar la continuidad de los servicios básicos, evitar que los seres humanos pierdan la vida y disminuir los daños

en la estructura. Este diseño sísmico contempla una serie de etapas donde la norma en primer lugar nos habla acerca del peligro sísmico que está en relación a la ubicación del proyecto y el terreno de fundación, es por ello que esta norma divide al Perú en 4 zonas sísmicas (Ver anexo 7), a cada una de ellas le asigna un factor de zona, para la zona 4 su factor es 0.45, para la zona 3 su factor es 0.35, para la zona 2 su factor es 0.25, para la zona 1 su factor es 0.10, dicho factor significa la máxima aceleración horizontal en el terreno rígido, teniendo una probabilidad de 10% de ser excedida dentro de 50 años.

La norma también clasifica los perfiles de suelos en base a sus propiedades, velocidad promedio de propagación de las ondas de corte y a su espesor en base a cada uno de sus estratos, de esta clasificación se han resumido en 5 tipos de perfiles de suelos, suelo tipo S_0 que concierne a roca dura, suelo tipo S_1 que corresponde a roca o suelos muy rígidos, suelo tipo S_2 que concierne a suelos intermedios, suelo tipo S_3 que corresponde a suelos blandos y suelos tipo S_4 que se debe a suelos en condiciones excepcionales (Ver anexo 8). Para los parámetros de sitio S , T_P y T_L la norma relaciona el factor de zona “Z” con los tipos de perfiles de suelos referidos anteriormente, e indica el factor de amplificación del suelo “S” (Ver anexo 9), para cada uno de los casos y después con ello se obtiene los periodos T_P y T_L que definen el factor de amplificación sísmica “C”, este factor “C” se interpreta como el aumento de la aceleración de una estructura con respecto a la del suelo, este factor se calcula en base a los parámetros de sitio T_P , T_L y T , este último siendo el periodo fundamental de vibración (Ver anexo 10).

La norma también clasifica a las estructuras de acuerdo a una categoría y a un factor de importancia o uso “U” para el cual se ha predestinado, ambas clasificaciones se dividen en cuatro tipos (Ver anexo 11). Con respecto a los sistemas estructurales para estructuras de concreto armado la norma clasifica cuatro tipos de sistemas, estructuras aperticadas, duales, de muros estructurales y de muros de ductilidad limitada, de acuerdo a la categoría de la edificación se debe elegir el tipo de sistema estructural apropiado, para ello la norma asigna algunas restricciones, a todos estos sistemas se les asigna un coeficiente de reducción sísmica correspondientes para cada caso (Ver anexo 12 y 13), así mismo, las estructuras nominadas con anterioridad se deben clasificar como irregulares o regulares, para el caso de estructuras que

presentan irregularidades que están especificadas en la norma tanto en altura como en planta se les debe castigar con un factor de irregularidad, este factor permite lograr una mejor aproximación correcta del coeficiente de reducción sísmica, en el caso de que haya dos irregularidades en la misma dirección de análisis se determinará el valor menor, todas las estructuras de concreto armado deberán tener un desplazamiento lateral máximo en ambos sentidos para ello es necesario otorgarles una rigidez adecuada (Ver anexo 14, 15 y 16). Para la estimación del peso de la estructura la norma requiere que se debe calcular adicionando a la carga muerta y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o de la sobrecarga, para el caso de edificios de categoría A y B se debe tomar un 50% de toda la carga viva y para edificios de categoría C un 25% de toda la carga viva.

Posterior a ello la norma también contempla acerca del análisis sísmico estático el cual representa a demandas sísmicas por medio de un conjunto de fuerzas que llegan a actuar en cada uno de los niveles de la edificación, para determinar la cortante en la base se debe calcular con los parámetros mencionados anteriormente, con la cortante basal y con el peso en cada uno de los niveles se realiza la distribución de fuerzas sísmicas en altura, además de ello se realiza el análisis sísmico dinámico modal espectral, este diseño se puede aplicar para cualquier estructura que desea ser diseñada utilizando resultados del análisis dinámico por combinaciones modal espectral, estos resultados son los modos de vibración, también la aceleración espectral para ambas direcciones analizadas, la fuerza cortante mínima que son diferentes para el caso de estructuras regulares e irregulares y además los efectos de torsión o excentricidad accidental. Los desplazamientos relativos máximos de cada entrepiso en la dirección analizada no deben exceder del límite especificado en el reglamento.

Por último, se hace el diseño en concreto armado de acuerdo a la NTE E.060 la cual detalla sus exigencias y los requerimientos para el análisis y diseño estructural de estructuras de concreto armado, así mismo, sobre las especificaciones y los planos de los proyectos estructurales. En las consideraciones generales especificadas en su capítulo 8 define que estas estructuras serán diseñadas por el método de Diseño por Resistencia, utilizando factores de reducción de resistencia y de amplificación de cargas, se debe verificar que las respuestas de los elementos estructurales estén

limitadas a valores óptimos de tal manera que su funcionamiento sea el adecuado. Los demás criterios y las fórmulas establecidas en esta norma serán debidamente más específicas cuando sean utilizadas a lo largo el desarrollo de la tesis.

Con lo anterior dicho se formuló la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál será el diseño estructural en concreto armado de una vivienda multifamiliar de 8 niveles en el distrito de Víctor Larco Herrera – Trujillo?, lo cual se justifica a través de:

La justificación teórica del proyecto de investigación radica en que los diseños de las edificaciones deben seguir los parámetros plasmados en el Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E), el cual nos especifica que para edificaciones de categoría C en este caso viviendas que están ubicadas en la zona 4, no se permiten irregularidades extremas.

La justificación metodológica del proyecto radica en que este diseño estructural será elaborado de acuerdo a la normativa del reglamento nacional de edificaciones y servirá como guía para la construcción de edificaciones futuras y de esta forma cada una de ellas tenga un buen diseño estructural sísmico como lo requiere la norma. La justificación técnica del proyecto de investigación se fundamenta en que este diseño permitirá tener un mejor comportamiento estructural a la edificación ante eventos sísmicos, evitando que presente fallas estructurales y pueda colapsar.

La justificación social del proyecto de investigación radica en que mejorará el nivel de seguridad de vida de las personas dentro de las edificaciones y con ello se evitará las pérdidas de vidas humanas acorde a la filosofía de diseño sismorresistente. La hipótesis con respecto al problema de investigación es: El Diseño Estructural en concreto armado de una Vivienda Multifamiliar de 8 niveles en el distrito de Víctor Larco Herrera – Trujillo, cumple con las especificaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E). Así mismo, como objetivo general se trazó realizar el diseño estructural en concreto armado de una vivienda multifamiliar de 8 niveles en el distrito de Víctor Larco Herrera – Trujillo, del mismo modo como objetivos específicos se trazó realizar el levantamiento topográfico, realizar el diseño arquitectónico, realizar el Estudio de Mecánica de Suelos, realizar el análisis sismorresistente y realizar el diseño en concreto armado de los elementos estructurales.

II. MÉTODO

2.1 Tipo y diseño de investigación

2.1.1 Tipo de investigación:

En este proyecto se empleó diferentes tipos de investigación (Cortés e Iglesias, 2004), clasificados de la siguiente manera:

- Según el enfoque:

Es cuantitativa, porque contiene datos numéricos.

- Según la finalidad:

Es aplicada, porque contribuye a la solución de problemas de la realidad.

- Según el nivel:

Es descriptiva, porque describe los hechos como son observados.

- Según la temporalidad:

Transversal, porque toma una sola muestra y eso sirve para todo el diseño.

2.1.2 Diseño de investigación:

El presente proyecto fue desarrollado con el diseño no experimental transversal descriptivo simple (Hernández, Fernández y Baptista, 2014), empleando el siguiente esquema:

M ——— O

Donde:

M: La vivienda multifamiliar de 8 niveles en el distrito de Víctor Larco Herrera – Trujillo.

O: Recolección de datos del proyecto.

2.2 Operacionalización de variables

- Variable:

Diseño estructural en concreto armado de una vivienda multifamiliar de 8 niveles.

 - Definición Conceptual: Para Rochel (2012), el diseño estructural adecuado de una edificación será aquel que resista, en el rango lineal elástico, los sismos de intensidad moderada que puedan ocurrir durante su tiempo de vida útil, estos daños deberán ser mínimos, para que con ello la estructura siga funcionando después de resistir los eventos sísmicos.
 - Definición Operacional: El diseño estructural de la vivienda multifamiliar de 8 niveles se realizará a través de los procedimientos mencionados en la introducción del proyecto, siguiendo los requisitos establecidos en la norma para su buena realización.
- Dimensiones:
 - Levantamiento topográfico.
 - Diseño Arquitectónico.
 - Estudio de Mecánica de suelos.
 - Análisis Sismorresistente.
 - Diseño en concreto armado.
- Matriz de operacionalización de variables:

Cuadro 1: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Diseño estructural en concreto armado de una vivienda multifamiliar de 8 niveles	Levantamiento Topográfico	Son procedimientos que permiten medir las dimensiones de un área de la superficie terrestre, todas estas dimensiones se representan a través de un plano. (Jiménez, 2007)	A través de este levantamiento topográfico se obtendrá la descripción del área del terreno del proyecto representada a través de un plano.	Taquimetría (m, grad., min. y seg.)	Razón
	Diseño Arquitectónico	Tiene por objetivo establecer ideas que permitan la creación y así mismo la realización de espacios físicos que están enmarcados dentro de lo que es la arquitectura. (Navarrete, 2018)	Este diseño se elaborará de acuerdo a los criterios de la norma A.020 con el fin de satisfacer las necesidades habitacionales de las personas.	Distribución de los ambientes (m ²)	Razón

	Estudio de Mecánica de suelos	este estudio permite conocer las propiedades tanto físicas, químicas y mecánicas del suelo, todas estas propiedades nos permitirán conocer su comportamiento y detallar su uso como un material de construcción o de soporte para una edificación. (Juárez y Rico, 2005)	Este estudio se realizará de acuerdo a la norma E.050 con el fin de saber el tipo de cimentación de acuerdo a la sollicitación que requiere el edificio.	Clasificación de suelos SUCS y AASHTO (%)	Ordinal
				Capacidad portante (kg/cm ²)	Razón
	Análisis Sismorresistente	Este análisis tiene como objetivo encontrar las fuerzas internas y momentos internos debido a cargas sísmicas, en todos los elementos estructurales (Aguiar, 2008)	El análisis sísmico del edificio se realizará de acuerdo a los requerimientos de la norma E.030 Diseño Sismorresistente.	Estructuración y Predimensionamiento (m ³)	Razón
				Metrado de cargas (Ton.m ² , Ton)	Razón
				Análisis Sísmico Estático (m, Ton.m, Ton)	Razón
				Análisis Sísmico Dinámico (m, Ton.m, Ton)	Razón

	Diseño en concreto armado	La estructura se debe concebir como un conjunto de partes o como un sistema que al combinarse de una manera cumplen una función asignada. (Morales, 2000)	El diseño en concreto armado del edificio se realizará siguiendo los parámetros de la norma E.060 Concreto Armado.	Diseño de elementos estructurales (m3)	Razón
--	---------------------------	--	--	--	-------

2.3 Población y muestra

- Población:
La vivienda multifamiliar de 8 niveles.
- Muestra:
La vivienda multifamiliar de 8 niveles.

2.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

- Técnica:
La técnica que se usó para la realización del proyecto de investigación fue la observación.
- Instrumentos:
Se empleó equipos topográficos con los cuales se realizó el levantamiento topográfico de la zona del área del proyecto, así mismo se hizo uso de instrumentos que permitieron recolectar las muestras del suelo y llevarlas al laboratorio para la realización del Estudio de Mecánica de Suelos. Además, se utilizó dispositivos electrónicos tales como USB para almacenar la información recolectada y laptops con softwares.

- Validez y confiabilidad:

Los equipos de topografía fueron debidamente validados por personal técnico de topografía, para su respectiva calibración y así mismo los instrumentos que se emplearon para el estudio de mecánica de suelos se validaron por el Ingeniero Civil a cargo del laboratorio de suelos. Así mismo, los softwares que se usaron para el análisis y diseño estructural de la edificación fueron validados por mi asesor.

2.5 Método de análisis de datos:

- Se realizó el levantamiento topográfico utilizando para ello una estación total para recoger la información del área del proyecto y a través del software Autocad se elaboró un plano para representar dicho terreno.
- Se realizó el diseño arquitectónico por medio del software Autocad y empleando los criterios correspondientes a la norma.
- Se realizó el estudio de mecánica de suelos por medio del laboratorio de suelos, de esta manera se obtuvo la capacidad portante que tiene el suelo del proyecto.
- Se realizó el análisis sismorresistente por medio de su modelamiento con el software Etabs.
- Se realizó el diseño en concreto armado empleando los criterios plasmados en la norma E.060 del R.N.E.

2.6 Aspectos éticos:

El presente proyecto de investigación fue elaborado con total responsabilidad y honestidad, considerando las críticas de juicio de expertos y respetando el uso adecuado de las normas del Reglamento Nacional de Edificaciones tales como: Cargas NTE E.020, Diseño Sismorresistente NTE E.030, Suelos y Cimentaciones NTE E.050, Concreto armado NTE E.060.

Los datos que se obtuvieron fueron procesados de manera correcta y respaldados por el profesional en topografía, el ingeniero encargado del laboratorio de suelos y el ingeniero asesor del proyecto.

III. RESULTADOS

3.1 Estudio Topográfico

3.1.1 Trabajos realizados

3.1.1.1 Trabajo en campo

Este trabajo consistió en realizar un levantamiento topográfico del terreno de estudio para lo cual se hizo uso de una estación total (Ver anexo 17), se pudo observar que dicho terreno es relativamente plano, sin presencia de relieves importantes, además de ellos presenta pendientes menores a 1%.

3.1.1.2 Trabajo en gabinete

Finalmente, el levantamiento terminó con la exportación de los datos obtenidos en campo con la estación total al software Autocad 2018.

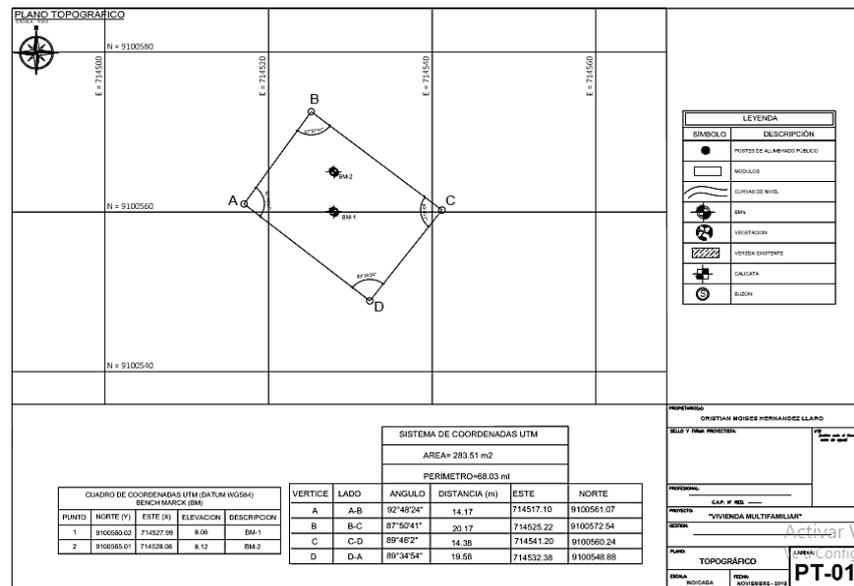


Figura 1: Plano Topográfico del terreno del proyecto.

3.2 Diseño Arquitectónico

3.2.1 Entorno Urbano

El terreno de la edificación está ubicado en la calle 5 Mz B Lote 16 de la Urbanización Los Rosales de San Luis Parte Alta en el distrito de Víctor Larco Herrera – Trujillo, a tres cuadras del centro deportivo “Soccer City”.

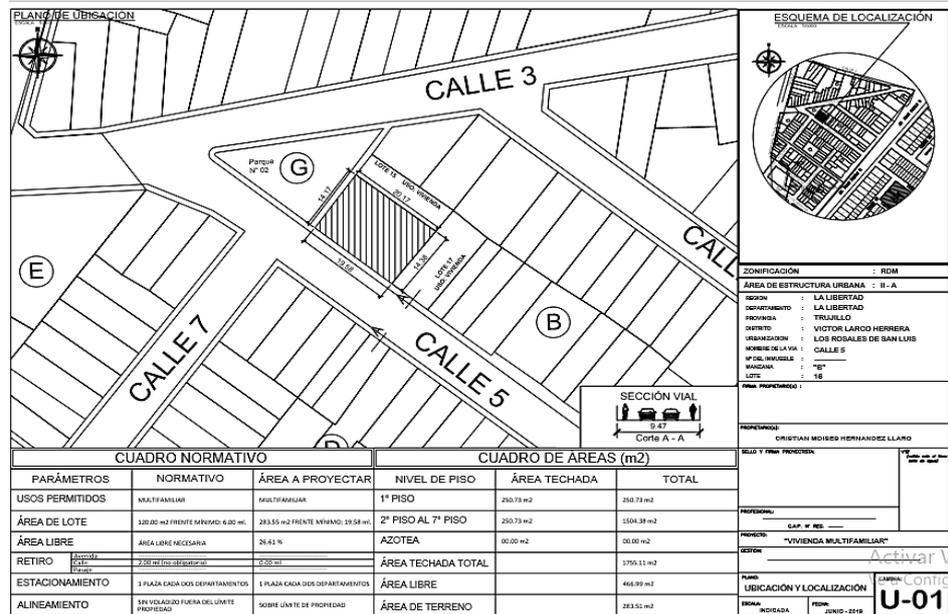


Figura 2: Plano de Ubicación y Localización del terreno.

3.2.2 Descripción arquitectónica

El diseño arquitectónico de la edificación de 8 niveles contiene planos en planta, corte y elevaciones. Esta edificación multifamiliar está proyectada sobre un terreno de forma irregular que abarca un área de 283.51 m², ubicado en la ciudad de Trujillo.

El primer nivel consta de estacionamientos para 8 vehículos, del segundo nivel al séptimo nivel están distribuidos por departamentos, estos departamentos poseen un área aproximada de 141 m² cada uno.

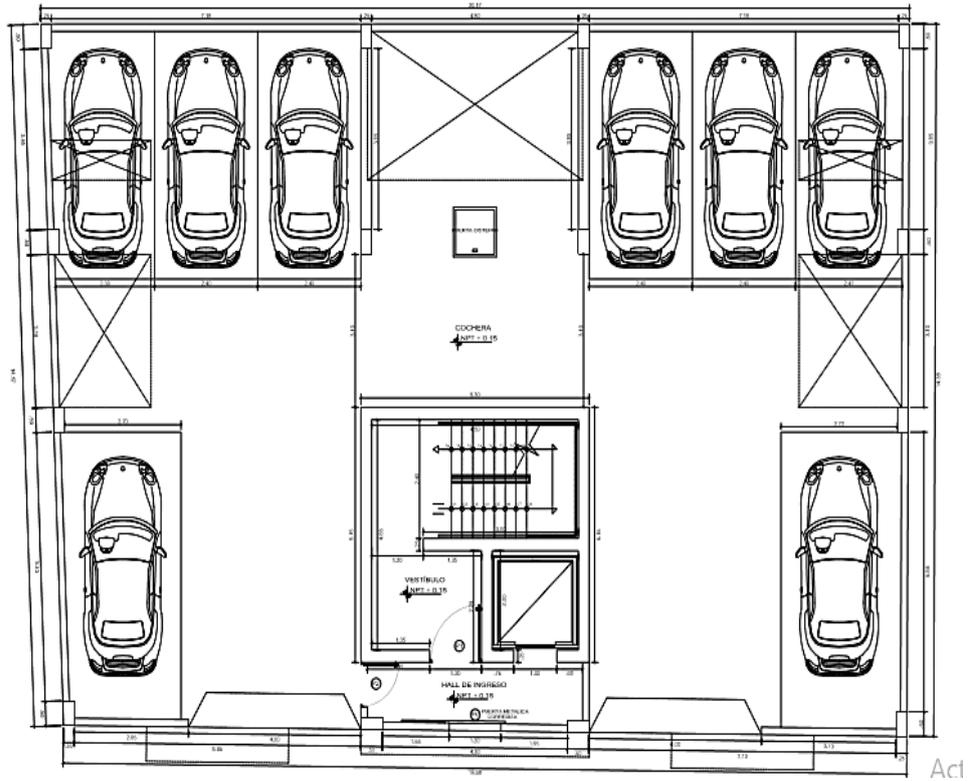


Figura 3: Distribución de ambientes del 1° nivel.

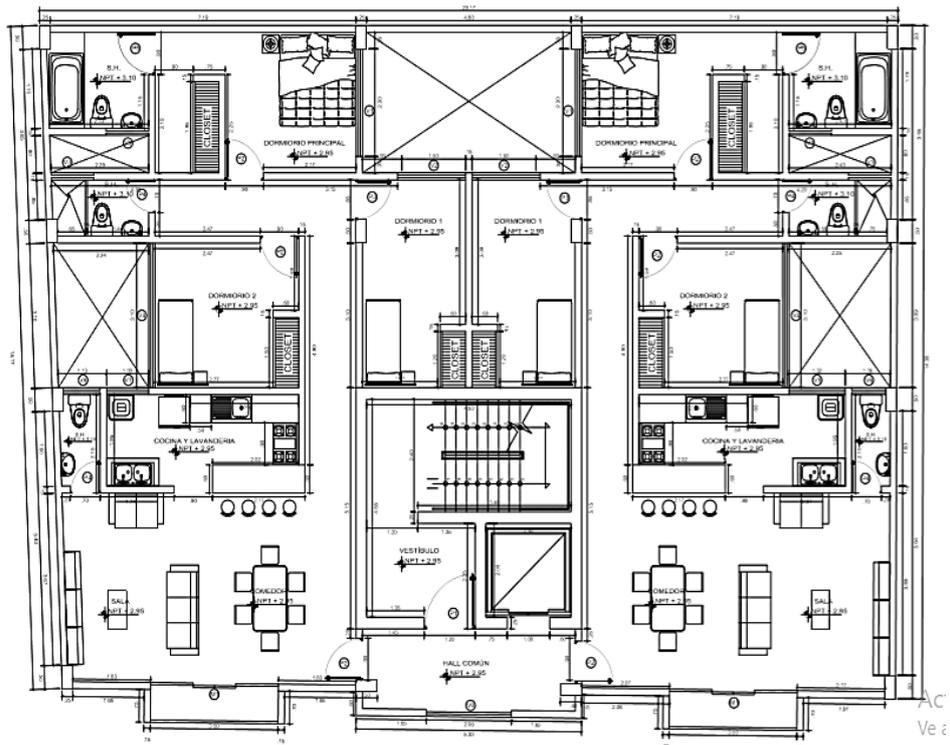


Figura 4: Distribución de ambientes del 2° nivel al 7° nivel.

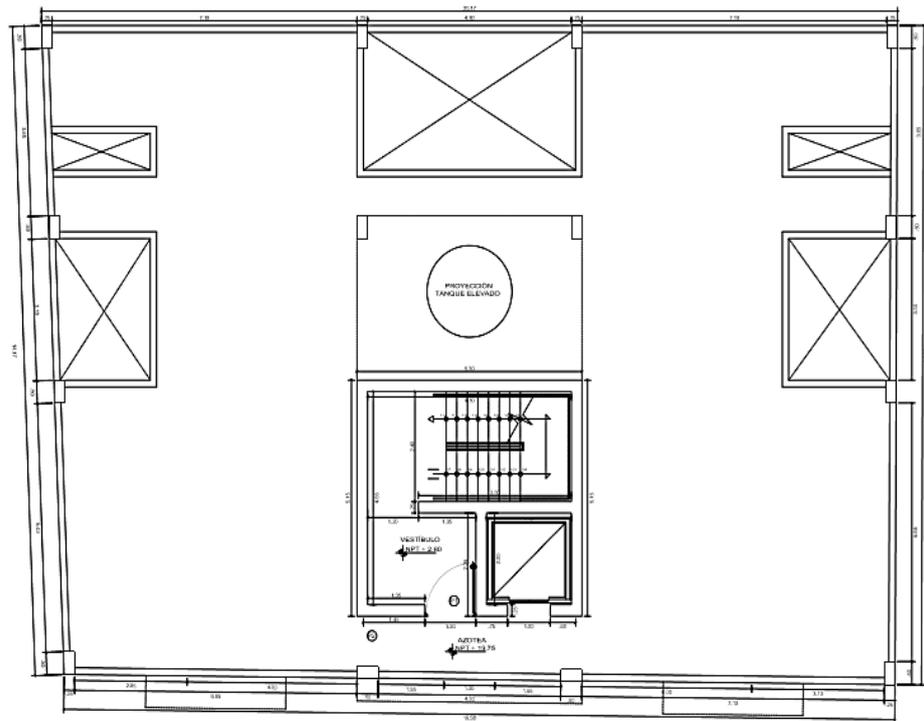


Figura 5: Distribución de ambientes del 8° nivel.

Cada departamento su distribución está conformada por tres dormitorios, dos baños completos y un medio baño, una sala y un hall, cocina, comedor y lavandería, siendo dos departamentos por piso, lo que sumando nos da un valor total de 14 departamentos, el octavo nivel solamente está constituido por la azotea, la altura de entrepiso en todos los niveles es de 2.8 m.

3.2.3 Criterios arquitectónicos para el diseño

Todos los criterios empleados para el desarrollo del diseño arquitectónico, cumplen con los requerimientos mínimos de dimensiones para la distribución de ambientes, todos estos requisitos están mencionados en la NTP A.010 que trata acerca de las condiciones generales de diseño y en la NTP A.020 que está enfocada para fines de viviendas.

3.3 Estudio de Mecánica de Suelos

3.3.1 Trabajo de campo

Para la obtención de las muestras del suelo del terreno y su capacidad portante se hizo 1 calicata de 3.10 m de profundidad, así mismo se hizo un ensayo de Penetración Dinámica Ligera (DPL) debido a que el suelo del terreno era un suelo arenoso llegando a una profundidad de 3.70 m, a partir de allí se obtuvo el rechazo del suelo por lo que se paró el ensayo (Ver anexo 18 y 19)

3.3.2 Ensayos y Laboratorio

3.3.2.1 Clasificación de tipos de suelos

De los ensayos en laboratorio se obtuvo la clasificación del tipo de suelo por medio del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), lo cual nos detalla que el tipo de suelo corresponde a una arena mal graduada con limo y según la clasificación AASHTO el suelo corresponde a grava y arena limo o arcillosa de excelente a bueno, en la siguiente tabla se detalla dichos resultados.

Cuadro 2: Clasificación de tipos de suelos.

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS	CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
SUCS	SP - SM	Arena mal graduada con limo
AASHTO	A-2-4 (0)	Grava y arena limo o arcillosa / excelente a bueno

Fuente: Laboratorio de Mecánica de suelos de la UCV

3.3.2.2 Capacidad portante

Del ensayo DPL realizado in situ y dichos resultados llevados al laboratorio de mecánica de suelos para ser examinados, se consideró una profundidad de cimentación de 1.50 m, un factor de seguridad de 3 para un ancho de cimentación de 2.00 m, por lo que se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 3: Clasificación de tipos de suelos.

MUESTRA	ANCHO B DE CIMENTACIÓN	Qadm (kg/cm ²)
Calicata 1	2.00 m	1.07

Fuente: Laboratorio de Mecánica de suelos INGEOMA

3.3.3 Resumen de resultados

En los siguientes cuadros se presenta un resumen de todos los resultados obtenidos en el laboratorio de Mecánica de Suelos tanto de la UCV como del laboratorio de suelos INGEOMA acerca de las propiedades mecánicas y físicas del suelo del terreno consignado para el edificio multifamiliar de 8 niveles, dichos valores son los siguientes:

Cuadro 4: Propiedades físicas del suelo.

Calicata		Prof. Estr. (m)	PROPIEDADES FÍSICAS						
Nº	Estrato		% CH	% Finos	% Arenas	% Gravas	% LL	% LP	% IP
C - 1	E-1	1.65	25.03	6.03	93.58	0.38	27	24	3
	E-2	3.10	24.77	33.41	63.57	3.02	18	12	6

Fuente: Laboratorio de Mecánica de suelos de la UCV

Cuadro 5: Propiedades Mecánicas del suelo.

Calicata		Prof. Estr. (m)	CLASIFICACIÓN		PROPIEDADES MECÁNICAS	
N°	Estrato		SUCS	AASHTO	Pu (g/cm ³)	Qadm. (kg/cm ²)
C - 1	E-1	1.65	SP-SM	A-2-4 (0)	1.1	1.07
	E-2	3.10	SM-SC	A-2-4 (0)		

Fuente: Laboratorio de Mecánica de suelos INGEOMA

Todos los resultados obtenidos de los ensayos en laboratorio de suelos INGEOMA y de la UCV se encuentran mucho más detallados en el anexo 20 de este trabajo de investigación.

3.4 Análisis Sismorresistente

3.4.1 Generalidades

Este análisis consistió primeramente en realizar la estructuración del edificio y posteriormente su predimensionamiento, con ello se hizo el análisis sísmico de la estructura de 8 niveles en base a las disposiciones de la NTE E.020 Y NTE E.030, utilizando el software ETABS 2016, así mismo, se verificó que los resultados no sobrepasen los valores permitidos en las normas.

3.4.2 Estructuración

3.4.2.1 Planteamiento estructural

Teniendo en cuenta los criterios de estructuración para el planteamiento estructural de esta edificación se asignaron losas aligeradas en una dirección las cuales fueron armadas en la dirección más pequeña, también se estableció losas aligeradas en dos direcciones debido a que las direcciones en ambos sentidos es menor a 2 en el paño cercano al ascensor, así mismo se asignó losas

macizas en el núcleo de la edificación cercana a la escalera y el ascensor debido a la presencia de ductos, con el fin de rigidizar esa zona y tener un mejor control de los esfuerzos producidos por las irregularidades.

Las vigas principales fueron establecidas en la dirección perpendicular a las viguetas (X-X) y las vigas principales paralelas a estas (Y-Y), así mismo, para el caso de la tabiquería presente en la estructura y en las zonas con discontinuidad de las losas debido a los ductos se colocaron vigas chatas que tienen su peralte equivalente al de las losas. Se asignó placas en ambas direcciones y también una en el ascensor para aportar con la rigidez del edificio y permitir la reducción de los desplazamientos, en los demás ejes se formaron pórticos constituidos por las vigas y columnas que también ayudan a mejorar la rigidez del edificio, todas las dimensiones de estos elementos se describen en el predimensionamiento.

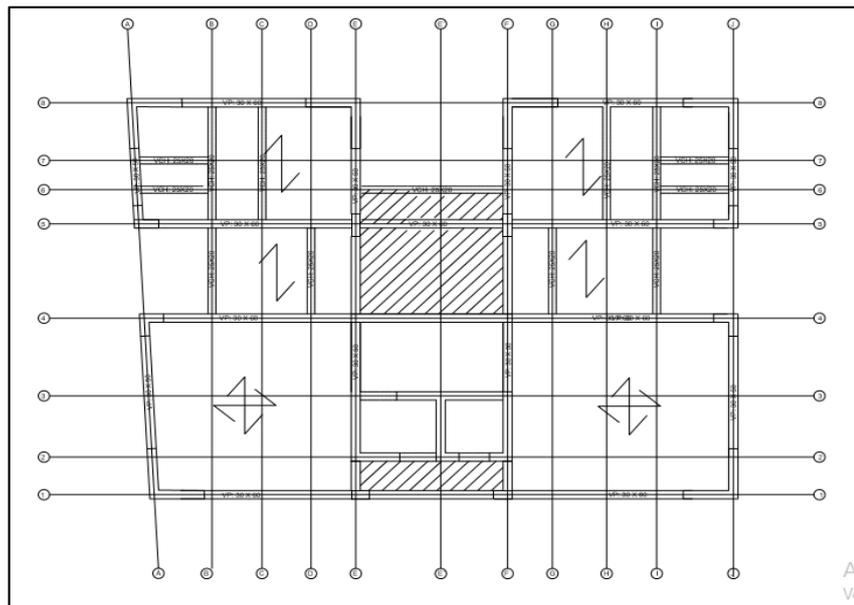


Figura 6: Configuración estructural del edificio.

3.4.3 Predimensionamiento

3.4.3.1 Predimensionamiento de losa aligerada en una dirección

El armado de esta losa se estableció que tenga la menor longitud entre sus apoyos (Y-Y), para el cálculo de su peralte se empleó la siguiente fórmula:

$$h = \frac{\text{luz libre}}{25}$$

$$h = \frac{4.16}{25}$$

$$h = 0.17 \text{ m}$$

Para este caso se trabajó con un espesor de 0.20 m.

3.4.3.2 Predimensionamiento de losa aligerada en dos direcciones

Para su cálculo de estas losas aligeradas, se empleó el siguiente criterio:

$$h = \frac{\text{Perímetro}}{180}$$

$$h = \frac{\text{luz libre}}{40}$$

$$h = \frac{2(6.65+6.00)}{180}$$

$$h = \frac{6.65}{40}$$

$$h = 0.14 \text{ m}$$

$$h = 0.17 \text{ m}$$

Se usó un peralte para la losa de 0.20 m.

3.4.3.3 Predimensionamiento de losa maciza

Esta losa también trabaja en dos direcciones, para el cálculo de su peralte se empleó la fórmula:

$$h = \frac{\text{Perímetro}}{180}$$

$$h = \frac{\text{luz libre}}{40}$$

$$h = \frac{2(4.80+3.08)}{180}$$

$$h = \frac{4.80}{40}$$

$$h = 0.10 \text{ m}$$

$$h = 0.12 \text{ m}$$

Se empleó una losa de 0.20 m de espesor, para rigidizar más la zona.

3.4.3.4 Predimensionamiento de viga principal

Estas vigas trabajan para las cargas verticales como las de sismo, para su peralte se calculó con la siguiente expresión:

$$h = \frac{\text{luz libre}}{11} \qquad b = \frac{h}{2}$$

$$h = \frac{6.65}{11} \qquad b = \frac{0.60}{2}$$

$$h = 0.60 \text{ m} \qquad b = 0.30 \text{ m}$$

Se trabajó con una sección de viga de 0.30 x 0.60 m.

3.4.3.5 Predimensionamiento de viga secundaria

Estas vigas junto con las columnas contemplan los pórticos secundarios, para su peralte se calculó con la siguiente expresión:

$$h = \frac{l}{11} \qquad b = \frac{h}{2}$$

$$h = \frac{5.64}{11} \qquad b = \frac{0.51}{2}$$

$$h = 0.51 \text{ m} \qquad b = 0.26 \text{ m}$$

Para tener una misma base en ambas vigas, se usó una sección de 0.30 x 0.55 m.

3.4.3.6 Predimensionamiento de columnas

Para este caso es necesario conocer la resistencia a la compresión del concreto, el número de pisos, el área tributaria de cada columna de acuerdo a su ubicación dentro de la estructura, además se hizo

uso de la estimación de la carga de servicio que para viviendas es de $P = 1000 \text{ kg/m}^2$. La resistencia del concreto fué 210 kg/cm^2

Cuadro 6: Áreas tributarias en cada columna

TIPO DE COLUMNA	ÁREAS TRIBUTARIAS
COLUMNA CENTRAL	22.15 m ²
COLUMNA ESQUINADA	12.31 m ²
COLUMNA EXCÉNTRICA	15.11 m ²

Fuente: Autocad 2018

Para dimensionar todas las columnas se empleó los siguientes criterios:

$$\text{Área} = \frac{P}{0.45 * f'c} \quad ; \quad \text{Área} = \frac{P}{0.35 * f'c}$$

La columna central se calculó con la siguiente expresión:

$$\text{Área} = \frac{P}{0.45 * f'c}$$

$$\text{Área} = \frac{172770}{0.45 * 210}$$

$$\text{Área} = 1828.25 \text{ cm}^2$$

Se usó una sección rectangular de 0.30 x 0.80 m.

Así mismo, se calculó la columna excéntrica con la siguiente expresión:

$$\text{Área} = \frac{P}{0.35 * f'c}$$

$$\text{Área} = \frac{117858}{0.35 * 210}$$

$$\text{Área} = 1603.51 \text{ cm}^2$$

Se usó una sección rectangular de 0.30 x 0.60 m.

Y por último se calculó la columna esquinada con la siguiente expresión:

$$\text{Área} = \frac{P}{0.35 * f'c}$$

$$\text{Área} = \frac{96018}{0.45 * 210}$$

$$\text{Área} = 1306.37 \text{ cm}^2$$

Se usó una sección rectangular de 0.30 x 0.45 m.

3.4.2.7 Predimensionamiento de placas

Para obtener su predimensionamiento primero se calculó el peso total y se estableció los parámetros y el coeficiente de reducción, para la fuerza cortante en la base V, se usó el criterio:

$$V = \frac{Z U C S}{R} . P$$

El peso total de la estructura calculado es de $P = 793828$ kg, así mismo los parámetros usados fueron $Z= 0.45$, $U = 1$, $C = 2.5$, $S=1.1$, $R=7$

La cortante basal será:

$$V = \frac{(0.45)(1)(2.5)(1.1)}{7} . 793828$$

$$V = 140337.5 \text{ kg}$$

El espesor mínimo de las placas para zonas sísmicas será de $t = 20$ cm, para el presente proyecto se empleó placas de $t = 30$ cm de espesor. La longitud de la placa se calculó con la siguiente expresión:

$$L_{x, y} = \frac{V}{0.85 * 0.53 * \sqrt{f'c} * t * (0.80)}$$

Reemplazando los valores se obtuvo:

$$L_{x,y} = \frac{140337.5}{0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 30 * (0.80)}$$

$$L_{x,y} = 8.96 \text{ m}$$

Por lo tanto, se usó placas de espesor $t = 30$ cm y la longitud total para cada uno de los sentidos X y Y fue de 10.80 m.

3.4.4 Metrado de cargas

Esto se realizó con la finalidad de obtener el peso total de toda la edificación, para ello se calculó con el programa Etabs, posterior a su predimensionamiento de los elementos que lo componen, producto del análisis en el software a través de su modelamiento el peso total del edificio es $P = 2382.01$ Ton

3.4.5 Análisis Sísmico

Este análisis se hizo con el objetivo de establecer el comportamiento de la estructura sísmicamente y cumplir con la filosofía de la norma sismorresistente E.030.

3.4.5.1 Modelo para el análisis

Para analizar el edificio se usó el software ETABS, el cual sirvió para realizar el análisis tridimensional de la estructura. Algunos aspectos importantes con respecto a su modelamiento fueron:

- Se definió las propiedades de los materiales:
 - Concreto:
 $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$,
 $E_c = 15\,000 * \sqrt{210} = 217370.65 \text{ kg/cm}^2$

- Acero:

$$f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_s = 2\,000\,000 \text{ kg/cm}^2$$

- Se usó un módulo de Poisson $\mu = 0.20$
- Se asignó todos los elementos estructurales cada uno con sus medidas respectivas.
- Se hizo el metrado de cargas en cada nivel tanto la carga muerta como la viva, en esta última solo se consideró un 25% actuante.
- Se asignó 3 modos de vibración por cada nivel.
- Se asignó además un espectro de aceleraciones en cada dirección.
- Y por último se analizó considerando una excentricidad de 5%.

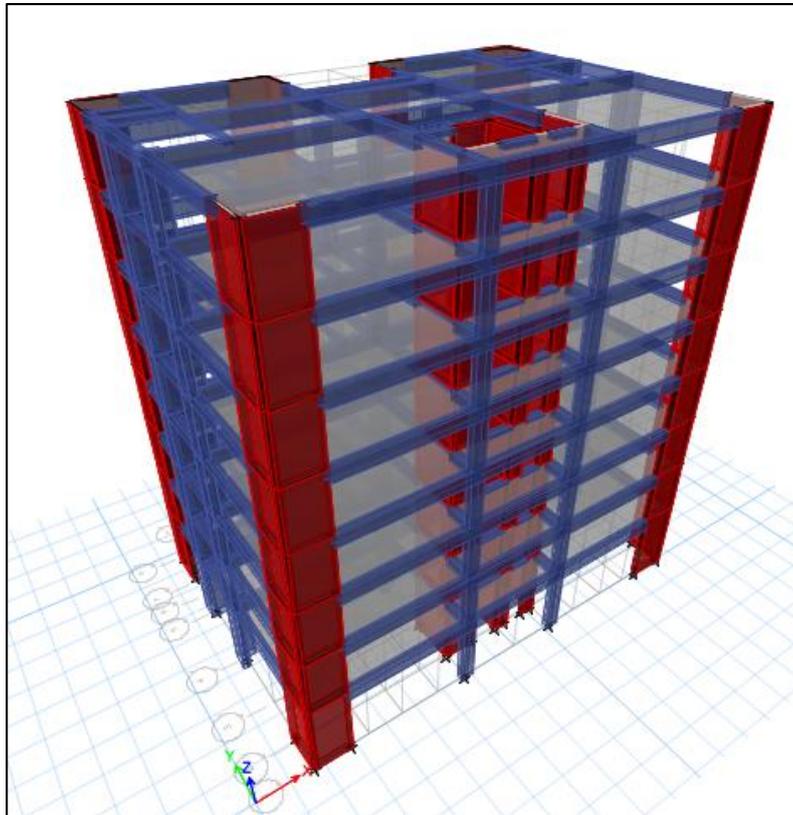


Figura 7: Vista tridimensional de la estructura en Etabs.

3.4.5.2 Parámetros y características de la estructura

Factor de zona

Cómo la edificación está ubicada en la ciudad de Trujillo, de acuerdo a norma $Z = 0.45$.

Condiciones Geotécnicas

El resultado del estudio de suelos arrojó que el suelo de la edificación es una arena mal graduada, correspondiente a un suelo tipo S_3 .

Parámetros de sitio

En relación al factor zona y el tipo de suelo se obtuvo los valores para $S = 1.1$, $T_P = 1.0$ y $T_L = 1.6$

Factor de amplificación sísmica

El periodo de vibración obtenido del software fue $T = 0.416s$ para la dirección X-X y $T = 0.388s$ en Y-Y s. Como $T < T_P$, entonces el factor $C = 2.5$.

Factor de uso

Como este edificio se encuentra dentro de edificaciones comunes su factor $U = 1$.

Coefficiente de reducción

Debido a la presencia de columnas y muros se consideró como dual por lo que $R_0 = 6$, luego este valor se verifica.

Factores de irregularidad

La estructura presenta en ambos sentidos irregularidad debido a esquina entrante por lo que $R = 7 * 1 * 0.9$, de la fórmula se obtuvo $R = 6.3$

3.4.5.3 Análisis Estático

Peso de la edificación

Para el cálculo de este peso se consideró un 100% de la carga muerta y para la carga viva de acuerdo a norma se consideró solamente un 25% del total, los resultados del análisis se muestran a continuación:

Cuadro 7: Peso de la edificación

NIVELES	PESO (Ton)
PISO 8	286.54
PISO 7	294.08
PISO 6	294.08
PISO 5	294.08
PISO 4	294.08
PISO 3	294.08
PISO 2	294.08
PISO 1	331.00
Σ	2382.01

Fuente: Etabs

Fuerza cortante en la base

Para el cálculo de esta fuerza se calculó en base a la NTE E.030. A través de la fórmula:

$$V = \frac{Z U C S}{R} . P$$
$$V = \frac{(0.45)(1)(2.5)(1.1)}{6.3} * 2378.67$$
$$V_{x,y} = 467.24 \text{ Ton}$$

Distribución en altura de las fuerzas sísmicas

Estas fuerzas fueron calculadas mediante las siguientes fórmulas:

$$F_i = \alpha_i * V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i * (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j * (h_j)^k}$$

Dado que el periodo fundamental es menor a 0.5 segundos, el valor $K = 1.0$ y la distribución de estas fuerzas en ambos sentidos son:

Cuadro 8: Distribución en altura de las fuerzas sísmicas.

NIVEL	hi	Peso	Pi*hi ^ k	α_i	Fx	Fy
	m	Tn.			Tn.	Tn.
PISO 8	23.8	286.12	6809.65	0.210	98.08	98.08
PISO 7	20.95	293.66	6152.18	0.190	88.61	88.61
PISO 6	18.1	293.66	5315.25	0.164	76.55	76.55
PISO 5	15.25	293.66	4478.32	0.138	64.50	64.50
PISO 4	12.4	293.66	3641.38	0.112	52.45	52.45
PISO 3	9.55	293.66	2804.45	0.086	40.39	40.39
PISO 2	6.7	293.66	1967.52	0.061	28.34	28.34
PISO 1	3.85	293.66	1272.77	0.039	18.33	18.33
Σ		2378.67	32441.51		467.24	467.24

Fuente: Etabs

3.4.5.4 Análisis Dinámico

Este análisis se realizó por combinación modal espectral, para eso se consideró un espectro de pseudoaceleración para ambas direcciones como establece la NTE E.030, este espectro se aplicó en el software para lograr simular el efecto que tendrá el sismo en ambas direcciones.

Modos de vibración

Estos modos fueron obtenidos por software Etabs por medio de la combinación (CQC). La norma

Cuadro 9: Modos de vibración para ambas direcciones.

Modo	Period0 seg	MASA PARTICIPATIVA	
		UX (%)	UY (%)
1	0.503	11.98%	3.66%
2	0.416	50.32%	17.89%
3	0.388	10.72%	50.20%
4	0.121	0.06%	1.31%
5	0.105	17.63%	0.13%
6	0.091	0.13%	17.96%
7	0.054	0.35%	0.40%
8	0.048	4.89%	0.05%
9	0.041	0.01%	4.92%
10	0.032	0.52%	0.16%
11	0.029	1.62%	0.19%
12	0.026	0.05%	1.70%
13	0.022	0.38%	0.07%
14	0.02	0.55%	0.21%
15	0.018	0.06%	0.57%
16	0.017	0.21%	0.04%
17	0.016	0.21%	0.15%
18	0.014	0.04%	0.19%
19	0.014	0.09%	0.02%
20	0.013	0.10%	0.07%
21	0.012	0.02%	0.01%
22	0.012	0.01%	0.06%
23	0.012	0.04%	0.02%
24	0.011	0.00%	0.01%

Fuente: Etabs

Aceleración espectral

La norma establece que para cada dirección analizada se emplea un espectro de pseudoaceleración lo cual se definió a través de:

$$S_a = \frac{Z U C S}{R} \cdot g$$

Cuadro 10: Valores T vs S_a del espectro de diseño.

T (s)	S _a (m/s ²)
0	1.927
0.1	1.927
0.2	1.927
0.3	1.927
0.4	1.927
0.5	1.927
0.6	1.927
0.7	1.927
0.8	1.927
0.9	1.927
1	1.927
1.1	1.752
1.2	1.606
1.3	1.482
1.4	1.376
1.5	1.285
1.6	1.204
1.7	1.067
1.8	0.952
1.9	0.854
2	0.771
2.2	0.637
2.4	0.535
2.6	0.456
2.8	0.393
3	0.343
3.2	0.301
3.4	0.267
3.6	0.238
3.8	0.214
4	0.193

Fuente: Etabs

Este espectro se aplicó por medio del software Etabs y excel, el cual se representó los valores en el gráfico siguiente:

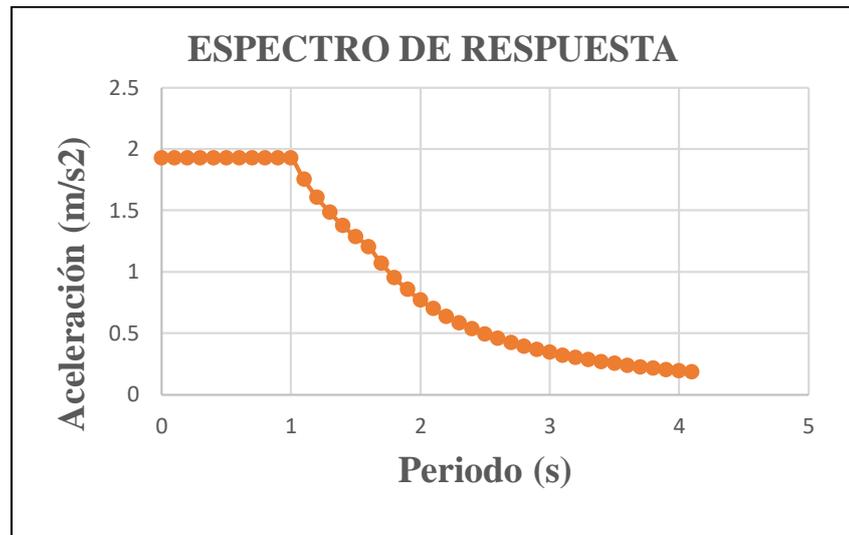


Figura 8: Espectro de pseudo-aceleraciones.

Fuerza cortante mínima

Esta fuerza en la primera base de la edificación no debe ser menor al 90% de lo calculado mediante el método estático, ya que este edificio se ha comprobado que es irregular, de acuerdo a la NTE E.030. En el caso que no cumpla con lo mínimo se tienen que escalar proporcionalmente.

Cuadro 11: Fuerzas cortantes y su factor escala.

SISMO X - X	
V estático	467.24 Ton.
V dinámico	300.69 Ton.
Factor escala	1.40
SISMO Y - Y	
V estático	467.24 Ton.
V dinámico	307.08 Ton.
Factor escala	1.37

Fuente: Etabs

Desplazamiento laterales

En relación a la NTE E.030 los desplazamientos que se obtuvo del análisis dinámico se multiplicaron por 0.85 R, por ser una estructura irregular con el fin de obtener los máximos desplazamientos del edificio, estos valores no superan la deriva máxima de 0.007 impregnada en la norma, en las siguientes tablas se muestran todas las derivas:

Cuadro 12: Desplazamientos laterales en X-X

NIVELES	DERIVA X-X (%)
PISO 8	0.32
PISO 7	0.33
PISO 6	0.34
PISO 5	0.33
PISO 4	0.33
PISO 3	0.31
PISO 2	0.27
PISO 1	0.13

Fuente: Etabs

Cuadro 13: Desplazamientos laterales en Y-Y

NIVELES	DERIVA X-X (%)
PISO 8	0.33
PISO 7	0.35
PISO 6	0.36
PISO 5	0.36
PISO 4	0.34
PISO 3	0.30
PISO 2	0.24
PISO 1	0.12

Fuente: Etabs

3.4.6 Junta de separación sísmica

Se le asignó una junta a la estructura con el fin de poder evitar el contacto de esta estructura con otras que estén adyacentes a esta cuando se produzca un sismo, esta separación no es menor que:

- $S = 3 + 0.004 * (2280 - 500) = 10.12 \text{ cm}$
- 3 cm

Como se sabe el desplazamiento de las edificaciones vecinas no se conoce, es por ello que la norma detalla que la separación no será menor a los 2/3 del desplazamiento que se calculó en último nivel de la edificación, por lo que sería:

$$2/3 * 6.41 = 4.27 \text{ cm}$$

Ni tampoco menor que $s/2$, por lo que la separación es:

$$10.12 / 2 = 5.06 \text{ cm}$$

Finalmente, esta vivienda multifamiliar tendrá una junta de separación en ambas direcciones de 5 cm.

3.5 Diseño en concreto armado

3.5.1 Diseño de vigas

Para el diseño se consideró todas las combinaciones establecidas por la norma, ya que las vigas también absorben las cargas generadas por el sismo, se realizó el diseño de la viga principal más crítica ubicada en el eje 5 verificando que cumplan con las cuantías establecidas en la NTE E.060.

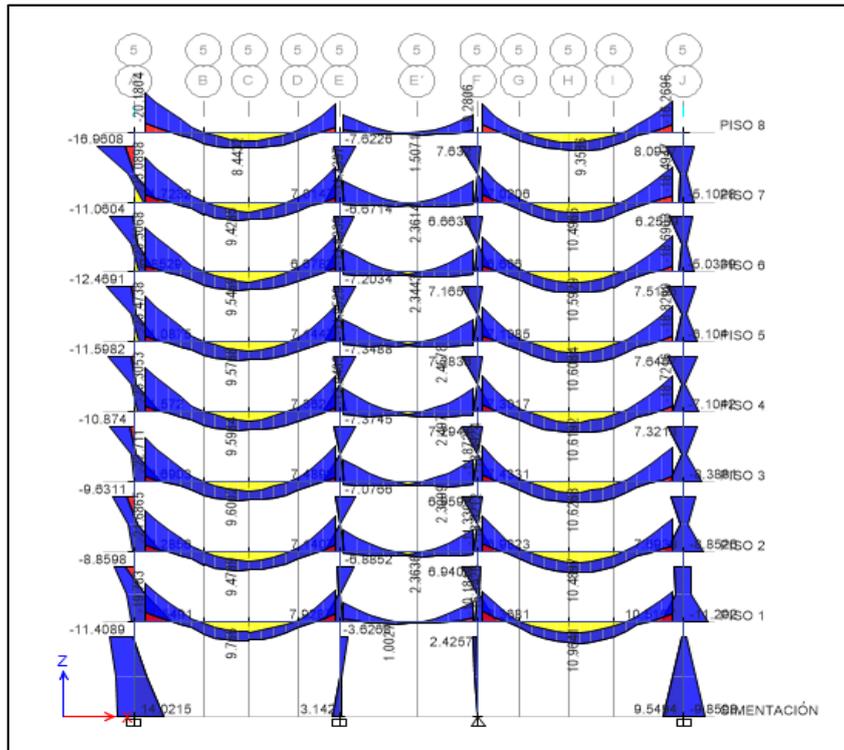


Figura 9: Diagramas de momentos para el pórtico del eje 5.

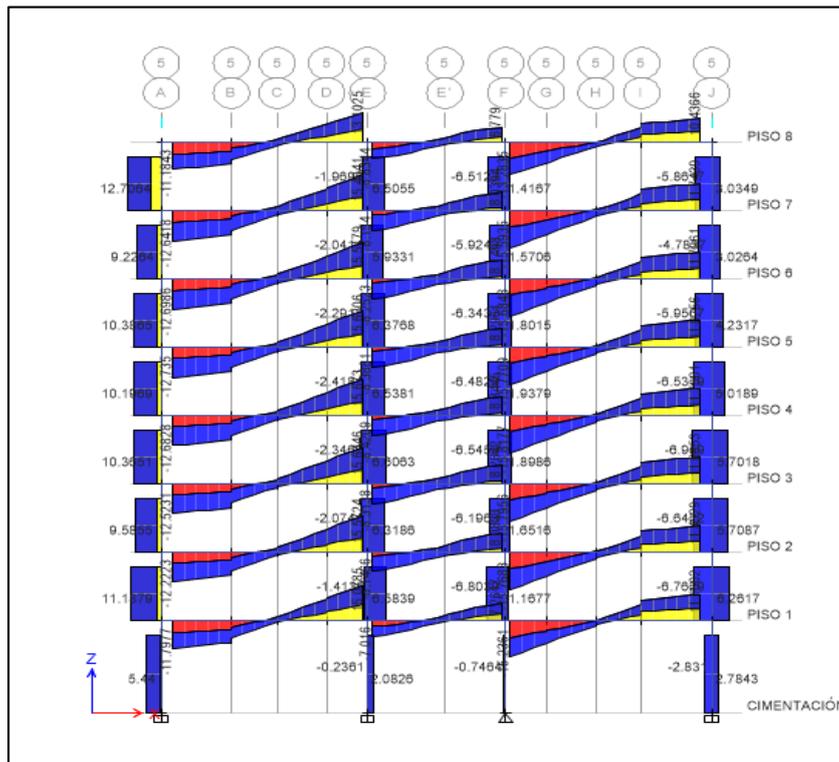


Figura 10: Diagramas de cortantes para el pórtico del eje 5.

Diseño por flexión

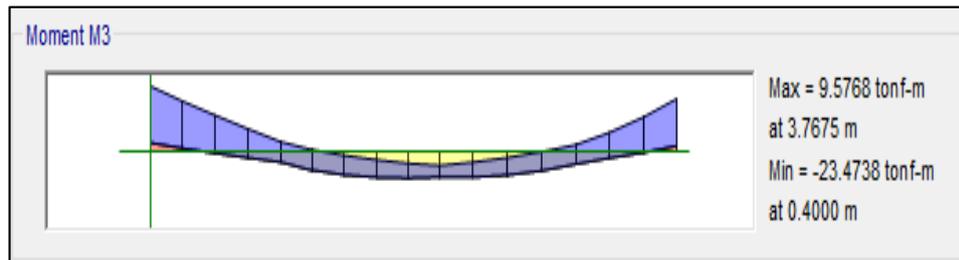


Figura 11: Diagramas de momentos de viga de diseño.

Datos:

$$b = 0.30 \text{ m} \qquad \beta_1 = 0.85 \qquad f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$h = 0.60 \text{ m} \qquad f'_c = 210 \text{ kg / cm}^2$$

$$d = 0.54 \text{ m} \qquad \phi = 0.90$$

Acero negativo en primer apoyo (-)

$$M_u = 23.47 \text{ Tonf.m}$$

$$k_u = \frac{M_u}{b * d^2} = \frac{23.47}{0.30 * 0.54^2 * 10} = 26.83 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\rho = \frac{0.85 * 210}{4200} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 26.83}{0.90 * 0.85 * 210}} \right) = 0.0078$$

$$A_s \text{ calculado} = \rho * b * d = 0.0078 * 30 * 54 = 12.64 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ colocado} = 1 \phi \frac{5}{8} + 4 \phi \frac{3}{4} = 1 * 1.99 + 4 * 2.84 \text{ cm}^2 = 13.35 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min 1}} = \frac{0.7 * \sqrt{f'_c}}{f_y} * b * d = \frac{0.7 * \sqrt{210}}{4200} * 30 * 54 = 3.91 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_{\min 2}} = \frac{14}{f_y} * b * d = \frac{14}{4200} * 30 * 54 = 5.4 \text{ cm}^2$$

$$\rho_b = \frac{0.85 * \beta_1 * f'_c}{f_y} * \left(\frac{6000}{6000 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0.85 * 0.85 * 210}{4200} * \left(\frac{6000}{6000 + 4200} \right) = 0.02125$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \rho_b = 0.0159$$

$$A_{S_{\max}} = 0.0159 * 30 * 54 = 25.76 \text{ cm}^2$$

$$5.4 \text{ cm}^2 < 13.35 \text{ cm}^2 < 25.76 \text{ cm}^2 \quad \text{OK}$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * b} = \frac{13.35 * 4200}{0.85 * 210 * 30} = 10.47 \text{ cm}$$

$$\phi M_n = \phi * A_s * f_y * \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 0.9 * 13.35 * 4200 * \left(54 - \frac{10.47}{2} \right) = 24.60 \text{ Tonf. m}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$24.60 \text{ Tonf. m} > 23.47 \text{ Tonf. m} \quad \text{OK}$$

Acero negativo en segundo apoyo (-)

$$Mu = 18.95 \text{ Tonf} \cdot \text{m}$$

$$k_u = \frac{Mu}{b * d^2} = \frac{18.95}{0.30 * 0.54^2 * 10} = 21.66 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\rho = \frac{0.85 * 210}{4200} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 21.66}{0.90 * 0.85 * 210}} \right) = 0.0062$$

$$As_{\text{calculado}} = \rho * b * d = 0.0062 * 30 * 54 = 10.04 \text{ cm}^2$$

$$As_{\text{colocado}} = 1 \phi_{\frac{5}{8}} + 3 \phi_{\frac{3}{4}} = 1 * 1.99 + 3 * 2.84 \text{ cm}^2 = 10.51 \text{ cm}^2$$

$$As_{\text{min}2} < As_{\text{colocado}} < As_{\text{m}ax}$$

$$5.4 \text{ cm}^2 < 10.51 \text{ cm}^2 < 25.76 \text{ cm}^2 \quad \text{OK}$$

$$a = \frac{As * f_y}{0.85 * f'_c * b} = \frac{10.51 * 4200}{0.85 * 210 * 30} = 8.24 \text{ cm}$$

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

$$\phi M_n = 0.9 * 10.51 * 4200 * \left(54 - \frac{8.24}{2} \right) = 19.81 \text{ Tonf} \cdot \text{m}$$

$$\phi M_n > Mu \quad \text{OK}$$

$$19.81 \text{ Tonf} \cdot \text{m} > 18.95 \text{ Tonf} \cdot \text{m}$$

Acero positivo (+)

Mu = 9.58 Tonf .m

$$k_u = \frac{M_u}{b * d^2} = \frac{9.58}{0.30 * 0.54^2 * 10} = 10.95 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\rho = \frac{0.85 * 210}{4200} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 10.95}{0.90 * 0.85 * 210}} \right) = 0.003$$

$$A_s \text{ calculado} = \rho * b * d = 0.003 * 30 * 54 = 4.86 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ colocado} = 3 \phi \frac{5}{8} = 3 * 1.99 \text{ cm}^2 = 5.97 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min 2}} < A_{s_{\text{colocado}}} < A_{s_{\max}}$$

$$5.4 \text{ cm}^2 < 5.97 \text{ cm}^2 < 25.76 \text{ cm}^2 \quad \text{OK}$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * b} = \frac{5.97 * 4200}{0.85 * 210 * 30} = 4.68 \text{ cm}$$

$$\phi M_n = \phi * A_s * f_y * \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 0.9 * 5.97 * 4200 * \left(54 - \frac{4.68}{2} \right) = 11.66 \text{ Tonf .m}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$11.66 \text{ Tonf .m} > 9.58 \text{ Tonf .m}$$

Cuadro 14: Comparación de resultados de área de acero.

ACERO NECESARIO	CÁLCULO MANUAL	CÁLCULO ETABS
As neg. 1° apoyo	12.64 cm ²	12.66 cm ²
As neg. 2° apoyo	10.04 cm ²	10.01 cm ²
As positivo	4.86 cm ²	5.42 cm ²

Fuente: Etabs

Diseño por cortante

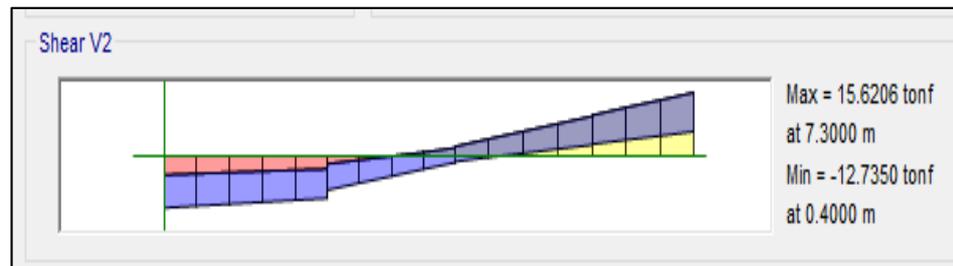


Figura 12: Diagramas de cortantes de viga de diseño.

Datos:

$$b = 0.30 \text{ m} \quad f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$h = 0.60 \text{ m} \quad f'_c = 210 \text{ kg / cm}^2$$

$$d = 0.54 \text{ m} \quad \phi = 0.85$$

$$V_u = 15.6 \text{ Ton.m}$$

Resistencia al corte proporcionado por el concreto

$$V_c = 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_c = 0.53 * \sqrt{210} * 30 * 54 = 12.44 \text{ Ton}$$

Resistencia al corte proporcionado por el refuerzo por corte

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$V_s = \frac{15.6}{0.85} - 12.44 = 5.91 \text{ Ton}$$

Comprobación:

$$V_s \leq 2.1 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$2.1 * \sqrt{210} * 30 * 54 = 49.30 \text{ Ton}$$

$$5.91 \text{ Ton} \leq 49.30 \text{ Ton} \quad \text{Ok}$$

Espaciamiento para los estribos

$$s = \frac{A_v * f_y * d}{V_s}$$

$$A_v = \phi \frac{3}{8}'' = 2 * 0.71 = 1.42 \text{ cm}^2$$

$$s = \frac{1.42 * 4200 * 54}{5.91} = 54 \text{ cm}$$

- Los estribos en la zona confinada deben se colocan hasta 2 veces la altura de la viga por lo que:

$$2 h = 2 * 60 = 1.20 \text{ m}$$

- La separación de los estribos en la zona confinada no debe ser menor que:

- $d/4 = 54/4 = 13.5 \text{ cm}$

- $10 d_b = 10 * 1.91 = 19.1 \text{ cm}$

- $24 \text{ db} = 24 * 0.95 = 22.80 \text{ cm}$
- 30 cm

- La separación en la parte central de la viga no debe pasarse de $0.5 d = 0.5 * 54 = 27 \text{ cm}$, se escogió 25 cm de espaciamiento.
- Finalmente, la separación de los estribos adecuada es:

$1 @ 0.05 \text{ m}$, $10 @ 0.12 \text{ m}$, resto $@ 0.25 \text{ m c/e}$

3.5.2 Diseño de losa aligerada

Se realizó el diseño de la losa que está comprendida entre los ejes 4 y 8 de la edificación, el sentido del aligerado está en el eje Y-Y, para la carga última se usó la combinación establecida por la NTE E.060

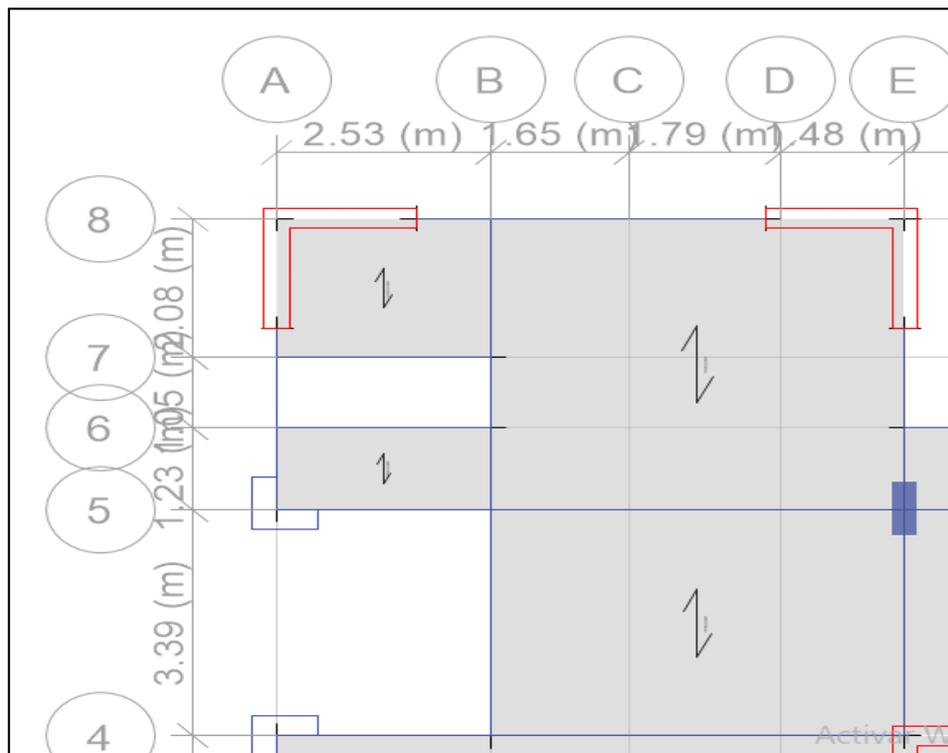


Figura 13: Planta de techo típico para diseño de losa aligerada.

Cuadro 15: Cargas para el diseño del aligerado.

METRADO DE CARGAS		
Peralte de losa	0.20	m
Ancho tributario	0.40	m
CARGAS MUERTAS (CM)		
Peso propio	0.30	Ton/m ²
Peso de acabados	0.10	Ton/m ²
Peso de tabiquería	0.15	Ton/m ²
CARGA VIVA (CV)		
S/C	0.20	Ton/m ²
TOTAL DE CARGAS		
CM	0.22	Ton/m
CV	0.08	Ton/m
COMBINACIÓN DE CARGAS (1.4 CM + 1.7 CV)		
CU =	0.44	Ton/m

Fuente: Etabs

Diseño por flexión

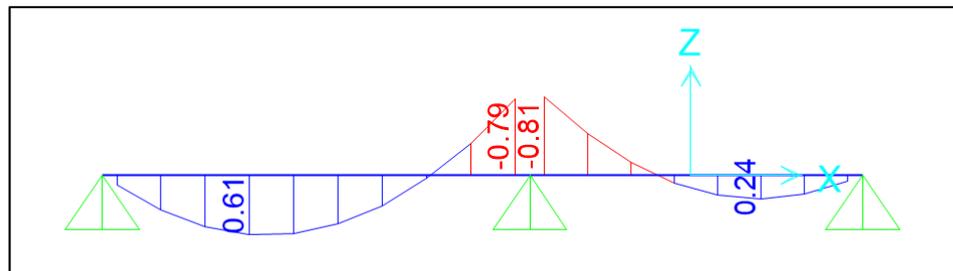


Figura 14: Momentos últimos de diseño en losa aligerada.

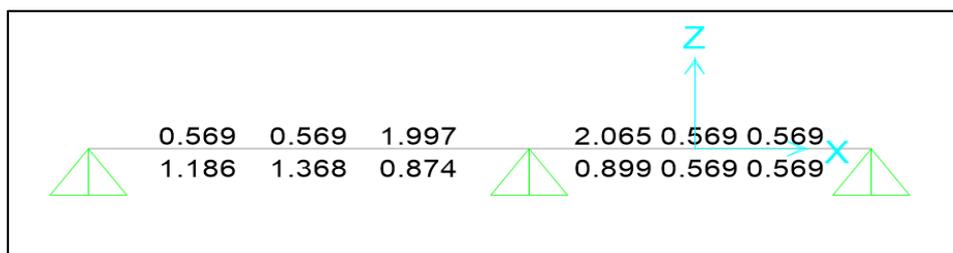


Figura 15: Acero requerido para losa aligerada en cm.

Datos:

$$bw = 0.10 \text{ m} \qquad f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$b = 0.40 \text{ m} \qquad f'_c = 210 \text{ kg / cm}^2$$

$$h = 0.20 \text{ m} \qquad d = 0.17 \text{ m}$$

$$A_{S_{\min}} = \frac{0.7 * \sqrt{f'_c}}{f_y} * b * d = \frac{0.7 * \sqrt{210}}{4200} * 10 * 17 = 0.41 \text{ cm}^2$$

$$\rho_b = \frac{0.85 * 0.85 * 210}{4200} * \left(\frac{6000}{6000 + 4200} \right) = 0.02125$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \rho_b = 0.0159$$

$$A_{S_{\max}} = 0.0159 * 40 * 17 = 10.81 \text{ cm}^2$$

Acero positivo en ambos lados (+)

$$A_s \text{ calculado} = 1.37 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ colocado} = 2 \phi \frac{3}{8}'' = 2 * 0.71 \text{ cm}^2 = 1.42 \text{ cm}^2$$

Acero negativo central (-)

$$A_s \text{ calculado} = 2.07 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ colocado} = 2 \phi \frac{1}{2}'' = 2 * 1.29 \text{ cm}^2 = 2.58 \text{ cm}^2$$

Diseño por corte

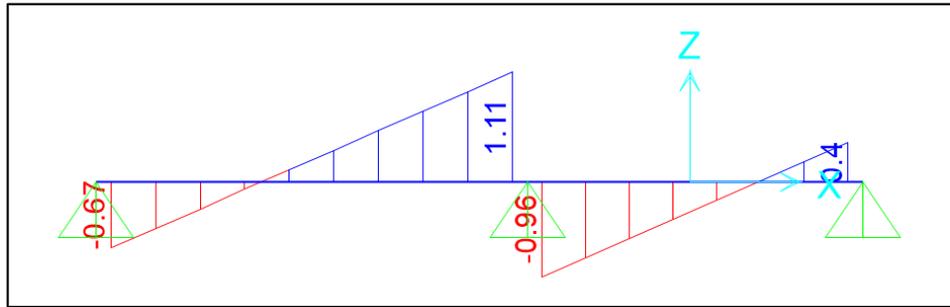


Figura 16: Diagrama de cortantes de losa aligerada.

Datos:

$$b_w = 0.10 \text{ m}$$

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

$$b = 0.40 \text{ m}$$

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

$$h = 0.20 \text{ m}$$

$$d = 0.17 \text{ m}$$

$$\phi = 0.85$$

$$V_u = 1.11 \text{ m}$$

$$\phi V_c = 1.1 * \phi * (0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d)$$

$$\phi V_c = 1.1 * 0.85 * (0.53 * \sqrt{210} * 10 * 17)$$

$$\phi V_c = 1.22 \text{ Ton}$$

Comprobación:

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = V_c$$

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$1.22 \geq 1.11 \quad \text{Ok}$$

Acero de refuerzo para temperatura

$$A_s = 0.0025 \times 100 \times 5 = 1.25 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_s \text{ colocado} = \phi \frac{1}{4}'' = 0.32 \text{ cm}^2$$

$$s = 0.32/1.25 = 26 \text{ cm}$$

- El acero por temperatura será $\phi \frac{1}{4}'' @ 0.25 \text{ m}$.

3.5.3 Diseño de losa maciza

Se realizó el diseño de la losa en el paño comprendido entre los ejes 4 -8 y E-F de la edificación, para este cálculo fue considerado una sección de 1 m de ancho $b = 1\text{m}$, la carga última se usó la combinación establecida por la NTE E.060.

Cuadro 16: Cargas para el diseño de losa maciza

METRADO DE CARGAS		
Peralte de losa	0.20	m
CARGAS MUERTAS (CM)		
Peso propio	0.48	Ton/m ²
Peso de acabados	0.10	Ton/m ²
Peso de tabiquería	0.15	Ton/m ²
CARGA VIVA (CV)		
S/C	0.20	Ton/m ²
TOTAL DE CARGAS		
CM	0.73	Ton/m ²
CV	0.20	Ton/m ²
COMBINACIÓN DE CARGAS (1.4 CM + 1.7 CV)		
CU =	1.36	Ton/m ²

Fuente: Etabs

Diseño por flexión

Los momentos paralelos al sentido X-X, se muestra a continuación con los cuales se diseñó el refuerzo requerido en esa dirección

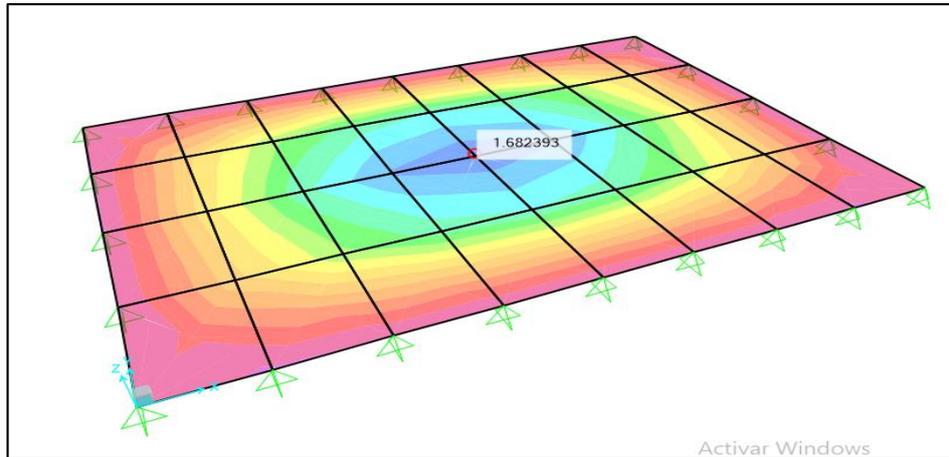


Figura 17: Diagrama de momentos en la dirección X-X de la losa maciza.

Los momentos paralelos al sentido Y-Y, se muestra a continuación con los cuales se diseñó el refuerzo requerido en esa dirección.

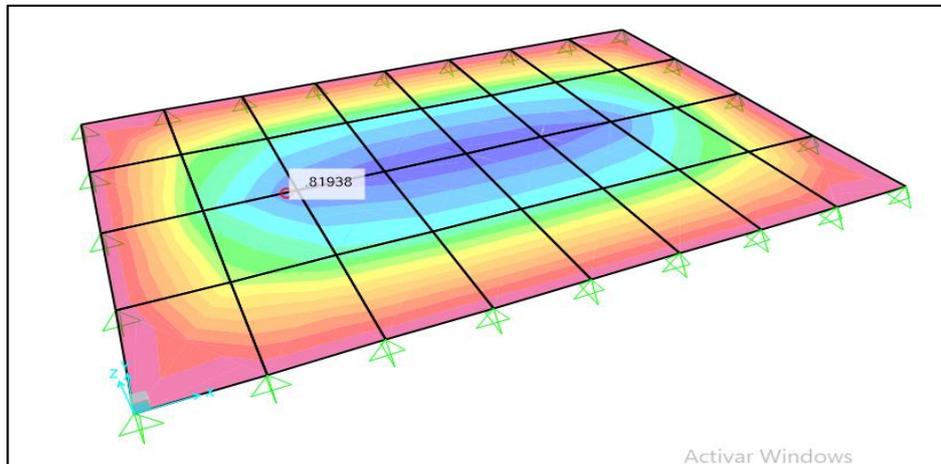


Figura 18: Diagrama de momentos en la dirección Y-Y de la losa maciza.

Acero mínimo en losas macizas

$$A_{s_{\min}} = 0.0018 * b * h$$

$$A_{s_{\min}} = 0.0018 * 100 * 20 = 3.6 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Datos:

$$b = 1.00 \text{ m} \qquad f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$h = 0.20 \text{ m} \qquad f'_c = 210 \text{ kg / cm}^2$$

$$d = 0.17 \text{ m}$$

Dirección X-X

$$Mu = 1.68 \text{ Ton.m}$$

$$A_{S_{\text{calculado}}} = 2.66 \text{ cm}^2$$

- El acero calculado es menor al mínimo por lo que se usó como el acero mínimo.

$$A_{S_{\text{min}}} = 3.6 \text{ cm}^2/m$$

$$A_{S_{\text{máx}}} = 0.0159 * 100 * 17 = 27.03 \text{ cm}^2$$

- Colocando acero $\phi \frac{1}{2}$ " que tiene un área de acero de 1.29 cm² tendremos:

$$x = \frac{1.29 \text{ cm}^2}{3.6 \text{ cm}^2/m} = 0.358 \text{ m}$$

- Espaciamiento máximo: $3 * h = 3 * 0.20 = 0.60 \text{ m}$.
- Espaciamiento máximo: 0.40 m.

Se usó fierro de $\phi \frac{1}{2}$ " @ 0.35 m en la dirección X – X

Dirección Y-Y

Mu = 0.82 Ton.m

$$A_{s_{\text{calculado}}} = 1.28 \text{ cm}^2$$

- El acero calculado es menor al mínimo por lo que se usó como el acero mínimo.

$$A_{s_{\text{min}}} = 3.6 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s_{\text{máx}}} = 0.0159 * 100 * 17 = 27.03 \text{ cm}^2$$

- Colocando acero $\phi \frac{1}{2}$ " que tiene un área de acero de 1.29 cm² tendremos:

$$x = \frac{1.29 \text{ cm}^2}{3.6 \text{ cm}^2/\text{m}} = 0.358 \text{ m}$$

- Espaciamiento máximo: $3 * h = 3 * 0.20 = 0.60 \text{ m}$.
- Espaciamiento máximo: 0.40 m.

Se usó fierro de $\phi \frac{1}{2}$ " @ 0.35 m en la dirección Y – Y

Diseño por corte

Dirección X-X

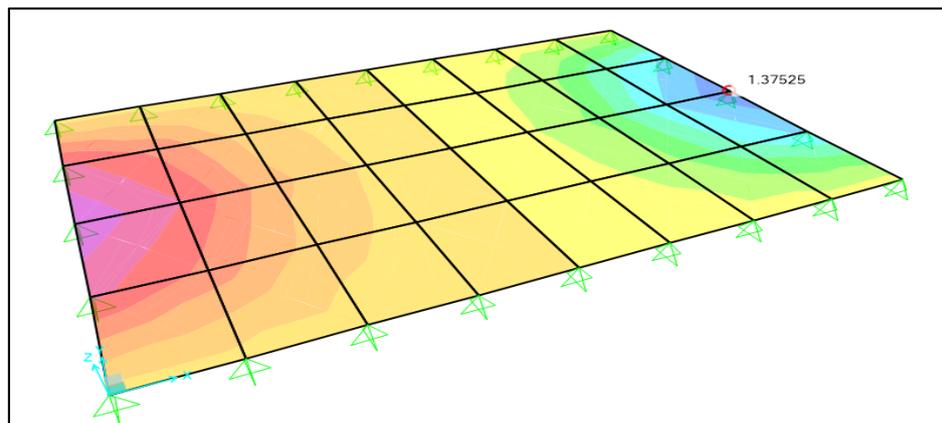


Figura 19: Diagrama de cortantes en la dirección X-X de la losa maciza.

$$V_u = 1.38 \text{ m}$$

$$\phi V_c = * \phi * (0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d)$$

$$\phi V_c = 0.85 * (0.53 * \sqrt{210} * 100 * 17)$$

$$\phi V_c = 11.10 \text{ Ton}$$

Comprobación:

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = V_c$$

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$11.10 \geq 1.38 \quad \text{Ok}$$

Dirección Y-Y

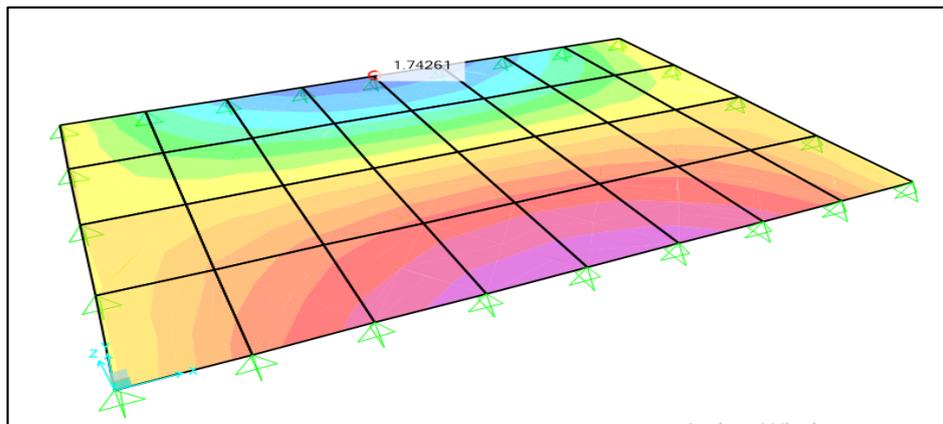


Figura 20: Diagrama de cortantes en la dirección Y-Y de la losa maciza.

$$V_u = 1.74 \text{ m}$$

$$\phi V_c = * \phi * (0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d)$$

$$\phi V_c = 0.85 * (0.53 * \sqrt{210} * 100 * 17)$$

$$\phi V_c = 11.10 \text{ Ton}$$

Comprobación:

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = V_c$$

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$11.10 \geq 1.38 \quad \text{Ok}$$

3.5.4 Diseño de columnas

Se realizó el diseño de la columna central, considerando las cargas de sismo y las de gravedad, se usó las combinaciones de cargas establecidas por la NTE E.060.

Diseño por flexo-compresión

Las dimensiones de la columna son de 30 x 80 cm. La cuantía mínima de acuerdo a la norma debe ser 1% y máxima 6%.

$$A_{s_{\min}} = 0.01 * 30 * 80 = 24 \text{ cm}^2$$

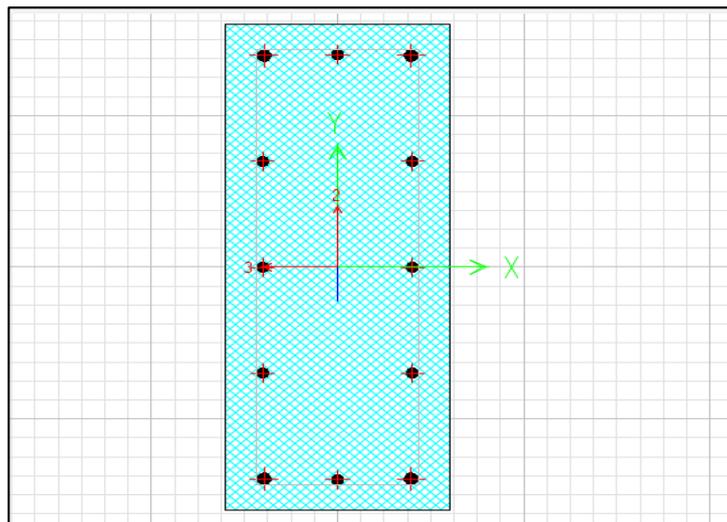


Figura 21: Modelo de columna central 30 x 80 cm.

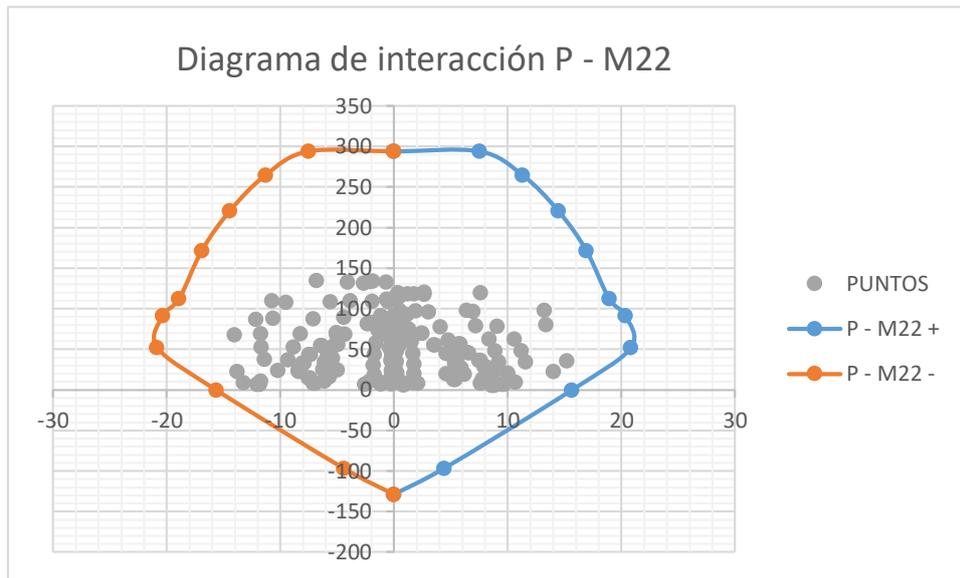


Figura 22: Diagrama de interacción P – Mx.

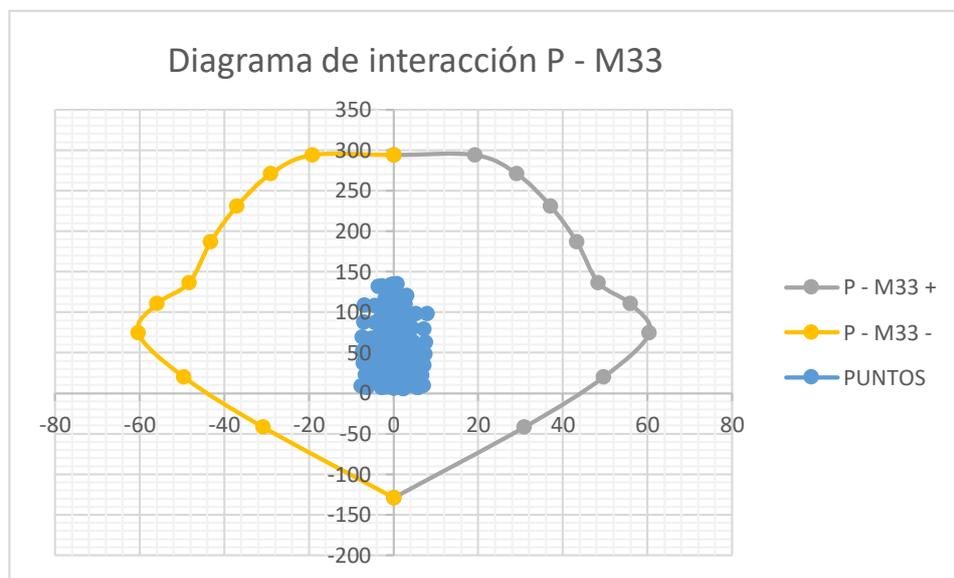


Figura 23: Diagrama de interacción P – My.

El acero longitudinal para la columna es de $12 \phi \frac{3}{4}$ "

Diseño por corte

Datos:

$$b = 0.30 \text{ m} \qquad f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$h = 0.80 \text{ m} \qquad f'_c = 210 \text{ kg / cm}^2$$

$$d = 0.74 \text{ m}$$

$$V_u = 16.46 \text{ Ton}$$

$$N_u = 85.08 \text{ Ton}$$

$$V_c = (0.53 * \sqrt{f'_c} * (1 + \frac{N_u}{140 A_g}) * b * d)$$

$$V_c = (0.53 * \sqrt{210} * (1 + \frac{85.08 * 1000}{140 (30 * 80)}) * 30 * 74)$$

$$V_c = 21.37 \text{ Ton}$$

$$V_s = \frac{A_v * f_y * d}{s}$$

$$V_s = \frac{3 * (2 * 0.71) * 4200 * 74}{10}$$

$$V_s = \frac{3 * (2 * 0.71) * 4200 * 74}{10}$$

$$V_s = 132.40 \text{ Ton}$$

$$V_n = \phi (V_c + V_s) = 0.85 * (21.37 + 132.40) = 130.70 \text{ Ton}$$

- Los estribos en la zona confinada se colocan hasta una distancia (Lo) no menor que el mayor de:

- Luz libre/6 = 2.85/6 = 0.48 m
- Mayor dimensión de la columna = 0.80 m
- 50 cm

La distancia total $L_o = 0.80$ m

- La separación de los estribos en la zona confinada (S_o) no debe ser menor que:
 - $8 * \phi_{db} = 8 * 1.91 = 15.28$ cm
 - Menor dimensión de la columna/2 = $30 / 2 = 15$ cm
 - 10 cm

La distancia de separación $S_o = 10$ cm

- La separación en la parte central de la columna de estribos no será mayor a 0.30 m.
- La separación en los nudos no será mayor a 15 cm.
- Finalmente, la separación de los estribos adecuada es:

1 @ 0.05 m, 8 @ 0.10 m, resto @ 0.25 m c/e, nudo @ 0.15 m.

3.5.5 Diseño de placas

Se realizó el diseño de la placa en L, usando las combinaciones de cargas establecidas por la NTE E.060.

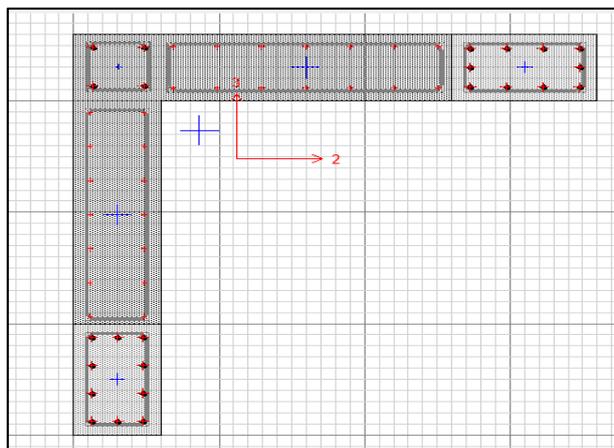


Figura 24: Modelo de la placa en L para diseño.

Diseño por flexo-compresión

Esta placa está entre los ejes 8 y A, su sección más crítica se encuentra el primer nivel, la cuantía mínima plasmada por la NTE E.060 para el refuerzo horizontal es $\rho_h = 0.002$ y para el vertical $\rho_v = 0.0015$

Cuadro 17: Cargas Pu y momentos Mu para el diseño de la placa

Story	Pier	Load Case/Combo	Location	P tonf	M2 tonf-m	M3 tonf-m
PISO 1	P2	U1 = 1.4 CM + 1.7 CV	Top	132.03	-2.19	3.28
PISO 1	P2	U1 = 1.4 CM + 1.7 CV	Bottom	141.18	0.33	-4.23
PISO 1	P2	U2 = 1.25 (CM + CV) + 1.40 S DINAXX Max	Top	93.53	44.98	50.95
PISO 1	P2	U2 = 1.25 (CM + CV) + 1.40 S DINAXX Max	Bottom	104.97	122.47	160.68
PISO 1	P2	U2 = 1.25 (CM + CV) + 1.40 S DINAXX Min	Top	211.59	-50.04	-43.87
PISO 1	P2	U2 = 1.25 (CM + CV) + 1.40 S DINAXX Min	Bottom	223.03	-121.92	-170.12
PISO 1	P2	U3 = 1.25 (CM + CV) + 1.37 S DINAYY Max	Top	83.91	42.48	46.62
PISO 1	P2	U3 = 1.25 (CM + CV) + 1.37 S DINAYY Max	Bottom	95.35	141.18	98.40
PISO 1	P2	U3 = 1.25 (CM + CV) + 1.37 S DINAYY Min	Top	221.21	-47.55	-39.54
PISO 1	P2	U3 = 1.25 (CM + CV) + 1.37 S DINAYY Min	Bottom	232.65	-140.63	-107.83
PISO 1	P2	U4 = 0.9 CM + 1.40 SDINAXX Max	Top	37.98	45.90	49.38
PISO 1	P2	U4 = 0.9 CM + 1.40 SDINAXX Max	Bottom	46.21	122.25	162.59
PISO 1	P2	U4 = 0.9 CM + 1.40 SDINAXX Min	Top	156.04	-49.12	-45.43
PISO 1	P2	U4 = 0.9 CM + 1.40 SDINAXX Min	Bottom	164.27	-122.15	-168.21
PISO 1	P2	U5 = 0.9 CM + 1.37 SDINAYY Max	Top	39.24	44.88	48.36
PISO 1	P2	U5 = 0.9 CM + 1.37 SDINAYY Max	Bottom	47.48	119.63	159.05
PISO 1	P2	U5 = 0.9 CM + 1.37 SDINAYY Min	Top	154.77	-48.11	-44.42
PISO 1	P2	U5 = 0.9 CM + 1.37 SDINAYY Min	Bottom	163.01	-119.53	-164.67

Fuente: Etabs

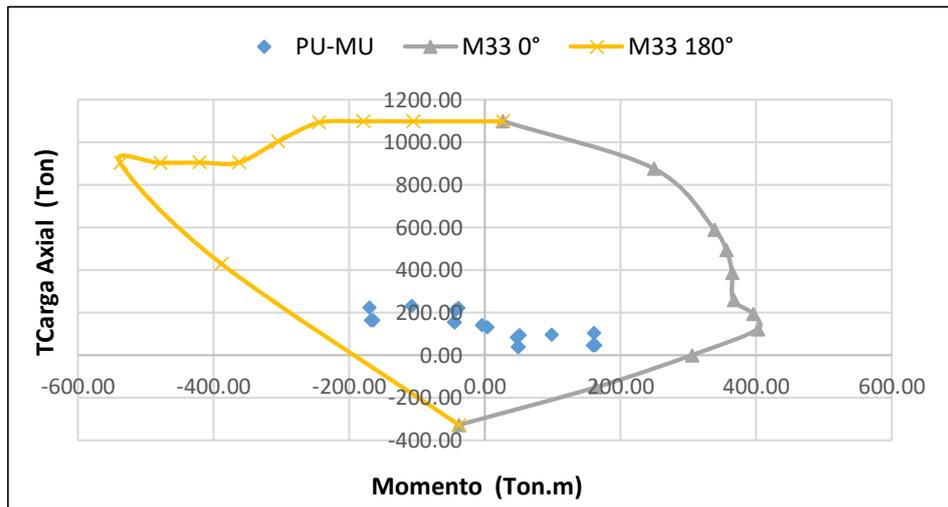


Figura 25: Diagrama de interacción P-M33 para placa de diseño.

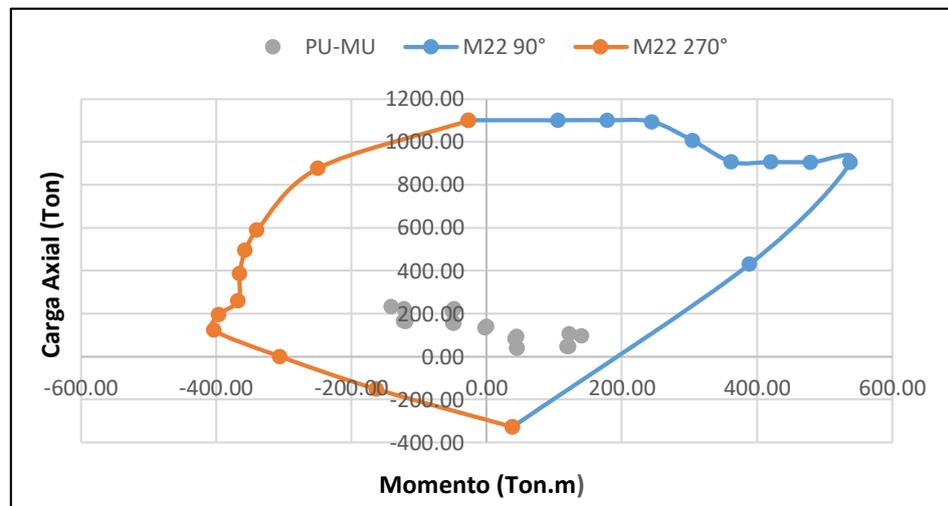


Figura 26: Diagrama de interacción P-M33 para placa de diseño.

Se asignó dos núcleos de confinamiento de 30 x 50 cm con 10 barras de ϕ $\frac{3}{4}$ " cada uno y un núcleo de 30 x 30 con 4 barras de ϕ $\frac{3}{4}$ ". Adicional a ello se asignó acero en dos capas con barras de ϕ $\frac{3}{8}$ " y con una separación de 0.15 m. Al efectuar el diagrama de interacción se tiene que el acero asumido cumple con lo requerido para ambas direcciones.

Diseño por corte

La norma detalla que para la cortante de diseño V_u se debe ajustar mediante la siguiente expresión:

$$V_{u_{diseño}} = V_u * \left(\frac{M_n}{M_u}\right) = 33.74 * \left(\frac{435.71}{170.12}\right) = 86.41 \text{ Ton}$$

$$\left(\frac{435}{170.12}\right) = 2.56 < R$$

$$V_{c_{máx}} = A_c w (\alpha_c * \sqrt{f'_c}) = 0.30 * 1.8 * 0.53 \sqrt{210} = 41.47 \text{ Ton}$$

$$V_c = 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{210} * (0.8 * 1.80) * 0.30 * 10 = 33.18 \text{ Ton OK}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{86.41}{0.85} - 33.18 = 68.48 \text{ Ton}$$

$$V_s \leq 2.1 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$2.1 * \sqrt{210} * 0.30 * 0.8 * 1.8 * 10 = 131.47 \text{ Ton}$$

$$68.48 \text{ Ton} \leq 131.47 \text{ Ton OK}$$

El refuerzo horizontal se determinó con las siguientes expresiones:

$$\rho_h = \frac{V_s}{A_c w * f_y} = \frac{68.48}{(4200 * 10 * 1.80 * 0.30)} = 0.003$$

$$A_s = 0.003 * 30 * 100 = 9 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$s = \frac{2 * 0.71}{9} = 0.157 \text{ m}$$

- Se colocó varillas en dos capas de ϕ 3/8" @ 0.15 m.

$$Vn_{m\acute{a}x} = 2.6 * \sqrt{210} * 30 * (0.80 * 180) = 162.77 \text{ Ton}$$

$$Vn = Vc + Vs = 33.18 + 68.48 = 101.66 \text{ Ton OK}$$

El refuerzo vertical se determinó con las siguientes expresiones:

$$\rho_v = 0.0025 + 0.5 * \left(2.5 - \frac{23.8}{1.8} \right) * (0.003 - 0.0025) \geq 0.0025$$

$$\rho_v = -0.00018 \geq 0.0025$$

- Como la cuantía salió menor a la mínima se consideró $\rho_v = 0.0025$

$$As = 0.0025 * 30 * 100 = 7.5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$s = \frac{2 * 0.71}{7.5} = 0.19 \text{ m}$$

- Se colocó varillas en dos capas de $\phi 3/8'' @ 0.15 \text{ m}$

3.5.6 Diseño de cimentación

Para esta edificación se optó por considerar una platea de cimentación, la cual se diseñó por medio del programa Safe, mediante el método de franjas equivalentes por ser un método con una mayor precisión.

Esfuerzo cortante en el suelo

La norma detalla que solamente se incrementa un 30% la carga admisible para casos de carga que están afectados por efectos sísmicos.

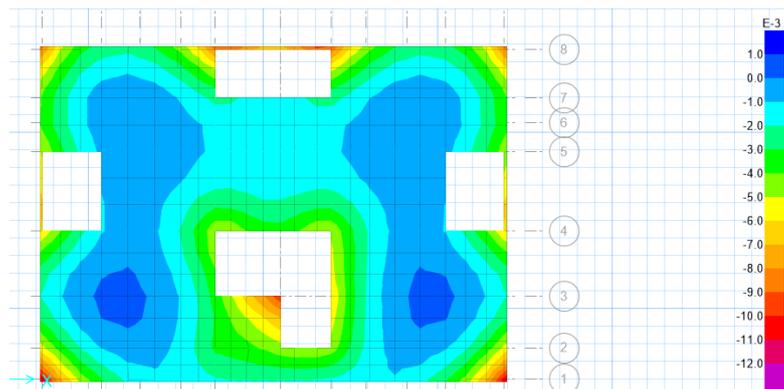


Figura 27: Presiones en el suelo debido a cargas de gravedad.

Diseño por flexión y cortante en la platea

Se usó las consideraciones casi similares a las de la losa maciza ya que la platea corresponde también a una losa de concreto.

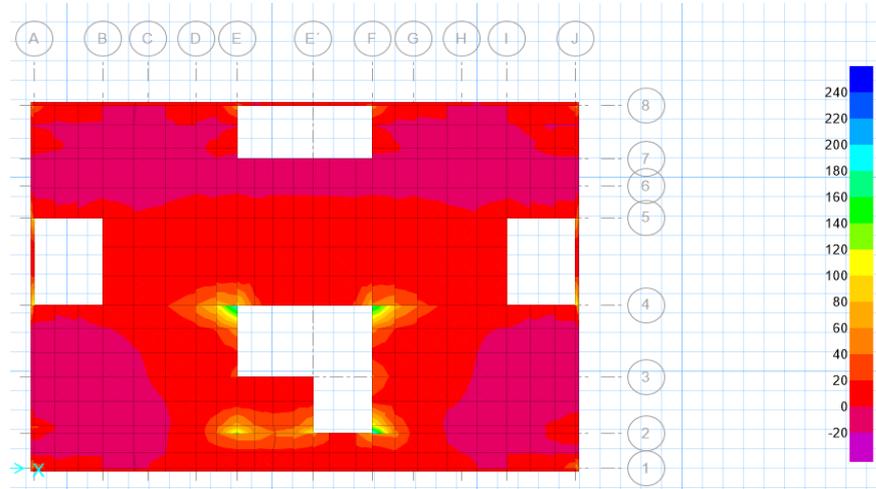


Figura 28: Momentos flectores en la dirección X.

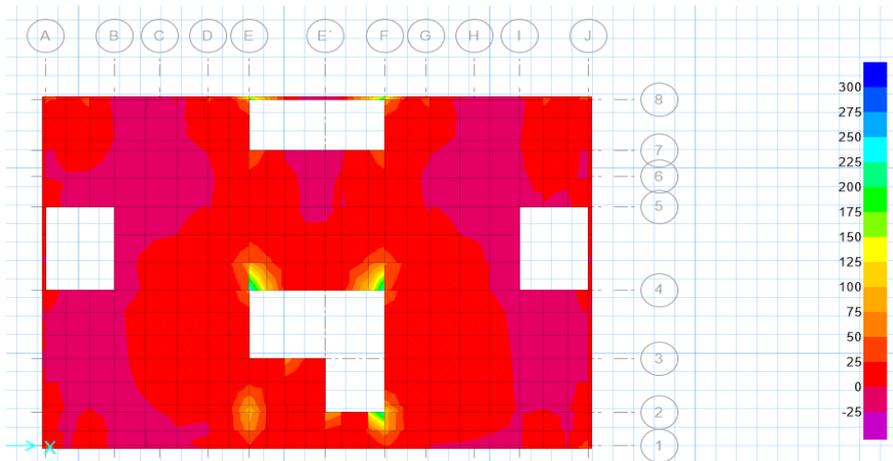


Figura 29: Momentos flectores en la dirección Y.

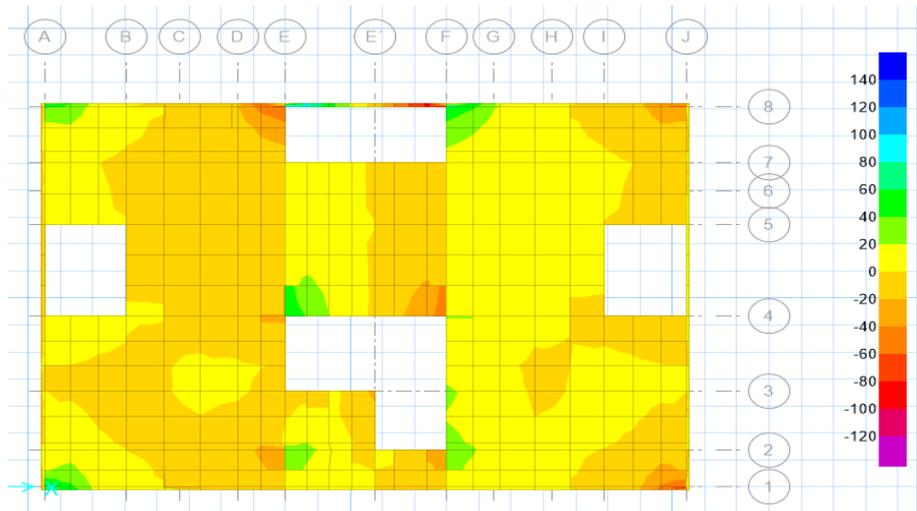


Figura 30: Diagrama de fuerzas cortantes en la dirección X.

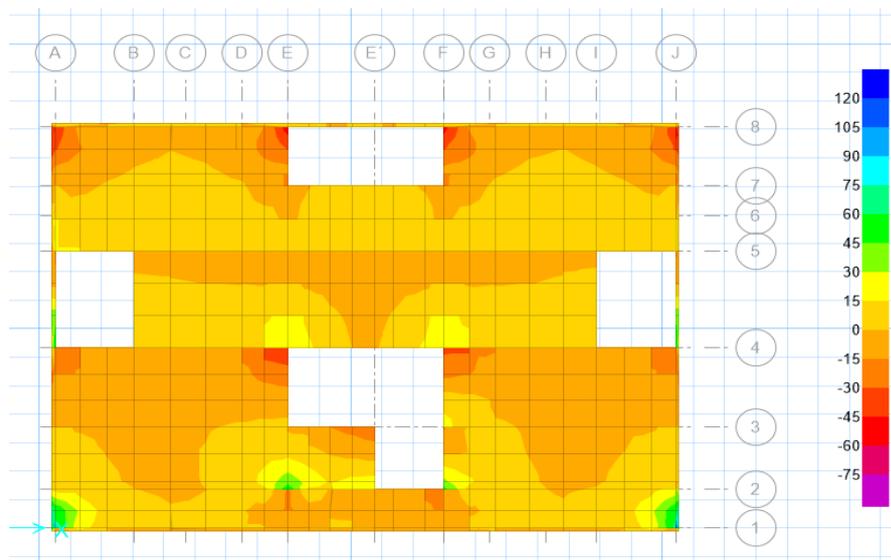


Figura 31: Momentos flectores en la dirección Y.

Se colocó fierro en doble malla de $\phi \frac{3}{4}'' @ 0.25 \text{ m.}$ tanto en la parte superior como en la parte inferior de la losa de cimentación.

IV. DISCUSIÓN

- En los resultados del análisis sísmico se aprecia que las derivas en la dirección x-x son de 3.4‰ y en la dirección Y-Y 3.6 ‰. Estos resultados son diferentes a los que encontró Ramírez (2019) quién calculó que las derivas máximas de entrepiso son 5‰ y 6.1‰ en el sentido X-X y Y-Y respectivamente. Esto se debe a la asignación de bastantes placas que aportan gran rigidez al edificio por lo que se genera menores desplazamientos.
- En los resultados del análisis sísmico se aprecia que la estructura presenta irregularidades por esquina entrante en ambas direcciones. Estos resultados son similares a los que encontró Guevara y Vera (2014) quienes calcularon irregularidades por esquina entrante y por torsión en su diseño del edificio de 8 niveles. Esto se debe a la presencia de grandes ductos que superan más del 20% de la longitud total en la dirección de análisis del edificio de acuerdo con la NTE E.020.
- En los resultados del diseño estructural en concreto armado se aprecia que para la cimentación fue necesario realizar el diseño de una platea. Estos resultados son diferentes a los que encontró Ticona (2018) quien calculó para su edificación una cimentación con zapatas conectadas. Esto se hace debido a que la platea de cimentación tiene un mejor control de los asentamientos y permite tener una mejor distribución de las cargas sobre el terreno.

V. CONCLUSIONES

- El levantamiento topográfico del terreno presentó un terreno relativamente llano con pendiente menor al 1% sin relieves importantes.
- El diseño arquitectónico se hizo considerando en el 1 nivel un estacionamiento del 2 nivel hacia adelante ese estableció el uso de dos departamentos por cada piso cada uno diseñado con la NTE A.010.
- El EMS se efectuó arrojando un suelo de acuerdo a la clasificación SUCS Y AASHTO, de arenal mal graduada y con una capacidad portante de 1.07 kg/cm² a una profundidad de cimentación de 1.50 m.
- El análisis sismorresistente se hizo en base a la NTE E.030 lo cual todos sus resultados en ambas direcciones de la edificación se encuentran dentro de los rangos que dicha norma específica cumpliendo con la filosofía sismorresistente.
- El diseño estructural de los elementos se realizó por medio del software Etabs y Safe, con los que se obtuvo las cuantías mínimas requeridas para su diseño y se verificó con lo estipulado en la NTE E.060.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda establecer para todos los proyectos estructurales, desde la etapa de su análisis hasta el diseño final que los resultados obtenidos sean examinados con mucho criterio basándose en el Reglamento Nacional de Edificaciones en la cual se especifica todo lo referente a las estructuras.
- Se recomienda dotar una resistencia adecuada y un proceso constructivo correcto a elementos que no son estructurales ya que estos presentan un riesgo, los cuales no tienen un comportamiento óptimo frente a sismos por ende si tienden a fallar ocasionarían la pérdida de vidas humanas por lo que no se estaría cumpliendo con la filosofía de diseño.

REFERENCIAS

- AGUIAR, Roberto. Análisis sísmico de edificios [en línea]. 1ª ed. Quito: Centro de Investigaciones Científicas, 2008. [fecha de consulta: 25 de mayo del 2019]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/EgoGuapa/anlisis-ssmico-de-edificios-dring-roberto-aguiar-falcon>
- BLANCO, Antonio. Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado [en línea]. 1ª ed. Lima: Capítulo de Ingeniería Civil, 1994. [fecha de consulta: 15 de junio del 2019]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/esmaton/estructuracion-y-diseo-de-edificaciones-de-concreto-armado-antonio-blanco-blasco>
- BLANCO, William. Diseño estructural de un edificio de vivienda de 8 pisos. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2014. Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7976>
- CHOQUEHUANCA, Kevin. Análisis y diseño estructural de una edificación en concreto armado de 6 pisos. Tesis (Ingeniero civil). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2017. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3299>
- CORTÉS, Manuel e IGLESIAS, Miriam. Generalidades sobre Metodología de la Investigación [en línea]. 1ª ed. México: Universidad Autónoma del Carmen, 2004. [fecha de consulta: 28 de junio del 2019]. Disponible en: http://www.unacar.mx/contenido/gaceta/ediciones/metodologia_investigacion.pdf
- DEL PINO, Alfredo. Diseño estructural en concreto armado de un edificio con seis pisos – Lima. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016. Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7883>
- GUEVARA, Irma y VERA, Engels. Diseño de un edificio de concreto armado de 6 pisos. Tesis (Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, 2014. Disponible en:

http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/1136/1/GUEVARA_IRMA_DISE%C3%91O_EDIFICIO_CONCRETO.pdf

- HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Collado y BAPTISTA, María. Metodología de la investigación [en línea]. 6ª ed. México: Interamericana Editores, S.A. de C.V., 2014. [fecha de consulta: 28 de junio del 2019]. Disponible en: https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf
- JIMÉNEZ, Gonzalo. Topografía para ingenieros civiles [en línea]. 1ª ed. Colombia: Universidad del Quindío, 2007. [fecha de consulta: 8 de mayo del 2019]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/castilloaroni/topografa-para-ingenieros-civiles>
- JUÁREZ, Eulalio y RICO, Alfonso. Mecánica de suelos I [en línea]. 1ª ed. México: Limusa, 2005. [fecha de consulta: 12 de mayo del 2019]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/alejandrocarrillo19/mecanica-de-suelos-juarez-badillo-15294009>
- LUNA, Diego y GARCÍA, Juan. Diseño de un edificio de Viviendas de 7 pisos. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2017. Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/11997>
- MORALES, Roberto. Diseño de concreto armado [en línea]. 1ª ed. Lima: American Concrete Institute, 2000. [fecha de consulta: 04 de julio del 2019]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/agemiler/diseo-en-concreto-armado-ing-roberto-morales-morales>
- NAVARRETE, Claudio. Metodología de Diseño Arquitectónico [en línea]. 1ª ed. Chile: Adrede, 2018. [fecha de consulta: 9 de mayo del 2019]. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/152447/Proyectacion-paralela-metodologia-de-dise%C3%B1o-arquitectonico.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- NEIRA, Patricia. Análisis y diseño estructural del edificio multifamiliar residencial la Toscana. Tesis (Ingeniero Civil). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2015. Disponible en: <http://bibliotecas.unsa.edu.pe/handle/UNSA/37>

- RAMÍREZ, José. Diseño estructural de un edificio multifamiliar de 8 pisos. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2019. Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/13530>
- ROCHEL, Roberto. Análisis y diseño sísmico de edificios [en línea]. 2ª ed. Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT, 2012. [fecha de consulta: 02 de julio del 2019]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/juantul/anlisis-y-diseo-ssmico-de-edificios-2daed-roberto-rochel-awad>
- SILGADO, Enrique. Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú [en línea]. Perú: Instituto Geológico, minero y metalúrgico, 1978. [fecha de consulta: 27 de abril del 2019]. Disponible en: <http://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/ingemmet/251>
- TAVERA, Hernando. Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en Perú [en línea]. Perú: Instituto Geofísico del Perú, 2014. [fecha de consulta: 27 de abril del 2019]. Disponible en: <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/fil20140926131431.pdf>
- TICONA, Edwin. Análisis y Diseño Estructural en concreto armado, de un edificio multifamiliar de 6 pisos, ubicado en la ciudad de Arequipa. Tesis (Ingeniero Civil). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2018. Disponible en: <http://bibliotecas.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5841>
- VIVIENDA. Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones [en línea]. Lima: Reglamento Nacional de Edificaciones, 2018. [fecha de consulta: 12 de mayo del 2019]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/222983-406-2018-vivienda>
- VIVIENDA. Norma Técnica E.020 Cargas [en línea]. Lima: Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006. [fecha de consulta: 20 de junio del 2019]. Disponible en: <http://ww3.vivienda.gob.pe/DGPRVU/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III%20Edificaciones/50%20E.020%20CARGAS.pdf>

- VIVIENDA. Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente [en línea]. Lima: Reglamento Nacional de Edificaciones, 2018. [fecha de consulta: 22 de junio del 2019]. Disponible en: <http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III%20Edificaciones/51%20E.030%20DISENO%20SISMORRESISTENTE.pdf>
- VIVIENDA. Norma Técnica E.060 Concreto Armado [en línea]. Lima: Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009. [fecha de consulta: 25 de junio del 2019]. Disponible en: http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060_CONCRETO_ARMADO.pdf

ANEXOS

ANEXO 1

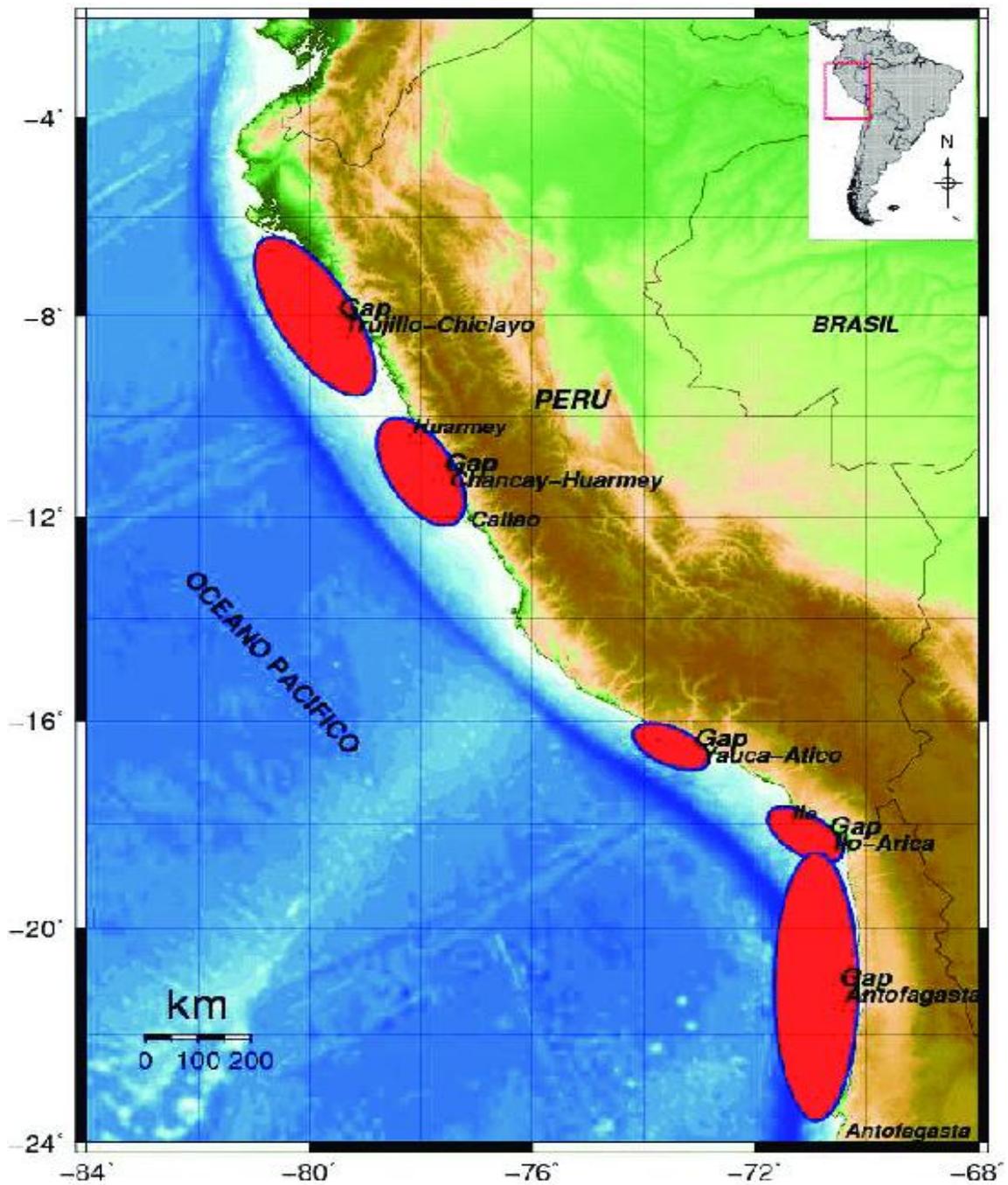


Figura 32: Mapa de los gaps sísmicos en el Perú.

ANEXO 2



Figura 33: Levantamiento topográfico.

ANEXO 3



Figura 34: Diseño arquitectónico.

ANEXO 4



Figura 35: Estudio de mecánica de suelos.

ANEXO 5

Cuadro 18: Pesos unitarios de los materiales

MATERIALES	Peso KN/m ³ (kgf/m ³)
Aislamiento de:	
Corcho	2.0(200)
Fibra de vidrio	3.0(300)
Fibrocemento	6.0(600)
Poliuretano y poliestireno	2.0(200)
Albañilería de:	
Adobe	16.0(1600)
Unidades de arcilla cocida sólidas	18.0(1800)
Unidades de arcilla cocida huecas	13.5(1350)
Concreto Simple de:	
Cascote de ladrillo	18.0(1800)
Grava	23.0(2300)
Pómez	16.0(1600)

Concreto Armado	Añadir 1.0(100)al PCS
Enlucido o Revoque de:	
Mortero de cemento	20.0(2000)
Mortero de cal y cemento	18.5(1850)
Mortero de cal	17.0(1700)
Yeso	10.0(1000)
Líquidos:	
Aceites	9.3(930)
Ácido Muriático	12.0(1200)
Ácido Nítrico	15.0(1500)
Ácido sulfúrico	18.0(1800)
Agua dulce	10.0(1000)
Agua de mar	10.3(1030)
Alcohol	8.0(800)
Gasolina	6.7(670)
Kerosene	8.7(870)
Petróleo	8.7(870)
Sosa Cáustica	17.0(1700)
Maderas:	
Coníferas	7.5(750)
Grupo A*	11.0(1100)
Grupo B*	10.0(1000)
Grupo C*	9.0(900)
*NTE E.101 Agrupamiento de Madera para Uso Estructural	
Mampostería de:	
Bloques de vidrio	10.0(1000)
Caliza	24.0(2400)
Granito	26.0(2600)
Mármol	27.0(2700)
Pómez	12.0(1200)
Materiales almacenados:	
Azúcar	7.5(750)
Basuras Domesticas	6.6(660)
Briquetas de carbón de piedra	17.5(1750)
Carbón de piedra	15.5(1550)
Cebada	6.5(650)
Cemento	14.5(1450)

Coke	12.0(1200)
Frutas	6.5(650)
Harinas	7.0(700)
Hielo	9.2(920)
Leña	6.0(600)
Lignito	12.5(1250)
Papas	7.0(700)
Papel	10.0(1000)
Pastos secos	4.0(400)
Sal	10.0(1000)
Trigo, frijoles, pallares, arroz	7.5(750)
Turba	6.0(600)
Materiales amontonados:	
Arena húmeda	18.0(1800)
Caliza molida	16.0(1600)
Carburo	9.0(900)
Coke	5.2(520)
Escorias de altos hornos	15.0(1500)
Escorias de carbón	10.0(1000)
Grava y arena secas	16.0(1600)
Nieve fresca	1.0(100)
Piedra pómez	7.0(700)
Tierra seca	16.0(1600)
Tierra saturada	18.0(1800)
Metales:	
Acero	78.5(7850)
Aluminio	27.5(2750)
Bronce	85.0(8500)
Cobre	89.0(8900)
Estaño	74.0(7400)
Fundición	72.5(7250)
Hierro dulce	78.0(7800)
Latón	85.0(8500)
Mercurio	136.0(13600)
Níquel	90.0(9000)
Plomo	114.0(11400)
Zinc	69.0(690)
Otros:	
Acrílicos	12.0(1200)

Cartón bituminado	6.0(600)	
Concreto asfáltico	24.0(2400)	
Ladrillo pastelero	16.0(1600)	
Losetas	24.0(2400)	
Teja artesanal	16.0(1600)	
Teja industrial	18.0(1800)	
Vidrios	25.0(2500)	
Losas aligeradas armadas en una sola dirección de Concreto Armado		
Con vigueta 0,10 m de ancho y 0,40 m entre ejes.		
Espesor del aligerado (m)	Espesor de losa superior en metros	Peso propio kPa(Kgf/m ²)
0.17	0.05	2.8(280)
0.20	0.05	3.0(300)
0.25	0.05	3.5(350)
0.30	0.05	4.2(420)

Fuente: NTE E.020

ANEXO 6

Cuadro 19: Cargas vivas mínimas repartidas.

OCUPACIÓN O USO	CARGAS REPARTIDAS Kpa (Kgf/m²)
Almacenaje	5,0(500) Ver 6.4
Baños	Igual a la carga principal del resto del área, sin que sea necesario que se exceda de 3,0(300)
Bibliotecas	Ver 6.4
Salas de lectura	3,0(300)
Salas de almacenaje con estantes	
Fijos(no apilables)	7,5(750)
Corredores y escaleras	4,0(400)
Centros de Educación	
Aulas	2,5(250)
Talleres	3,5(350) Ver 6.4
Auditorios, gimnasios, etc	De acuerdo a lugares de asambleas
Laboratorios	3,0(300)
Corredores y escaleras	4,0(400)
Garajes	
Para parqueo exclusivo de vehículos de pasajeros, con altura entrada menor que 2,40 m	2,5 (250)
Para otros vehículos	Ver 9.3
Hospitales	
Salas de operación, laboratorios y zonas de servicio	3,0(300)
Cuartos	2,0(200)
Corredores y escaleras	4,0(400)
Hoteles	
Cuartos	2,0(200)
Salas públicas	De acuerdo a lugares de asamblea
Almacenaje y servicios	5,0(500)
Corredores y escaleras	4,0(400)

Industria	Ver 6.4
Instituciones Penales	
Celdas y zona de habitación	2,0(200)
Zonas públicas	De acuerdo a lugares de asamblea
Corredores y escaleras	4,0(400)
Lugares de Asamblea	
Con asientos fijos	3,0(300)
Con asientos móviles	4,0(400)
Salones de baile, restaurantes, museos, gimnasios y vestíbulos de teatro y cines	4,0(400)
Graderías y tribunas	5,0(500)
Corredores y escaleras	5,0(500)
Oficinas (*)	
Exceptuando salas de archivo y computación	2,5 (250)
Salas de archivo	5,0(500)
Salas de computación	2,5 (250) Ver 6.4
Corredores y escaleras	4,0(400)
Teatros	
Vestidores	2,0(200)
Cuarto de proyección	3,0(300) Ver 6.4
Escenario	7.5 (750)
Zonas públicas	De acuerdo a lugares de asamblea
Tiendas	5,0(500) Ver 6.4
Corredores y escaleras	5,0(500)
Viviendas	2,0(200)
Corredores y escaleras	2,0(200)

Fuente: NTE E.020

ANEXO 7

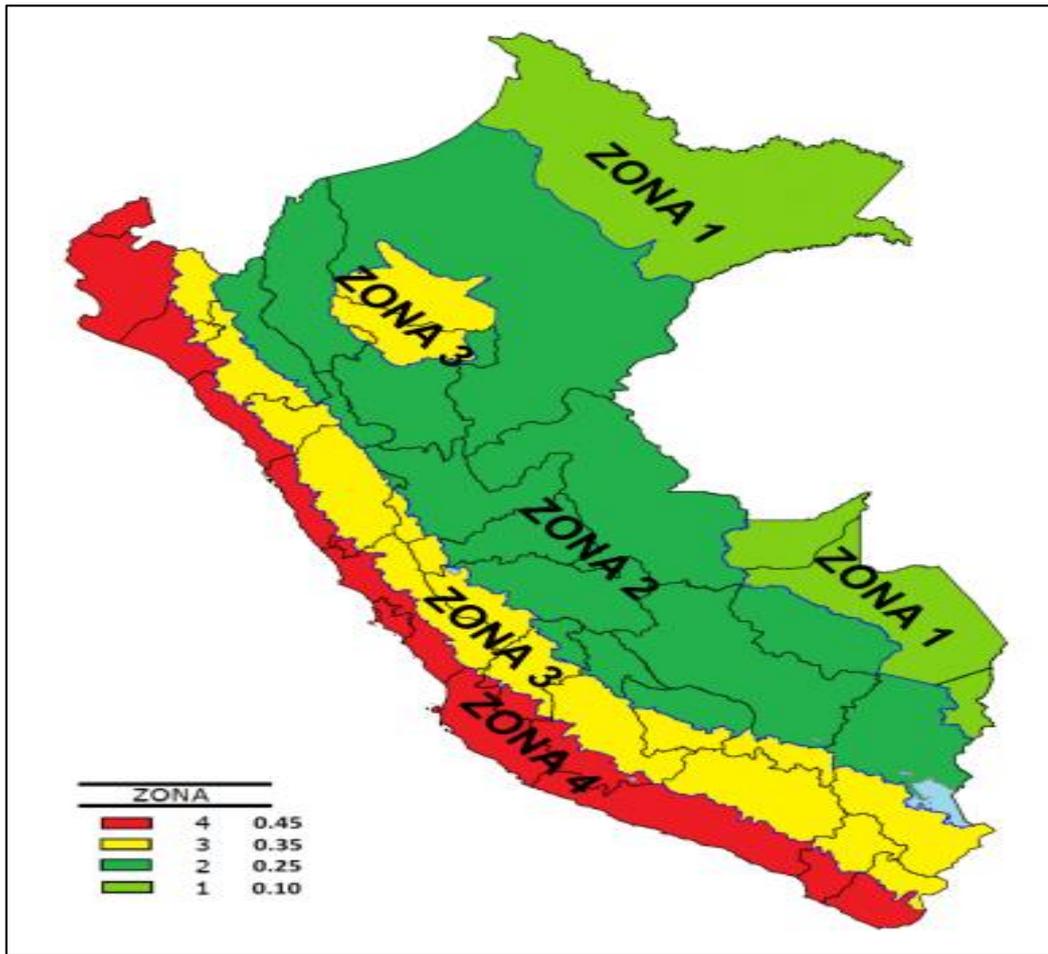


Figura 36: Mapa de zonificación sísmica del Perú.

ANEXO 8

Cuadro 20: Tipos de perfiles de suelos.

CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	\bar{V}_s	\bar{N}_{60}	\bar{S}_u
S ₀	> 1500 m/s	-	-
S ₁	500 m/s a 1500 m/s	> 50	> 100 kPa
S ₂	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S ₃	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S ₄	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: NTE E.030

ANEXO 9

Cuadro 21: Factor de suelo “S”

FACTOR DE SUELO “S”				
SUELO ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0.80	1.00	1.05	1.10
Z ₃	0.80	1.00	1.15	1.20
Z ₂	0.80	1.00	1.20	1.40
Z ₁	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: NTE E.030

ANEXO 10

Cuadro 22: Periodos “T_P” y “T_L”

PERIODOS “T_P” Y “T_L”				
	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _P (s)	0.3	0.4	0.6	1.0
T _L (s)	3.0	2.5	2.0	1.6

Fuente: NTE E.030

ANEXO 11

Cuadro 23: Categoría de Edificaciones y su factor de uso.

CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR “U”		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según ki normado por el Ministerio de salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, locales, municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad reservorios y plantas de tratamiento de agua. Todas aquellas edificaciones que puedan ser refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universales. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. Edificios que almacenen archivos e información del estado.	1,5
B Edificaciones Esenciales	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros estadios coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Fuente: NTE E.030

ANEXO 12

Cuadro 24: Categoría de las edificaciones y sistema estructural.

CATEGORÍA Y SISTEMA ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.
	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF Y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
A2 (*)	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF Y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
	1	Cualquier Sistema.
B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF Y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de madera.
	1	Cualquier sistema.
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.

Fuente: NTE E.030

ANEXO 13

Cuadro 25: Coeficiente de reducción sísmica.

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción R_0 (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

Fuente: NTE E.030

ANEXO 14

Cuadro 26: Factores de irregularidad “Ia” e “Ip”.

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor “Ia”
<p>Irregularidad de Rigidez – Piso Blando Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,4 veces el correspondiente valor en el entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,25 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.</p> <p>Irregularidades de Resistencia – Piso Débil Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	0.75
<p>Irregularidad Extrema de Rigidez Se considera que existe irregularidad extrema en la rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,6 veces el correspondiente valor del entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,4 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.</p> <p>Irregularidad Extrema de Resistencia Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	0.50
<p>Irregularidad de Masa o Peso Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el numeral 4.3, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0.90
<p>Irregularidad Geométrica Vertical La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0.90
<p>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10 % de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25 % de la correspondiente dimensión del elemento.</p>	0.80
<p>Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25% de la fuerza cortante total.</p>	0.60

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor “I _p ”
<p>Irregularidad Torsional Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental (Δ_{max}), es mayor que 1,2 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{CM}). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 12.</p>	0.75
<p>Irregularidad Torsional Extrema Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental (Δ_{CM}), es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{CM}). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 12.</p>	0.60
<p>Esquinas Entrantes La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta.</p>	0.90
<p>Discontinuidad del Diafragma La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50 % del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25 % del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.</p>	0.85
<p>Sistemas no Paralelos Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10 % de la fuerza cortante del piso.</p>	0.90

Fuente: NTE E.030

ANEXO 15

Cuadro 27: Restricciones de irregularidad

CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8m de altura total
	1	Sin restricciones

Fuente: NTE E.030

ANEXO 16

Cuadro 28: Desplazamientos laterales

LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	(Δ_i / h_{ei})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Fuente: NTE E.030

ANEXO 17



Figura 37: Levantamiento topográfico del terreno del proyecto.

ANEXO 18



Figura 38: Excavación de calicata para estudio de suelos.

ANEXO 19



Figura 39: Ensayo de penetración dinámica ligera (DPL).

ANEXO 20

Informe de resultados del estudio de suelos de suelos del laboratorio UCV.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : DISEÑO ESTRUCTURAL EN CONCRETO ARMADO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 8 NIVELES EN EL DISTRITO DE VÍCTOR LARCO HERRERA, TRUJILLO

SOLICITANTE : OBESO RAMÍREZ, CÉSAR ROMARIO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019

Calicata		Ubicación	Prof. Estrato	PROPIEDADES FÍSICAS							CLASIFICACIÓN		PROPIEDADES MECÁNICAS				
Nº	Estrato			% CH	% Finos	% Arenas	% Gravas	% LL	% LP	% IP	SUCS	AASHTO	MDS (g/cm ³)	OCH %	CBR 100%	CBR 95%	Pu (g/cm ³)
C-1	E-1	MUESTRA 1	1.65 m	25.03	6.03	93.58	0.38	27	24	3	SP-SM	A-2-4 (0)	-	-	-	-	-
C-1	E-2	MUESTRA 2	3.10 m	24.77	33.41	63.57	3.02	18	12	6	SM-SC	A-2-4 (0)	-	-	-	-	-




 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
ASTM D - 422

PROYECTO : DISEÑO ESTRUCTURAL EN CONCRETO ARMADO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 8 NIVELES EN EL DISTRITO DE VÍCTOR LARCO HERRERA, TRUJILLO

SOLICITANTE : OBESO RAMÍREZ, CÉSAR ROMARIO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

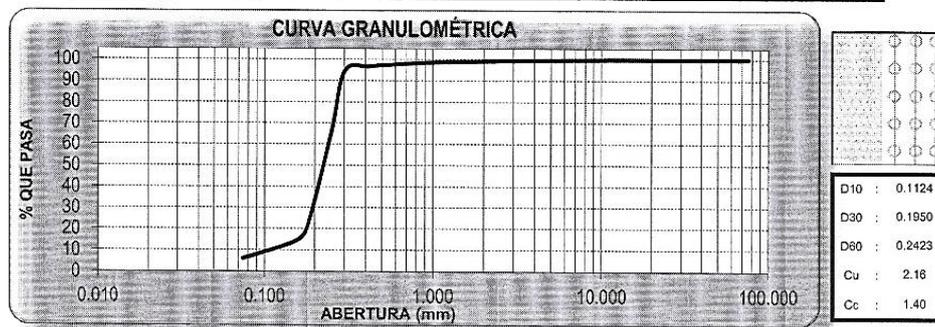
FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (ZONA 17 L / E 717624.19 / N 9114779.35)

MUESTRA : C-1 / E-1 / MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

DATOS DEL ENSAYO

Peso de muestra seca : 2000.00
 Peso de muestra seca luego de lavado : 1879.33
 Peso perdido por lavado : 120.67

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	25.03%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	Límites e Índices de Consistencia
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido : 27
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástico : 24
3/8"	9.525	1.52	0.08	0.08	99.92	Ind. Plasticidad : 3
1/4"	6.350	2.56	0.13	0.20	99.80	Clasificación de la Muestra
No4	4.750	3.56	0.18	0.38	99.62	
No8	2.360	7.47	0.37	0.76	99.24	Clas. SUCS : SP-SM
No10	2.000	2.31	0.12	0.87	99.13	Clas. AASHTO : A-2-4 (0)
No16	1.180	7.05	0.35	1.22	98.78	Descripción de la Muestra
No20	0.850	9.17	0.46	1.68	98.32	
No30	0.600	13.47	0.67	2.38	97.64	SUCS: Arena mal graduada con limo
No40	0.420	19.20	0.96	3.32	96.68	AASHTO: Grava y arena limo o arcillosa / Excelente a bueno
No60	0.300	47.54	2.38	5.69	94.31	Tiene un % de finos de = 6.03%
No80	0.250	587.90	29.40	35.09	64.91	Descripción de la Calicata
No100	0.150	131.65	6.59	86.11	13.89	
No200	0.075	157.10	7.86	93.97	6.03	C-1 : E-1
< No200		120.67	6.03	100.00	0.00	Profundidad : 0.40 m - 1.65 m
Total		2000.00	100.00			



CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D - 4318

PROYECTO : DISEÑO ESTRUCTURAL EN CONCRETO ARMADO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 8 NIVELES EN EL DISTRITO DE VÍCTOR LARCO HERRERA, TRUJILLO

SOLICITANTE : OBESO RAMÍREZ, CÉSAR ROMARIO

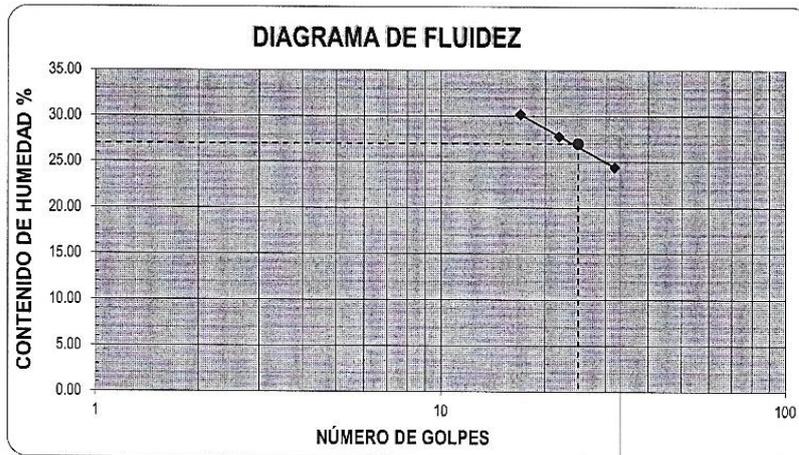
RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (ZONA 17 L / E 717624.18 / N 9114779.35)

MUESTRA : C-1 / E-1 / MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Limite Líquido			Limite Plástico	
	17	22	32	-	-
N° de golpes	17	22	32	-	-
Peso de tara (g)	50.78	51.92	51.77	51.47	52.27
Peso de tara + suelo húmedo (g)	60.09	61.35	61.66	52.19	53.54
Peso tara + suelo seco (g)	57.83	59.30	59.72	52.05	53.30
Contenido de Humedad %	30.21	27.78	24.40	24.14	23.30
Límites %	27			24	



ECUACIÓN DE LA RECTA

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$y = -9.1690 \ln(x) + 56.161$



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D - 2216

PROYECTO : DISEÑO ESTRUCTURAL EN CONCRETO ARMADO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 8 NIVELES EN EL DISTRITO DE VÍCTOR LARCO HERRERA, TRUJILLO

SOLICITANTE : OBESO RAMÍREZ, CÉSAR ROMARIO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (ZONA 17 L / E 717624.16 / N 9114779.35)

MUESTRA : C-1 / E-1 / MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

Descripción		Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)		51.81	49.79	49.50
Peso del tarro + suelo humedo (g)		142.63	140.52	137.76
Peso del tarro + suelo seco (g)		124.17	122.65	120.08
Peso del suelo seco (g)		72.36	72.86	70.58
Peso del agua (g)		18.46	17.87	17.68
% de humedad (%)		25.51	24.53	25.05
% de humedad promedio (%)		25.03		



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
ASTM D - 422

PROYECTO : DISEÑO ESTRUCTURAL EN CONCRETO ARMADO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 8 NIVELES EN EL DISTRITO DE VÍCTOR LARCO HERRERA, TRUJILLO

SOLICITANTE : OBESO RAMÍREZ, CÉSAR ROMARIO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (ZONA 17 L / E 717824.16 / N 9114779.35)

MUESTRA : C-1 / E-2 / MUESTRA 2 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

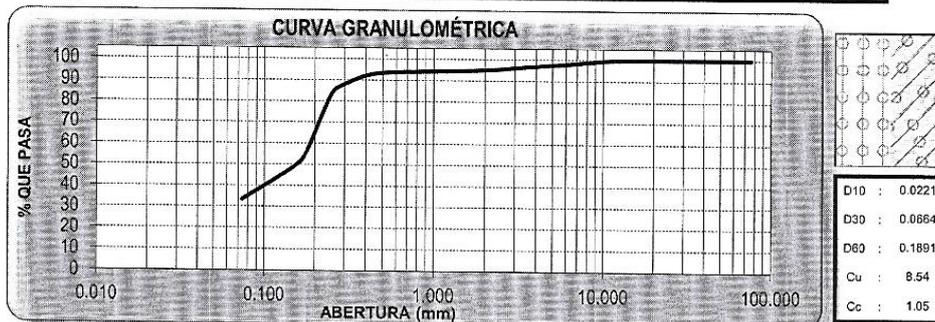
DATOS DEL ENSAYO

Peso de muestra seca : 2000.00

Peso de muestra seca luego de lavado : 1331.72

Peso perdido por lavado : 668.28

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	24.77%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	Límites e Índices de Consistencia
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido : 16
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástico : 12
1/2"	12.700	2.81	0.14	0.14	99.86	Ind. Plasticidad : 6
3/8"	9.525	10.76	0.54	0.68	99.32	Clasificación de la Muestra
1/4"	6.350	26.63	1.33	2.01	97.99	
No4	4.178	20.12	1.01	3.02	96.98	Clas. SUCS : SM-SC
No8	2.360	33.96	1.70	4.71	95.29	Clas. AASHTO : A-2-4 (0)
No10	2.000	5.39	0.27	4.98	95.02	Descripción de la Muestra
No16	1.180	12.55	0.63	5.61	94.39	
No20	0.850	5.55	0.28	5.89	94.11	SUCS: Arena fino - arcillosa
No30	0.600	6.55	0.33	6.22	93.78	AASHTO: Grava y arena limo o arcillosa / Excelente a bueno
No40	0.420	24.93	1.25	7.46	92.54	
No50	0.300	89.73	4.49	11.95	88.05	Tiene un % de finos de = 33.41%
No60	0.250	97.01	4.85	16.80	83.20	
No80	0.180	533.50	26.68	43.48	56.53	Descripción de la Calicata
No100	0.150	151.59	7.58	51.05	48.95	
No200	0.074	310.63	15.53	66.59	33.41	C-1 : E-2
< No200		668.28	33.41	100.00	0.00	Profundidad : 1.65 m - 3.10 m
Total		2000.00	100.00			



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211974
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D - 4318

PROYECTO : DISEÑO ESTRUCTURAL EN CONCRETO ARMADO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 8 NIVELES EN EL DISTRITO DE VÍCTOR LARCO HERRERA, TRUJILLO

SOLICITANTE : OBESO RAMÍREZ, CÉSAR ROMARIO

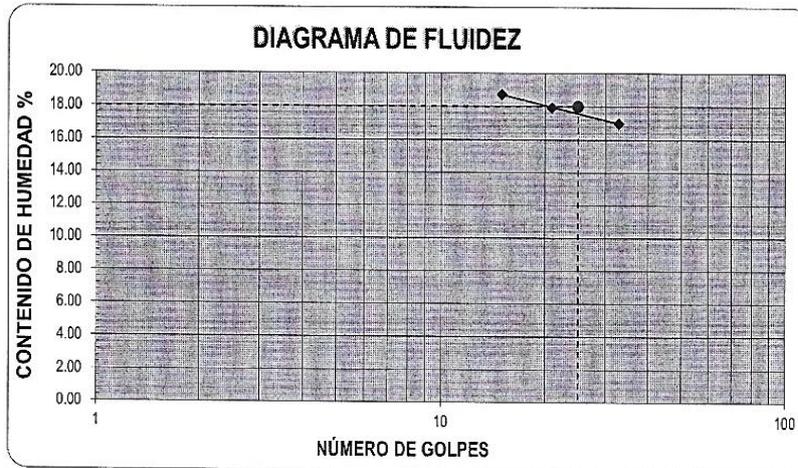
RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (ZONA 17 L / E 717624.16 / N 9114779.35)

MUESTRA : C-1 / E-2 / MUESTRA 2 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Limite Líquido			Limite Plástico	
	15	21	33	-	-
N° de golpes					
Peso de tara (g)	54.89	50.32	50.20	52.22	48.06
Peso de tara + suelo húmedo (g)	64.21	60.78	59.57	53.68	50.36
Peso tara + suelo seco (g)	62.74	59.19	58.21	53.52	50.21
Contenido de Humedad %	18.73	17.93	16.98	12.31	12.00
Limites %	18			12	



ECUACIÓN DE LA RECTA

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$y = -2.2090 \ln(x) + 24.688$



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D - 2216**

PROYECTO : DISEÑO ESTRUCTURAL EN CONCRETO ARMADO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 8 NIVELES EN EL DISTRITO DE VÍCTOR LARCO HERRERA, TRUJILLO

SOLICITANTE : OBESO RAMÍREZ, CÉSAR ROMARIO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (ZONA 17 L / E 717624.16 / N 9114779.35)

MUESTRA : C-1 / E-2 / MUESTRA 2 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	50.59	49.02	51.66
Peso del tarro + suelo humedo (g)	213.80	221.06	224.78
Peso del tarro + suelo seco (g)	181.26	187.03	190.43
Peso del suelo seco (g)	130.67	138.01	138.77
Peso del agua (g)	32.54	34.03	34.35
% de humedad (%)	24.90	24.66	24.75
% de humedad promedio (%)	24.77		

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mezclas de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

ANEXO 21

Informe de resultados del estudio de suelos del laboratorio INGEOMA.

REGISTRO DE SONDAJE						
					PERFORACION : DPL-01	
PROYECTO : "DISEÑO ESTRUCTURAL EN CONCRETO ARMADO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 8 NIVELES EN EL DISTRITO DE VICTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO"			RESPONS. : CESAR R. OBESO RAMIREZ			
			REVISADO : Ing. Roberto C. Salazar A.			
UBICACIÓN : MZ. "B" LOTE 16. PI LOS ROSALES DE SAN LUIS PARTE ALTA - TR			PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 3.70			
FECHA PERF : oct-19			PROF. NIVEL FREATICO (m) : 0.00			
PROF. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	S U C S	CORRELACIONES			ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA LIGERA N _{dpl} = N° de golpes / 10 cm
			N SPT	φ (°) suelo friccionante	c (kg/cm ²) suelo cohesivo	
0.00	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD Y LIMOS ARCILLOSOS. SUELO DE COLOR MARRON CLARO	CB				
1.00						
1.20	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD Y LIMOS ARCILLOSOS. SUELO DE COLOR MARRON OSCURO	CM				
2.00						
3.00	ARENA UNIFORME	SP	8	27.6	-	
			10	29.1	-	
			28	38.7	-	
4.00						
5.00						
5.50	NOTA: RECHAZO DEL SUELO					
6.00						
7.00						
8.00						

OBSERVACIONES : Se paró el ensayo al contacto con una piedra, 50 golpes para el 1.00 m, 50 golpes para el 1.20 m, 50 golpes para el 3.70 m.


Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
 R. C. 181211

Página 1/1

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
 Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 TEL.: 044 601374 email: ingeoma_sac@outlook.es  ingeoma_sac

ANÁLISIS DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES (CONSIDERANDO PLATEA DE CIMENTACION)

"DISEÑO ESTRUCTURAL EN CONCRETO ARMADO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 8 NIVELES EN EL DISTRITO DE VICTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO"

CALICATA N° 1 - ESTRATO 2 / PROFUND. 0.60

FECHA: OCT. 2019

CAPACIDAD DE CARGA
(Terzaghi 1943 y modificado por Vesic 1975)
 $q_u = c N_c S_c + q N_q S_q + \frac{\gamma B}{2} N_\gamma S_\gamma$

ASENTAMIENTO INICIAL
Teoría Elástica
 $S = C_s q B \left(\frac{1-v^2}{E_s} \right)$

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA
 $N_c = \cot \phi (N_q - 1)$

FACTORES DE FORMA (Vesic)
 $S_c = 1 + \frac{B N_q}{L N_c}$

$N_q = e^{c \tan \phi} \tan^2 \left(\frac{1}{4} \pi + \frac{1}{2} \phi \right)$

$S_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi$

$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$

$S_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L} \quad >= 0.6$

Peso unitario suelo encima NNF	$\gamma =$	1.000 ton/m3	Relación de Poisson	$\nu =$	0.25
Peso unitario suelo debajo NNF	$\gamma' =$	1.100 ton/m3	Módulo de elasticidad del suelo	$E_s =$	300.00 kg/cm2
Profundidad de cimentación (ZAPATA)		1.50 m	Factor de forma y rigidez cimentación corrida	$C_s =$	254.00 cm/m
Factor de seguridad		3.00	Factor de forma y rigidez cimentación cuadrada	$C_s =$	112.00 cm/m
Prof. cimiento corrido (ingresar dato, si hay)		0.90	Factor de forma y rigidez cimentación rectangular	$C_s =$	153.00 cm/m

Sobrecarga en la base de la cimentación $q = \gamma D = 1.50 \text{ ton/m}^2$
Sobrecarga en la base del cimiento corrido $q = \gamma D = 0.90 \text{ ton/m}^2$

Considerando Falla Local por Corte

Angulo de fricción ϕ	cohesión c (kg/cm2)	N_c	N_q	N_γ (Vesic)	N_q/N_c	Tan ϕ
24.00	0.017	19.324	9.603	9.442	0.497	0.445

B= Ancho de la cimentación
L= Longitud de cimentación

CIMENTACION CORRIDA		S_c	S_q	S_γ	q_u (kg/cm2)	q_{ad} (kg/cm2)	S (cm)
B (m)	L (m)						
0.40		1.00	1.00	1.00	1.40	0.47	0.15
0.50		1.00	1.00	1.00	1.45	0.48	0.19
0.60		1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	0.24
0.80		1.00	1.00	1.00	1.61	0.54	0.34
1.00		1.00	1.00	1.00	1.71	0.57	0.45

CIMENTACION CUADRADA		S_c	S_q	S_γ	q_u (kg/cm2)	q_{ad} (kg/cm2)	S (cm)
B (m)	L (m)						
2.00	2.00	1.50	1.45	0.60	3.20	1.07	0.75
4.00	4.00	1.50	1.45	0.60	3.82	1.27	1.78
6.00	6.00	1.50	1.45	0.60	4.44	1.48	3.11
8.00	8.00	1.50	1.45	0.60	5.07	1.69	4.73
10.00	3.00	2.66	2.48	0.60	7.57	2.52	8.83

CIMENTACION RECTANGULAR (PLATEA DE CIMENTACION)		S_c	S_q	S_γ	q_u (kg/cm2)	q_{ad} (kg/cm2)	S (cm)
B (m)	L (m)						
4.00	8.00	1.25	1.22	0.80	3.83	1.28	2.44
6.00	12.00	1.25	1.22	0.80	4.66	1.55	4.46
8.00	16.00	1.25	1.22	0.80	5.49	1.83	7.01
14.00	20.00	1.35	1.31	0.72	7.57	2.52	16.88

Se puede considerar como valor único de diseño:

$q_{admisible} = 2.52 \text{ kg/cm}^2$
 $q_{admisible} = 25.22 \text{ tn/m}^2$
CARGA ADMISIBLE BRUTA
 $Q = 151.34 \text{ tn/m}$
 $S = 7.01 \text{ cm}$

CARACTERISTICAS FISICAS DEL SUELO			
SUCS	:	ARCILLA Y LIMO	
AASHTO	:		
COLOR	ϕ	c (kg/cm2)	P.u. (tn/m2)
HARRÓN OSCURO	24.00	0.017	1.100

INGEOMA
Ing. Ruberto Carlos Salazar Alcalde
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
R.C.P. 181231

DIRECCIÓN: Mz. I Bloque "D" DPTO 101 Urb. Vista Hermosa - Trujillo
Av. Prolong. Juan Pablo II

CEL: 948461203 TEL.: 044 601374

email: ingeoma_sac@outlook.es

 ingeoma_sac