



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN SISMO RESISTENTE DE UNA VIVIENDA DE DOS
PLANTAS DE HORMIGÓN ARMADO UBICADA EN LA CIUDAD DE
MACHALA.

QUEZADA RODRIGUEZ JEFFERSON DIEGO
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN SISMO RESISTENTE DE UNA VIVIENDA DE DOS
PLANTAS DE HORMIGÓN ARMADO UBICADA EN LA CIUDAD
DE MACHALA.

QUEZADA RODRIGUEZ JEFFERSON DIEGO
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

EVALUACIÓN SISMO RESISTENTE DE UNA VIVIENDA DE DOS PLANTAS DE
HORMIGÓN ARMADO UBICADA EN LA CIUDAD DE MACHALA.

QUEZADA RODRIGUEZ JEFFERSON DIEGO
INGENIERO CIVIL

ZARATE ENCALADA JOSE MARCELO

MACHALA, 20 DE SEPTIEMBRE DE 2021

MACHALA
20 de septiembre de 2021

JEFFERSON-TURNITIN

por JEFFERSON QUEZADA RODRIGUEZ

Fecha de entrega: 04-ago-2021 11:31a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1627721899

Nombre del archivo: QUEZA_JEFFERSON-TURNITIN.pdf (685.75K)

Total de palabras: 3285

Total de caracteres: 16947

JEFFERSON-TURNITIN

INFORME DE ORIGINALIDAD

7%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Escuela Politecnica Nacional	1%
	Trabajo del estudiante	
2	Submitted to Universidad Técnica de Machala	1%
	Trabajo del estudiante	
3	dspace.uazuay.edu.ec	1%
	Fuente de Internet	
4	repositorio.uta.edu.ec	1%
	Fuente de Internet	
5	worldwidescience.org	1%
	Fuente de Internet	
6	en.calameo.com	<1%
	Fuente de Internet	
7	gk.city	<1%
	Fuente de Internet	
8	www.habitatyvivienda.gob.ec	<1%
	Fuente de Internet	
9	1library.co	<1%
	Fuente de Internet	

10 bioingenieros.com <1 %
Fuente de Internet

11 pt.scribd.com <1 %
Fuente de Internet

12 alicewalkersgarden.com <1 %
Fuente de Internet

13 repositorio.ucv.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

14 www.ahoranews.com <1 %
Fuente de Internet

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

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

El que suscribe, QUEZADA RODRIGUEZ JEFFERSON DIEGO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Evaluación sismo resistente de una vivienda de dos plantas de hormigón armado ubicada en la ciudad de Machala., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

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

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

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

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

Machala, 20 de septiembre de 2021



QUEZADA RODRIGUEZ JEFFERSON DIEGO
1900658830

AGRADECIMIENTO

Ante la culminación del presente trabajo, Agradezco a Dios por brindarme salud y la fuerza suficiente para culminar este trabajo.

A mis padres que siempre me brindaron su apoyo incondicional para que yo pueda culminar esta meta, de la misma manera mis tíos que me supieron fomentar de buenos consejos y siempre estuvieron apoyándome para cumplir esta meta.

A mis hermanos que siempre estuvieron brindándome su apoyo para que siga adelante.

A mis amigos y compañeros que siempre me brindaron su apoyo y compañerismo durante el todo el proceso.

Y como no a todos quienes hacen la Universidad Técnica de Machala, docentes, personal administrativo y de servicio por abrirme las puertas y permitirme ser parte de esta comunidad universitaria.

RESUMEN

El presente proyecto plantea la evaluación estructural de una vivienda existente de hormigón armado de dos niveles, la misma que se encuentra ubicada en la ciudad de Machala. Para lograr este objetivo iniciamos con la obtención de planos, que permitirán identificar las variables físicas del estado actual, seguido por la modelación de la estructura en ETABS y procesos manuales.

Finalmente, se hizo análisis estructural que en base a la NEC_SE_HM (Estructuras de hormigón armado) y NEC_SE_DS (Diseño sísmico), verificando así el cumplimiento de las especificaciones mínimas establecidas, tanto en dimensiones mínimas de los elementos, calidad de los materiales, características de hormigón y del acero de refuerzo. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, debido a que la estructura si cumple con las especificaciones mínimas proporcionando seguridad a los habitantes de la vivienda ante un evento sísmico.

Palabras claves: Evaluación, vivienda, hormigón armado, sismorresistente.

ABSTRACT

This project proposes the structural evaluation of an existing two-level reinforced concrete house located in Machala city. To achieve the main objective we start getting the plans that will allow us to identify the physical variables of the current condition, followed by the structure modeling in ETABS and manual processes.

At last, we made a structural analysis based on the NEC_SE_HM (Reinforced concrete structures) and NEC_SE_DS (Seismic design) verifying this way, the accomplishment with the minimum specifications established in elements minimum dimensions, quality of materials, concrete and reinforcing steel characteristics. The results obtained were successfully, due to the structures perform the minimum specifications, providing security to the house occupants in front of a possible seismic event.

Keywords: Evaluation, housing, reinforcing concrete, earthquake resistant.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	i
RESUMEN	ii
ABSTRACT	iii
ÍNDICE	4
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	6
ÍNDICE DE TABLAS	6
1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1 Ubicación.....	8
1.2 Objetivo General	8
1.3 Objetivos Específicos.....	8
2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Sismo.....	9
2.2 Temblor	9
2.3 Terremoto.....	9
2.5 Vulnerabilidad	9
2.6 Hormigón Armado	9
2.7 Propiedades mecánicas del Hormigón Armado.....	9
2.7.1 Resistencia a la compresión	10
2.7.2 Resistencia a la tracción	10
2.8 Cargas.....	10
2.9 Vivienda sismorresistente	10
2.10 Características de una vivienda sismorresistente.....	10
2.10.1 Calidad del suelo	10
2.10.2 Diseño estructural	11
2.10.3 Calidad de materiales	11
2.10.4 Proceso constructivo.....	11
2.10.5 Mantenimiento de la infraestructura.	11
2.10 Norma ecuatoriana de construcción.....	12
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
4. DESARROLLO	14
4.1 Descripción del sistema estructural actual	14
4.2 Dimensiones de los elementos estructurales.....	14
4.3 Cargas.....	14
4.3.1 Carga Muerta.....	15
4.3.2 Carga Viva.....	15
4.4 Combinaciones de Carga	15

4.5	Espectro de diseño	16
4.6	Modelado de la estructura	16
4.7	Periodo de la estructura.....	16
4.8	Cortante basal.....	16
4.9	Torsión	16
4.9	Deriva estructural	17
4.10.1	Deriva en el eje X.....	17
4.10.2	Deriva en el eje Y.....	17
4.11	Cimentación.....	18
4.12	Losa.....	18
4.13	Cuadro de resumen.....	19
5	CONCLUSIONES.....	20
6	RECOMENDACIONES	21
7	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS.....	22
8	ANEXOS.....	24
8.1	ANEXO A. PLANOS ARQUITECTÓNICOS.....	24
8.2	ANEXO B. MODELACIÓN DE ESTRUCTURA EN ETABS	26
8.3	ANEXO C. RESUMEN DE CARGA MUERTA	27
8.4	ANEXO D. DISTRIBUCIÓN DE CARGAS EN LA LOSA.....	29
8.5	ANEXO E. CARGAS PUNTUALES EN LAS COLUMNAS PA.....	31
8.6	ANEXO F. ESPECTRO DE DISEÑO	33
8.7	ANEXO G. CORTANTE BASAL DE DISEÑO.....	34
8.8	ANEXO H. TABLA DE RESULTADOS DE ETABS.....	34
8.9	ANEXO I. GRÁFICA DE LA DERIVA EN EL EJE X (ETABS)	35
8.10	ANEXO J. GRÁFICA DE LA DERIVA EN EL EJE Y (ETABS)	36
8.11	ANEXO K. DISEÑO DE ZAPATA CENTRAL.....	37
8.12	ANEXO L. DISEÑO DE LOSA NERVADA.....	38
8.13	ANEXO M. RELACIÓN D/C.....	39
8.14	ANEXO N. FOTOGRAFÍAS	40

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación de la vivienda	8
---	---

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dimensiones de los elementos estructurales reales	14
Tabla 2. Cargas permanentes	15
Tabla 3. Cargas variables.....	15
Tabla 4. Combos de diseño.....	15
Tabla 5. Determinación del Periodo. (VER ANEXO F y H)	16
Tabla 6. Tabla de resumen de la cimentación	18
Tabla 7. Cuadro de comparación. (VER ANEXO M)	19

1. INTRODUCCIÓN

Un sismo es un evento natural que afecta a la humanidad, y ha causado la pérdida de vidas y la destrucción de obras civiles a lo largo del tiempo. No obstante, aquellas construcciones han sido proyectadas y de esta manera han perdurado a diversos desastres naturales e incluso guerras. Todo esto se debe a su dureza, a su estructura y resistencia, preservando así el arte, la cultura e historia de la humanidad.

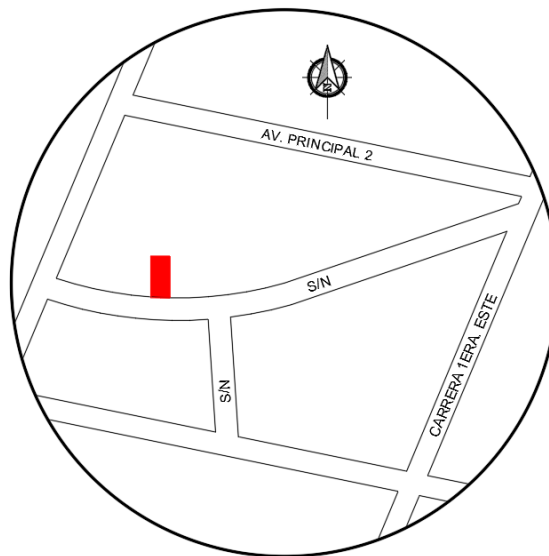
El número de volcanes existentes en el Ecuador no es exacto, según el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IGEPN) ha contabilizado 98 volcanes, de estos 31 se encuentran activos, potencialmente activos y en erupción. Todo eso por formar parte del Cinturón de Fuego del Pacífico, por esta razón su alta actividad sísmica, provocando eventos como el del 31 de Enero de 1906 suscitado en la provincia de Esmeraldas, el mismo que alcanzado una magnitud de 8.8(escala Richter), ubicándolo entre los 10 sismos más fuertes de la historia [1].

El sismo ocurrido el 16 de abril 2016, de magnitud de 7.8 (escala Richter), cuyo epicentro fue la provincia de Manabí, dejó 670 fallecidos y miles de afectados[2]. Donde se evidenció los problemas existentes en el diseño sismorresistente de las infraestructuras y el incumplimiento de las normas y especificaciones técnicas de la construcción en el Ecuador.

En el presente trabajo se realizará la evaluación estructural de una vivienda de dos plantas de hormigón armado, ubicada en Machala, verificando el cumplimiento de especificaciones y normas de construcción vigentes.

1.1 Ubicación

Ilustración 1. Ubicación de la vivienda



Fuente: Elaborado por el Autor

La vivienda que será analizada en el presente trabajo está ubicada en el Barrio Nuevo Pilo de la Ciudad de Machala Provincia de El Oro.

1.2 Objetivo General

Evaluar una vivienda de dos plantas de hormigón armado siguiendo la directriz de la NEC_SE_HM (Estructuras de hormigón armado), comprobando que el diseño actual cumpla con las especificaciones técnicas y normativa vigente.

1.3 Objetivos Específicos

- Identificar variables físicas del estado actual de la vivienda a través de los planos obtenidos.
- Analizar el diseño estructural existente de la vivienda, según lo estipulado por la normativa actual NEC_SE_HM (Estructuras de hormigón armado).
- Determinar el cumplimiento de la normativa de construcción existente para la estructura en análisis, garantizando su funcionalidad y vida útil.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Sismo

Es un fenómeno natural que consiste en el movimiento brusco y repentino de tierra(corteza y manto), como consecuencia de la liberación de energía que se encuentra acumulada durante un lapso de tiempo[3].

2.2 Temblor

Un temblor es un sismo de menor intensidad, es decir que este evento no provoca daños severos a diferencia de un terremoto.

2.3 Terremoto

Un terremoto es un sismo en mayor intensidad, originado por la liberación de energía, debido al movimiento de las placas tectónicas, provocando violentos movimientos en la tierra dejando serios daños a las construcciones, heridos, víctimas mortales, etc. e indirectamente epidemias, tsunamis y afectaciones económicas.

Durante el siglo XX, se promedia que cada terremoto deja 2 052 personas fallecidas[4].

2.5 Vulnerabilidad

Es el parámetro que indica la probabilidad de que una obra civil se vea afectada por un evento sísmico. Este es medido por el daño causado a la construcción por el sismo. Esto dependerá del tipo de construcción y de la degradación de la infraestructura [5].

2.6 Hormigón Armado

Es la combinación de materiales como arena, grava, agua y cemento, eso acompañado de una armadura de acero. Esta mezcla debe cumplir con todas las especificaciones mínimas y normas vigentes para la construcción de elementos estructurales, los mismos que cumplan con su vida útil [6].

2.7 Propiedades mecánicas del Hormigón Armado

El hormigón se caracteriza por su alta resistencia al esfuerzo de compresión y a su baja resistencia a esfuerzos de tracción, aunque esta última está directamente relacionada con el acero de refuerzo[7].

2.7.1 Resistencia a la compresión

Propiedad esencial, por lo que la mezcla de concreto deberá ser verificada, según la norma NEC-SE-HM la resistencia mínima que debe cumplir es de $f'c=21$ MPA[8].

2.7.2 Resistencia a la tracción

La resistencia a tracción es realmente baja, por lo que su valor es considerado nulo en los cálculos estructurales. Este valor no es obtenido de manera directa, sino a través del ensayo a flexión, el mismo que determina el módulo de rotura y de igual modo la resistencia a tracción constituye el 10% de la resistencia a compresión[9].

2.8 Cargas

Una carga es aquella fuerza que afecta a la estructura, en otras palabras, la estructura será diseñada y construida para soportar todas las operaciones, además de cumplir con su vida útil y con su funcionalidad.

Se clasifican en función a su área de acción (Cargas puntuales, lineales y superficiales) y en función a su permanencia (Carga viva, muerta, accidental y otras sollicitaciones)[10].

2.9 Vivienda sismorresistente

Es aquella vivienda capaz de soportar los efectos que ocasionan los sismos. Por lo que esta es diseñada y construida con dimensiones correctas de todos sus elementos, así también la resistencia de los materiales y así cumpla con las especificaciones y normativas vigentes.

El objetivo de las construcciones sismorresistentes es proteger tanto la vida como los bienes de las personas que la habitan [11], de modo que en el proceso de evacuación durante el evento no existirá peligro. Además de garantizar que no colapse la estructura ante el sismo de diseño. Tiene una probabilidad del 10% en 50 años de ser excedido[12].

2.10 Características de una vivienda sismorresistente

Deben considerarse ciertos detalles constructivos, esto permitirá contar con una estructura confiable y resistente frente desastres naturales y eventos sísmicos[13].

2.10.1 Calidad del suelo

Es indispensable tener conocimiento del suelo que va a soportar la edificación, por lo que es necesario realizar estudios geotécnicos del lugar a construir, ya que debe contar

con buena capacidad portante. El estudio permitirá el diseño adecuado de la cimentación (como zapatas, losa continua, pilotes, etc.).

2.10.2 Diseño estructural

Para que una estructura sea capaz de soportar todas las fuerzas estáticas y dinámicas, por lo que esta debe ser sólida, simétrica y uniforme. Ya que cambios repentinos en como secciones de los elementos y voladizos excesivos provocan torsiones y deformaciones causando afectaciones graves e incluso el colapso del edificio[13]. Por ello el diseño debe tener un equilibrio para que la estructura absorba los esfuerzos de compresión, tracción y flexión.

2.10.3 Calidad de materiales

La calidad es aquella condición o condiciones inherentes que un material debe cumplir[14].

Los materiales por utilizar deberán ser de buena calidad y contarán con certificados de calidad, garantizando la vida útil de la estructura, además del cumplimiento de las condiciones de diseño, especificaciones técnicas y normativas vigentes. Ya que materiales frágiles no absorberán la energía generada en un evento sísmico.

Los materiales serán evaluados y verificados con el Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE) y la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN)[8].

2.10.4 Proceso constructivo

El proceso constructivo es fundamental, ya que el uso correcto de los materiales evitará el riesgo de la vida útil de la vivienda, por lo que este proceso deberá cumplir con especificaciones mínimas y la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC). Esto será fiscalizado por el ingeniero residente de obra que velará por el cumplimiento de todas las especificaciones técnicas.

2.10.5 Mantenimiento de la infraestructura.

El mantenimiento es una de las fases que menos importancia se le da a la infraestructura ya construida. Por lo que el propietario es el responsable en garantizar el funcionamiento y habitabilidad óptima de la misma[13]. Mantenimientos cómo corregir fugas tanto internas como externas, restauración de muros y techos, entre otros.

2.10 Norma ecuatoriana de construcción

En Ecuador el sector de la construcción rige la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), “la misma que fue elaborada bajo parámetros de calidad y seguridad internacional”[15]. Y esta se clasifica en tres ejes: seguridad estructural (NEC-SE), habitabilidad y salud (NEC-HS) y servicios básicos (NEC-SB).

El capítulo de Estructuras de Hormigón Armado (NEC-SE-HM) contiene criterios para el análisis y dimensionamiento de los elementos estructurales, donde detalla requerimientos mínimos, normas y especificaciones técnicas para el diseño de una estructura[8].

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A consecuencia de catástrofes sísmicas que han golpeado a la zona costera del Ecuador en los últimos años, el terremoto del 16 de abril del 2016 ocurrido en Pedernales fue uno de los más fuertes que se ha sentido en el País durante la última década dejando como resultado consecuencias desastrosas en las edificaciones como también pérdidas humanas. Del mismo modo la ciudad de Machala se vio afectada ante el evento sísmico, quedando en evidencia el incumplimiento de las normas de construcción.

Por esta razón, se planea evaluar una vivienda de dos niveles ubicada en el Barrio Nuevo Pilo de la Ciudad de Machala, la misma que fue construida hace 1 año. Los cambios realizados en el proceso constructivo son visibles tanto en la parte estructural y arquitectónica, con respecto al diseño original, dichas modificaciones pueden contribuir a la vulnerabilidad de la estructura frente a un sismo. Se valorará la estructura real verificando el cumplimiento de la normativa actual para evitar posibles daños futuros que puedan ocurrir ante la presencia de un evento sísmico.

4. DESARROLLO

4.1 Descripción del sistema estructural actual

La vivienda seleccionada para desarrollar el análisis estructural presenta cambios arquitectónicos y estructurales con respecto a los planos originales propuesto por el arquitecto para la estructura real construida, la misma que cuenta con un sistema estructural compuesto por vigas y columnas con una losa nervada de entrepiso.

La edificación está constituida de un sistema de tres ejes en la dirección X (2,3 y 4) y tres ejes en la dirección Y (B, C y D), la planta alta cuenta con volados en todo el perímetro, siendo el voladizo frontal un balcón. La configuración de las columnas termina en la planta alta, ayudada de un poste metálico para unir y soportar la cubierta de la vivienda. (VER EL ANEXO A)

4.2 Dimensiones de los elementos estructurales

Las dimensiones de los principales elementos que componen la estructura en análisis tienen las siguientes:

Tabla 1. Dimensiones de los elementos estructurales reales

Elemento	Nivel	Estructura Real
Columnas de hormigón armado	PB	(30x30)cm
	PA	(25x25)cm
Vigas de hormigón armado	X	(30x20)cm
	Y	(30x20)cm
losa nervada	espesor	20 cm

Fuente: Elaborado por el autor

4.3 Cargas

Para realizar el análisis se realizó una visita a la vivienda objeto del estudio, de esta manera se evidenció y levantó toda la información necesaria para la correspondiente evaluación. En la inspección realizada se observó la presencia de cargas permanentes (carga muerta), mampostería que está compuesta la vivienda, así también de algunos acabados internos y externos de calidad media, mientras que las cargas variables (carga viva) responden a viviendas unifamiliares y familiares.

4.3.1 Carga Muerta

Las cargas permanentes son todos aquellos pesos que actúan en una estructura de manera permanente, estos pueden ser elementos estructurales como: columnas, vigas, muros, arriostramientos, acabados, instalaciones eléctricas, sanitarias, mecánicas y otros instrumentales que actúen con permanencia en la estructura.(VER ANEXO C y D)

Tabla 2. Cargas permanentes

CARGA MUERTA		
Planta alta	392,951	Kg/m ²
Cubierta	17,225	Kg/m ²
Escalera	141,49	Kg/m ²

Fuente: Elaborado por el autor

4.3.2 Carga Viva

También conocidas como cargas variables, su carga dependerá del uso que se le va a dar a la edificación y están compuestas por el peso de personas, equipos y de más adjuntos que pueden ser temporales durante el tiempo que se ocupe el espacio. (VER ANEXO C y D)

Tabla 3. Cargas variables

CARGA VIVA		
Balcones	489,463	Kg/m ²
Cubierta	17,230	Kg/m ²
Escalera	141,490	Kg/m ²
Vivienda	203,943	Kg/m ³

Fuente: NEC-SE-CG

4.4 Combinaciones de Carga

Tabla 4. Combos de diseño

COMBINACIONES DE CARGA	
Combinación 1	$U = 1,4D$
Combinación 2	$U = 1,2D + 1,6L + 0,5 \max (L; S; D)$
Combinación 3	$U = 1,2D + 1,6 \max (L; S; D) + \max (L; 0,5W)$
Combinación 4	$U = 1,2D + 1,0W + L + 0,5 \max (L; S; D)$
Combinación 5	$U = 1,2D + 1,0E + L + 0,2S$
Combinación 6	$U = 0,9D + 1,0W$
Combinación 7	$U = 0,9D + 1,0E$

Fuente: NEC-SE-CG

4.5 Espectro de diseño

Para la determinación del espectro de diseño en aceleraciones se han utilizado los parámetros que presenta la NEC-SE-DS de acuerdo con la zonificación y tipo de suelo de donde se encuentre ubicada la vivienda. El **ANEXO F** detalla cada uno de los parámetros estipulados en la normativa antes mencionada.

4.6 Modelado de la estructura

La modelación de la estructura en análisis se realizó en el software ETABS 2018, los datos externos como dimensiones de elementos, acabados y entre otros fueron obtenidos in situ, mientras que los detalles estructurales como son; cantidades de acero, resistencia de materiales y resistencia del hormigón, fueron obtenidos del diseño propuesto, información proporcionada por el propietario. (VER ANEXO B)

4.7 Periodo de la estructura

El periodo de vibración de la estructura fue obtenido por dos métodos, el primero en base a las fórmulas establecidas en la NEC-SE-DS y el segundo por medio del software ETABS.

Tabla 5. Determinación del Periodo. (VER ANEXO F y H)

PERIODO			Verificación NEC-SE-DS $T_{M-2} \leq 1,30 * T$	
Método 1	0,27	segundos	0,351	No cumple
Metodo 2	0,371	segundos		

Fuente: Elaborado por el autor

4.8 Cortante basal

La cortante basal de la estructura es de 7.72 Ton, se encuentra distribuida en cada uno de los niveles:

- Piso 1= 4.86 Ton
- Piso 2= 2.86 Ton

(VER ANEXO G)

4.9 Torsión

El fenómeno de torsión se presenta en los primeros modales de la estructura son:

- RZ1=0.1373
- RZ2=0.3717

(VER ANEXO H)

4.9 Deriva estructural

El desplazamiento lateral de un piso en particular es por la acción de una fuerza horizontal con respecto al piso consecutivo, el mismo que se ha medido en dos puntos ubicados en la misma línea vertical de la estructura. Para su cálculo se restará el desplazamiento del extremo superior con el desplazamiento del extremo inferior del piso. La deriva de la estructura se encuentra en los dos ejes[16].

4.10.1 Deriva en el eje X

El valor de la deriva se obtuvo directamente del software ETABS, siendo este elástico, debido a que se ingresó un espectro de diseño inelástico, obteniendo así la deriva inelástica por medio de la siguiente ecuación.

$$\Delta_e = 0.003053$$

$$\Delta_x = 0.75 * R * \Delta_e$$

$$\Delta_x = 0.75 * 3 * 0.004839$$

$$\Delta_x = 0.0108$$

$$\Delta_x = \mathbf{1.08\%}$$

(VER ANEXO I)

4.10.2 Deriva en el eje Y

El valor de la deriva inelástica es:

$$\Delta_e = 0.00337$$

$$\Delta_x = 0.75 * R * \Delta_e$$

$$\Delta_x = 0.75 * 3 * 0.001528$$

$$\Delta_x = 0.00343$$

$$\Delta_x = \mathbf{0.343\%}$$

Cumple con la NEC-SE-DS que debe ser menor a 2%.

(VER ANEXO J)

4.11 Cimentación

La edificación en análisis se levanta sobre una cimentación de zapatas aisladas, su evaluación será en una zapata central que es la que descarga la mayor carga. Por medio de la información proporcionada por el propietario se obtuvo las cargas de (CV=52.386KN y CM= 151.092 KN) para la respectiva valoración. (VER ANEXO K)

Tabla 6. Tabla de resumen de la cimentación

VERIFICACIÓN				
Resistencia al corte (Punzonamiento)				
Vu(p)		ØVc		
245,223	KN	206,971	KN	No cumple
Resistencia Corte (Una dirección)				
Vu(v)		ØVc		
86,432	KN	97,282	KN	Si cumple
Área de acero				
Acero Requerido		Acero Colocado		
804,113	cm ²	2001,195	cm	Sobre Reforzado

Fuente: Elaborado por el autor

4.12 Losa

La planta alta se encuentra sobre una losa nervada de dos direcciones con un espesor de 20 centímetros, el presente análisis se desarrolló en base a la información tomada in situ y a lo expuesto por el propietario de la vivienda obteniendo de esa manera un momento nominal de diseño de 3.51 KN m en los extremos mientras que en el centro alcanzamos 1.756 KN m. Una losa nervada se la considera también como una sucesión de vigas T para su análisis, al poseer unos esfuerzos pequeños el área de acero responde a la cuantía mínima que establece la NEC-SE-HM.

El diseño de la losa de la vivienda cumple con lo establecido dentro de la NEC-SE-HM para un diseño sismo resistente. (VER ANEXO L)

4.13 Cuadro de resumen

A través del **ANEXO M**, podemos observar que las vigas y las columnas de la estructura están dentro de los rangos permisibles. La demanda/capacidad (D/C) en el software ETABS se representa por colores de la siguiente manera: El color gris representa que trabaja al 0% su capacidad, el celeste del 0% al 50%, el verde del 50% al 70%, el amarillo del 70% al 90%, el violeta del 90% al 100% y el rojo demuestra que el elemento estructural está trabajando fuera del rango permisible (superior al 100%).

Tabla 7. Cuadro de comparación.

ESTADO REAL DE LA ESTRUCTURA					REQUERIMIENTO MÍNIMO NEC-SE-HM		ANÁLISIS	
ELEMENTO	GEOMETRÍA	DIMENSIONES	ACERO	F'c	DIMENSIONES	F'c	ETABS	MANUAL
Columnas PB	Cuadrada	(30X30)cm	8,419 cm ²	210 Kg/cm ²	(30X30)cm	210 Kg/cm ²	OK	
Columnas PA	Cuadrada	(25X25)cm	8,419 cm ²	210 Kg/cm ²	(30X30)cm		OK	
Vigas de HA	Rectangular	(30X20)cm	(-) 2,261 cm ²	210 Kg/cm ²	b=25cm b=0,3h		OK	
			(+) 2,261 cm ²					
Zapa central	Cuadrada	(150X150x20)cm	(x) 20,012 cm ²	210 Kg/cm ²	(x) 8,041 cm ²			Reforzar por punzonamiento
Nervios (Losa)	Tipo T	(10x20x50)cm	(-) 1,539 cm ²	210 Kg/cm ²	(-) 0,5633 cm ² (+) 0,5633 cm ²		OK	
			(+) 1,131 cm ²					

Fuente: Elaborado por el autor

5 CONCLUSIONES

Frente a la información obtenida de la visita en situ se logró identificar las características, variables y datos propios del estado real de la vivienda en análisis, misma que nos permitió realizar de forma más precisa la estimación de cargas para el desarrollo de la evaluación sismorresistente de la edificación.

Se analizó la edificación actual, está compuesta de una estructura de hormigón armado, la mampostería es de bloque pómez, con acabados en porcelanato y cerámica. Los elementos cumplen con las dimensiones mínimas que establece la norma, de igual forma la calidad de los materiales, las características del hormigón y del acero de refuerzo están dentro de los parámetros que establece la NEC_SE_HM (Estructuras de hormigón armado), datos recabados por el propietario.

Se realizaron los cálculos de forma manual correspondientes a lo estipulado en la normativa NEC_SE_HM y NEC_SE_DS, de la misma forma se modeló de la estructura en el Software ETABS en base a la normativa antes mencionada, obteniendo como resultado que las columnas, vigas y losas cuentan con un diseño estructural adecuado, a excepción de las zapatas que presentan una deficiencia ante los esfuerzos por punzonamiento.

6 RECOMENDACIONES

Mediante la modelación de la estructura en ETABS se determinó un periodo de la estructura de 0.371s, mientras que por medio de las ecuaciones matemáticas que nos proporciona la NEC_SE_DS se obtuvo un periodo de 0.27s, por lo que no se cumple con lo establecido en la norma ($T_{m-2} \leq 1.30T$). En base a los resultados obtenidos se recomienda ajustar el periodo de la estructura, aumentando las secciones de los elementos o la implementación de muros estructurales.

De la estructura actual analizada se obtuvo un efecto por torsión bastante elevado, mismo que puede ser por la ubicación de volados en todas las cuatro fachadas de la estructura. Por tal razón se recomienda el uso de secciones que nos permitan incrementar la inercia de la estructura o la implementación de muros para que la estructura se vuelva más rígida absorbiendo los esfuerzos por torsión.

Se sugiere que para absorber los esfuerzos por punzonamiento que presenta la estructura se puede realizar un reforzamiento de la zapata mediante el incremento de su área de contacto con el terreno natural. Por lo que se recomienda una ampliación de la zapata tanto en el hormigón como en el acero, para extender el acero de refuerzo se puede utilizar suelda de alta resistencia, mientras que para obtener una correcta adherencia del hormigón se debe hacer uso de epóxicos o aditivos garantizando que se forme un elemento monolítico y su desempeño sea óptimo.

7 REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

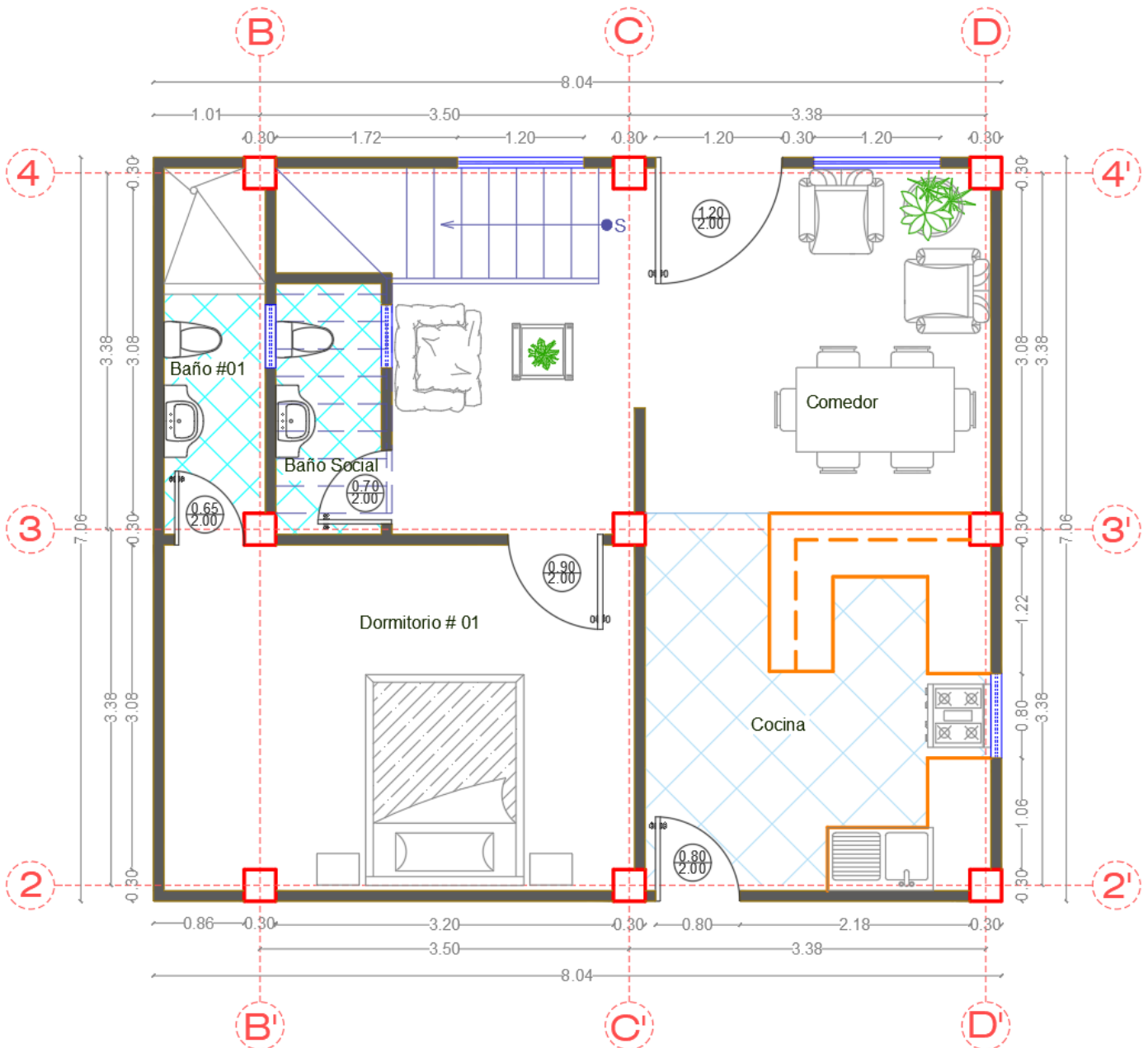
- [1] P. Quinde Martínez and E. Reinoso Angulo, "Estudio de peligro sísmico de Ecuador y propuesta de espectros de diseño para la ciudad de Cuenca," *Ing. sísmica*, vol. 26, no. 94, pp. 1–26, 2016, [Online]. Available: <http://www.scielo.org.mx/pdf/ris/n94/0185-092X-ris-94-00001.pdf>.
- [2] E. Bravo, "El sismo del 16 de abril en Manabí visto desde la Ecología Política del desastre," *Univ. Rev. ciencias Soc. y humanas*, vol. electrónic, no. 26, pp. 1390–3837, 2017, [Online]. Available: <http://doi.org/10.17163/uni.n26.2017.10>.
- [3] A. Gustavo Ramírez, A. H. Giaffar Barquet, and C. Santana Véliz, "Una estimación de respuesta en caso de sismo grave," *REV.MED.FCM-UCSG*, vol. 19, no. 1, pp. 33–38, 2015, [Online]. Available: <http://ve.scielo.org/pdf/rfiucv/v27n3/art08.pdf>.
- [4] G. Salazar-Arbelaez, "Terremotos y salud: Lecciones y recomendaciones," *Salud Publica Mex.*, vol. 60, no. 1, pp. S6–S15, 2018, doi: 10.21149/9445.
- [5] M. Blanco, "Criterios fundamentales para el diseño sismorresistente," *Rev. la Fac. Ing.*, vol. 27, no. 3, pp. 71–84, 2012, [Online]. Available: <http://ve.scielo.org/pdf/rfiucv/v27n3/art08.pdf>.
- [6] V. González-Fernández, Á. Barrios-Padura, and M. Molina-Huelva, "Aplicación De Las Técnicas No Destructivas Pull-Off Y Ultrasonidos En El Control De Calidad Del Refuerzo Con Materiales Compuestos En Estructuras De Concreto / Application of Non-Destructive Pull-Off and Ultrasonic Techniques in Reinforcement Quality Cont," *Cienc. e Ing. Neogranadina VO - 28*, vol. 28, no. 1, pp. 5–26, 2017, [Online]. Available: <https://doi.org/10.21149/9445>.
- [7] J. C. Moya and L. Cando Lara, "Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón elaborado con fibras de acero reciclado," *Rev. INGENIO*, vol. 1, no. 2, pp. 7–16, 2018, [Online]. Available: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/8007>.
- [8] M. de D. U. y Vivienda, "NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN - NEC," 2014, p. 109.
- [9] M. L. Lara, H. Aguirre, and M. Gallegos, "Estructuras Aporticadas de Hormigón Armado que Colapsaron en el Terremoto del 16 de Abril de 2016 en Tabuga–Ecuador," *Rev. Politécnica*, vol. 42, no. 1, pp. 37–46, 2018, doi: 10.33333/rp.v42i1.961.

- [10] H. Rodas Andrade, *Estructuras 1*, Primera. Cuenca: Universidad de Cuenca, 2014.
- [11] Asociación Colombiana De Ingeniería Sísmica (AIS), “Manual de construcción sísmo resistente de viviendas en bahareque encementado,” 2016, p. 70, [Online]. Available: http://cidbimena.desastres.hn/docum/lared/libros/guadua_lared.pdf.
- [12] J. C. Vielma and M. Cando, “Evaluación de estructura metálica proyectada conforme a la Norma Ecuatoriana de la Construcción mediante análisis no lineal,” *Rev. Cienc.*, vol. 16, no. 2, pp. 175–191, 2014, [Online]. Available: https://ia801302.us.archive.org/26/items/Articulo1_201508/Artículo3.pdf.
- [13] J. Orccosupa, “Mira que características debe cumplir para ser sísmo-resistente,” 2017, p. 4, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/313710987_Caracteristicas_Generales_de_viviendas_sismorresistente.
- [14] D. López Leyva, L. Tarifa Lozano, and L. Machado González, “Evaluación de la calidad en la construcción de viviendas en Matanzas.,” *Rev. Arq. e Ing.*, vol. 8, no. 2, pp. 1–50, 2015, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/1939/193932724004.pdf>.
- [15] M. de D. U. y Vivienda, “Preguntas y Respuestas Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC),” 2001, p. 8, [Online]. Available: https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/01/Preguntas-y-Respuestas_NEC.pdf.
- [16] M. de desarrollo urbano y Vivienda, “Cargas Sísmicas Diseño Sísmo Resistente,” in *Norma Ecuatoriana de la Construcción*, 2015, pp. 1–100, [Online]. Available: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>.

8 ANEXOS

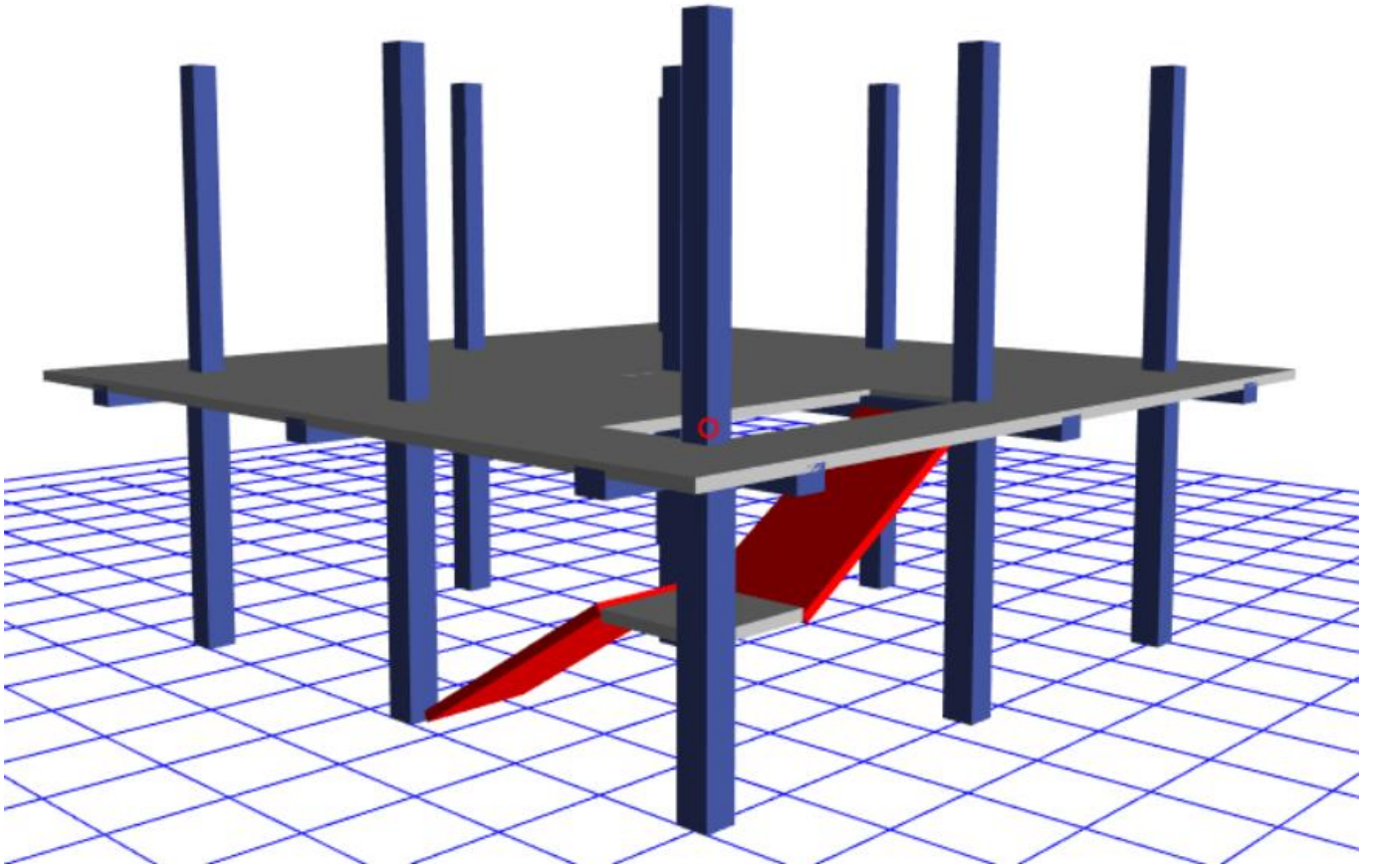
8.1 ANEXO A. PLANOS ARQUITECTÓNICOS

PLANTA BAJA



Fuente: Elaborado por el autor

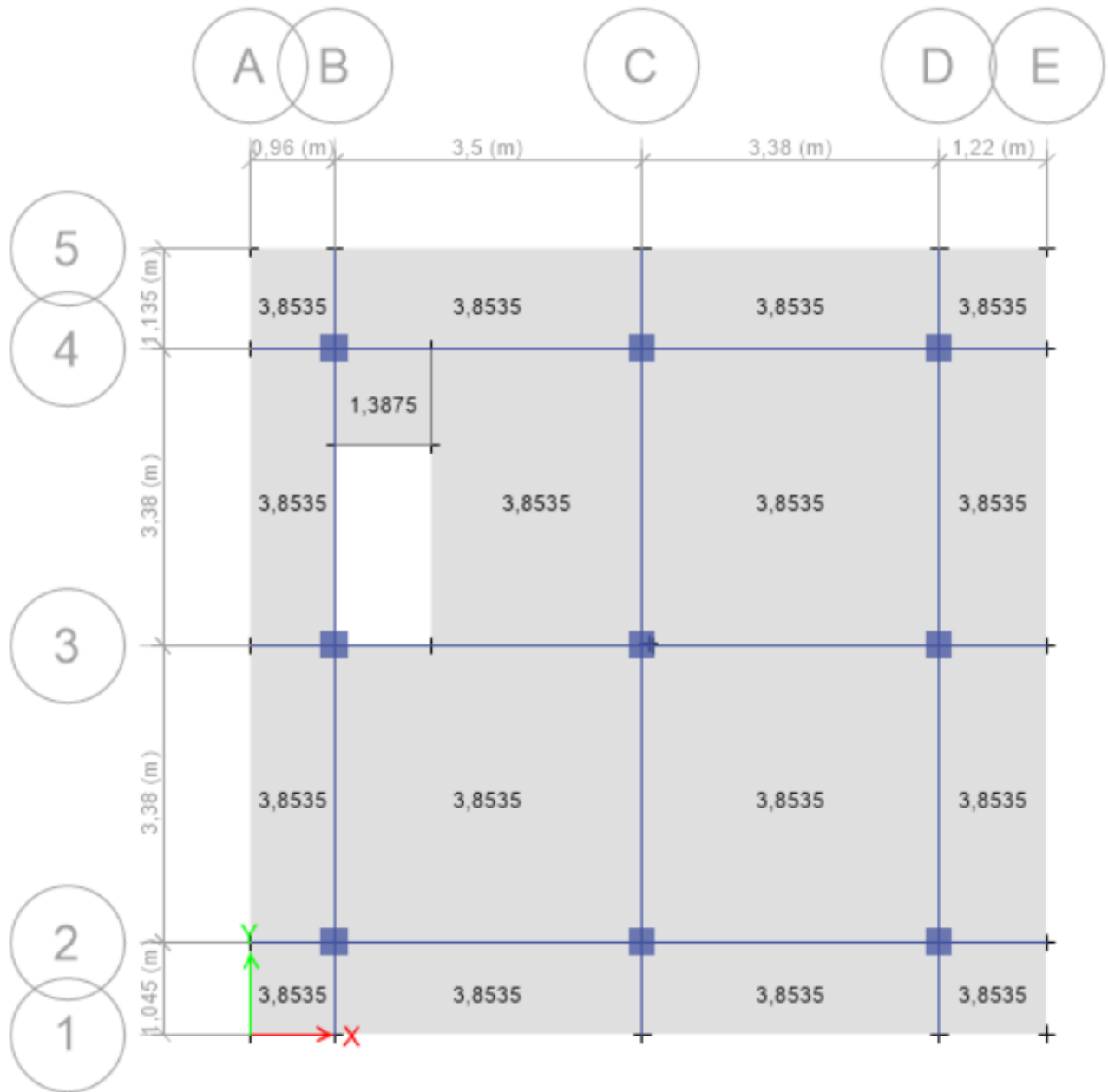
8.2 ANEXO B. MODELACIÓN DE ESTRUCTURA EN ETABS



Fuente: Elaborado por el autor

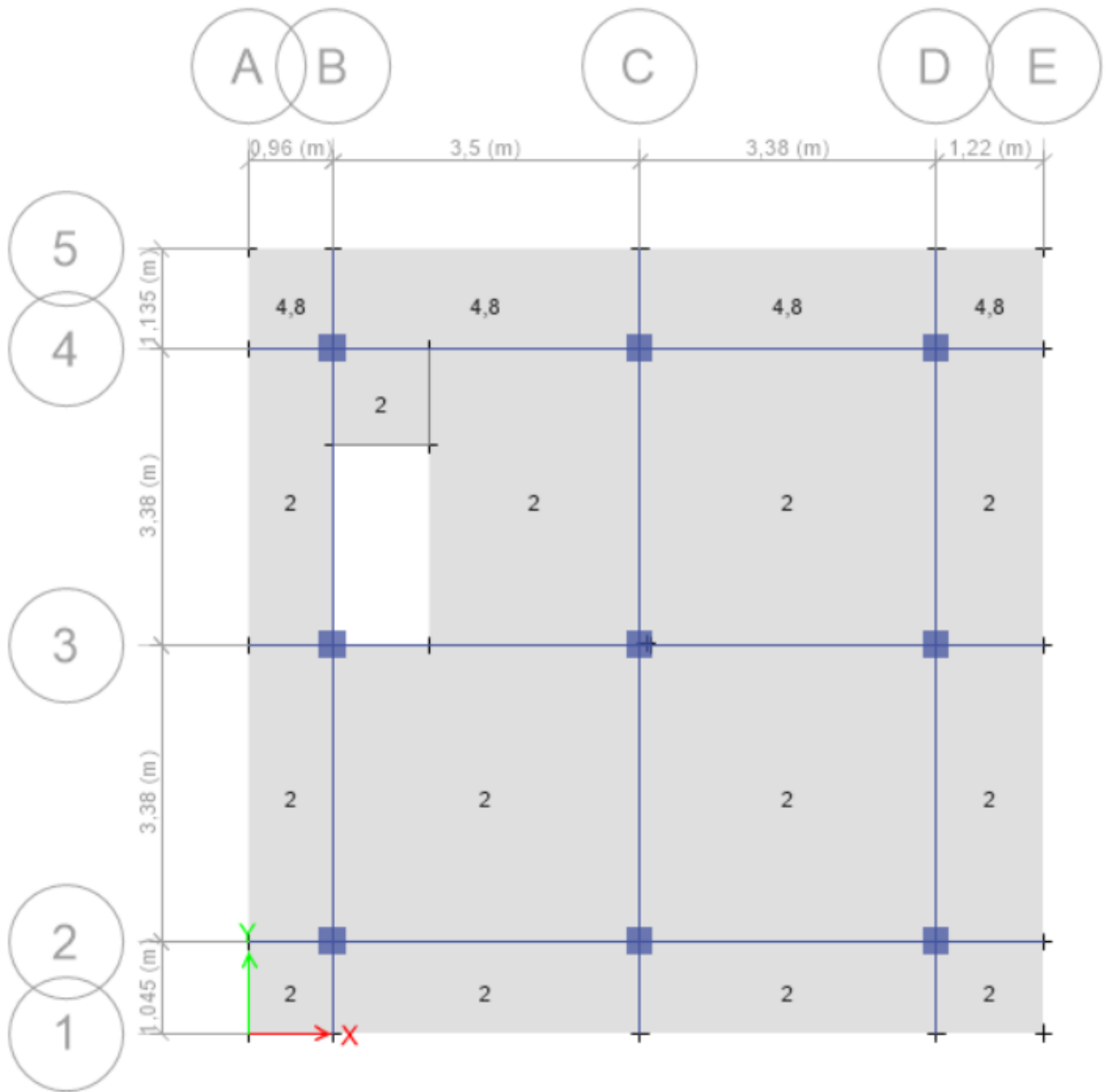
8.4 ANEXO D. DISTRIBUCIÓN DE CARGAS EN LA LOSA.

CARGA MUERTA



Fuente: Elaborado por el autor

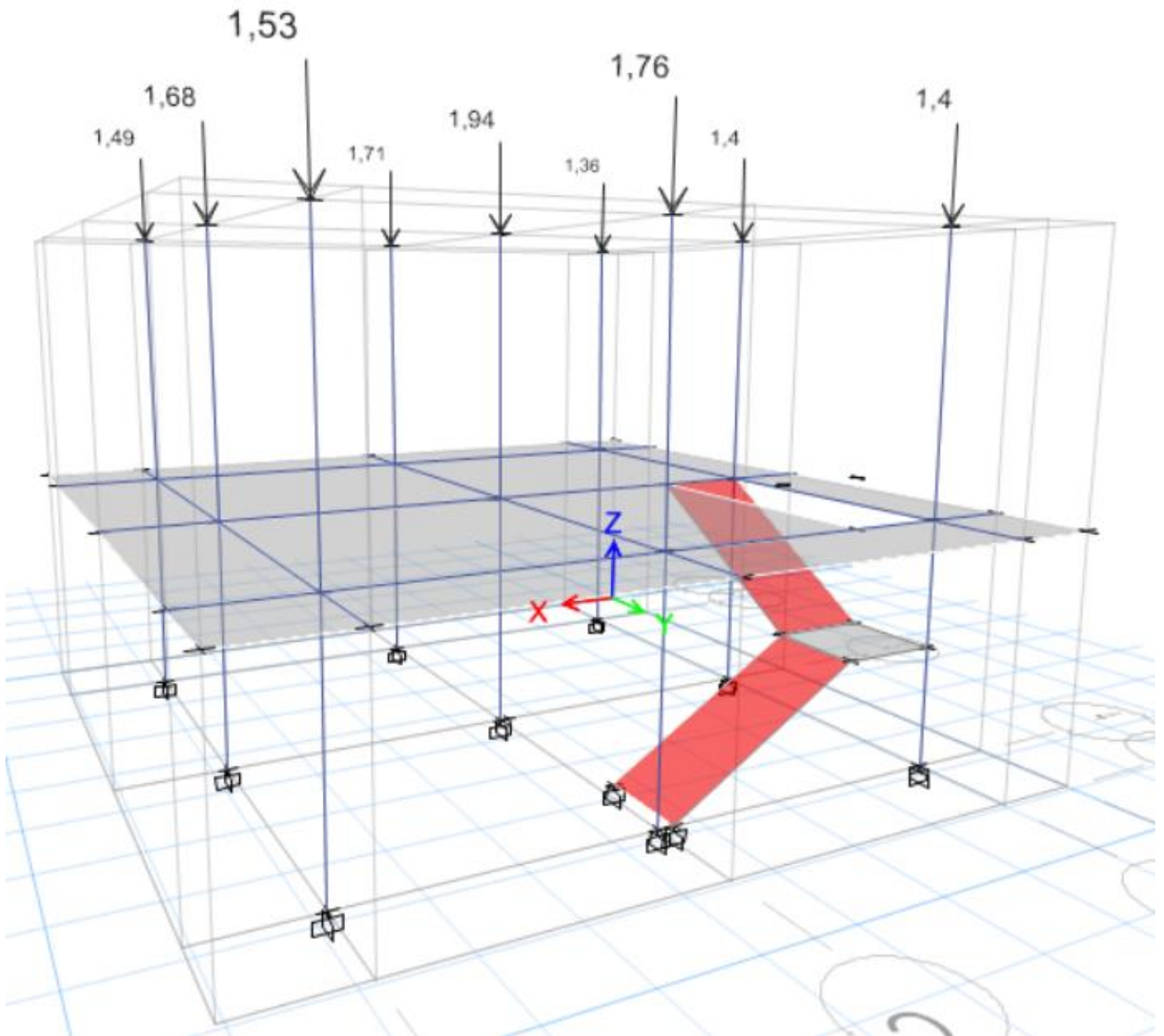
CARGA VIVA



Fuente: Elaborado por el autor

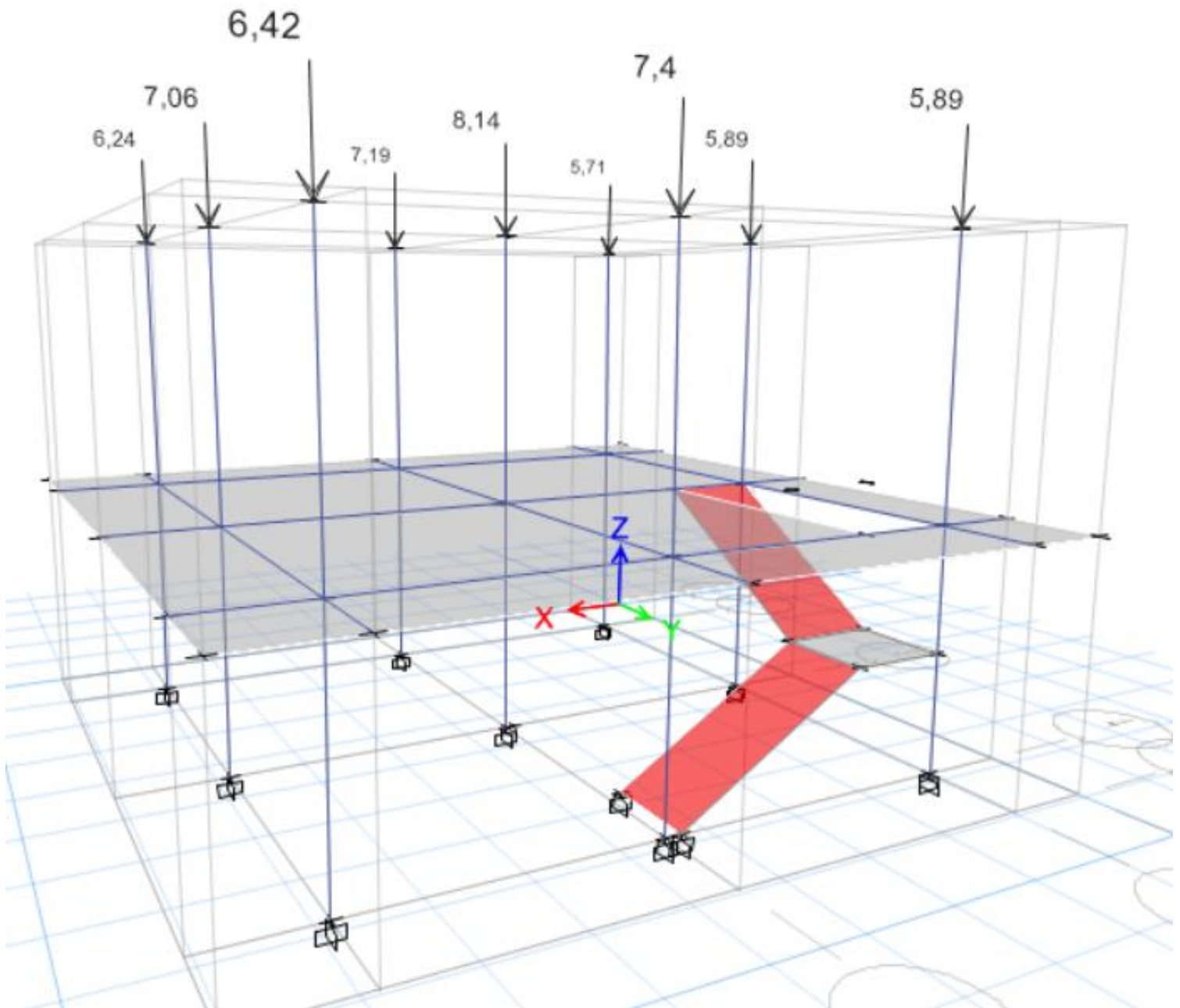
8.5 ANEXO E. CARGAS PUNTUALES EN LAS COLUMNAS PA.

CARGA MUERTA



Fuente: Elaborado por el autor

CARGA VIVA



Fuente: Elaborado por el autor

8.6 ANEXO F. ESPECTRO DE DISEÑO

UBICACIÓN DE LA ESTRUCTURA			
REGION	Costa	Tipo de Suelo	E
PROVINCIA	EL Oro	Zona Sísmica	V
CANTÓN	Machala	Z	0,4
PARROQUIA	Machala		

	Datos de Ingresar
	Datos de Respuesta
	Datos a Graficar

COEFICIENTES DEL PERFIL DEL SUELO	
Fa=	1
Fd=	1,6
Fs=	1,9
η =	1,8
r=	1,5

DATOS DE LA ESTRUCTURA	
Niveles	hn (m)
2	3,09
1	2,77
Altura Total	5,86

ANÁLISIS ELÁSTICO

Periodo de Vibración de la estructura	
ct=	0,055
α=	0,9
$T = Ct \cdot h_n^{\alpha}$	
T=	0,27

Periodo límite de Vibración de la estructura	
To=	$0,10 * Fs * (Fd/Fa)$
To=	0,304

Periodo límite de Vibración (Elástico)	
Tc=	$0,55 * Fs * (Fd/Fa)$
Tc=	1,672

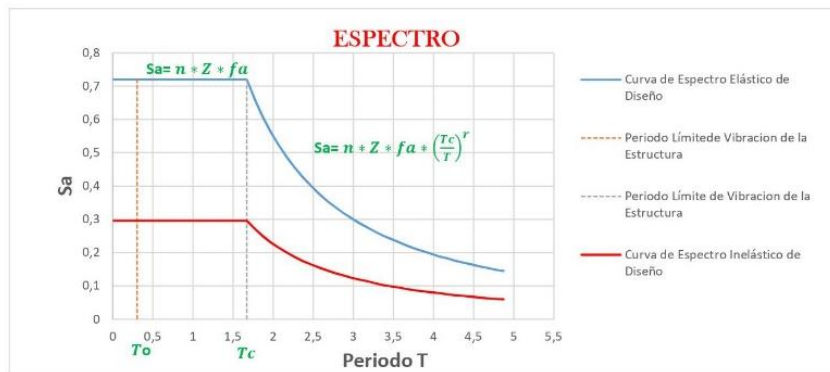
Aceleraciones	
$Sa = Z * fa * (1 + n - 1 * \frac{T}{To})$	
Sa=	0,684
0 ≤ T ≤ Tc	
Sa=	0,72
T > Tc	
$Sa = n * Z * fa * (\frac{Tc}{T})^r$	
Sa	11,095

ANÁLISIS INELÁSTICO

Coeficientes de Configuración estructural			
I	R	Φp	Φε
1	3	0,9	0,9

Sa	To	Tc
0,72	0,304	1,672
0	0,304	1,672

T	ESPECTRO	
	Elastico	Inelástico
	Sa	$\frac{I \cdot Sa}{R \cdot \Phi_p \cdot \Phi_e}$
0	0,72	0,296
0,304	0,72	0,296
1,672	0,72	0,296
1,772	0,66	0,272
1,872	0,608	0,25
1,972	0,562	0,231
2,072	0,522	0,215
2,172	0,486	0,2
2,272	0,455	0,187
2,372	0,426	0,175
2,472	0,401	0,165
2,572	0,377	0,155
2,672	0,356	0,147
2,772	0,337	0,139
2,872	0,32	0,132
2,972	0,304	0,125
3,072	0,289	0,119
3,172	0,276	0,114
3,272	0,263	0,108
3,372	0,251	0,103
3,472	0,241	0,099
3,572	0,231	0,095
3,672	0,221	0,091
3,772	0,212	0,087
3,872	0,204	0,084
3,972	0,197	0,081
4,072	0,189	0,078
4,172	0,183	0,075
4,272	0,176	0,072
4,372	0,17	0,07
4,472	0,165	0,068
4,572	0,159	0,065
4,672	0,154	0,063
4,772	0,149	0,061
4,872	0,145	0,06



Fuente: Elaborado por el autor

8.7 ANEXO G. CORTANTE BASAL DE DISEÑO

Cortante Basal Total de Diseño (V)													
Coeficiente de importancia (I) =		1,0		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Valores de T (s)</th> <th>k</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≤ 0.5</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0.5 < T ≤ 2.5</td> <td>0.75 + 0.50 T</td> </tr> <tr> <td>> 2.5</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>		Valores de T (s)	k	≤ 0.5	1	0.5 < T ≤ 2.5	0.75 + 0.50 T	> 2.5	2
Valores de T (s)	k												
≤ 0.5	1												
0.5 < T ≤ 2.5	0.75 + 0.50 T												
> 2.5	2												
Factor de reducción resis sísmic (R) =		3		K= 1,00									
Coeficient d configurac planta $\phi_P =$	0,9												
Coeficient d configurac elevac $\phi_E =$	0,9												
Carga sísmica reactiva PB (W) = 658,296 Kg/m ²													
Carga sísmica reactiva PA (W) = 182,842 Kg/m ²													
	$w_x = W * a * b$	$h_x = Alt. Edif$	$w_x * h_x^k$	$F_x = \frac{w_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i \cdot h_i^k} V$	$V = \sum_{i=1}^n F_i$								
# Piso	w_x (Tn)	h_x (m)		Fx	V								
2	5,7	5,86	33,2	2,86	2,86								
1	20,4	2,77	56,5	4,86	7,72								
	$\sum = 26,0$		$\sum = 89,6$										
$V = \frac{I \cdot S_a(T_a)}{R \cdot \phi_P \cdot \phi_E} W$													
V = 7,72 Tn													

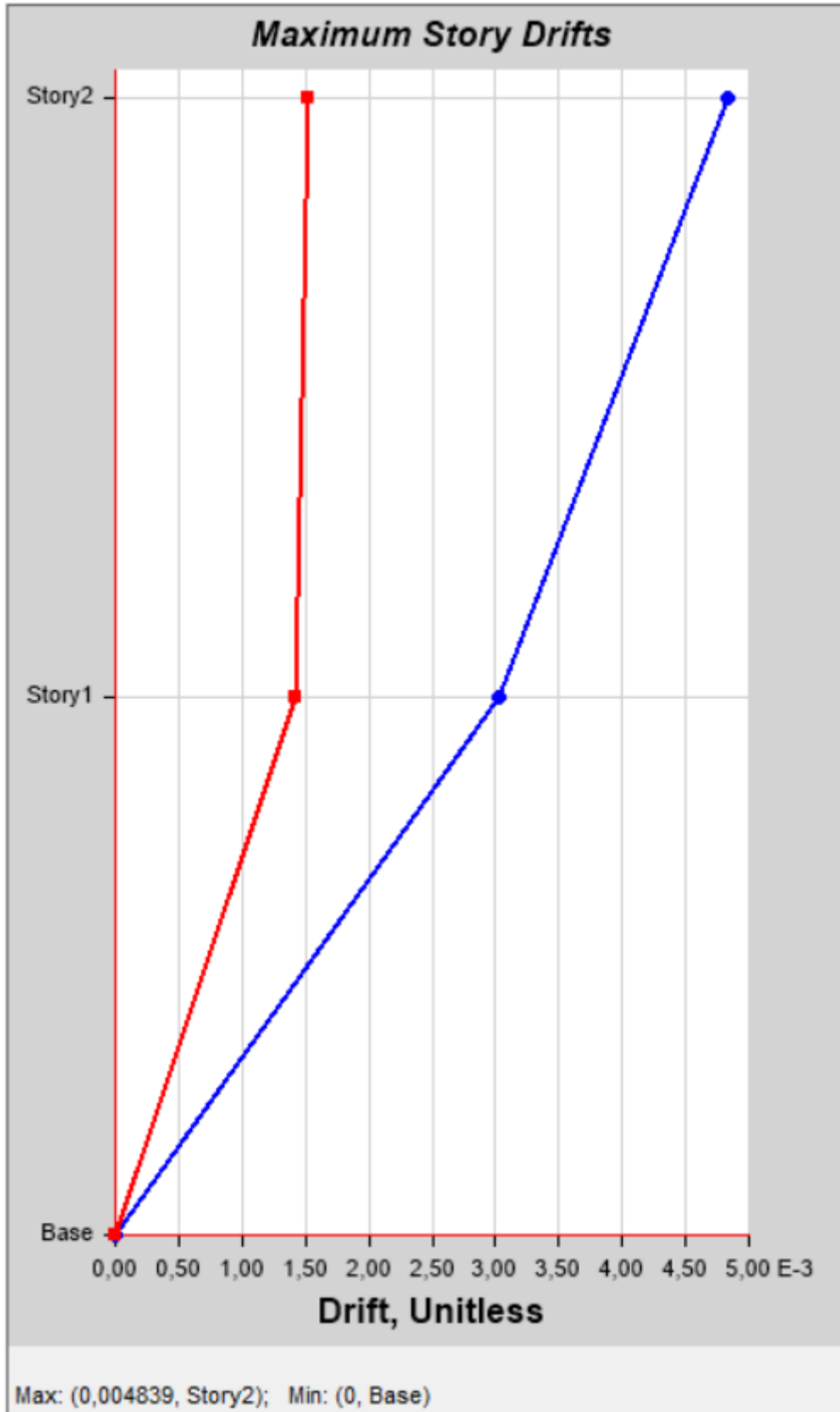
Fuente: Elaborado por el autor

8.8 ANEXO H. TABLA DE RESULTADOS DE ETABS

TABLE: Modal Participating Mass Ratios														
Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Modal	1	0,371	0,1797	0,5474	0	0,1797	0,5474	0	0,1978	0,0565	0,1373	0,1978	0,0565	0,1373
Modal	2	0,354	0,4978	0,0153	0	0,6774	0,5627	0	0,0048	0,1793	0,3717	0,2025	0,2357	0,509
Modal	3	0,192	0,0202	0,0566	0	0,6977	0,6193	0	0,3191	0,3081	0,1546	0,5216	0,5438	0,6637
Modal	4	0,158	0,0552	0,0833	0	0,7528	0,7026	0	0,3781	0,2591	0,001	0,8997	0,803	0,6646
Modal	5	0,151	0,0491	0,0218	0	0,802	0,7244	0	0,0245	0,1226	0,0307	0,9242	0,9256	0,6953
Modal	6	0,104	0,1764	0,2541	0	0,9783	0,9785	0	0,0184	0,0225	0,2831	0,9426	0,9481	0,9784

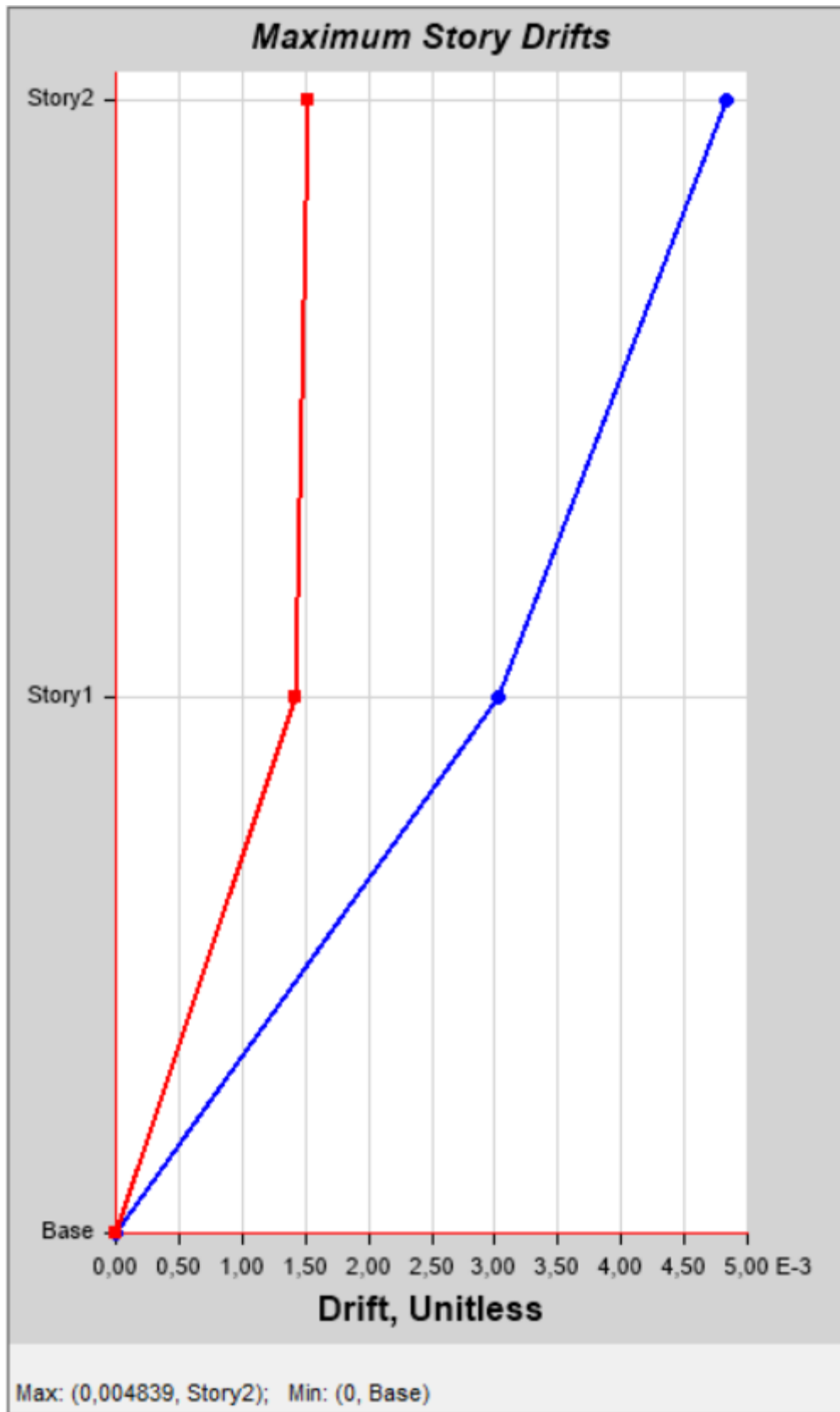
Fuente: Elaborado por el autor

8.9 ANEXO I. GRÁFICA DE LA DERIVA EN EL EJE X (ETABS)



Fuente: Elaborado por el autor

8.10 ANEXO J. GRÁFICA DE LA DERIVA EN EL EJE Y (ETABS)



Fuente: Elaborado por el autor

8.11 ANEXO K. DISEÑO DE ZAPATA CENTRAL

DATOS		
Carga viva=	52,386	KN
Carga muerta=	151,092	KN
qa=	117,6798	KN/m ²
f'cc=	21	Mpa
f'cz=	21	Mpa
fy=	420	Mpa
γ_c =	24	KN/m ³
γ_s =	15,4	KN/m ³

Datos de Ingreso
 Datos calculados
 Area de acero

DATOS COLUMNA		
a	0,30	m
b	0,30	m
df=	1,20	m
d hormigón=	0,20	m
d suelo=	1,00	m

Azumimos h=	0,2	m
qe=	97,4798	KN/m ²
Areq =	2,08738631	m ²
L=	1,444778983	m ²

Dimensión Azumida=	1,5	m
Area=	2,25	m ²
qu=	117,8346667	KN/m ²

RESISTENCIA AL CORTE POR PUNZONAMIENTO		
ϕ azumido	14	mm
d=	0,111	m
bo=	1,644	m
Ao=	0,169	m ²
Vu(p)=	245,223	KN

CORTANTE DEL HORMIGÓN			
a)	Vc=	275,961	KN
b)	Vc=	426,486	KN

ϕV_c =	206,9710689	REDISEÑAR
--------------	-------------	------------------

CORTE EN UNA DIRECCIÓN		
d=	0,111	m
Acorte=		
Acorte=	0,734	m ²
Vu(v)=	86,432	KN
Vc=	129,710	KN
ϕV_c =	97,282	SI CUMPLE

CORTANTE POR FLEXIÓN		
w=	176,752	KN m
Mu=	31,815	KN m
R=	1,913	Nmm

β =	0,425
γ =	0,720

Fórmula General	a	4958,333
	b	420,000
	c	1,913

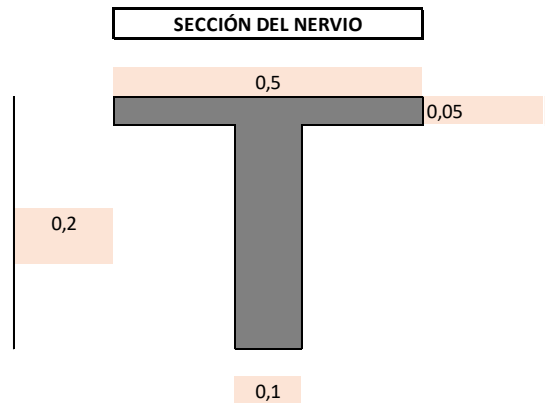
ρ =	0,005	
As=	804,113	mm²

Fuente: Elaborado por el autor

8.12 ANEXO L. DISEÑO DE LOSA NERVADA

DATOS		
WD =	3,88	Kn/m ²
WL =	2	Kn/m ²
b =	0,5	m
bw =	0,1	m
h =	0,2	m
hf =	0,05	m
F'c =	21	MPa
Fy =	420	MPa
Ø Asumido =	12	mm
Recubrimiento =	2,5	cm
L =	3,5	m

 Datos a Ingresar
 Datos de Respuesta
 Datos de Diseño
 Datos al Plano



PERALTE AZUMIDO		
d =	0,169	m

Wmayorado = 7,856 KN/m²

Por tratarse de una losa armada en dos direcciones soportara Wmayorado/2

W = 3,928 KN/m²

Carga actuante sobre nervio = 3,093728 KN/m

CALCULO DE MOMENTOS					
En el extremo			En el centro		
L =	3,5	m	L =	3,5	m
Mu =	3,16	KN-m	Mu =	1,58	KN-m
Mn =	3,511	KN-m	Mn =	1,756	KN-m

CALCULAMOS α Y β	
$\alpha =$	0,76
$\beta =$	0,45

CALCULAMOS EL ACERO PARA EXTREMO SUPERIOR		
R =	1,229	N mm
Fórmula General	a =	4973,684
	b =	420
	c =	1,229
P max =	0,003035292	
As =	51,29643048	mm ²

CALCULAMOS EL ACERO PARA CENTRO INFERIOR		
R =	0,615	KN mm
Fórmula General	a =	4973,684
	b =	420
	c =	0,615
P max =	0,0014906	
As =	25,1910971	mm ²

VERIFICACIÓN DEL ACERO MÍNIMO		
Asmin =	56,333	mm
Asmin =	46,099	mm

As (-)	56,333	mm
--------	--------	----

As (+)	56,333	mm
--------	--------	----

Cantidad	Ø mm	Acero Usar
1	10	78,540

Cantidad	Ø mm	Acero Usar
1	10	78,540

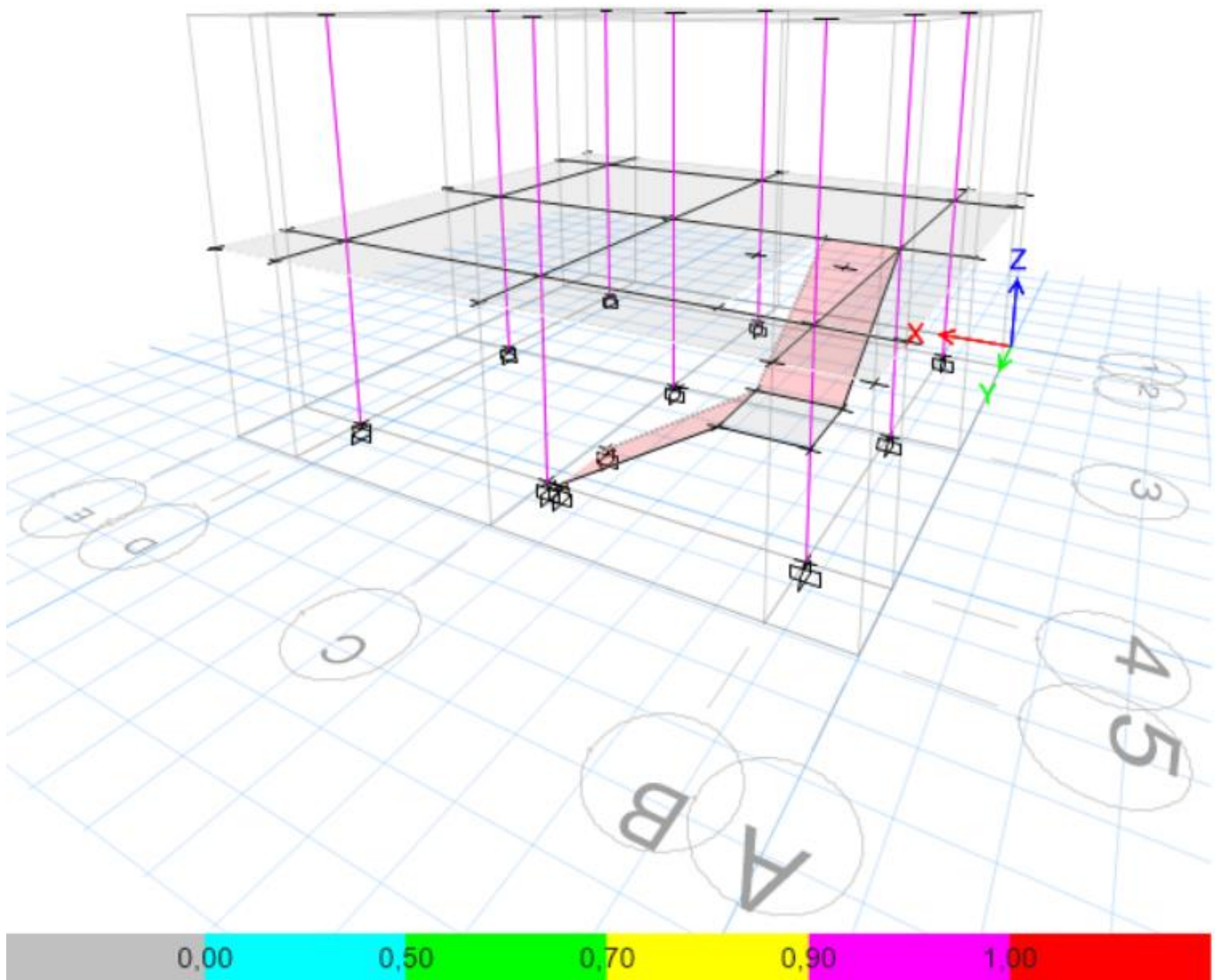
USAR 1Ø 10 mm

USAR 1Ø 10 mm

VERIFICACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA VIGA		
a =	12,070	mm
SE COMPORTA COMO VIGA RECTANGULAR		

Fuente: Elaborado por el autor

8.13 ANEXO M. RELACIÓN D/C



Fuente: Elaborado por el autor

8.14 ANEXO N. FOTOGRAFÍAS



Figura 1. Registro de datos de la edificación.



Figura 2. Toma de medidas.



Figura 3. Levantamiento de espacios internos.