



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“MODELAMIENTO ESTRUCTURAL DE UNA  
EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO  
USANDO EL SOFTWARE CYPECAD, TRUJILLO  
2022”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autor:**

Nilo Jhonatan Briceño Roman

**Asesor:**

Mg. Ing. Gonzalo Hugo Díaz García

<https://orcid.org/0000-0002-3441-8005>

Trujillo - Perú

2023

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Nixon Peche Melo</b>	<b>70615775</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Eduar Rodríguez Beltrán</b>	<b>18213588</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>German Sagastegui Vásquez</b>	<b>45373822</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI



### Document Information

Analyzed document	Tesis_Nilo Briceño2.pdf (D152818814)
Submitted	12/9/2022 4:43:00 PM
Submitted by	
Submitter email	gonzalo.diaz@upn.pe
Similarity	12%
Analysis address	gonzalo.diaz.delnor@analysis.arkund.com

### Sources included in the report

<b>SA</b>	<b>Universidad Privada del Norte / Nilo Jhonatan Briceño Roman_COMPLETO.pdf</b> Document Nilo Jhonatan Briceño Roman_COMPLETO.pdf (D150744982) Submitted by: gonzalo.diaz@upn.pe Receiver: gonzalo.diaz.delnor@analysis.arkund.com		14
<b>SA</b>	<b>Universidad Privada del Norte / Nilo Jhonatan Briceño Roman.pdf</b> Document Nilo Jhonatan Briceño Roman.pdf (D145873410) Submitted by: gonzalo.diaz@upn.pe Receiver: gonzalo.diaz.delnor@analysis.arkund.com		1
<b>SA</b>	<b>Universidad Privada del Norte / Nilo J.pdf</b> Document Nilo J.pdf (D150625072) Submitted by: gonzalo.diaz@upn.pe Receiver: gonzalo.diaz.delnor@analysis.arkund.com		2
<b>W</b>	URL: <a href="https://vsip.info/ie-manuel-gonzales-prada-huari-ancash-memoria-de-calculos-pdf-free.html">https://vsip.info/ie-manuel-gonzales-prada-huari-ancash-memoria-de-calculos-pdf-free.html</a> Fetched: 11/10/2021 1:38:22 AM		6
<b>SA</b>	<b>Tesis Final Completa 1.docx</b> Document Tesis Final Completa 1.docx (D19293512)		3
<b>SA</b>	<b>TESIS. 04-03-2022-LLAMO GOICOCHEA (1).pdf</b> Document TESIS. 04-03-2022-LLAMO GOICOCHEA (1).pdf (D130086066)		1

## DEDICATORIA

Dedico mi tesis a mi familia que gracias a sus consejos y enseñanzas he crecido como persona. De manera muy especial a mis padres, pues son las personas que más influencia han tenido y tienen en mí. También a mi hermana por estar siempre presente para brindarme su tiempo y comprensión.

Infinitas Gracias.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por tener y disfrutar a mi familia, muchas gracias a mi familia por apoyarme en todo momento y creer en mí. A mis padres por el cariño, la dedicación y la paciencia a lo largo de toda mi vida, por ser los primordiales impulsores de mis sueños. Gracias a mi madre, Sra. Rosa Estela Roman Ruiz por estar preparada para cada prolongada y extenuante noche de estudio, extenuantes noches en las que ella con una taza de café atenuaba mi cansancio y me impulsaba a continuar y nunca bajar los brazos. A mi padre, Sr. Gilberto Nilo Briceño Toribio por siempre desear y anhelar lo mejor para mí, les agradezco por todos los consejos y lecciones que me guiaron en cada etapa de mi vida. A mi hermana, Yareli Mardeli Briceño Roman que día tras día con su apoyo y cariño me impulsa para seguir adelante.

Al finalizar una etapa fabulosa de mi vida también quiero expresar mi profundo agradecimiento, a la facultad de Ingeniería, docentes y amigos quienes con su apoyo y enseñanzas integran la base de mi vida profesional.

**Tabla de contenido**

JURADO CALIFICADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	12
1.1.    Realidad problemática	12
1.2.    Formulación del problema	20
1.3.    Objetivos	20
1.4.    Hipótesis	21
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	22
CAPÍTULO III: RESULTADOS	44
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	120
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	126
ANEXOS	129

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1</i>	25
<i>Tabla 2</i>	45
<i>Tabla 3</i>	47
<i>Tabla 4</i>	49
<i>Tabla 5</i>	50
<i>Tabla 6</i>	53
<i>Tabla 7</i>	59
<i>Tabla 8</i>	60
<i>Tabla 9</i>	60
<i>Tabla 10</i>	62
<i>Tabla 11</i>	64
<i>Tabla 12</i>	64
<i>Tabla 13</i>	64
<i>Tabla 14</i>	66
<i>Tabla 15</i>	66
<i>Tabla 16</i>	67
<i>Tabla 17</i>	68
<i>Tabla 18</i>	68
<i>Tabla 19</i>	69
<i>Tabla 20</i>	70
<i>Tabla 21</i>	70
<i>Tabla 22</i>	71
<i>Tabla 23</i>	71
<i>Tabla 24</i>	73
<i>Tabla 25</i>	74
<i>Tabla 26</i>	75
<i>Tabla 27</i>	76
<i>Tabla 28</i>	89
<i>Tabla 29</i>	90
<i>Tabla 30</i>	91
<i>Tabla 31</i>	92
<i>Tabla 32</i>	95
<i>Tabla 33</i>	95

<i>Tabla 34</i>	97
<i>Tabla 35</i>	99
<i>Tabla 36</i>	100
<i>Tabla 37</i>	101
<i>Tabla 38</i>	102
<i>Tabla 39</i>	102
<i>Tabla 40</i>	103
<i>Tabla 41</i>	104
<i>Tabla 42</i>	104
<i>Tabla 43</i>	105
<i>Tabla 44</i>	106
<i>Tabla 45</i>	106
<i>Tabla 46</i>	107
<i>Tabla 47</i>	108
<i>Tabla 48</i>	111
<i>Tabla 49</i>	112
<i>Tabla 50</i>	113
<i>Tabla 51</i>	115
<i>Tabla 52</i>	117

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 Diagrama de variable</i> .....	23
<i>Figura 2 Variable de diseño</i> .....	24
<i>Figura 3 Procedimientos que se realizaron en la investigación</i> .....	29
<i>Figura 4 Sistema de pórticos</i> .....	36
<i>Figura 5 Sistema dual</i> .....	36
<i>Figura 6 Sistema de muros estructurales</i> .....	37
<i>Figura 7 Sistema combinado</i> .....	37
<i>Figura 8 Albañilería confinada</i> .....	38
<i>Figura 9 Albañilería armada</i> .....	38
<i>Figura 10 Vista aérea de ubicación del proyecto</i> .....	44
<i>Figura 11 Espesores de losa aligerada</i> .....	48
<i>Figura 12 Zonas sísmicas en el Perú</i> .....	52
<i>Figura 13 Esquema de introducción y resolución de estructuras</i> .....	55
<i>Figura 14 Vista en planta de la edificación</i> .....	56
<i>Figura 15 Espectro elástico de aceleraciones</i> .....	57
<i>Figura 16 Vista 3D del modelo estructural</i> .....	58
<i>Figura 17 Espectro de diseño en X</i> .....	61
<i>Figura 18 Espectro de diseño en Y</i> .....	61
<i>Figura 19 Representación del periodo modal en X</i> .....	63
<i>Figura 20 Representación del periodo modal en Y</i> .....	63
<i>Figura 21 Representación geométrica de c.d.m. y c.d.r. por nivel</i> .....	65
<i>Figura 22 Diagrama de interacción (combinaciones sísmicas)</i> .....	87
<i>Figura 23 Diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón</i> .....	88
<i>Figura 24 Diagrama de cálculo tensión-deformación del acero</i> .....	88
<i>Figura 25 Sección equilibrada para los esfuerzos de agotamiento (combinaciones sísmicas)</i> .....	89
<i>Figura 26 Sección equilibrada para los esfuerzos demandantes de cálculo pésimos</i> .....	91
<i>Figura 27 Representación de fuerza axial superior e inferior</i> .....	94
<i>Figura 28 Esfuerzos máximos en pórtico 4, tramo V-014, V-015, V016</i> .....	96
<i>Figura 29 Esfuerzos máximos en pórtico 4, tramo V-017</i> .....	98
<i>Figura 30 Tensión máxima ante situaciones persistentes</i> .....	109
<i>Figura 31 Tensión máxima ante situaciones sísmicas</i> .....	109
<i>Figura 32 Muros con función de muro de cortante</i> .....	110
<i>Figura 33 Vista 3D de SW12 en nivel 01 en StruBIM Rebar</i> .....	114
<i>Figura 34 Vista 3D de SW12 en nivel 06 en StruBIM Rebar</i> .....	114
<i>Figura 35 Salida de planos</i> .....	116

*Figura 36 Vista de composición de planos ..... 116*

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo general realizar el modelamiento estructural de una edificación de concreto armado usando el software CYPECAD para una edificación de 6 niveles en el distrito de Víctor Larco - Trujillo. De tal manera que sea posible establecer parámetros de calidad para una amplia gama de especificaciones que vienen impuestas por la función de la estructura, condiciones de ubicación y aspectos económicos que llevan a comprender una estructura completa. El diseño de esta investigación es de tipo no experimental descriptiva - aplicada, en la que se considera como población a todas las edificaciones multifamiliares de concreto armado de 6 niveles que cumplan los parámetros de diseño del Reglamento Nacional de Edificaciones, de la cual se extrae una muestra respectiva a una edificación conformada por pórticos y muros de corte. Las herramientas para el procesamiento de datos utilizadas fueron CYPECAD, StruBIM Shear Walls y Arquímedes.

Para ello se realizó una caracterización y configuración de parámetros en el software CYPECAD, posteriormente el análisis sísmico, diseño estructural y extracción del presupuesto. Para validar nuestra hipótesis de diseño estructural se efectuó iteraciones en el modelo hasta conseguir un diseño acorde con el RNE y el ACI.

**PALABRAS CLAVES:** Comportamiento estructural, diseño estructural, concreto armado.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En un grado global, dado que Perú se sitúa en el interior del llamado Cinturón de Fuego del Pacífico, en la que la tierra emite la energía retenida superior al 85% en su interior como resultado de los procesos de convección del manto, es una de las naciones con mayor potencial sísmico. La actividad sísmica de esta región se debe a una serie de procesos de convergencia de placas, que pueden producirse a una velocidad de hasta 8 cm/año. La zona de subducción, a través de la cual se inserta la placa sudamericana o continental debajo de la placa oceánica de Nazca, se forma cuando chocan las placas de Nazca y Sudamericana. La activa geodinámica del país, que se traduce en una importante actividad sísmica y volcánica, así como sus efectos, se deben a este proceso. (Tavera, 2019)

Ocasionando grandes terremotos con relativa frecuencia; en este contexto, podemos afirmar que el Perú se encuentra localizado en gran medida en zonas sísmicas, por consiguiente, debe ser un detalle esencial considerar el sismo al momento de iniciar el diseño de una edificación.

Por otro lado, el incremento inmobiliario que está sucediendo desde hace ya varios años, son bastantes los métodos y tecnologías desarrolladas para lo que respecta al diseño de sistemas estructurales. Uno de los materiales de construcción de ingeniería estructural que más se utiliza en la actualidad es el hormigón armado, debido a que es una opción excelente para la construcción de una amplia serie de sistemas estructurales debido a su costo, eficacia, rigidez y resistencia. (Retama y Ayala, 2013)

Por tal motivo, es importante contemplar y transmitir las nociones trascendentales que rigen el comportamiento de un sistema estructural.

Sobre la base del entendimiento es probable que se establezcan criterios de diseño y análisis basados en el potencial de una respuesta estructural local, teniendo en cuenta consideraciones de funcionamiento, seguridad y economía. Que mantengan una representatividad a largo plazo evidenciada en el confort del usuario, y presente los componentes necesarios para que la estructura esté completa. (Llopiz C. 2014)

En España, los estudios revelan que uno de los factores más cruciales que el Euro código prioriza actualmente al momento de tomar la determinación de la existencia de los edificios es la resistencia de las armaduras de hormigón armado. Tanto es así que se tienen en cuenta tres estados límite. (Muñoz y Mendoza, 2013)

Estado Límite Último, Es posible que el edificio sufra grandes daños en caso de terremotos muy fuertes, pero no es posible que se derrumbe y produzca riesgo en la vida de sus ocupantes (los periodos de retorno de estos terremotos pueden oscilar entre 100 y 500 años). Esto indica que la estructura tiene una ductilidad adecuada a pesar de haber alcanzado el nivel máximo de resistencia. (Muñoz y Mendoza, 2013)

Estado Límite de Servicio, Los terremotos frecuentes con cargas relativamente ligeras no deberían afectar a la capacidad del edificio para funcionar con normalidad. Esto implica que ni la estructura ni sus componentes deben sufrir daños. Esencialmente, la rigidez es un requisito. (Muñoz y Mendoza, 2013)

Estado Límite de Durabilidad, La falla es cuando la existencia eficaz prevista de una estructura no se realiza porque los procesos de degradación del hormigón o del refuerzo han avanzado más allá de sus límites de diseño hasta el punto de impedir que la estructura se comporte según lo previsto por las hipótesis. (Muñoz y Mendoza, 2013)

Para poder comprobar el Estado Límite, debe cumplirse el siguiente requisito previo:

Valor de la existencia útil estimada > Valor de la existencia útil diseñada. (Llopiz, 2014).

Se considera una prueba del funcionalismo estructural de los edificios, el estado límite de durabilidad que se responsabiliza de constatar las condiciones de las estructuras para resistir las circunstancias químicas y físicas a las que están propensas a lo largo de su vida útil. (Muñoz y Mendoza, 2013).

En Colombia las obras de edificación se desarrollaron heterogéneamente, debido al hecho de que las normas de sismo resistencia se establecieron desde el año 1984, lo que resulta en casas edificadas antes de esa fecha sin regulación normativa; careciendo de condiciones de calidad, consideraciones de aspectos técnicos, aseguramientos ante riesgos.

Adicionalmente, a pesar de que se tiene la reglamentación (NSR-2010), las circunstancias socioeconómicas de los residentes en la ciudad les dificultan que sus viviendas se construyan dentro de los límites de la normatividad; como resultado, sus viviendas se construyen en zonas de riesgo elevado, uso de los materiales inadecuados y, peor aún, sin tomar en cuenta los efectos en el entorno de la edificación. Del mismo modo, el encarecimiento de los materiales como consecuencia de las obras en curso incita a los contratistas a omitir los requisitos técnicos de los proyectos, lo que da lugar a materiales de menor calidad y una mano de obra sin formación, haciendo caso omiso de la ética profesional y acelerando los procesos de construcción con evidentes anomalías. (Moreno, Benavides y Sánchez, 2015).

Resultando en reducciones de las cualidades primarias del hormigón, incluyendo:

**Trabajabilidad:** Condición del hormigón de colocarse correctamente y compactarse sin ninguna segregación, y se mantiene como una masa estable, que se deforma constantemente, sin romperse, expandirse o llenar los espacios vacíos alrededor del material absorbente. Cuanto más tiempo pase posterior a preparar la mezcla más complicado será manipularlo, la prolijidad de la mezcla de hormigón estará sujeta a cierto tiempo de haberla preparado, la calidad de agregados, la clase de cemento, la temperatura del hormigón y su desempeño inicial. (Terrerros y Carvajal, 2016).

**Masa unitaria:** Está sujeta al tamaño de los áridos, la granulometría, la densidad, cantidad de aire atrapado y la relación agua/cemento. (Terrerros y Carvajal, 2016).

**Exudación:** Cuando los componentes sólidos de la mezcla se asientan durante el fraguado, no retienen completamente el agua, y ésta suele elevarse a la superficie de la mezcla de hormigón recién trabajada. (Terrerros y Carvajal, 2016).

Principales propiedades de hormigón solidificado:

**Resistencia a la compresión:** Por lo general las estructuras de hormigón están diseñadas suponiendo que solo admite los esfuerzos de compresión, de modo que, para fines de diseño de una estructura,  $f'_c$  es el principio de calidad y, por lo tanto, los códigos especifican las tensiones de trabajo en proporción a la resistencia a la compresión (Terrerros y Carvajal, 2016).

**Resistencia a la flexión:** Los componentes con resistencia a la flexión disponen un área propensa a la compresión y un área predominante a esfuerzos de tracción. En estructuras de hormigón simple, este factor es importante. (Terrerros y Carvajal, 2016).

Durabilidad: Cuando se exponen a la degradación del material provocada por la reacción de las cargas y esfuerzos previstos en su diseño estructural, las estructuras de hormigón armado deben tener la capacidad de mantener sus disposiciones químicas y físicas sin cambios durante su vida útil. (Muñoz y Mendoza, 2013).

En Perú, CAPECO y el MVCS en 2018 estimaron que las viviendas informales construidas en todo el país están alrededor del 80%, aumentando este porcentaje en las zonas periféricas de las ciudades a 90%”. La falta de columnas de hormigón armado, la distribución inadecuada en el piso de la casa o el desprecio por la densidad de muros son el resultado de que los edificios no hayan sido diseñados y construidos profesionalmente utilizando las técnicas y métodos disponibles actualmente, erróneas cuantías de acero en las columnas, baja calidad del cemento y mezcla, cimientos deficientes para soportar la estructura, incorrectas instalaciones eléctricas y redes de distribución sanitarias, etc. Esto da como resultado que no se apliquen los parámetros especificados por las Normas establecidas, en consecuencia, la edificación presente fallas estructurales y un mal comportamiento frente a cargas producidas. (Horiuchi, 2016)

En La Libertad, a causa del COVID-19, se declaró el estado de emergencia, a partir de la publicación oficial del D.S.N°044-2020-PCM, el sector construcción detuvo sus operaciones. En este escenario, durante tres trimestres del año 2020, en la región la industria de la construcción experimentó un declive del 17,8 %, de acuerdo con el Banco Central de Reserva del Perú. En marzo del año 2020 presentó una caída del 43 %, mientras que en abril tuvo un descenso del 98,8 %, en mayo una bajada del 59,9 % y en junio la disminución fue del 25,3 %. Sin embargo, a partir de julio, se observó un aumento esperanzador del 3,3 %, 15,7 % y 25 %. Esto, a causa del desarrollo de proyectos habitacionales por parte de organizaciones privadas, se inició el proceso de restablecimiento en el sector construcción.

(Cámara de Comercio de La Libertad, 2020). Por otro lado, también afecta a la región el alto índice de construcciones informales, refleja que alrededor del 60% de viviendas se han construido de esta manera. Los edificios se construyeron sin el control de parámetros urbanísticos de la ciudad, sin ayuda de la tecnología, con esto se situaron en zonas peligrosas y zonas arqueológicas, porque no había planificación de la ciudad en esos sectores. (Benel, 2019)

En conformidad con el RNE, correspondiente a la norma E.030, el lugar de ubicación del proyecto está en Trujillo perteneciente a la zona 4. Lo cual, de originarse un sismo de alta magnitud, el mayor número de víctimas se registrarían en los edificios de más de 10 pisos que se han construido en los últimos años, debido a que la mayoría de estos se han construido sin respetar el reglamento nacional de construcción (Fernández, 2016). Por lo tanto, es fundamental conocer los parámetros de comportamiento estructural de todo elemento cuando ocurre un sismo y es sometido a ciclos de carga. (Vergara y Zevallos, 2014).

Es por ello por lo que el diseño de estas estructuras presenta distintas designaciones en lo referido a cargas y fuerzas de diseño como, por ejemplo; cargas permanentes, cargas útiles o sobrecargas, fuerzas sísmicas, fuerzas de viento, entre otras. (ACI-318).

### **Antecedentes de la investigación**

En su tesis (Castillo, E., 2018, pág. 98) Diseño estructural de una edificación multifamiliar de hormigón armado de 6 plantas en San Miguel, demuestra que las cargas sísmicas se tienen en cuenta principalmente a la hora de diseñar las vigas. Los momentos flectores se producen en los pórticos creados por muros de cortante y vigas como resultado de las cargas sísmicas que invierten los momentos en las vigas. Por otro lado, los pórticos formados por columnas y vigas expresan envolventes de momentos en los que no hay inversión de momentos en los

bordes de las vigas y se alcanza un momento positivo máximo en el centro del vano. Esto se debe a que el uso de muros de corte absorbe una parte significativa de la fuerza de corte resultante de las solicitaciones sísmicas.

Este estudio servirá de base para asimilar las propiedades que debe tener el hormigón armado y la edificación. Ayudará a comprender cómo funcionan los elementos estructurales en relación con los requisitos de carga necesarios.

En su tesis (Barros y Peñafiel, 2019, pág. 161) El análisis comparativo económico-estructural de un edificio de 10 plantas entre un sistema de pórticos, muros estructurales con pórticos y de muros de carga revela que las fuerzas del Código de la Construcción ecuatoriano, que representan sólo una pequeña parte del sismo de diseño, requieren la creación de una estructura dúctil que pueda disipar la energía en el rango inelástico.

Este estudio nos ayudará a comprender los daños presentados en elementos estructurales al optar por sistemas estructurales aporticado o aporticado con muros de corte, asimismo revisar algunas recomendaciones de cómo podemos reducir esas fallas en beneficio de la edificación. Finalmente, para que la edificación sea concebida de manera que cumpla en condiciones económicas y de seguridad.

En la actualidad la autoconstrucción es un problema grave, la supervisión técnica está ausente de la construcción de las casas. No hay ningún ingeniero civil ni arquitecto presente; con la ayuda de un maestro de obras, el propietario construye. Así, la falta de planificación urbana ha resultado en una accidentada ciudad que tiene serios problemas de transporte, lugares públicos como parques, hospitales y escuelas, barrios inseguros, comisarías mal ubicadas y contaminación ambiental. Algunas estructuras descansan sobre los cimientos de las laderas, los canales aluviales de los arroyos son invadidos, los suelos de baja resistencia portante o los lugares donde el nivel freático es superficial. En este sentido llama la atención

el actuar de las autoridades. Esto conlleva a que las estructuras presenten riesgos y sean vulnerables a las incidencias climáticas ya que no cumplan con los parámetros establecidos de nuestro país.

Por otra parte, un problema también presentado en una estructura de concreto armado son las cargas y acciones sísmicas, en vista de ello, según la clasificación de zonas en el RNE concerniente a la N.T.P. E.030, la zona 4, donde regularmente ocurren sismos severos, por tal motivo las estructuras están propensas a experimentar movimientos sísmicos. Estos pueden provocar algunas fallas en los elementos estructurales y en casos extremos llevar hasta un posible colapso de la estructura. Otro de los factores presentes en una edificación es la economía. La fiabilidad de la estructura de los edificios está vinculada principalmente a los terremotos. Sin embargo, no resulta económico construir edificios lo suficientemente fuertes para resistir acción sísmica debido únicamente a su resistencia. Entonces, es necesario dentro del análisis y diseño de una edificación considerar y establecer criterios de acuerdo con la normativa, teniendo en cuenta los principios primarios que controlan la forma en que el armazón de concreto armado responde a solicitudes de algún tipo. Será posible establecer criterios de análisis y diseño y tener en cuenta factores de funcionamiento, seguridad y económicos a partir del conocimiento de la respuesta estructural potencial. Esto nos brinda el beneficio de diseñar edificaciones con la resistencia adecuada y la máxima ductilidad. Es fundamental realizar una serie de reflexiones antes de comenzar en el tema actual, en un esfuerzo por precisar el verdadero contexto de nuestra tarea de análisis y diseño estructural.

## 1.2. Formulación del problema

¿Cuáles son los criterios y procedimientos de diseño estructural en una edificación de concreto armado en el software CYPECAD, en la ciudad de Trujillo, distrito de Víctor Larco, 2022?

## 1.3. Objetivos

Con el **objetivo general** de realizar el modelamiento estructural de una edificación de concreto armado usando el software CYPECAD en la ciudad de Trujillo, cuyo edificio presenta un sistema estructural de pórticos y muros de cortante de concreto armado. Con el fin de establecer parámetros de calidad para una amplia gama de especificaciones que vienen impuestas por aspectos como la función de la estructura, las condiciones del lugar, factores económicos y la estética que propone la arquitectura. Considerando los siguientes objetivos específicos:

- Utilizar el software CYPECAD para modelar el edificio y caracterizar el sistema estructural.
- Establecer criterios normativos que puedan ser aplicados a los elementos estructurales en la configuración del software CYPECAD.
- Determinar y verificar el comportamiento estructural del edificio en conformidad con la norma E.030.
- Elaborar el detallado de planos estructurales, cuantías de obra y presupuesto de la edificación a nivel del casco estructural.

#### 1.4. Hipótesis

Por medio de criterios técnicos estructurales y con el software CYPECAD se podrá definir el modelo y diseñar un edificio con pórticos y muros de corte teniendo en cuenta elementos relacionados con el costo, la seguridad y la facilidad de uso de la estructura. Intentar seguir todas las comprobaciones que el software sugiere para la edificación propuesta de concreto armado de acuerdo con la norma E060 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

De acuerdo con el resultado previsto, el actual estudio es de tipo aplicada porque explora una concepción del conocimiento que pueda aplicarse directamente a los problemas sociales. Sobre la base de los conocimientos codificados como normas y el RNE.

De manera análoga el enfoque considerado para la investigación es de naturaleza descriptiva, ya que Rodríguez (2005) Dice que una investigación que hace uso de registros, análisis e interpretación de la naturaleza, procesos en curso del fenómeno se denomina investigación descriptiva. En consecuencia, esta investigación es descriptiva porque se basa en la realidad, y su objetivo principal es interpretar con precisión las variables que resultan de la interacción de los parámetros estructurales.

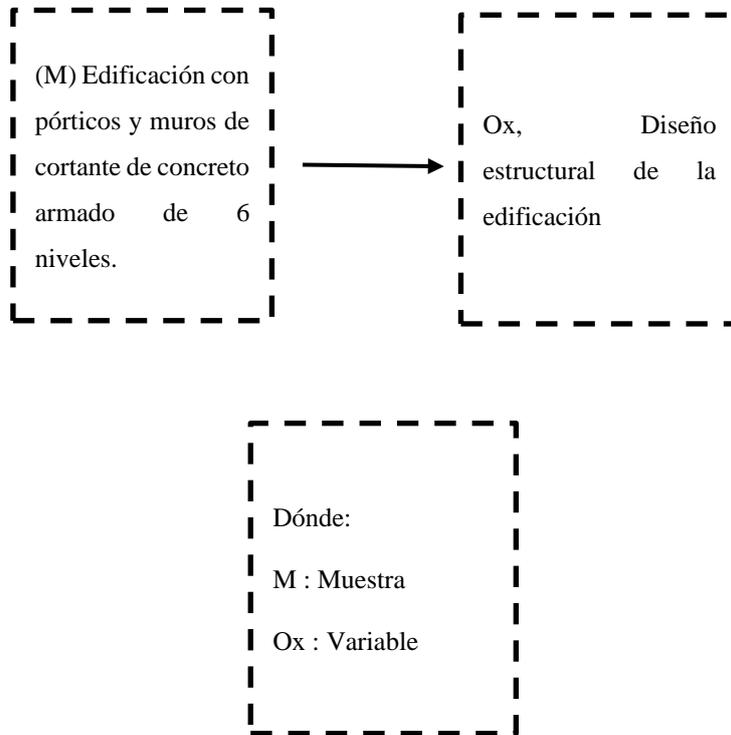
Por tanto, esta investigación tiene este enfoque por que utiliza la recolección de diversos datos acerca de los parámetros de comportamiento estructural, como parte del proceso de interpretación, con mediciones numéricas para identificar o aclarar las preguntas de la investigación sobre la funcionalidad, seguridad y economía que debe presentar un edificio de concreto armado.

Adicionalmente la presente investigación, tiene un diseño no experimental debido que no se alteran intencionadamente las variables objeto de estudio.

En la figura 1 a continuación, el diagrama de variable.

### Figura 1

#### Diagrama de variable

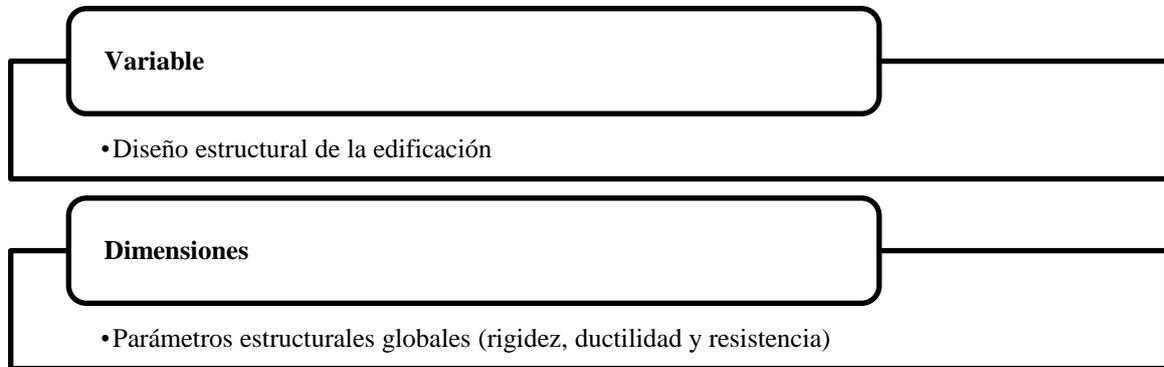


*Nota.* Fuente: Elaboración propia

En los Estados Unidos, el ACI 318-11 cubre los materiales, diseño y construcción del concreto estructural utilizado en edificios y estructuras no edificables aplicables.

## Figura 2

Variable de diseño



*Nota.* Fuente: Elaboración propia

**Tabla 1**
*Matriz Operacional*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidades	Herramientas	Instrumento
<b>Diseño estructural de la edificación</b>	Rigidez, Capacidad de resistencia de un cuerpo a doblarse o torcerse por la acción de fuerzas exteriores que actúan sobre su superficie.	Rigidez; La rigidez es la característica que relaciona fuerzas actuantes con las deformaciones que producen en los elementos. Junto con la masa, la rigidez afecta la respuesta de los edificios definiendo sus características dinámicas, entre ellos el periodo fundamental y los modos de vibración.	Parámetros estructurales globales (rigidez, ductilidad y resistencia)	Deformación en elementos	mm		
	Ductilidad, Se conoce como ductilidad a la propiedad de aquellos materiales que, bajo la acción de una fuerza, pueden deformarse sin llegar a romperse	Ductilidad; La habilidad de la estructura para ofrecer resistencia en el rango no lineal de la respuesta se denomina ductilidad. (Sánchez y Vargas, 2018)		Durabilidad de elementos	-	Software CYPECAD	Hoja de Observación
	Resistencia, Es la capacidad para resistir.	Resistencia; La resistencia de una estructura está dada por la máxima carga, generalmente expresada a través del esfuerzo de corte en la base, que ésta puede soportar bajo la combinación de cargas verticales y horizontales.		Niveles de resistencia	MPa		

Nota: La tabla muestra la coherencia y conexión lógica entre la variable y sus dimensiones, su definición conceptual, su definición operacional, sus indicadores, sus unidades e instrumentos.

Nota. Fuente: Elaboración propia

Según Fernández y Díaz (2010), la población representa un amplio conjunto que deseamos estudiar y es inaccesible, se trata, en definitiva, de un grupo homogéneo que se ajusta a ciertos criterios.

**La población** considerada corresponde a todas las edificaciones multifamiliares de concreto armado de 6 niveles que su lugar de ubicación sea la ciudad de Trujillo y cumplan con los parámetros de diseño según el Reglamento Nacional de Edificaciones.

Según Daniel O. (2015), presenta que la muestra es la parte de la población a la que tenemos acceso y sobre la que hacemos las mediciones, observaciones y procedimientos para obtener la cantidad de los componentes de la muestra como fórmulas, lógica y otros.

**La muestra** corresponde a un modelo de edificación de 6 niveles con un sistema estructural de pórticos y muros de corte de concreto armado, losa de cimentación y un tipo de suelo intermedio ubicada en el distrito de Víctor Larco – Trujillo. Se optó por este modelo porque de acuerdo con los planos de arquitectura la edificación estaba proyectada para 6 niveles incluyendo caja de ascensor y escaleras, por lo que se tenía que adecuar en lo posible el modelo estructural al modelo arquitectónico. Y de acuerdo con estudios previos revisados indican que para realizar el análisis de un proyecto de edificación es necesario comprender a la estructura como única, debido que presentará un comportamiento exclusivo de sí misma, y en base a estos resultados se debe analizar los requisitos que expresa el Reglamento Nacional de Edificaciones y verificar que los resultados se mantengan dentro del rango de valores dados por el Reglamento.

**La técnica** aplicada es la de revisión documental debido al carácter teórico de la investigación. Para ello se obtuvo información de normas como la E.020 Cargas, E.030 Diseño Sismorresistente, E.060 Concreto Armado y códigos de diseño. A posteriori utilizando la información recolectada se realizó el análisis dinámico de la estructura y se consultaron las comprobaciones previstas en CYPECAD para confirmar los datos del comportamiento estructural del edificio de acuerdo con los detalles de las normas mencionadas.

**Los instrumentos** que se usaron para la recolección de datos fueron las fichas de resumen, tablas de registro de información, cuadros descriptivos y plantillas de datos. Mediante la información obtenida de la revisión documental de normas, códigos de diseño, trabajos de investigación, fichas técnicas y los resultados numéricos que se obtuvieron del software CYPECAD y STRUBIM SHEAR WALL.

Para el **análisis de datos** se empleó una ficha de base de datos, en esta se tuvo en consideración estudios previos y trabajos de investigación hechos por otros autores. De igual manera para la selección de materiales, consideraciones de cargas y propiedades del concreto armado se tomó como base las normas E.020 Cargas y E.060 Concreto Armado. Para las condiciones de lugar, parámetros sísmicos de zonificación y el análisis estructural se usó la norma E.030 Diseño Sismorresistente en conformidad con la edificación ubicada en el distrito de Víctor Larco - Trujillo - La Libertad.

Los planos arquitectónicos fueron propuestos y realizados por el arquitecto Carlos Satman, quién tuvo sus consideraciones necesarias para realizar una edificación multifamiliar y que utilizó el software AutoCAD.

Los parámetros de suelo fueron tomados como referencia de la base de datos del SEACE (obtenido de un estudio de suelos para cimentaciones y pavimentos, del distrito de Víctor Larco, Trujillo).

En el procesamiento de los datos se utilizó los siguientes programas de cálculo y diseño:

**AutoCAD 2023:** para el entendimiento del proyecto arquitectónico y mostrar los planos estructurales de la edificación.

**CYPECAD 2023:** la edificación de concreto armado fue modelada, analizada y diseñada en CYPECAD, el cual nos permite hacer un análisis espacial, dimensionamiento y edición de armaduras y secciones, calcular las mediciones, sacar listados y planos.

**BIMServer.center:** plataforma en la nube para realizar, guardar y sincronizar proyectos Open BIM. Nos ayudó como intermediador entre el programa CYPECAD y StruBIM Shear Walls para realizar el diseño de los muros de corte.

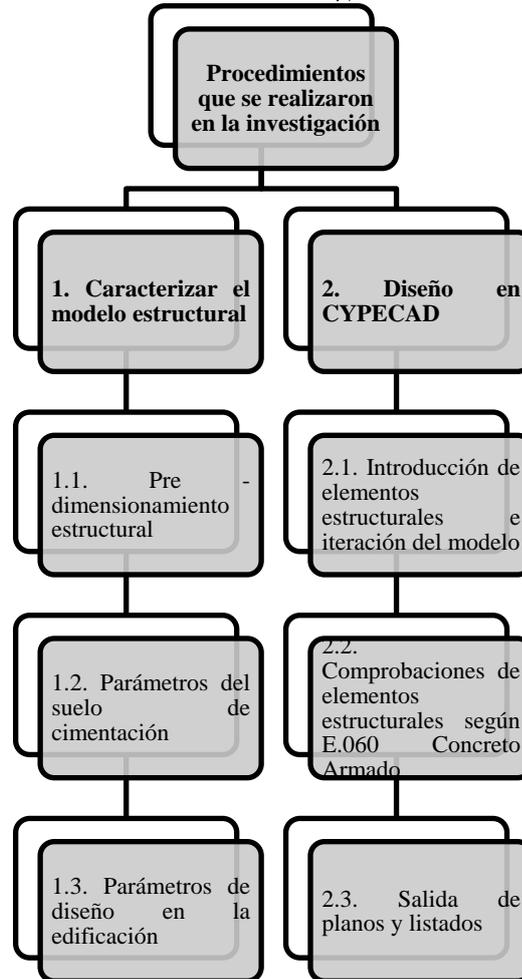
**StruBIM Shear Walls:** es un programa independiente a CYPECAD que se utilizó para el análisis y diseño de los muros de cortante de hormigón armado.

**Microsoft Excel:** se utilizó el programa Excel porque nos permite manipular datos numéricos y de texto en tablas formadas por la unión de filas y columnas. Nos sirve para mostrar nuestros datos de una manera más limpia y ordenada.

**Arquímedes de CYPE:** se usó este programa para exportar el presupuesto de obra a nivel de casco estructural, el cual se extrajo directamente de CYPECAD.

**Figura 3**

Procedimientos que se realizaron en la investigación



*Nota.* Fuente: Elaboración propia

La figura representa el proceso general que se empleó para llevar a cabo esta investigación.

Para desarrollar el presente trabajo en primer lugar se estableció la ubicación del proyecto y se optó por un diseño arquitectónico para vivienda multifamiliar de 6 niveles compuesta de pórticos y muros de corte (descripción del proyecto ver resultados) teniendo en cuenta parámetros de la cimentación (ubicación, tipo de suelo, etc.) y características de los materiales.

Luego se realizó el predimensionamiento de los componentes estructurales, acto seguido se caracterizó el modelo en el software CYPECAD definiendo el hormigón a utilizar en la subestructura y la superestructura, para especificar las reglas de cálculo de la acción sísmica (Norma Técnica E.030). En CYPECAD configurando el botón por posición modifiqué sus opciones de cálculo y edición de tablas de armaduras, asignando los diferentes diámetros de aceros en función de su colocación en la estructura.

Consecuentemente se hicieron algunas comprobaciones con relación a los elementos estructurales ingresados en el software CYPECAD. A continuación, el edificio se sometió a un análisis modal espectral para producir patrones de comparación y verificar los desplazamiento y distorsiones en el eje “X” y en el eje “Y”. Además, a partir de las comprobaciones correctas hechas en el software se obtuvieron listados como:

- Lista de datos de la obra
- Cuantías de obra
- Derivas de columnas y muros
- Justificación de acción sísmica, etc.

De forma similar, avanzamos en la obtención de planos y la exportación de mediciones y presupuestos a nivel estructural del casco.

Era necesario utilizar el programa StruBIM Shear Walls (programa de la suite de CYPE específicamente para muros de corte). El modelo desarrollado en CYPECAD

(previamente asignadas las placas con función de cortante) se sube y se sincroniza con la plataforma en la nube BIMserver.center, una vez el modelo sincronizado, se carga el modelo en el programa StruBIM Shear Walls y se procede con las comprobaciones de diseño del código ACI 318-14.

El ACI fue fundada en Indianápolis (Estados Unidos) con el apelativo de National Association of Cement from 1910 Concrete. Rebautizado como el actual en 1913. En 1919, comenzó a emitir el ACI-JOURNAL y aprobó publicaciones sobre avances tecnológicos relacionados con el uso del hormigón. En 1925, se crearon varios comités técnicos para investigar diversos aspectos en estructuras de hormigón, desde el diseño hasta su construcción. La mayoría de las organizaciones gubernamentales estadounidenses adoptaron la Ley de Normas de Construcción, que el ACI publicó en 1931. En 1941, se emitió el primer código de construcción de hormigón, ACI 318. Este código se publica y proporciona regularmente actualizaciones de acuerdo con un estudio del comportamiento del hormigón y el cuerpo del código mantiene su forma a pesar de la necesidad de acero de refuerzo. El Código de Edificación de Requisitos para el Hormigón Estructural es lo que ahora se conoce como código en sus iteraciones más recientes. Aunque no es un documento oficial, el código ACI 318 es adaptable porque es un libro conocido por sus buenas prácticas y es aplicado a reglamentos locales y regionales. Es así como el RNE E.060 en un porcentaje se basa o toma referencia del ACI 318.

Para analizar la información se debe llevar a cabo el diseño estructural con pórticos y muros cortantes de concreto armado, luego procesar y estudiar los datos obtenidos, con ayuda de Microsoft Office Excel para preparar tablas y gráficas que detallen los resultados finales de las variables, así mismo, el software CYPECAD para el modelado, dimensionado, cálculo y extracción de presupuesto de la estructura y el paquete Office para la redacción del

informe. Al tratarse de una investigación descriptiva, se analizarán los datos mediante estadísticas descriptivas, gráficos estadísticos como los gráficos lineales como herramienta de análisis para mostrar la distribución de las distorsiones del entrepiso en el edificio. propiedades de los materiales y capacidad estructural. Para construir estos gráficos se debe disponer de los valores de los ejes "X" e "Y".

### **Aspectos éticos de la investigación**

Dado que las consideraciones éticas son cruciales en el entorno profesional, la presente investigación se realizó con total honestidad e integridad, buscando la información útil mediante normas y códigos establecidos, además los textos extradios de otros estudios están señalando el crédito a los autores que los realizaron. Esto hecho con el fin de fortalecer la comprensión de los temas en estudio. Lo cual se hace para garantizar un comportamiento moral que cumpla con la ley.

Es así también que el software utilizado en esta investigación fue solicitado a la empresa CYPE Perú, que previamente de haber llevado cursos de CYPE y presentar una solicitud de realización de Tesis me brindó una licencia temporal para poder realizar el modelo estructural y su posterior diseño.

De la misma manera, para la verificación de la estructura se tuvo en consideración lineamientos en base a nuestro Reglamento Nacional de Edificaciones proponiendo una estructura que no afecte negativamente en ningún aspecto. Es por ello por lo que la información presentada será estrictamente académica, basada en el método científico, y sin alterar los valores originales obtenidos.

## Cargas

Encontrar los comportamientos que afectan significativamente la estructura es una de las primeras tareas. Se pueden utilizar diferentes criterios para categorizar estas acciones. (Cevallos A., 2019)

Según el momento en que se aplicaron, una forma de clasificarlos es la siguiente:

- Cargas estáticas: Son las cargas que soporta el edificio y que, en esencia, permanecen invariables a lo largo de su vida útil. El peso de componentes estructurales como vigas y pilares es un ejemplo bien conocido. (Cevallos A., 2019)
- Cargas Dinámicas: Se trata de cargas que se alteran con el tiempo. La carga generada por el usuario sobre la estructura es un ejemplo. (Cevallos A., 2019)
- Cargas repetidas: Estas cargas se aplican repetidamente y pueden variar en tamaño y dirección de aplicación. Un ejemplo común es la fuerza producida por un motor o generador que tensa repetidamente la superficie debido a la vibración. (Cevallos A., 2019)
- Carga de impacto: Una carga que tiene una duración muy corta, sólo se produce en un punto particular en la existencia eficaz de la estructura y se concentra en una posición específica. Una fuerza aplicada a una losa de hormigón por una gran masa sirve de ilustración. (Cevallos A., 2019)

## Sistemas Estructurales

Es un conjunto de piezas o partes independientes que se ensamblan para componer un cuerpo con la función de ofrecer una solución de carga y forma a un problema civil concreto. El tipo de componente que se ensambla y el tipo de ensamblaje determinan el comportamiento final de la estructura. La propia estructura de soporte sirve para representar un sistema continuo en lugar de distinguir los elementos como elementos individuales distintos, como las cúpulas, los techos y los muros macizos o continuos. Los componentes estructurales típicos de hormigón armado de los edificios pueden dividirse a grandes rasgos en forjados, vigas, pilares, muros y cimientos. (Guzmán R.)

- Losas de piso

Importantes componentes horizontales que transmiten las cargas vivas, cargas en movimiento o en reposo y las cargas muertas cargas estacionarias del tráfico al soporte vertical del armazón de la estructura. Pueden ser placas planas, losas sobre vigas o sistemas de piezas prefabricadas. Pueden configurarse para moverse en un sentido o en dos sentidos perpendiculares entre sí.

- Vigas

Estos componentes se encargan de transferir las cargas tributarias de los forjados al soporte vertical. En la sección de menor tensión o en la parte superior e inferior es donde suelen reforzarse estructuralmente, y normalmente se moldean en una sola pieza con los forjados. Se funden integralmente con el forjado y crean una viga en L en el exterior del edificio o una viga en T para las viguetas interiores.

- Columnas

Son los componentes verticales que sirven de soporte a los sistemas de piso.

Son elementos de compresión y se ven afectados con mayor frecuencia por cargas axiales y deflexiones y son muy importantes cuando se considera la seguridad de cualquier estructura.

- Muros

El muro es un cerramiento vertical para construir el marco. Pueden ser de cualquier material que satisfaga estéticamente los requisitos de forma y funcionalidad de la estructura, no sólo de hormigón. Además, con frecuencia es necesario utilizar muros sísmicos, y muros de cimentación de hormigón que puedan resistir terremotos y cargas de viento horizontales.

- Cimentación

La cimentación es una base que soporta los elementos de la superestructura y que transfiere el peso de la estructura al terreno. Hay muchas formas de cimentación, la más común es una zapata aislada. Otro sistema son cimientos de losa y vigas.

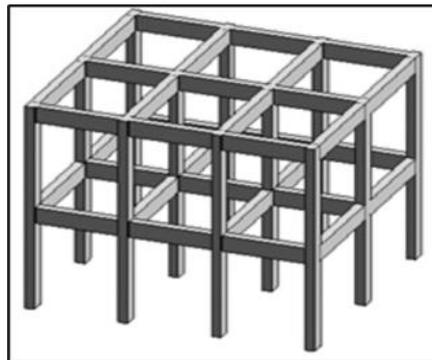
La colocación de elementos posibles ha producido diferentes sistemas de carga, y su capacidad para soportar la tensión aplicada a ellos es la forma, dimensiones, rigidez, ductilidad y durabilidad de sus propiedades. Teniendo en cuenta estas características, la norma E.030 para el diseño sísmico, plantea una clasificación del sistema estructural de un edificio.

- Sistema de pórticos

Formado por un armazón espacial libre de diagonales resistente a momentos sin diagonales capaz de soportar todas las fuerzas horizontales y cargas verticales. El esfuerzo de flexión está implícito en el sistema de pórticos cuando una carga no está colocada correctamente.

**Figura 4**

*Sistema de pórticos*



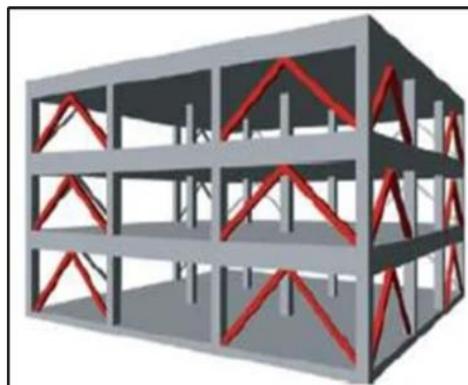
*Nota.* Fuente: Introducción a sistema estructurales, Ceballos A.

- Sistema dual

Es una disposición estructural que combina muros estructurales o marcos diagonales con un pórtico espacial resistente al momento sin diagonales.

**Figura 5**

*Sistema dual*



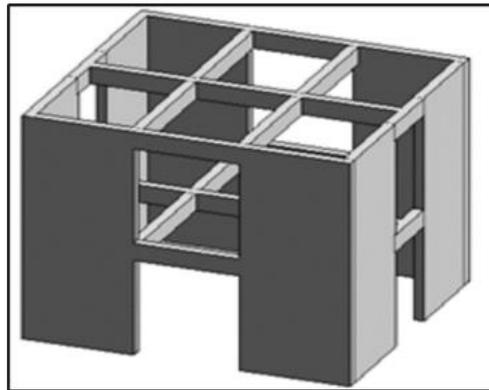
*Nota.* Fuente: Sistemas estructurales, Mendoza G.

- Sistema de muros estructurales

No tiene pórticos completos, y para resistir las cargas verticales se utilizan muros de hormigón armado (muros cortantes o placas). Para soportar las fuerzas horizontales, se utilizan muros estructurales.

**Figura 6**

Sistema de muros estructurales



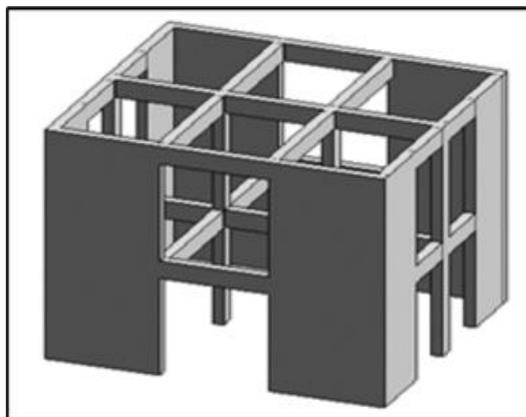
*Nota.* Fuente: Introducción a sistema estructurales, Ceballos A.

- Sistema combinado

Los muros estructurales resisten las fuerzas horizontales y un pórtico no resistente a los momentos resiste las cargas verticales.

**Figura 7**

Sistema combinado



*Nota.* Fuente: Introducción a sistemas estructurales, Ceballos A.

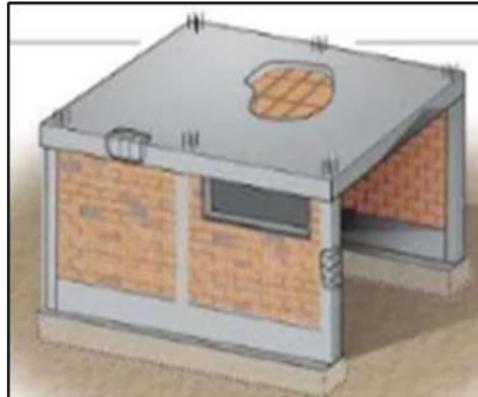
- Albañilería

Albañilería Confinada (Estructura más usada en el Perú)

Es un tipo de albañilería hecha de muros y elementos de concreto armado que trabajan para dar mayor rigidez (N° máximo de pisos: 5)

**Figura 8**

Albañilería confinada



*Nota.* Fuente: Muros de albañilería confinada, Pamela G.

Albañilería armada

Utiliza refuerzo vertical en los muros, llamados alveolos, con un concreto líquido que es el GROUT. (Mismo componente de una losa de manera vertical)

**Figura 9**

Albañilería armada



*Nota.* Fuente: Proceso constructivo de albañilería armada, Ponce E.

En la ingeniería estructural se disponen de diferentes criterios para llevar a cabo un diseño, que es un proceso creativo, establece las propiedades de un sistema (un grupo de componentes acoplados de forma organizada para llevar a cabo una función predeterminada) de manera que sirva mejor a sus objetivos.

El proceso de diseño estructural busca la determinación de la forma, las dimensiones generales y las características específicas del sistema sin disfunciones ni comportamientos estructurales desfavorables.

El proyecto de un edificio se compone de una serie de sistemas, como el sistema estructural, de ascensores, de climatización mecánica, el sistema de instalaciones sanitarias y de instalaciones eléctricas.

Las interacciones de estos sistemas hacen que los diseños de cada uno cambien y deban tomar en cuenta las relaciones que existen entre ellos.

Los diseños de los edificios se han creado históricamente apilando los proyectos de los distintos sistemas que componen la estructura, en función de los requisitos especificados por el propietario del proyecto o el cliente, el arquitecto propondrá un diseño funcional. Los ingenieros de la estructura deben adaptarse tanto como sea posible a los requisitos arquitectónicos propuestos. Finalmente, los ingenieros MEP desarrollan sus diseños de acuerdo con los proyectos estructurales y arquitectónicos. Después de que varios especialistas hicieran modificaciones y ajustes importantes a sus diseños, se llega al proyecto general final.

En este enfoque, cada especialista responsable de parte del proyecto no considera si la solución propuesta dificulta o imposibilita la realización de otras tareas. Otro factor que hay que tener en cuenta es cómo interactúan los contratistas de la construcción, esto se debe

a que el proceso constructivo y el tiempo invertido son aspectos importantes para determinar el costo de un proyecto.

Los ingenieros estructurales siempre deben tener en cuenta que la construcción de una estructura es sólo un paso en el proceso que lleva a la creación del edificio terminado; no es un fin en sí mismo. Para facilitar la construcción de la estructura adecuada, es crucial que los resultados sean de suficiente calidad y que el proyecto se complete con éxito. Para ello, es importante encontrar el equilibrio adecuado entre los usos propios de un material y sus propiedades mecánicas, el menor coste posible y los métodos de construcción. Para evitar que la estructura falle, es importante comprender que los componentes rígidos y plásticos de los elementos deben estar siempre en equilibrio entre sí.

Resulta útil dividir el proceso de diseño estructural en tres componentes fundamentales: estructuración, análisis y dimensionamiento.

- Estructuración

El tamaño, la forma y el emplazamiento del edificio se determinan durante esta fase. La naturaleza, las dimensiones y la ubicación de cada componente estructural. Entre ellos se encuentran la definición general de la geometría de la estructura (tanto en planta como en alzado), la selección de los materiales a emplear (hormigón armado, mampostería de acero, acero, etc. ), la elección de un sistema estructural que pueda soportar cargas sísmicas y gravitatorias. Se fijan las luces de las vigas, los forjados y las alturas libres de entresuelos, se plantean las dimensiones preliminares de los elementos, se diseñan sus conexiones y se establece cómo se fijan los elementos no resistentes a cargas con la estructura.

- Análisis

La forma en que la estructura reacciona ante una serie de acciones depende de las acciones que le corresponden. Estas acciones provocan desplazamientos, tensiones y, en algunos casos, daños en la estructura, que a su vez provocan deformaciones. Toda esta lista es lo que han provocado estas acciones. El objetivo de la fase de análisis es averiguar cómo reacciona la estructura ante los distintos agentes externos que pueden incidir en ella.

- Modelar la estructura

Abstraer la estructura real mediante un modelo teórico que puede examinarse con las técnicas computacionales disponibles. Para ello, es necesario recopilar diversa información y hacer suposiciones sobre diversas características, como las propiedades elásticas del material, que incluye el subsuelo y las dimensiones de los elementos. Con los resultados del análisis, puede ser necesario modificar y afinar los valores que se asumieron inicialmente durante el proceso.

- Determinar las acciones de diseño

Los códigos y normas que hay que cumplir definen las cargas y otras acciones que aplican fuerzas a una estructura. Sin embargo, en muchos casos, es responsabilidad del proyectista elaborar los valores de diseño de la carga o, al menos, hacerse con la información ambiental local que especifica las acciones de diseño (como los terremotos y los vientos). La selección de los criterios que deben especificar los valores de diseño para una determinada acción, el método utilizado para conseguir ese modelo mediante un sistema de fuerzas estáticas, normalmente con acciones equivalentes, y el método

utilizado para combinarlas son también acciones distintas. Normalmente, existe una gran incertidumbre en este punto, lo que puede provocar graves errores en las decisiones de las acciones de diseño y dar lugar a un diseño incompleto que no se ajusta a la carga real que se aplicará a la estructura.

- Determinar el impacto de las actuaciones de diseño

Aquí se identifican las fuerzas internas, incluidos los momentos existentes, así como la deflexión y la deformación estructural. Normalmente, el método de análisis presupone un movimiento elástico lineal. Los métodos analíticos han sido posibles gracias al avance de los métodos numéricos relacionados con el uso del ordenador. Es importante destacar los riesgos que corre un diseñador que no esté relacionado con el proceso de análisis y diseño, ya que queda expuesto a reducir la naturaleza física del asunto en cuestión, de no caracterizar adecuadamente los datos necesarios para alimentar el modelo y de no determinar si los resultados son realistas o no.

- Dimensionamiento

Cuando se trata de hormigón armado y mampostería reforzada, el dimensionamiento también se refiere al cálculo de las cuantías y la ubicación de los componentes estructurales, así como a sus propiedades geométricas.

Las definiciones detalladas de la estructura verifican el acatamiento del reglamento de seguridad estipulado. Hasta que se desarrollan los planos detallados y las correspondientes especificaciones de construcción, se diseñan los componentes del sistema estructural adoptado. Estas actividades tienen que ver con la puesta en práctica de una o varias leyes y códigos que controlan cómo se diseñan las estructuras relacionadas (RNE). Tanto el sistema de construcción como los materiales elegidos se rigen por códigos y procedimientos específicos. Los requisitos de seguridad y el enfoque utilizado en el diseño, en general, constituyen un aspecto.

#### Criterios de Estructuración

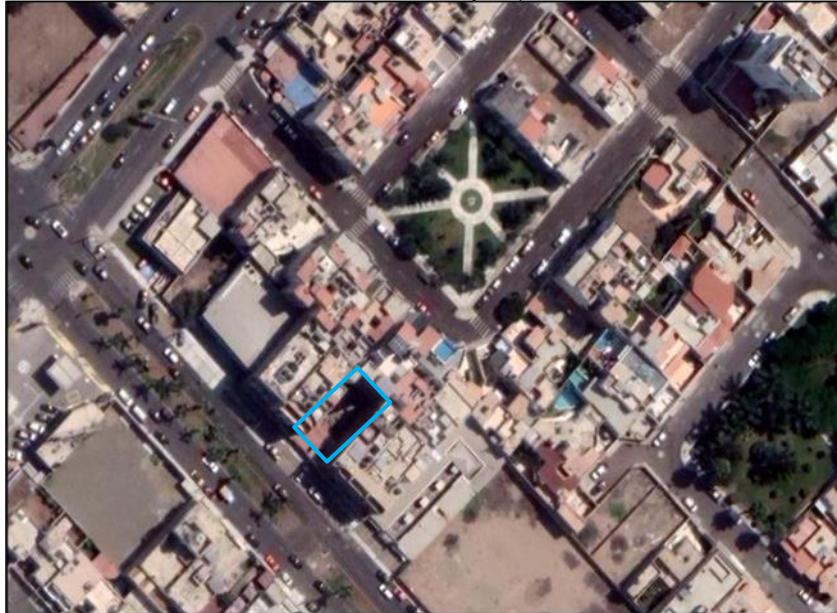
Los materiales, formas, dimensiones generales y colocación de los elementos que componen la estructura influyen en gran medida en su comportamiento frente a los agentes externos a los que está expuesta. Esto es especialmente importante para el comportamiento durante movimientos sísmicos, debido al riesgo que ello genera.

### CAPÍTULO III: RESULTADOS

Antes de empezar el desarrollo de la tesis, era necesario establecer la ubicación del proyecto, Av. El Golf - distrito de Víctor Larco – Trujillo. La superficie del terreno es de 341,81 m<sup>2</sup>.

**Figura 10**

Vista aérea de ubicación del proyecto



*Nota.* Fuente: Google Earth, 2022

Utilizando un sistema estructural de pórticos y muros cortantes, el edificio que se presenta estará construido en hormigón armado. El edificio, que tiene seis niveles en total, tiene una altura de entrepiso de 2.55 metros para todos los niveles, una dimensión en planta de 24.95 metros y una dimensión transversal de 13.70 metros, así como un ascensor y escaleras de emergencia que llegan hasta el techo. Cabe destacar que la arquitectura del edificio tiene una forma bastante regular, principalmente por la forma del terreno.

**Tabla 2**

*Descripción de ambientes*

Descripción de ambientes	
<b>Nivel 1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 dormitorios</li> <li>• 4 SS.HH.</li> <li>• Jardín</li> <li>• 1 depósito</li> <li>• 1 vestíbulo</li> <li>• 3 salas</li> <li>• 3 comedores</li> <li>• 3 cocinas</li> <li>• 3 cuartos de uso diverso</li> </ul>
<b>Nivel 2 a 6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 dormitorios</li> <li>• 5 SS.HH.</li> <li>• 4 salas</li> <li>• 4 comedores</li> <li>• 4 cocinas</li> <li>• 3 cuartos de uso diverso</li> </ul>
<b>Espacios comunes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escaleras</li> <li>• Hall</li> <li>• Ascensor</li> </ul>

*Nota:* Esta tabla muestra la división de ambientes propuesto en la especialidad de Arquitectura.

Fuente: Elaboración propia

Es notorio que la configuración estructural se determinó en gran medida en el proyecto arquitectónico. Por ello, en esta fase se buscó determinar la ubicación y características más adecuadas de los elementos principales que configuran el modelo sin alterar la arquitectura, así como evaluar un discernimiento comprensible de la estructuración para obtener funcionalidad, seguridad, economía, estética y simplicidad del edificio, para la elaboración de esta especialidad se ha considerado la siguiente normativa:

E.020 – E.030 – E.060 – ACI-318

La estructura del edificio se establece en elementos como columnas y vigas que pueden transmitir todas las fuerzas gravitatorias a la cimentación por sus características arquitectónicas. Asimismo, se ha decidido utilizar losas macizas en las zonas donde se instalarán tuberías y losas aligeradas en un solo sentido, porque este tipo de losa tiene un comportamiento flexible para las cargas gravitatorias y se comporta como un diafragma rígido para las cargas sísmicas.

Al igual que en los estadios, auditorios, etc., el análisis no tiene en cuenta la alternación de carga viva porque su dimensión no es significativa en comparación con la carga muerta. Las cargas dinámicas son provocadas por la aceleración que experimenta la masa del edificio como resultado del movimiento sísmico.

En el lugar de emplazamiento del proyecto, está presente una capa superficial de terreno granular fino que van de 5 a 10 m. Bajo estos estratos se encuentran gravas aluviales y gravas coluviales. El tipo de suelo investigado es el S2 (intermedio), que será el foco principal.

El peso de tabiquería se tuvo en consideración en el análisis de los elementos y su posterior diseño, pero no forma parte del sistema estructural. Además, se debe procurar cumplir con los requerimientos arquitectónicos, de uso o servicio siempre que NO comprometa a la estructura.

## Predimensionamiento de elementos estructurales

### Losa maciza

Se utilizarán las directrices operativas y las normas preliminares que se enumeran a continuación, junto con las recomendaciones formuladas por ACI (2014).

**Tabla 3**

*Relación de losa maciza*

Losa maciza en dos direcciones	
Mayor luz (m)	Peralte
Entre 4.0 a 5.5	L/40
Entre 5.5 a 6.5	L/35
Entre 6.5 a 7.5	L/30

*Nota:* Esta tabla recomienda el peralte, según longitudes de luz entre paños.

Fuente: Oviedo R., 2015.

$$h_{losa} = \frac{L}{35}$$

$h_{losa}$  : Espesor de losa maciza

L : Mayor distancia entre paños

$$h_{losa} = \frac{6.40}{35} = 0.183$$

Se decide emplear una losa maciza de espesor igual a 20 cm. Pero en el ingreso en el software CYPECAD la losa maciza es de 25 cm.

## Losa aligerada

Para el predimensionamiento previo de los forjados unidireccionales aligerados se seguirán las directrices ofrecidas por ACI (2014) y E.060. Toda la losa aligerada fue uniformada para mejorar el comportamiento del diafragma horizontal. Teniendo en cuenta las longitudes entre ejes más desfavorables, para lo cual se aplicará la siguiente razón:

**Figura 11**

Espesores de losa aligerada

S/c	150	200	250	300	350	400	450	500
H	Ln/30	Ln/28	Ln/26	Ln/24	Ln/22	Ln/21	Ln/20	Ln/19

Ln	H	H ladrillo	e losita
4.00 m	0.17 m	0.12 m	0.05 m
5.00 m	0.20 m	0.15 m	0.05 m
6.00 m	0.25 m	0.20 m	0.05 m
7.00 m	0.30 m	0.25 m	0.05 m

$$H = \frac{Ln}{25}$$

$$h_{losa} = \frac{L}{25}$$

$h_{losa}$  : Espesor de losa aligerada

L : Distancia mayor entre paños

$$h_{losa} = \frac{6.40}{25} = 0.256$$

Se propuso losas aligeradas de 25 cm verificando que las comprobaciones sean correctas, salvo en losas que no cumplan las comprobaciones.

Para controlar las deflexiones en la losa sin comprometer la seguridad, se propone utilizar un espesor 30 cm.

## Vigas

Para las vigas se empleó:

**Tabla 4**

*Factores para predimensionamiento de vigas*

Factores para predimensionamiento de viga	
Ws/c	$\alpha$
$S/C \leq 200 \text{ kg/cm}^2$	12
$200 < S/C \leq 350 \text{ kg/cm}^2$	11
$350 < S/C \leq 600 \text{ kg/cm}^2$	10
$600 < S/C \leq 750 \text{ kg/cm}^2$	9

*Nota:* Esta tabla muestra factores de predimensionamiento según sobrecarga de uso  
Fuente: Oviedo R., 2015.

Según E.020, el edificio multifamiliar de 6 plantas del autor, que sirve de base para esta tesis, tendrá una sobrecarga de 200 kg/m<sup>2</sup> en todo su recorrido.

$$h_v = \frac{Ln}{12} \quad b_v = \frac{b_v}{2}$$

$h_v$  : Peralte de viga

$Ln$  : Luz máxima libre (m)

$b_v$  : Base de viga

Por consiguiente:

$$h_v = \frac{6.40}{12} = 0.533 \approx 0.55 \text{ m}$$

$$b_v = \frac{0.55}{2} = 0.275 \approx 0.30 \text{ m}$$

En consecuencia, las vigas ortogonales utilizadas en el edificio tendrán unas medidas fijas de 30 x 50 cm, salvo en tramos en donde el software notifique errores.

### Columnas

En este caso, el edificio estará formado por pórticos y placas, que son los encargados de contribuir una cantidad importante de rigidez lateral a la estructura analizada. Los pilares son elementos sujetos a trabajos de flexión, compresión y de cortante.

### Predimensionamiento inicial

**Tabla 5**

*Predimensionamiento de columnas*

Columna	Nº Pisos	Carga kg/m <sup>2</sup>	Área tributaria (m <sup>2</sup> )	f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup>	P (kg)	Factor	Área columnas cm <sup>2</sup>	“a” Col	“b” Col	Predim. (cm)
C1	6	1000	5.75	210	34500	0.25	657.14	30	30	30x30
C2	6	1000	16.10	210	96600	0.25	1840.00	50	50	50x50
C3	6	1000	5.80	210	34800	0.25	662.86	30	30	30x30
C4	6	1000	18.10	210	108600	0.25	2068.57	50	50	50x50
C5	6	1000	18.10	210	108600	0.25	2068.57	50	50	50x50
C6	6	1000	19.20	210	115200	0.25	2194.29	50	50	50x50
C7	6	1000	19.20	210	115200	0.25	2194.29	50	50	50x50
C8	6	1000	22.60	210	135600	0.25	2582.86	60	60	60x60
C9	6	1000	22.60	210	135600	0.25	2582.86	60	60	60x60
C10	6	1000	22.55	210	135300	0.25	2577.14	60	60	60x60
C11	6	1000	10.50	210	63000	0.45	666.67	30	30	30x30
C12	6	1000	22.55	210	135300	0.25	2577.14	60	60	60x60

*Nota:* Esta tabla muestra el predimensionamiento de columnas, para el modelo se optó por columnas de 40 x 40 cm, 50 x 50 cm y 50 x 60, con el objetivo de cumplir con las comprobaciones del software

Fuente: Elaboración propia

## Placas

Establecer una dimensión para las placas es algo difícil porque su propósito principal es absorber las fuerzas laterales del terremoto. En consecuencia, cuanto más robustos o significativos sean dentro de la estructura, más corte sísmico absorberán. Si los pórticos van a soportar una carga sísmica del 100%, los elementos de corte pueden no ser necesarios.

Se aconseja utilizar placas con un grosor mínimo de 20 cm en zonas sísmicamente activas. El edificio de este proyecto es una estructura multifamiliar que se encuentra en Trujillo y está en zona sísmica 4 según la E.030 (2018), en base a la cual se determinó acoplar placas de 20 cm de espesor desde el nivel 02 hasta el nivel 06, y placas de 25 cm de espesor en el primer nivel y en el hueco del ascensor.

## Cargas de diseño

Para obtener los datos de cargas en gravedad se utilizó la E.020.

Esta norma tiene en cuenta las cargas que la estructura deberá soportar durante su funcionamiento.

### Carga muerta

La estructura, además de su peso propio estará sometido a las siguientes cargas permanentes:

Acabados: 100 kg/m<sup>2</sup>.

### Tabiquería:

Muros bajos: 400 kg/m

Muro divisorio (10 cm): 500 kg/m

Muro divisorio (15 cm): 700 kg/m.

Carga viva

200 kg/m<sup>2</sup> (Viviendas).

Carga de sismo

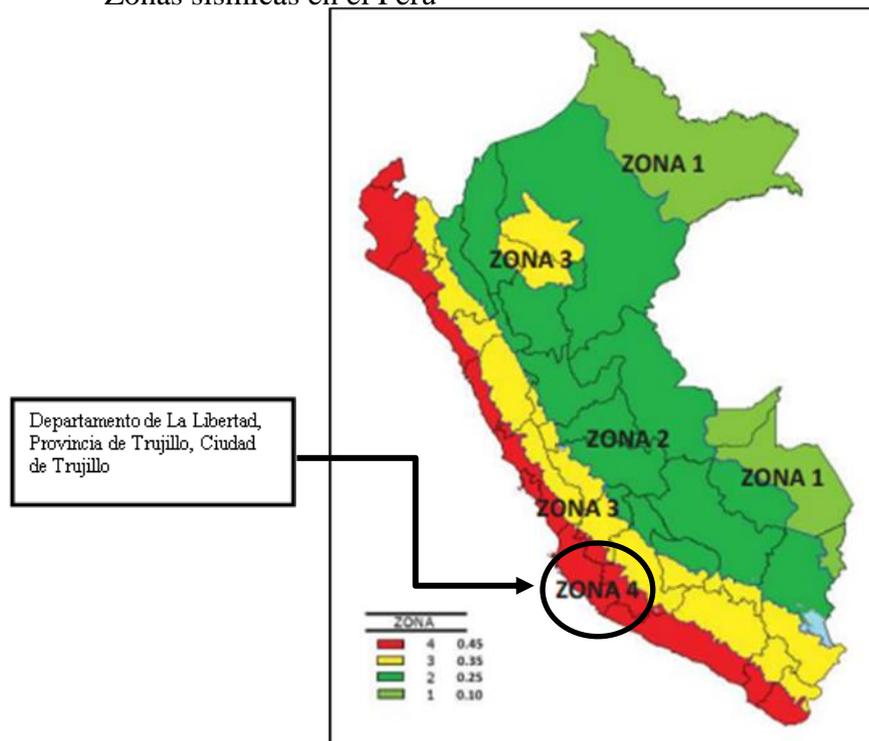
Para el método de cálculo se empleó el análisis modal espectral.

Zonificación

La norma clasifica al proyecto como de zona 4 por estar situado en la ciudad de Trujillo, por lo que "Z" tiene un valor de 0,45. La figura N° 1 de la norma E.030 contiene una verificación de este valor.

**Figura 12**

Zonas sísmicas en el Perú



Nota. Fuente: E.030, 2018

## Parámetros de sitio

**Tabla 6**

*Parámetros de sitio*

Perfil tipo	Suelos intermedios
S	1.05
S2	T <sub>p</sub> (s)
	T <sub>L</sub> (s)

*Nota.* Fuente: E.030, 2018

## Período Fundamental de Vibración

Tiempo máximo de movimiento en ambas direcciones, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$T = \frac{h_n}{c_T} = \frac{17.70}{45} = 0.39$$

Dónde:

CT = 45 Para estructuras con pórticos de hormigón armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras, que corresponden a los elementos resistentes en la dirección estudiada.

## Factor de Amplificación Sísmica

Con la ayuda de los parámetros impuestos en la E.030, se establece lo siguiente:

Periodo T: 0.39

Condición de periodo:  $T < T_P$

Factor de amplificación sísmica:  $C = 2.5$

## Categoría De Las Edificaciones y Factor U

El propósito del edificio será la vivienda, por lo que la norma E.030 en su tabla 5, lo describe como edificación común, categoría C, por lo que,  $U = 1.00$ .

## Sistema Estructural y Coeficiente Básico de Reducción ( $R_o$ )

Sistema compuesto por columnas y muros estructurales, le corresponde un coeficiente de 7.

## Irregularidad

No se permiten irregularidades extremas, factor 1.

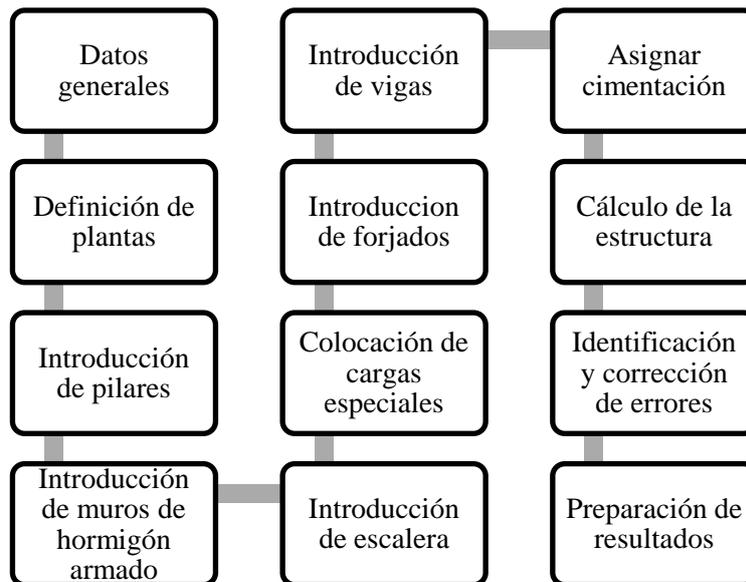
## Modelado estructural de la edificación

Los planos de construcción de un edificio pueden obtenerse utilizando CYPECAD, un programa para diseñar estructuras metálicas y de hormigón armado. Que dimensiona y analiza componentes estructurales y edita las armaduras. Realiza el dimensionamiento automático de piezas metálicas y de hormigón armado, así como el cálculo de estructuras tridimensionales formadas por soportes y losas, incluidas las cimentaciones. Ha sido modificado para cumplir con la normativa española más reciente, así como con la de muchos otros países, incluyendo la normativa peruana y el código ACI.

Para una introducción fluida de la estructura.

**Figura 13**

Esquema de introducción y resolución de estructuras



*Nota.* Fuente: CYPECAD, 2023.

Para un entendimiento más detallado de las condiciones ingresadas en CYPECAD consultar anexos.

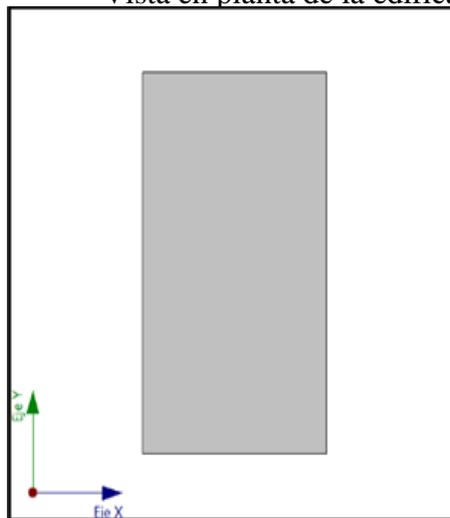
Listados de datos de la obra

Combinaciones de carga (ver anexo 85)

Direcciones de análisis

**Figura 14**

Vista en planta de la edificación

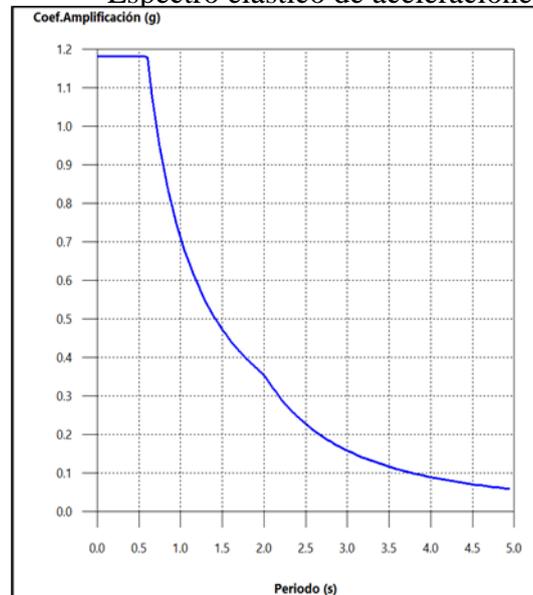


*Nota.* Fuente: CYPECAD, v.2023.a

Espectro de cálculo

**Figura 15**

Espectro elástico de aceleraciones



Nota. Fuente: CYPECAD, v.2023.a

**Coef. Amplificación:**  
 $S_{aw} = Z \cdot U \cdot C \cdot S$   
 Donde:

$C = 2,5$	$T < T_p$
$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$	$T_p \leq T < T_l$
$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_l}{T^2}\right)$	$T_l \leq T$

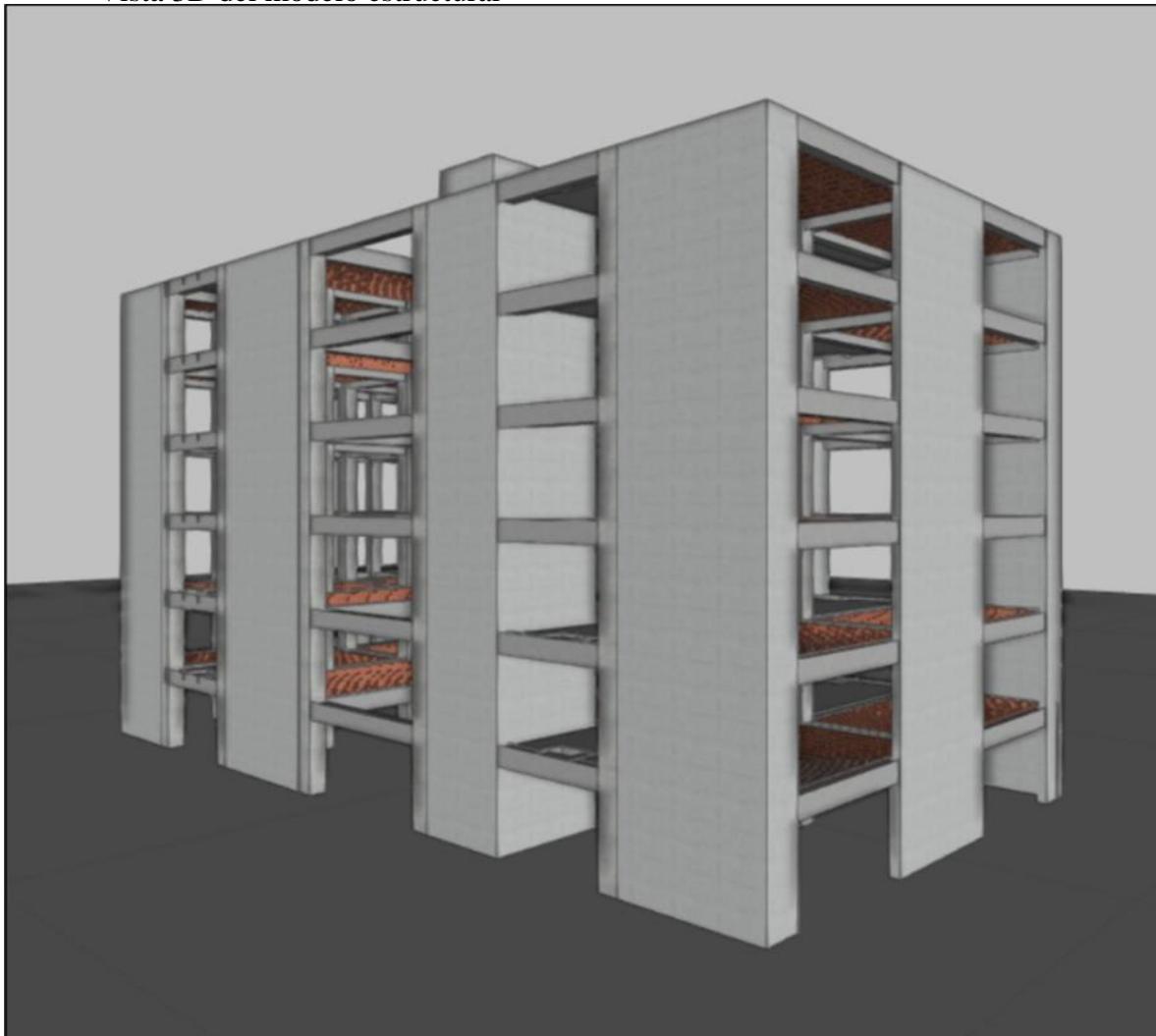
El valor máximo de las ordenadas espectrales es 1.181 g.

## Configuración estructural

La cimentación de la estructura se constituye de vigas de cimentación y una losa de 60 cm de espesor. Muros cortantes y pórticos de hormigón armado conforman el doble sistema estructural que soporta el edificio; en las direcciones "X" e "Y" predominan los muros de hormigón armado. Las losas macizas en 2 direcciones y losas aligeradas que componen el sistema de entreplantas tienen viguetas dispuestas sólo en una dirección.

### **Figura 16**

Vista 3D del modelo estructural



*Nota.* Fuente: CYPECAD, v.2023.a

## Análisis estructural

### Modelamiento estructural

La estructura que conforma el proyecto será analizada considerando un comportamiento inelástico. Se evaluará la configuración estructural para comprobar si puede resistir las cargas gravitacionales, sobrecarga de uso y sismo.

La estructura será sometida a un análisis dinámico Modal-Espectral para solicitaciones sísmicas. En conformidad con los requisitos de la norma E.030, el análisis se aplicará en dos direcciones ortogonales.

Con el fin de concretar el análisis estructural se utilizará el software CYPECAD que tiene en cuenta los métodos matriciales y los elementos finitos. Debido a las características desfavorables del terreno, se ha propuesto una interacción suelo - estructura. Para el análisis se ha realizado una modelización estructural completa del edificio, incluyendo la cimentación, el peso de la escalera y la caja de ascensor.

Características de materiales y del terreno.

Las siguientes tablas proporcionan una lista de las características de los materiales utilizados para el acero de refuerzo y el hormigón armado.

**Tabla 7**

*Propiedades del acero empleado para el modelo estructural*

Elemento	Acero	$f_{yk}$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$\gamma_s$
Todos	Grado 60	4200	1.00

*Nota.* Fuente: CYPECAD, v.2023.a

**Tabla 8**

*Propiedades del hormigón empleado para el modelo estructural*

Elemento	f'c (kp/cm <sup>2</sup> )	Tamaño máximo del árido (mm)	E <sub>c</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )
Losa de cimentación	280	19	252672
Vigas y forjados	210	19	218820
Columnas	210	19	218820
Muros	210	19	218820

Nota. Fuente: CYPECAD, v.2023.a

A fin de analizar y diseñar de la cimentación se usaron las características del terreno donde se ubicará el edificio, las cuales deben ser confirmadas antes de ser puestas en práctica.

El siguiente paso fue determinar la capacidad portante del terreno utilizando como guía el EMS descargado del SEACE (obtenido de un estudio de suelos para cimentaciones y pavimentos, del distrito de Víctor Larco, Trujillo). Asimismo, se determinó el módulo de balasto a utilizar en el análisis de cimentación para la proyección de la losa de cimentación utilizando la expresión de Bowles.

$$K = 40 \times F.S. \times q_{adm}$$

$$K = 40 \times 3. \times 2$$

$$K = 2400 \frac{Tn}{m^3}$$

**Tabla 9**

*Elementos de cimentación*

Losas de cimentación	Canto (cm)	Módulo de balasto (t/m <sup>3</sup> )	Tensión admisible en situaciones persistentes (kp/cm <sup>2</sup> )	Tensión admisible en situaciones accidentales (kp/cm <sup>2</sup> )
Todas	60	2400	2.00	3.00

Nota. Fuente: CYPECAD, v.2023.a

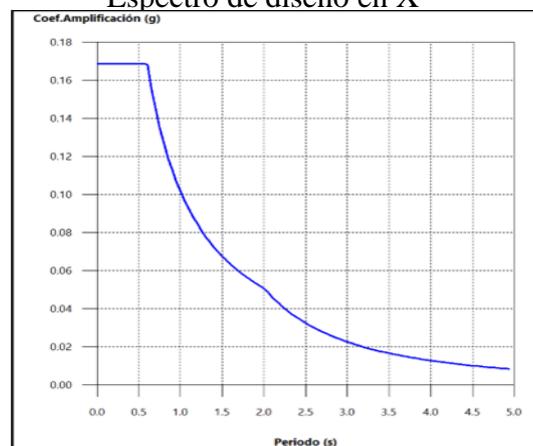
## Resultados del análisis sísmico

Para crear el espectro de diseño sísmico, el espectro elástico se reduce por el coeficiente (R) correspondiente a cada dirección de análisis.

$$S_d = \frac{S_{el}}{R} = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \quad R \geq 1$$

**Figura 17**

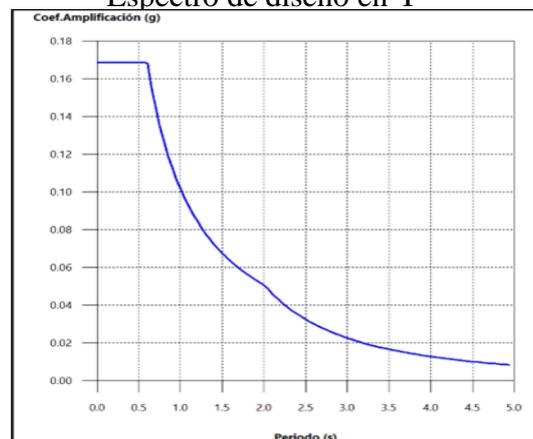
Espectro de diseño en X



Nota. Fuente: CYPECAD, v.2023.a

**Figura 18**

Espectro de diseño en Y



Nota. Fuente: CYPECAD, v.2023.a

## Coeficientes de participación

La estructura analizada en ambas direcciones debe cumplir las especificaciones de la E.030, con un mínimo del 90% de la masa total del edificio y un predeterminado número de modos de vibrar.

**Tabla 10**

*Coeficientes de participación*

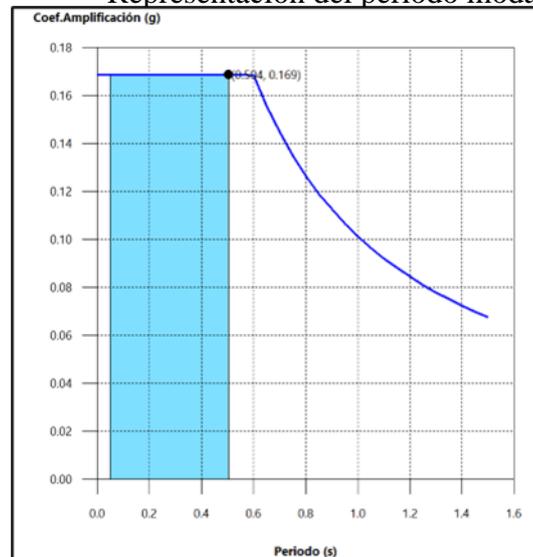
Modos	T	Lx	Ly	Lgz	Mx	My	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	0.498	0.6758	0.0076	0.7371	81.51 %	0.01 %	R = 7 A = 1.655 m/s <sup>2</sup> D = 10.4104 mm	R = 7 A = 1.655 m/s <sup>2</sup> D = 10.4104 mm
Modo 2	0.364	0.0164	0.8333	0.5525	0.03 %	82.54 %	R = 7 A = 1.655 m/s <sup>2</sup> D = 5.5477 mm	R = 7 A = 1.655 m/s <sup>2</sup> D = 5.5477 mm
Modo 3	0.301	0.0119	0.0088	0.9999	0.84 %	0.46 %	R = 7 A = 1.655 m/s <sup>2</sup> D = 3.79333 mm	R = 7 A = 1.655 m/s <sup>2</sup> D = 3.79333 mm
Modo 4	0.094	0.4463	0.0059	0.8949	11.93 %	0 %	R = 7 A = 1.655 m/s <sup>2</sup> D = 0.36661 mm	R = 7 A = 1.655 m/s <sup>2</sup> D = 0.36661 mm
Modo 5	0.053	0.0318	0.1033	0.9941	0.54 %	5.77 %	R = 7 A = 1.655 m/s <sup>2</sup> D = 0.11689 mm	R = 7 A = 1.655 m/s <sup>2</sup> D = 0.11689 mm
Modo 6	0.052	0.0336	0.1338	0.9904	0.47 %	7.46 %	R = 7 A = 1.655 m/s <sup>2</sup> D = 0.1123 mm	R = 7 A = 1.655 m/s <sup>2</sup> D = 0.1123 mm
Total					<b>95.32 %</b>	<b>96.24 %</b>		

*Nota.* Fuente: CYPECAD, v.2023.a

## Representación de los periodos modales

**Figura 19**

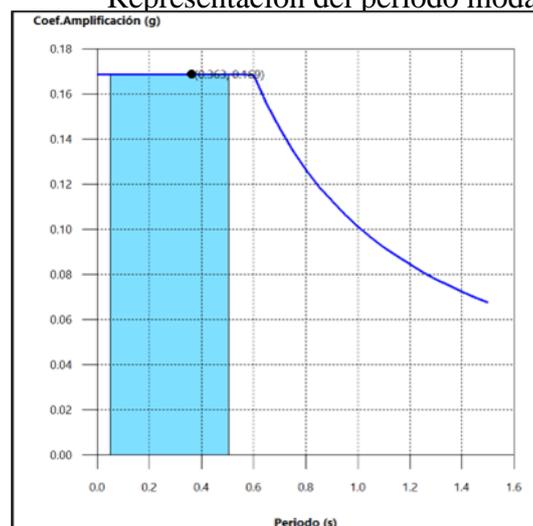
Representación del periodo modal en X



Nota. Fuente: CYPECAD, v.2023.a

**Figura 20**

Representación del periodo modal en Y



Nota. Fuente: CYPECAD, v.2023.a

Se indican los modos con desplazamientos superiores al 30% de la masa., así como un intervalo de periodos que abarcan los modos estudiados.

**Tabla 11**

*Hipótesis sismo en dirección XI*

<b>Hipótesis sismo en dirección X1</b>		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 1	0.498	0.169

Nota. Fuente: CYPECAD, v.2023.a

**Tabla 12**

*Hipótesis sismo en dirección YI*

<b>Hipótesis sismo en dirección Y1</b>		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 2	0.364	0.169

Nota. Fuente: CYPECAD, v.2023.a

Cada planta tiene un centro de masa, un centro de rigidez y excentricidades.

**Tabla 13**

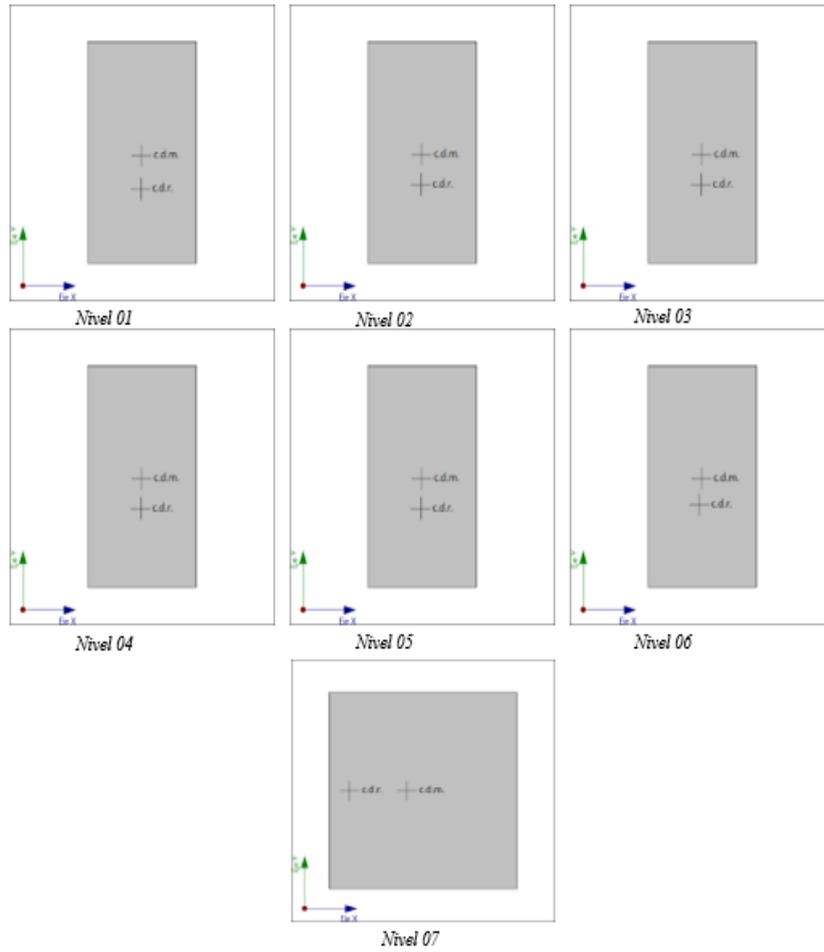
*Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades*

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	ex (m)	ey (m)
Nivel 07	(4.42, 11.73)	(3.78, 11.73)	0.64	0.00
Nivel 06	(6.78, 12.17)	(6.49, 9.36)	0.29	2.81
Nivel 05	(6.83, 12.16)	(6.68, 8.92)	0.15	3.24
Nivel 04	(6.83, 12.16)	(6.68, 8.92)	0.15	3.24
Nivel 03	(6.83, 12.16)	(6.68, 8.92)	0.15	3.24
Nivel 02	(6.83, 12.16)	(6.68, 8.92)	0.15	3.24
Nivel 01	(6.81, 12.13)	(6.70, 8.50)	0.11	3.62

Nota. Fuente: CYPECAD, v.2023.a

**Figura 21**

Representación geométrica de c.d.m. y c.d.r. por nivel



Nota. Fuente: CYPECAD, v.2023.a

## Corrección por cortante basal

Utilizando la combinación cuadrática completa (CQC) de los cortantes de base por hipótesis modal, se obtiene el cortante dinámico de base ( $V_d$ ), por dirección e hipótesis sísmica.

**Tabla 14**

*Corte basal dinámico en eje X*

Hipótesis sísmica (X)	Hipótesis modal	$V_x$ (t)	$V_{d,x}$ (t)
Sismo X1	Modo 1	313.5560	317.1742
	Modo 2	0.1224	
	Modo 3	3.2126	
	Modo 4	45.8801	
	Modo 5	2.0903	
	Modo 6	1.7906	

Nota. Fuente: CYPECAD, v.2023.a

**Tabla 15**

*Corte basal dinámico en eje Y*

Hipótesis sísmica (Y)	Hipótesis modal	$V_y$ (t)	$V_{d,y}$ (t)
Sismo Y1	Modo 1	0.0401	319.2840
	Modo 2	314.8907	
	Modo 3	1.7686	
	Modo 4	0.0080	
	Modo 5	22.0109	
	Modo 6	28.4631	

Nota. Fuente: CYPECAD, v.2023.a

## Cortante basal Estático

Cada una de las direcciones de análisis da lugar a la determinación del cortante sísmico en la base de la estructura:

**Tabla 16**

*Corte basal estático*

<b>Corte basal estático</b>	
VS,X: Corte sísmico en la base (X)	
$V_{s,x} = \text{MAX}(S_d(T_{a,x}) \cdot P; 0.125 \cdot Z \cdot U \cdot S \cdot P)$	364.193t
Sd,X(Ta): Aceleración espectral horizontal de diseño (X)	0.169 g
Ta,X: Periodo fundamental aproximado (X)	
$T_a = h/45$	0.39 s
Tipología estructural (X): II	
h: Altura del edificio	17.70 m
VS,Y: Corte sísmico en la base (Y)	
$V_{s,y} = \text{MAX}(S_d(T_{a,y}) \cdot P; 0.125 \cdot Z \cdot U \cdot S \cdot P)$	364.193t
Sd,Y(Ta): Aceleración espectral horizontal de diseño (Y)	0.169 g
Ta,Y: Periodo fundamental aproximado (Y)	
$T_a = h/45$	0.39 s
Tipología estructural (Y): II	
h: Altura del edificio	17.70 m

Nota. Fuente: CYPECAD, v.2023.a

## Peso sísmico global del edificio

**Tabla 17**

*Peso sísmico global del edificio*

<b>Planta</b>	<b>Pi (t)</b>
Nivel 07	6.6266
Nivel 06	324.8292
Nivel 05	361.4301
Nivel 04	361.4301
Nivel 03	361.4301
Nivel 02	361.4301
Nivel 01	381.0048
<b>P=∑pi</b>	<b>2158.1812</b>

*Nota.* Fuente: CYPECAD, v.2023.a

## Verificación de la condición de cortante basal

Al realizar la combinación modal, el cortante base dinámico total (Vd), que se calcula para cualquier dirección de análisis, es inferior al 80% del cortante base sísmico estático (Vs).

**Tabla 18**

*Verificación de la condición de cortante basal*

<b>Hipótesis sísmica</b>	<b>Condición de cortante basal mínimo</b>		<b>Factor de modificación</b>
Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.80 \cdot V_{s,X}$	317.1742 t $\geq$ 291.3545 t	N.P.
Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,Y}$	319.2840 t $\geq$ 291.3545 t	N.P.

*Nota.* Fuente: CYPECAD, v.2023.a

## Control de Desplazamientos y Distorsiones

Las derivas obtenidas del análisis sísmico son inferiores a las derivas permisibles por la norma E.030, en la dirección X, se obtuvieron derivas inferiores a 0.007, y en la dirección Y, las derivas obtenidas son inferiores a 0.007.

Nota:

La deriva relativa entre pisos y el colapso del edificio en su conjunto suelen estar limitados por las distintas normas.

Las juntas sísmicas se definirán utilizando el valor absoluto. El valor relativo suele estar limitado por la altura de la planta, "h". En este caso, la altura total se utiliza como valor de "h" a la hora de determinar si el valor "Total" está presente.

**Tabla 19**

*Límites para distorsión de entrepiso*

<b>Material Predominante</b>	<b>(<math>\Delta_i / h_{ei}</math>)</b>
Concreto armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

*Nota.* Fuente: E.030, 2018.

Valores máximos de distorsión

**Tabla 20**

*Máximo colapso local de los pilares ( $\delta/h$ )*

Planta	Máximo colapso local de los pilares ( $\delta/h$ )			
	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
06	----	----	1 / 203 (C20, C21)	1 / 381 (C3, ...)
05	----	----	1 / 192 (C20, C21)	1 / 370 (C3, ...)
04	----	----	1 / 181 (C20, C21)	1 / 365 (C3, ...)
03	----	----	1 / 174 (C20, C21)	1 / 360 (C3, ...)
02	----	----	1 / 173 (C20, C21)	1 / 365 (C3, ...)
01	----	----	1 / 175 (C20, C21)	1 / 354 (C3, ...)

*Nota:* <sup>(1)</sup> Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.

Fuente: CYPECAD, v.2023.a

**Tabla 21**

*Máximo colapso global de los pilares ( $\Delta/H$ )*

Máximo colapso global de los pilares ( $\Delta/H$ )			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>	
Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
----	----	1 / 182 (C20, C21)	1 / 367 (C3, ...)

*Nota:* <sup>(1)</sup> Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.

Fuente: CYPECAD, v.2023.a

**Tabla 22**
*Máximo colapso local de los muros ( $\delta/h$ )*

Planta	Máximo colapso local de los muros ( $\delta/h$ )			
	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
07	----	----	1 / 227 (M15)	1 / 409 (M13, M15)
06	----	----	1 / 203 (M22, M23)	1 / 383 (M19, ...)
05	----	----	1 / 192 (M22, M23)	1 / 372 (M19, ...)
04	----	----	1 / 181 (M22, M23)	1 / 364 (M19, ...)
03	----	----	1 / 174 (M22, M23)	1 / 361 (M19, ...)
02	----	----	1 / 173 (M22, M23)	1 / 364 (M19, ...)
01	----	----	1 / 189 (M22, M23)	1 / 384 (M19, ...)

Nota: <sup>(1)</sup> Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.

Fuente: CYPECAD, v.2023.a

**Tabla 23**
*Máximo colapso global de los muros ( $\Delta/H$ )*

Máximo colapso global de los muros ( $\Delta/H$ )			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>	
Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
----	----	1 / 185 (M22, M23)	1 / 372 (M19, ...)

Nota: <sup>(1)</sup> Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.

Fuente: CYPECAD, v.2023.a

## Separación entre edificios (s)

Según la E.030, 2018. Para evitar colisiones durante el movimiento sísmico, todas las estructuras deben mantener una distancia mínima entre ellas desde el nivel natural del suelo. Cuando se suman los desplazamientos máximos de las edificaciones cercanas, esta separación es al menos  $2/3$  de ese total.

$$s = 0,006 h > 0,03 m$$

$$s = 0,006 x 12,75$$

$$s = 0.0765 m > 0.03 m$$

Esfuerzos y armados de columnas

**Tabla 24**

*Esfuerzos de pilar C9 Nivel 06 - 04*

Resumen de las comprobaciones														
Pilar	Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Naturaleza	Esfuerzos pésimos					Pésima	Aprov. (%)	Estado		
					N (t)	Mxx (t·m)	Myy (t·m)	Qx (t)	Qy (t)					
C9	Nivel 06 (13.775 - 15.3 m)	60x50	Cabeza	G, Q, S	-11.32	0.81	1.81	-8.33	-11.43	Q S.	28.0	✓		
				G, S	-6.26	-0.80	3.92	-9.37	-1.81	N,M S.	19.8	✓		
			14.2 m	G, S	-0.32	0.27	1.47	-10.50	-3.62	Q S.	72.8	✓		
				G, S	-4.15	0.34	0.69	-5.19	-5.15	N,M S.	6.2	✓		
			14.117 m	G, S	-0.32	0.27	1.47	-10.50	-3.62	Q S.	72.8	✓		
				G, S	-4.15	0.34	0.69	-5.19	-5.15	N,M S.	6.2	✓		
			13.35 m	G, S	8.87	0.86	-2.39	-11.06	-2.14	Q S.	65.5	✓		
			Nivel 06 (12.75 - 13.775 m)	60x50	13.092 m	G, S	8.87	0.86	-2.39	-11.06	-2.14	Q S.	65.5	✓
					Pie	G, S	9.20	0.67	-4.06	-11.05	-2.14	Q S.	65.5	✓
					Cabeza	G, Q, S	-1.34	1.81	2.33	-8.91	-12.99	Q S.	30.3	✓
	G, S	5.07				-0.77	4.52	-10.15	-0.83	N,M S.	14.7	✓		
	11.65 m	G, S			-0.35	0.29	0.48	-4.49	-5.55	Q S.	47.3	✓		
		G, Q, S			20.17	-0.48	-0.31	4.13	6.30	N,M S.	5.5	✓		
	Nivel 05 (10.2 - 12.75 m)	60x50			10.8 m	G, S	5.27	-0.25	1.30	8.06	1.56	Q S.	47.8	✓
						G, Q, S	17.24	0.72	-2.03	-9.74	-1.18	N,M S.	6.8	✓
					Pie	G, S	12.35	0.51	-3.41	-9.46	-1.22	Q S.	55.8	✓
						G, S	15.53	0.64	-3.65	-9.67	-0.98	N,M S.	9.7	✓
			Cabeza	G, Q, S	9.07	1.86	2.57	-9.98	-14.28	Q S.	32.3	✓		
				G, S	9.18	-0.86	5.23	-11.57	-0.51	N,M S.	16.4	✓		
			9.358 m	G, S	2.59	-0.04	0.87	-9.56	-13.97	Q S.	77.8	✓		
G, S				5.14	-0.83	3.23	-11.23	-0.54	N,M S.	10.6	✓			
Nivel 04 (7.65 - 10.2 m)	60x50	9.1 m	G, S	2.59	-0.04	0.87	-9.56	-13.97	Q S.	77.8	✓			
			G, S	5.14	-0.83	3.23	-11.23	-0.54	N,M S.	10.6	✓			
		Pie	G, S	2.80	1.61	1.01	6.69	9.47	Q S.	69.1	✓			
			G, S	19.85	0.66	-4.15	-11.17	-0.86	N,M S.	11.1	✓			

Fuente: CYPECAD, v.2023.a

**Tabla 25**

*Esfuerzos de pilar C9 Nivel 03 - cimentación*

C9	Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Resumen de las comprobaciones							Aprov. (%)	Estado	
				Naturaleza	Esfuerzos pésimos					Pésima			
					N (t)	Mxx (t·m)	Myy (t·m)	Qx (t)	Qy (t)				
Nivel 03 (6.125 - 7.65 m)	60x50	Cabeza	G, Q, S	17.02	-0.80	5.32	-12.42	-0.66	Q S.	73.0	✓		
			G, S	6.78	-0.80	4.94	-11.69	-0.24	N,M S.	15.8	✓		
		6.55 m	G, S	13.04	-0.93	3.25	-12.18	-0.24	Q S.	71.6	✓		
			G, S	7.01	-0.84	3.08	-11.69	-0.24	N,M S.	9.7	✓		
		5.7 m	G, S	-4.24	0.32	-0.02	7.31	10.31	Q S.	86.9	✓		
			G, Q, S	51.24	0.20	-1.73	-9.98	-10.58	N,M S.	13.9	✓		
	60x50	5.442 m	G, S	-4.24	0.32	-0.02	7.31	10.31	Q S.	86.9	✓		
			G, Q, S	51.24	0.20	-1.73	-9.98	-10.58	N,M S.	13.9	✓		
		Pie	G, S	-4.01	1.71	0.75	7.31	10.31	Q S.	86.7	✓		
			G, Q, S	51.26	-1.30	-3.44	-10.06	-10.63	N,M S.	15.6	✓		
		Cabeza	G, S	6.07	-2.36	-0.73	7.84	15.44	Q S.	97.1	✓		
			G, S	7.12	-0.92	4.51	-10.25	0.85	N,M S.	14.4	✓		
Nivel 02 (2.55 - 5.1 m)	60x50	3.15 m	G, S	-12.55	0.63	0.65	5.87	9.28	Q S.	82.3	✓		
			G, Q, S	61.01	0.07	2.39	-5.25	-8.38	N,M S.	16.6	✓		
		Pie	G, S	-14.66	1.57	1.09	6.32	10.79	Q S.	96.0	✓		
			G, Q, S	69.83	1.42	5.83	-29.35	-30.48	Q S.	60.4	✓		
		Cabeza	G, Q, S	70.05	1.42	5.82	-29.25	-30.32	N,M S.	22.3	✓		
			G, S	-34.53	3.95	-1.84	14.53	36.86	Q S.	95.3	✓		
	60x50	-0.25 m	G, Q, S	180.59	-5.51	-13.75	-28.35	-47.71	N,M S.	57.8	✓		
			G, S	-47.13	9.24	-2.17	22.55	57.39	Q S.	91.6	✓		
		Pie	G, Q, S	208.03	-14.05	-18.00	-38.01	-72.46	N,M S.	80.9	✓		
			G, Q, S	208.03	-14.05	-18.00	-38.01	-72.46	N,M S.	80.9	✓		
		Cimentación	60x50	Arranque	G, Q, S	208.03	-14.05	-18.00	-38.01	-72.46	N,M S.	80.9	✓

Nota. Fuente: CYPECAD, v.2023.a

**Tabla 26**

*Armado de pilares*

Armado de pilares												
Hormigón: f'c 210												
Pilar	Planta	Geometría		Barras			Armaduras			Aprov. (%)	Estado	
		Dimensiones (cm)	Tramos (m)	Esquina	Cara X	Cara Y	Cuantía (%)	Descripción <sup>(1)</sup>	Separación (cm)			
C9	06	60x50	12.75/14.80	4Ø5/8"	8Ø1/2"	6Ø5/8"	1	1eØ3/8"+X1rØ3/8"+Y2rØ3/8"	18	72.8	✓	
							1	1eØ3/8"+X1rØ3/8"+Y2rØ3/8"	20	65.5	✓	
	05	60x50	10.20/12.25	4Ø5/8"	8Ø1/2"	6Ø5/8"	1	1eØ3/8"+X1rØ3/8"+Y2rØ3/8"	18	55.8	✓	
							1	1eØ3/8"+X1rØ3/8"+Y2rØ3/8"	20	77.8	✓	
	04	60x50	7.65/9.70	4Ø5/8"	8Ø1/2"	6Ø5/8"	1	1eØ3/8"+X1rØ3/8"+Y2rØ3/8"	20	73.0	✓	
							1	1eØ3/8"+X1rØ3/8"+Y2rØ3/8"	20	86.9	✓	
	03	60x50	5.10/7.15	4Ø5/8"	8Ø1/2"	6Ø5/8"	1	1eØ3/8"+X1rØ3/8"+Y2rØ3/8"	20	97.1	✓	
							1	1eØ3/8"+X1rØ3/8"+Y2rØ3/8"	12	95.3	✓	
02	60x50	2.55/4.60	4Ø5/8"	8Ø1/2"	6Ø5/8"	1	1eØ3/8"+X1rØ3/8"+Y2rØ3/8"	20	97.1	✓		
01	60x50	-0.85/2.05	4Ø5/8"	8Ø1/2"	6Ø5/8"	1	1eØ3/8"+X1rØ3/8"+Y2rØ3/8"	12	95.3	✓		
Cimentación	-	-	-	4Ø5/8"	8Ø1/2"	6Ø5/8"	1	1eØ3/8"+X1rØ3/8"+Y2rØ3/8"	-	80.9	✓	

*Nota:* La tabla muestra la composición del armado en el pilar C9, dicha tabla queda definida mediante las comprobaciones que el software realiza.

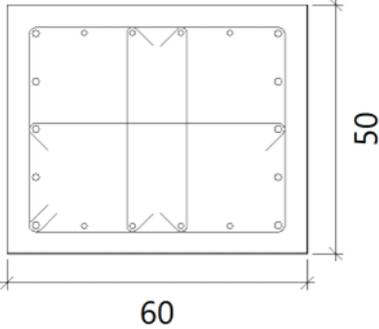
Fuente: CYPECAD, v.2023.a

Justificación de detallamiento del acero en C9 según E.060:2009

Nivel 01 (-0.85 - 2.55 M)

**Tabla 27**

*Datos del pilar C9*

<b>Datos del pilar</b>	
Geometría	
Dimensiones: 60 x 50 cm	
Tramo: -0.850/2.550 m	
Altura libre: 2.90 m	
Recubrimiento geométrico: 4.0 cm	
Tamaño máximo de árido: 19 mm	
	Materiales
	Longitud de pandeo
Hormigón: $f'c$ 210	Plano ZX: 2.90 m
Acero: Grado 60	Plano ZY: 2.90 m
Armadura longitudinal	Armadura transversal
Esquina: 4 $\varnothing$ 5/8"	Estribos:
Cara X: 8 $\varnothing$ 1/2"	1e $\varnothing$ 3/8"+X1r
Cara Y: 6 $\varnothing$ 5/8"	$\varnothing$ 3/8"+Y2r $\varnothing$ 3/8"
Cuantía: 1.00 %	Separación: 6-12-10 cm

Nota. Fuente: CYPECAD, v.2023.a

## Disposiciones relativas al refuerzo (E.060:2009, Artículos 7.6 - 7.10)

## Armadura longitudinal

El artículo 7.6.3 establece que el espacio libre entre barras longitudinales en elementos de compresión reforzados transversalmente con estribos no puede ser inferior a  $s_{l,min}$ .

$$s_1 \geq s_{l,min} \quad 80 \text{ mm} \geq 40 \text{ mm} \quad \checkmark$$

$$s_{l,min}: \text{Valor máximo de } s_1, s_2, s_3 \quad s_{e,min}: 40 \text{ mm}$$

$$s_1 = 1.5 \cdot d_b \quad s_1: 24 \text{ mm}$$

$$s_2 = 40 \text{ mm} \quad s_2: 40 \text{ mm}$$

$$s_3 = 1.33 \cdot d_{ag} \quad s_3: 25 \text{ mm}$$

$$d_b: 15.9 \text{ mm} \quad d_{ag}: 19 \text{ mm}$$

Espirales o estribos, la distancia libre entre armaduras transversales en elementos de compresión reforzados transversalmente no debe ser inferior a  $s_{e,min}$  (Artículo 7.6.3):

$$s_e \geq s_{e,min} \quad 60 \text{ mm} \geq 40 \text{ mm} \quad \checkmark$$

$$s_{e,min}: \text{Valor máximo de } s_1, s_2, s_3 \quad s_{e,min}: 40 \text{ mm}$$

$$s_1 = 1.5 \cdot d_b \quad s_1: 14 \text{ mm}$$

$$s_2 = 40 \text{ mm} \quad s_2: 40 \text{ mm}$$

$$s_3 = 1.33 \cdot d_{ag} \quad s_3: 25 \text{ mm}$$

$$d_b: 15.9 \text{ mm} \quad d_{ag}: 19 \text{ mm}$$

Según el artículo 7.10.5.2, la separación vertical de los estribos no puede ser superior a  $s_{t,máx}$ .

$$s_t \leq s_{t,max} \quad 60 \text{ mm} \leq 203 \text{ mm} \checkmark$$

$$s_{t,min}: \text{Valor máximo de } s_1, s_2, s_3 \quad s_{t,min}: 203 \text{ mm}$$

$$s_1 = 16 \cdot d_b \quad s_1: 203 \text{ mm}$$

$$s_2 = 48 \cdot d_{be} \quad s_2: 457 \text{ mm}$$

$$s_3 = b_{min} \quad s_3: 500 \text{ mm}$$

$$d_b: 12.7 \text{ mm} \quad d_{be}: 9.5 \text{ mm} \quad b_{min}: 500 \text{ mm}$$

De conformidad con el artículo 7.10.5.1, todas las barras no pretensadas deben sujetarse mediante estribos transversales de al menos 8 mm para barras de hasta 5/8", 3/8" para barras longitudinales de más de 5/8" hasta 1", y 1/2" para barras longitudinales de mayor diámetro.

$$d_b \leq 5/8" \rightarrow d_{be} \geq 8 \text{ mm} \quad \emptyset 3/8" \geq 8 \text{ mm} \checkmark$$

$$d_b: \emptyset 5/8" \quad d_{be}: \emptyset 3/8"$$

Armadura mínima y máxima (E.060, Artículo 10.9.1)

En los elementos de compresión no compuestos, el área total de refuerzo longitudinal,  $A_{st}$ , no puede ser inferior a 0,01 ni superior a 0,06 veces el área total de la sección transversal,  $A_g$ .

$$A_{st} \geq 0.01 \cdot A_g \quad 30.04 \text{ cm}^2 \geq 30.00 \text{ cm}^2 \checkmark$$

$$A_{st} \leq 0.06 \cdot A_g \quad 30.04 \text{ cm}^2 \leq 180.00 \text{ cm}^2 \checkmark$$

$$A_g: 3000.00 \text{ cm}^2$$

Las pésimas solicitaciones de cálculo se hacen para el conjunto de hipótesis "1.4PP+1.4CM+1.7Qa".

Esfuerzo cortante provocado por la tracción en el alma.

En la dirección X, cortante:

Resistencia nominal a cortante, obtenida de acuerdo con el artículo 11.1.1, en barras que no necesitan armadura de cortante.

$$V_n = V_c \quad V_n = 42.851 t$$

El hormigón proporciona a los elementos no pretensados sensibles a la compresión axial resistencia al cortante artículo 11.2.2.2.

La fórmula que debe utilizarse para determinar  $V_c$ , cuándo  $M_m$  es negativo:

$$V_c = 0.29 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{1 + \frac{0.29 \cdot N_u}{A_g}} \quad V_c = 42.851 t$$

$$([MPa] \frac{N_u}{A_g} y f'_c)$$

$$\sqrt{f'_c} \geq 8.3 \text{ MPa} \quad f'_c: 210.00 \frac{kp}{cm^2}$$

$$B_w: 500 \text{ mm}$$

$$d: 459 \text{ mm}$$

$$M_m = M_u - N_u \cdot \frac{(4 \cdot h - d)}{8}$$

$$M_m: -14.251 t \cdot m$$

$$M_u: -9.823 t \cdot m$$

$$N_u: 99.197 t$$

$$H: 600.00 \text{ mm}$$

$$A_g: 3000.00 \text{ cm}^2$$

En la dirección Y, cortante:

Resistencia nominal a cortante, obtenida de acuerdo con el artículo 11.1.1, en barras que no necesitan armadura de cortante.

$$V_n = V_c \quad V_n = 42.105 t$$

El hormigón proporciona a los elementos no pretensados sensibles a la compresión axial resistencia al cortante artículo 11.2.2.2.

La fórmula que debe utilizarse para determinar  $V_c$ , cuándo  $M_m$  es negativo:

$$V_c = 0.29 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{1 + \frac{0.29 \cdot N_u}{A_g}} \quad V_c = 42.105 t$$

$$([MPa] \frac{N_u}{A_g} \text{ y } f'_c)$$

$$\sqrt{f'_c} \geq 8.3 \text{ MPa} \quad f'_c: 210 \frac{kp}{cm^2}$$

$$B_w: 600 \text{ mm}$$

$$d: 375 \text{ mm}$$

$$M_m = M_u - N_u \cdot \frac{(4 \cdot h - d)}{8}$$

$$M_m: -15.467 t \cdot m$$

$$M_u: 4.677 t \cdot m$$

$$N_u: 99.197 t$$

$$H: 500.00 \text{ mm}$$

$$A_g: 3000.00 \text{ cm}^2$$

Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones sísmicas) (E.060, Artículo

11)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \sqrt{\left(\frac{V_{u,x}}{\phi \cdot V_{n,x}}\right)^2 + \left(\frac{V_{u,y}}{\phi \cdot V_{n,y}}\right)^2} \leq 1 \quad \eta: 0.882 \checkmark$$

$$V_{v,x}: 13.437 t$$

$$V_{v,y}: 33.629 t$$

$$\phi V_{n,x}: 38.941 t$$

$$\phi V_{n,y}: 41.446 t$$

Para la combinación de hipótesis "0.9PP + 0.9CM-SY", las peores tensiones que requieren cálculo se producen en "-0,25 m".

Esfuerzo cortante provocado por el agotamiento en el alma.

En la dirección X, el cortante:

Resistencia nominal a cortante medida de acuerdo con el artículo 11.1.1 en piezas que necesitan refuerzos a cortante.

$$\mathbf{V}_n = V_c + V_s \quad V_n = 45.813 t$$

En elementos no pretensados sometidos a tracción axial, el hormigón proporciona resistencia a cortante (véase el artículo 11.2.2.3).

$$V_c = 0.17 \cdot \left(1 + \frac{0.29 \cdot N_u}{A_g}\right) \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \leq 0 \quad V_c = 11.508 t$$

$$([MPa] \frac{N_u}{A_g} \text{ y } f'_c)$$

$$N_u: -38.150 t$$

$$A_g: 3000.00 \text{ cm}^2$$

$$\sqrt{f'_c} \leq 8.3 \text{ MPa}$$

$$f'_c: 210.00 \text{ kp/cm}^2$$

$$B_w: 500 \text{ mm}$$

$$d: 459 \text{ mm}$$

Resistencia al cortante proporcionada por el refuerzo de cortante (Artículo 11.5.7):

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_{yt} \cdot d}{s} \quad V_s = 34.304 t$$

$V_s$  nunca debe considerarse mayor que (artículo 11.5.7.9).

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_{yt} \cdot d}{s} \quad V_s = 34.304 t$$

$$V_s = 0.66 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \quad V_s = 70.712 t$$

$$([MPa] f'_c)$$

$$A_v: 2.14 \text{ cm}^2$$

$$f_{yt} \leq 420 \text{ MPa}$$

$$f_{yt}: 4200.00 \text{ kp/cm}^2$$

$$d: 459 \text{ mm}$$

$$S: 120 \text{ mm}$$

$$\sqrt{f'_c} \leq 8.3 \text{ MPa}$$

$$f'_c: 210.00 \text{ kp/cm}^2$$

$$b_w: 500 \text{ mm}$$

En la dirección Y, el cortante:

Resistencia nominal a cortante medida de acuerdo con el artículo 11.1.1 en piezas que necesitan refuerzos a cortante.

$$\mathbf{V_n = V_c + V_s} \quad V_n = 48.760 \text{ t}$$

En elementos no pretensados sometidos a tracción axial, el hormigón proporciona resistencia a cortante (véase el artículo 11.2.2.3).

$$\mathbf{V_c = 0.17 \cdot \left( 1 + \frac{0.29 \cdot N_u}{A_g} \right) \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \leq 0} \quad V_c = 11.308 \text{ t}$$

$$([\text{MPa}] \frac{N_u}{A_g} \text{ y } f'_c)$$

$$Nu: -38.150 \text{ t}$$

$$Ag: 3000.00 \text{ cm}^2$$

$$\sqrt{f'_c} \geq 8.3 \text{ MPa} \quad f'_c: 210.00 \text{ kp/cm}^2$$

$$Bw: 600 \text{ mm}$$

$$d: 375 \text{ mm}$$

Resistencia al cortante proporcionada por el refuerzo de cortante (Artículo 11.5.7):

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_{yt} \cdot d}{s} \quad V_s = 37.452 t$$

$V_s$  nunca debe considerarse mayor que (artículo 11.5.7.9).

$$V_s = 0.66 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \quad V_s = 69.480 t$$

([MPa] $f'_c$ )

$$A_v: 2.85 \text{ cm}^2$$

$$f_{yt} \times 420 \text{ MPa}$$

$$f_{yt}: 4200.00 \text{ kp/cm}^2$$

$$d: 375 \text{ mm}$$

$$S: 120 \text{ mm}$$

$$\sqrt{f'_c} \times 8.3 \text{ MPa}$$

$$f'_c: 210.00 \text{ kp/cm}^2$$

$$b_w: 600 \text{ mm}$$

Separación de las armaduras transversales

En la dirección X, el cortante:

De acuerdo con el artículo 11.5.5, la separación de la armadura de cortante cuando se coloca perpendicular al eje de un elemento no puede ser mayor que  $s_{max}$ .

$$s \leq s_{max} \quad 120 \text{ mm} \leq 230 \text{ mm} \checkmark$$

$$s_{max}: \text{Valor mínimo de } s_1, s_2 \quad s_{max}: 230 \text{ mm}$$

$$s_1 = d/2 \quad s_1: 230 \text{ mm}$$

$$s_2 = 600 \text{ mm} \quad s_2: 600 \text{ mm}$$

$$d: 459 \text{ mm}$$

En la dirección Y, el cortante:

De acuerdo con el artículo 11.5.5, la separación de la armadura de cortante cuando se coloca perpendicular al eje de un elemento no puede ser mayor que  $s_{max}$ .

$$s \leq s_{max} \quad 120 \text{ mm} \leq 190 \text{ mm} \quad \checkmark$$

$$s_{max}: \text{Valor mínimo de } s_1, s_2 \quad s_{max}: 190 \text{ mm}$$

$$s_1 = d/2 \quad s_1: 190 \text{ mm}$$

$$s_2 = 600 \text{ mm} \quad s_2: 600 \text{ mm}$$

$$d: 375 \text{ mm}$$

Cuantía mecánica mínima de la armadura transversal.

En la dirección X, el cortante:

Todo elemento de hormigón armado sometido a flexión, pretensado o no (artículo 11.5.6), debe tener una superficie mínima de armadura para cortante,  $A_{v,min}$ .

$$A_v \geq A_{v,min} \quad 2.14 \text{ cm}^2 \geq 0.51 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$$

$$A_{v,min} = 0.062 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}} \quad A_{v,min}: 0.41 \text{ cm}^2$$

([MPa]  $f'_c$  y  $f_{yt}$ )

Pero no puede ser menor que:

$$A_{v,min} = (0.35 \cdot b_w \cdot s) / f_{yt} \quad A_{v,min}: 0.51 \text{ cm}^2$$

$([MPa] f_{yt})$ 

$$\sqrt{f'_c} \geq 8.3 \text{ MPa} \quad f'_c: 210.00 \text{ kp/cm}^2$$

$$bw: 500 \text{ mm}$$

$$S: 120 \text{ mm}$$

$$f_{yt} \geq 420 \text{ MPa} \quad f_{yt}: 4200.00 \text{ kp/cm}^2$$

En la dirección Y, el cortante:

Todo elemento de hormigón armado sometido a flexión, pretensado o no (artículo 11.5.6), debe tener una superficie mínima de armadura para cortante,  $A_{v,min}$ .

$$A_v \geq A_{v,min} \quad 2.85 \text{ cm}^2 \geq 0.61 \text{ cm}^2 \checkmark$$

$$A_{v,min} = 0.062 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}} \quad A_{v,min}: 0.49 \text{ cm}^2$$

 $([MPa] f'_c \text{ y } f_{yt})$ 

Pero no debe ser menor que:

$$A_{v,min} = (0.35 \cdot b_w \cdot s) / f_{yt} \quad A_{v,min}: 0.61 \text{ cm}^2$$

 $([MPa] f_{yt})$ 

$$\sqrt{f'_c} \geq 8.3 \text{ MPa} \quad f'_c: 210.00 \text{ kp/cm}^2$$

$$bw: 600 \text{ mm}$$

$$S: 120 \text{ mm}$$

$$f_{yt} \geq 420 \text{ MPa} \quad f_{yt}: 4200.00 \text{ kp/cm}^2$$

Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones sísmicas)  
(E.060, Artículo 10)

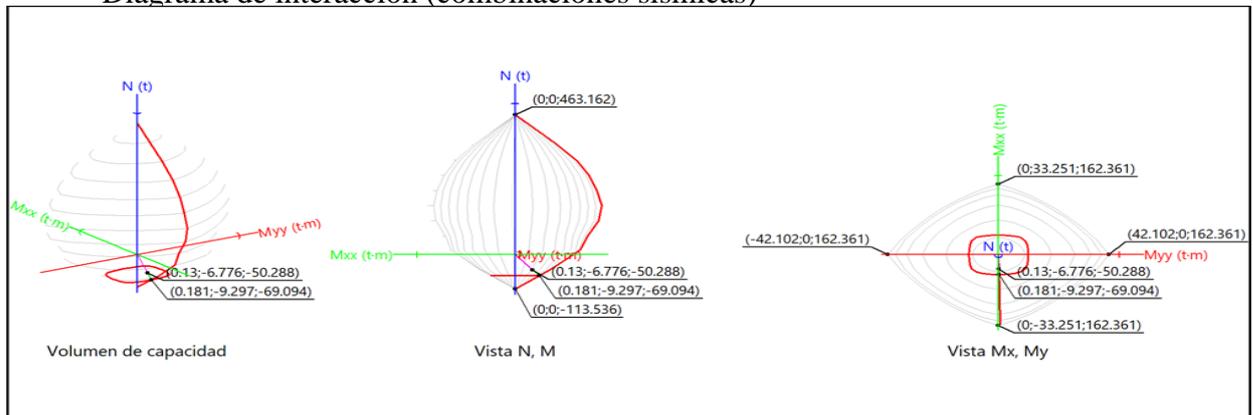
En "Pie", para la combinación de hipótesis "0.9PP+0.9CM-SY", se realizan las pésimas solicitaciones de cálculo.

Se debe satisfacer:

$$\eta_1 = \sqrt{\frac{P_u^2 + M_{u,x}^2 + M_{u,y}^2}{(\phi \cdot P_n)^2 + (\phi \cdot M_{n,x})^2 + (\phi \cdot M_{n,y})^2}} \leq 1 \quad \eta: 0.728 \checkmark$$

**Figura 22**

Diagrama de interacción (combinaciones sísmicas)



Comprobación de resistencia de la sección ( $\eta_1$ )

$$P_u: -50.288 t$$

$$M_{u,x}: -6.776 t.m$$

$$M_{u,y}: 0.130 t.m$$

$$\phi P_n: -69.094 t$$

$$\phi M_{n,x}: -9.297 t.m$$

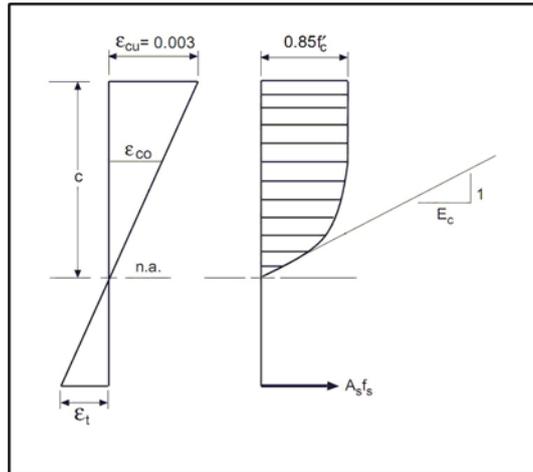
$$\phi M_{n,y}: 0.181 t.m$$

El tipo de parábola rectangular se utiliza en el diagrama concreto del cálculo de tensión-deformación.

No considera la resistencia del hormigón a tracción.

**Figura 23**

*Diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón*



$$f'c: 210.00 \text{ kp/cm}^2$$

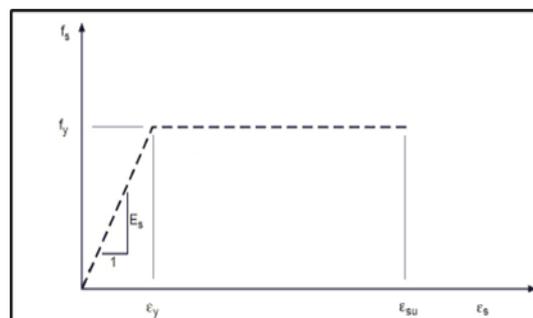
$$\epsilon_{cu}: 0.0030$$

$$\epsilon_{co}: 0.0020$$

A continuación, se muestra el diagrama de cálculo tensión-deformación del acero reforzado pasivamente.

**Figura 24**

*Diagrama de cálculo tensión-deformación del acero*

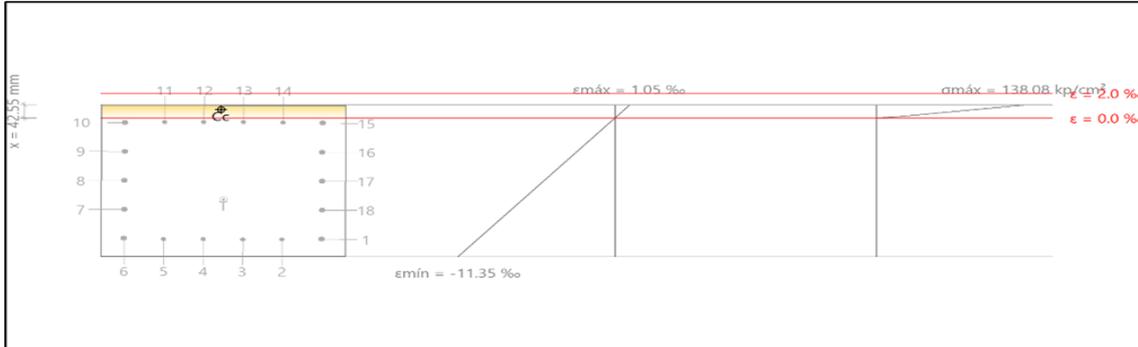


$$f_{yt}: 4200.00 \text{ kp/cm}^2$$

Equilibrio de la sección para las tensiones de agotamiento, calculadas utilizando las excentricidades de las pésimas tensiones de cálculo:

**Figura 25**

*Sección equilibrada para los esfuerzos de agotamiento (combinaciones sísmicas)*



**Tabla 28**

*Deformación de barras de acero*

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	fs (kp/cm <sup>2</sup> )	ε
1	Ø5/8"	-242.54	192.54	-4200.00	-0.009923
2	Ø1/2"	-145.52	194.13	-4200.00	-0.009950
3	Ø1/2"	-48.51	194.13	-4200.00	-0.009938
4	Ø1/2"	48.51	194.13	-4200.00	-0.009925
5	Ø1/2"	145.52	194.13	-4200.00	-0.009913
6	Ø5/8"	242.54	192.54	-4200.00	-0.009862
7	Ø5/8"	242.54	96.27	-4200.00	-0.007490
8	Ø5/8"	242.54	0.00	-4200.00	-0.005118
9	Ø5/8"	242.54	-96.27	-4200.00	-0.002746
10	Ø5/8"	242.54	-192.54	-764.04	-0.000375
11	Ø1/2"	145.52	-194.12	-709.35	-0.000348
12	Ø1/2"	48.51	-194.12	-734.41	-0.000360
13	Ø1/2"	-48.51	-194.12	-759.47	-0.000372
14	Ø1/2"	-145.52	-194.12	-784.53	-0.000385
15	Ø5/8"	-242.54	-192.54	-889.33	-0.000436
16	Ø5/8"	-242.54	-96.27	-4200.00	-0.002808
17	Ø5/8"	-242.54	0.00	-4200.00	-0.005180
18	Ø5/8"	-242.54	96.27	-4200.00	-0.007551

Nota. Fuente: CYPECAD, v.2023.a

**Tabla 29**

*Resultantes de hormigón y acero*

	<b>Resultante (t)</b>	<b>e.x (mm)</b>	<b>e.y (mm)</b>
<b>Cc</b>	18.454	6.76	-235.63
<b>Cs</b>	0.000	0.00	0.00
<b>T</b>	95.225	-0.80	62.82

*Nota.* Fuente: CYPECAD, v.2023.a

$$P_n = C_c + C_s - T \quad Pn: -76.772 \text{ t}$$

$$M_{n,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y} \quad Mn, x: -10.330 \text{ t.m}$$

$$M_{n,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x} \quad Mn, y: 0.201 \text{ t.m}$$

*Cc: 18.454 t*

*Cs: 0.000 t*

*T: 95.225 t*

*ecc, x: 6.76 mm*

*ecc, y: - 235.63 mm*

*ecs, x: 0.00 mm*

*ecs, y: 0.00 mm*

*eT, x: -0.80 mm*

*eT, y: 62.82 mm*

*εcmax: 0.0010*

*εsmax: 0.0100*

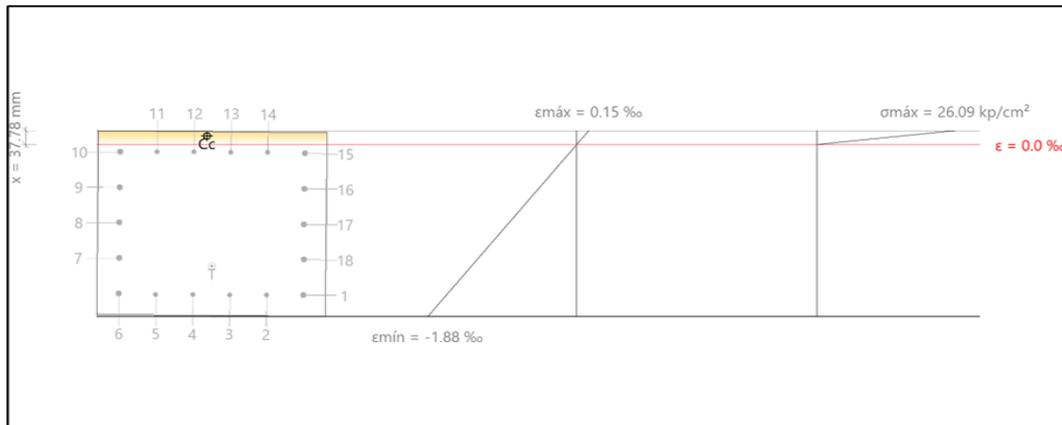
*σcmax: 138.08 kp/cm<sup>2</sup>*

*σsmax: 4200 kp/cm<sup>2</sup>*

Equilibrio de la sección para los esfuerzos demandantes de cálculo pésimos:

**Figura 26**

*Sección equilibrada para los esfuerzos demandantes de cálculo pésimos*



**Tabla 30**

*Deformación de barras de acero*

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	fs (kp/cm <sup>2</sup> )	ε
1	Ø5/8"	-242.54	192.54	-3356.64	-0.001646
2	Ø1/2"	-145.52	194.13	-3362.76	-0.001649
3	Ø1/2"	-48.51	194.13	-3355.87	-0.001646
4	Ø1/2"	48.51	194.13	-3348.98	-0.001642
5	Ø1/2"	145.52	194.13	-3342.09	-0.001639
6	Ø5/8"	242.54	192.54	-3322.18	-0.001629
7	Ø5/8"	242.54	96.27	-2532.99	-0.001242
8	Ø5/8"	242.54	0.00	-1743.80	-0.000855
9	Ø5/8"	242.54	-96.27	-954.61	-0.000468
10	Ø5/8"	242.54	-192.54	-165.42	-0.000081
11	Ø1/2"	145.52	-194.12	-159.29	-0.000078
12	Ø1/2"	48.51	-194.12	-166.18	-0.000082
13	Ø1/2"	-48.51	-194.12	-173.08	-0.000085
14	Ø1/2"	-145.52	-194.12	-179.97	-0.000088
15	Ø5/8"	-242.54	-192.54	-199.87	-0.000098
16	Ø5/8"	-242.54	-96.27	-989.07	-0.000485
17	Ø5/8"	-242.54	0.00	-1778.26	-0.000872
18	Ø5/8"	-242.54	96.27	-2567.45	-0.001259

Nota. Fuente: CYPECAD, v.2023.a

**Tabla 31**

*Resultantes de hormigón y acero*

	<b>Resultante (t)</b>	<b>e.x (mm)</b>	<b>e.y (mm)</b>
<b>Cc</b>	2.607	14.57	-238.16
<b>Cs</b>	0.000	0.00	0.00
<b>T</b>	52.894	-1.73	116.37

*Nota.* Fuente: CYPECAD, v.2023.a

$$P_n = C_c + C_s - T \quad Pn: -50.288 t$$

$$M_{n,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y} \quad Mn, x: -6.776 t.m$$

$$M_{n,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x} \quad Mn, y: 0.130 t.m$$

*Cc: 2.607 t*

*Cs: 0.000 t*

*T: 52.894 t*

*ecc, x: 14.57 mm*

*ecc, y: - 238.16 mm*

*ecs, x: 0.00 mm*

*ecs, y: 0.00 mm*

*eT, x: -1.73 mm*

*eT, y: 116.37 mm*

*εcmax: 0.0002*

*εsmax: 0.0016*

*σcmax: 26.09 kp/cm<sup>2</sup>*

*σsmax: 3362.76 kp/cm<sup>2</sup>*

## Criterios de diseño por sismo (E.060, Artículo 21)

### Armadura longitudinal

Según el punto 4.5.1 del artículo 21, la armadura longitudinal,  $A_{st}$ , no puede ser inferior al 1% ni superior al 6% de la superficie total de la sección transversal.

$$A_{st} \geq 0.01 \cdot A_g \quad 30.04 \text{ cm}^2 \geq 30.00 \text{ cm}^2 \checkmark$$

$$A_{st} \leq 0.06 \cdot A_g \quad 30.04 \text{ cm}^2 \leq 180.00 \text{ cm}^2 \checkmark$$

$$A_g: 3000.00 \text{ cm}^2$$

### Armadura transversal

El punto 4.5.3 del artículo 21 establece que la separación de la armadura transversal no puede ser superior a  $s_{o,max}$ .

$$s_o \leq s_{o,max} \quad 60 \text{ mm} \geq 100 \text{ mm} \checkmark$$

$$s_{o,max}: \text{Valor mínimo de } s_{o1}, s_{o2}, s_{o3} \quad s_{o,max}: 100 \text{ mm}$$

$$s_{o1} = b_{min}/2 \quad s_{o1}: 250 \text{ mm}$$

$$s_{o2} = 8 \cdot d_b \quad s_{o2}: 102 \text{ mm}$$

$$s_{o3} = 100 \quad s_{o3}: 100 \text{ mm}$$

$$d_b: 12.7 \text{ mm} \quad b_{min}: 500 \text{ mm}$$

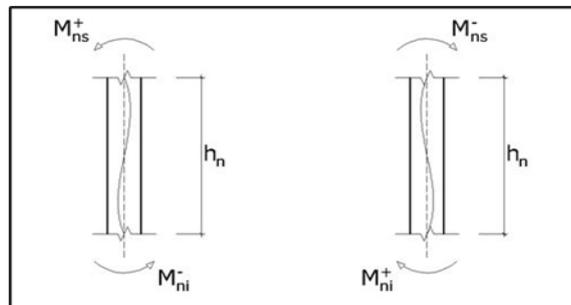
Requisitos de resistencia al cortante en columnas. (E.060)

El esfuerzo cortante  $V_u$  que se pretende para las vigas y columnas que soportan los efectos sísmicos no debe ser menor que el valor más bajo determinado de (a) y (b):

(a) Una combinación del cortante isostático calculado para las cargas gravitatorias tributarias amplificadas y el cortante provocado por la evolución de los momentos nominales ( $P_u$ ) del elemento en cada extremo restringido del vano libre. Los momentos nominales en los elementos de flexocompresión están relacionados con la fuerza axial  $M_n$  que produce el mayor momento nominal posible en los extremos de la luz libre del elemento.

**Figura 27**

*Representación de fuerza axial superior e inferior*



Se debe satisfacer:  $\phi \cdot V_n \geq V_u$

Donde:

$\phi$ : 1

$$V_{u1} = \frac{M_{ni}^- + M_{ns}^+}{h_n}$$

$$V_{u2} = \frac{M_{ni}^+ + M_{ns}^-}{h_n}$$

**Tabla 32**
*Verificación de fuerza cortante de diseño*

Cortante en el eje	hn (m)	Mni+ (t·m)	Mni- (t·m)	Mns+ (t·m)	Mns- (t·m)	Vu1 (t)	Vu2 (t)	Vu (t)	f·Vn (t)	
Cortante en el eje X	2.90	40.43	40.43	35.34	35.34	26.13	26.13	26.13	102.25	✓ *
Cortante en el eje Y	2.90	40.43	40.43	35.34	35.34	26.13	26.13	26.13	102.25	✓

(\*): pésimo

Nota. Fuente: CYPECAD, v.2023.a

(b) La combinación de cargas de diseño que dio lugar al cortante máximo fue del artículo 9.2.3, con C=2.5 para los valores sísmicos.

$$\phi \cdot V_n \geq V_u$$

**Tabla 33**
*Verificación de fuerza cortante máxima de diseño*

Cortante en eje	Vu (t)	f·Vn (t)	
Cortante en eje X	32.60	102.25	✓
Cortante en eje Y	52.92	66.94	✓*

(\*): pésimo

Fuente: CYPECAD, v.2023.a

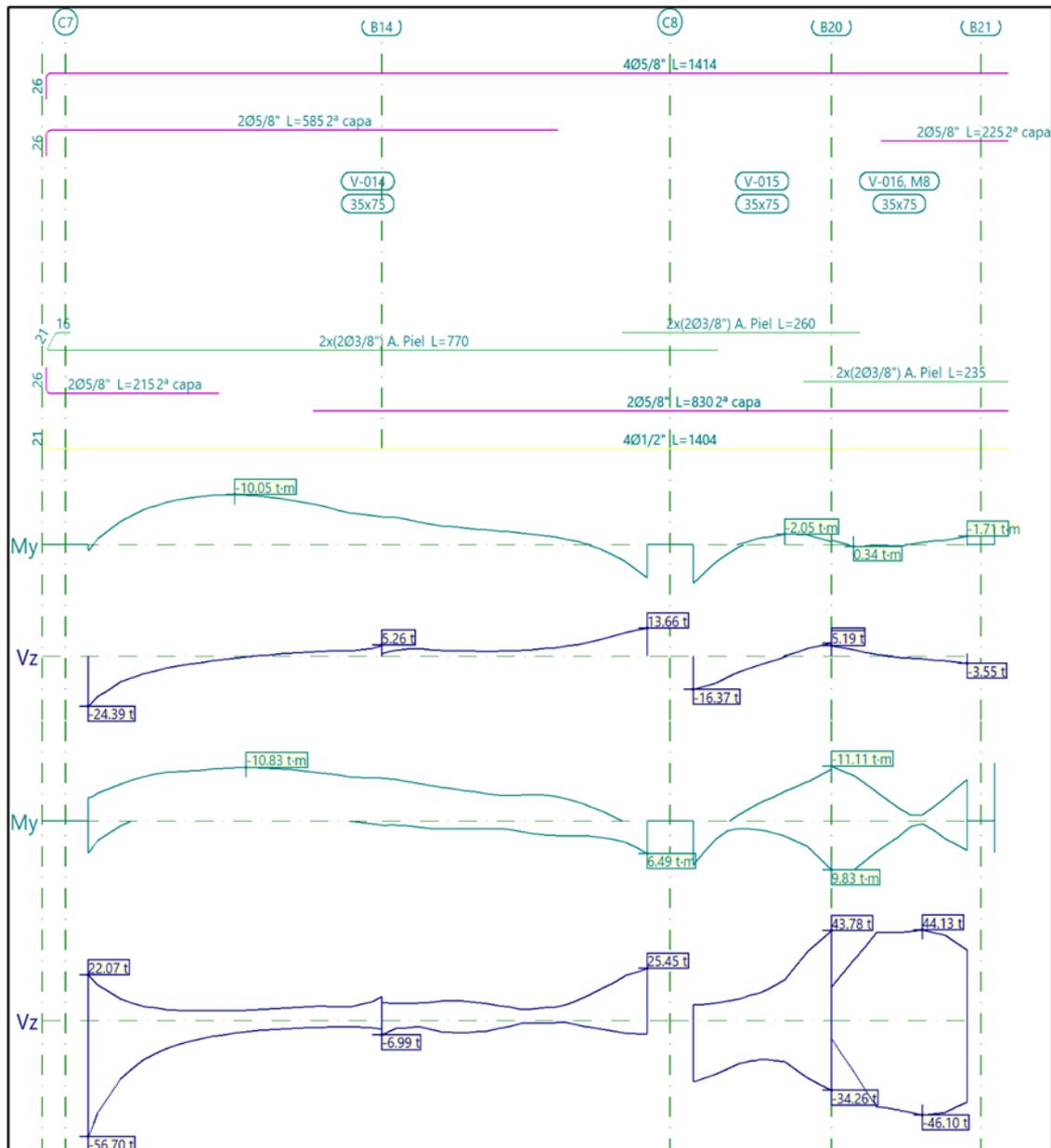
### Esfuerzos Máximos en Vigas Principales

A manera de ejemplo se realizará el diseño del pórtico 4 en la cimentación y pórtico 20 en nivel 01 . En la Tabla 40,41,42 y 43 se muestran las propiedades y los datos geométricos de la sección en dicho pórtico

#### Cimentación (Pórtico 4)

**Figura 28**

*Esfuerzos máximos en pórtico 4, tramo V-014, V-015, V016*



Fuente: CYPECAD, v.2023.a

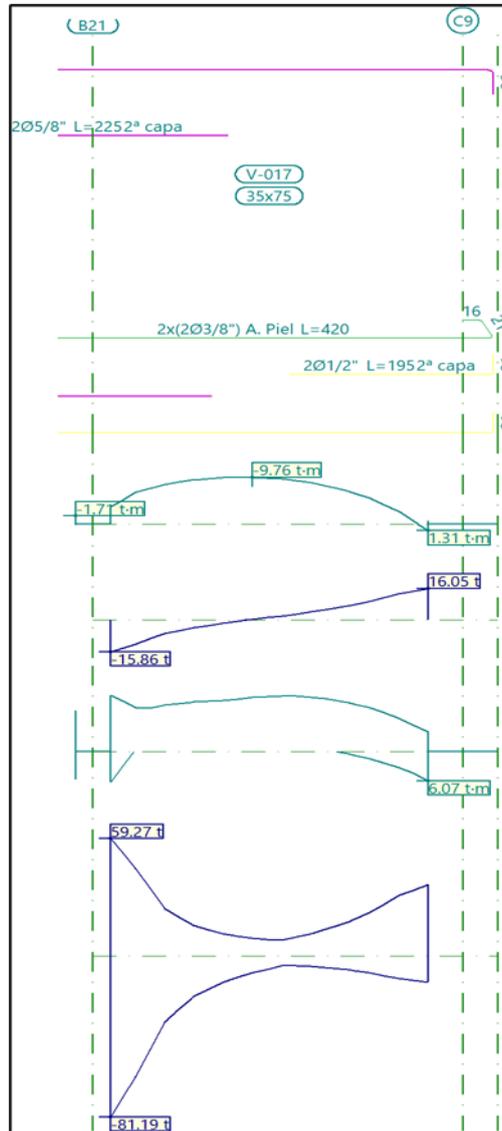
**Tabla 34**
*Listado de armado de vigas en pórtico 4, tramo V-014, V-015, V016*

Pórtico 4		Tramo: V-014			Tramo: V-015			Tramo: V-016		
		35x75			35x75			35x75		
Sección		1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L
Zona		1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L	1/3L	2/3L	3/3L
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín. [t·m]	-	-9.33	-3.35	--	-2.05	-2.04	-0.93	--	-1.71
	x [m]	10.05								
	Momento máx. [t·m]	1.60	2.10	4.10	--	1.00	1.12	0.00	--	1.48
	x [m]	1.14	--	6.68	7.76	--	--	0.34	0.30	--
	Cortante mín. [t]	0.00	--	6.10	0.00	--	--	0.24	0.74	--
	x [m]	-	--	--	-	-5.79	--	--	-1.07	-3.55
	Cortante máx. [t]	24.39			16.37					
	x [m]	0.00	--	--	0.00	0.62	--	--	0.87	1.48
	Torsor mín. [t]	0.77	5.26	13.66	--	0.18	6.37	5.19	0.27	--
	x [m]	1.98	3.20	6.10	--	1.00	1.51	0.00	0.62	--
	Torsor máx. [t]	--	-0.24	--	--	--	--	--	--	--
	x [m]	--	3.20	--	--	--	--	--	--	--
	Torsor máx. [t]	0.22	0.60	--	--	--	--	--	--	0.26
	x [m]	1.98	3.20	--	--	--	--	--	--	1.48
Situaciones sísmicas	Momento mín. [t·m]	-	-	-6.20	-1.32	-6.02	-	-	-4.24	-8.45
	x [m]	10.83	10.58				10.54	11.11		
	Momento máx. [t·m]	1.73	2.10	4.10	0.50	1.00	1.51	0.00	0.62	1.48
	x [m]	6.42	1.54	6.49	8.70	2.95	9.75	9.83	4.53	5.85
	Cortante mín. [t]	0.00	3.98	6.10	0.00	1.00	1.51	0.00	0.62	1.48
	x [m]	-	-6.99	-6.85	-	-	-	-	-	-
	Cortante máx. [t]	56.70			29.86	20.11	34.26	42.05	44.94	46.10
	x [m]	0.00	3.20	6.10	0.00	1.00	1.51	0.49	0.87	0.99
	Torsor mín. [t]	22.07	11.86	25.45	10.59	19.98	43.78	43.04	43.52	44.13
	x [m]	0.00	3.20	6.10	0.50	1.00	1.51	0.49	0.87	0.99
	Torsor máx. [t]	-0.64	-0.62	-0.33	--	--	--	--	--	-0.31
	x [m]	0.00	3.20	4.35	--	--	--	--	--	1.48
	Torsor máx. [t]	0.85	0.82	0.27	--	--	--	--	--	0.67
	x [m]	0.00	3.20	4.10	--	--	--	--	--	1.48
Área Sup. [cm <sup>2</sup> ]	Real	11.94	11.94	11.94	7.96	7.96	7.96	7.96	9.65	11.94
	Nec.	9.73	9.95	6.49	6.49	6.49	6.49	6.49	6.35	9.32
Área Inf. [cm <sup>2</sup> ]	Real	9.05	9.05	9.05	9.05	9.05	9.05	9.05	9.05	9.05
	Nec.	8.39	6.53	6.53	6.53	6.53	6.53	6.53	6.53	8.15
Área Transv. [cm <sup>2</sup> /m]	Real	19.01	7.13	7.13	14.26	14.26	14.26	14.26	14.26	14.26
	Nec.	16.60	2.97	3.01	4.86	2.97	10.89	10.89	11.66	12.12

Nota. Fuente: (CYPECAD, v.2023.a)

**Figura 29**

*Esfuerzos máximos en pórtico 4, tramo V-017*



Fuente: CYPECAD, v.2023.a

**Tabla 35**
*Listado de armado de vigas en pórtico 4, tramo V-017*

<b>Pórtico 4</b>		<b>Tramo: V-017</b>		
<b>Sección</b>		<b>35x75</b>		
<b>Zona</b>		<b>1/3L</b>	<b>2/3L</b>	<b>3/3L</b>
Situaciones persistentes o transitorias	Momento mín. [t·m]	-9.49	-9.76	-8.05
	x [m]	0.84	1.21	1.84
	Momento máx.[t·m]	--	--	1.31
	x [m]	--	--	2.71
	Cortante mín. [t]	-15.86	-1.52	--
	x [m]	0.00	0.96	--
	Cortante máx. [t]	--	4.20	16.05
	x [m]	--	1.71	2.71
	Torsor mín. [t]	-0.41	--	--
	x [m]	0.00	--	--
	Torsor máx. [t]	--	--	--
	x [m]	--	--	--
Situaciones sísmicas	Momento mín. [t·m]	-11.75	-11.58	-11.00
	x [m]	0.00	1.46	1.84
	Momento máx.[t·m]	6.38	--	6.07
	x [m]	0.00	--	2.71
	Cortante mín.[t]	-81.19	-13.32	-13.30
	x [m]	0.00	0.96	2.71
	Cortante máx. [t]	59.27	11.26	36.16
	x [m]	0.00	0.96	2.71
	Torsor mín. [t]	-1.07	--	-0.38
	x [m]	0.00	--	2.71
	Torsor máx. [t]	0.49	--	0.35
	x [m]	0.00	--	2.71
Área Sup. [cm <sup>2</sup> ]	Real	11.94	8.21	7.96
	Nec.	10.73	6.49	6.49
Área Inf. [cm <sup>2</sup> ]	Real	9.05	6.02	7.60
	Nec.	8.37	2.99	6.58
Área Transv. [cm <sup>2</sup> /m]	Real	35.65	35.65	35.65
	Nec.	27.17	2.97	7.67

Nota. Fuente: (CYPECAD, v.2023.a)

Justificación de detallamiento del acero en pórtico 4 – Cimentación según normativa

E.060:2009

**Tabla 36**

*Datos de la viga V-014*

Datos de la viga V-014	
	<b>Geometría</b>
	Dimensiones : 35x75
	Luz libre : 6.1 m
	Recubrimiento geométrico superior : 7.0 cm
	Recubrimiento geométrico inferior : 5.0 cm
	Recubrimiento geométrico lateral : 7.0 cm
	<b>Materiales</b>
	Hormigón : $f'c=280$
	Armadura longitudinal : Grado 60
	Armadura transversal : Grado 60

Nota. Fuente: CYPECAD, v.2023.a

**Tabla 37**
*Resumen de comprobaciones de resistencia (NTE E.06:2009)*

Comprobaciones de resistencia		
Vano	V-014: C7 - C8	Estado
Disp.	✓	
Arm.	✓	
Q	'5.412 m' $\eta = 20.3$	
Q S.	'5.412 m' $\eta = 25.0$	
N,M	'1.475 m' $\eta = 36.4$	
N,M S.	'1.475 m' $\eta = 39.2$	
Tc	'0.000 m' $\eta = 14.0$	
Tst	'3.200 m' $\eta = 30.6$	✓
Tsl	'0.000 m' $\eta = 55.2$	
TNMx	'3.100 m' $\eta = 71.3$	
TVx	N.P.(1)	
TVy	'0.000 m' $\eta = 65.0$	
TVXst	N.P.(1)	
TVYst	'0.000 m' ✓	
T,Disp.sl	'0.000 m' ✓	
T,Disp.st	'0.000 m' ✓	
T,Geom.sl	'0.000 m' ✓	
T,Arm.st	'0.000 m' ✓	

Nota. Fuente: CYPECAD, v.2023.a

**Tabla 38**

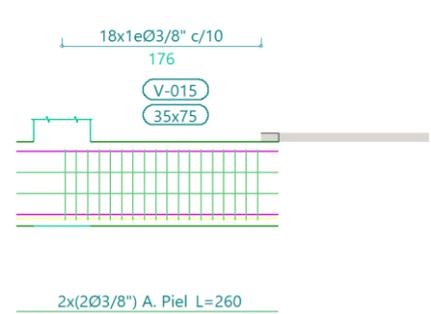
*Comprobaciones de fisuración (NTE E.060:2009)*

Comprobaciones de fisuración		
Vano	V-014: C7 - C8	Estado
ZC,sup.	x: 1.6 m	✓
ZC,Lat.Der.	x: 1.6 m	✓
ZC,inf.	x: 6.1 m	✓
ZC,Lat.Izq.	x: 1.6 m	✓ ✓
sC,sup.	x: 0.1 m	✓
sC,Lat.Der.	x: 5.225 m	✓
sC,inf.	x: 0 m	✓
sC,Lat.Izq.	x: 5.225 m	✓

Nota. Fuente: CYPECAD, v.2023.a

**Tabla 39**

*Datos de la viga V-015*

Datos de la viga V-015																					
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Geometría</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dimensiones</td> <td>: 35x75</td> </tr> <tr> <td>Luz libre</td> <td>: 1.5 m</td> </tr> <tr> <td>Recubrimiento geométrico superior</td> <td>: 7 cm</td> </tr> <tr> <td>Recubrimiento geométrico inferior</td> <td>: 5 cm</td> </tr> <tr> <td>Recubrimiento geométrico lateral</td> <td>: 7 cm</td> </tr> <tr> <th colspan="2">Materiales</th> </tr> <tr> <td>Hormigón</td> <td>: f'c=280</td> </tr> <tr> <td>Armadura longitudinal</td> <td>: Grado 60</td> </tr> <tr> <td>Armadura transversal</td> <td>: Grado 60</td> </tr> </tbody> </table>	Geometría		Dimensiones	: 35x75	Luz libre	: 1.5 m	Recubrimiento geométrico superior	: 7 cm	Recubrimiento geométrico inferior	: 5 cm	Recubrimiento geométrico lateral	: 7 cm	Materiales		Hormigón	: f'c=280	Armadura longitudinal	: Grado 60	Armadura transversal	: Grado 60
Geometría																					
Dimensiones	: 35x75																				
Luz libre	: 1.5 m																				
Recubrimiento geométrico superior	: 7 cm																				
Recubrimiento geométrico inferior	: 5 cm																				
Recubrimiento geométrico lateral	: 7 cm																				
Materiales																					
Hormigón	: f'c=280																				
Armadura longitudinal	: Grado 60																				
Armadura transversal	: Grado 60																				

Nota. Fuente: CYPECAD, v.2023.a

**Tabla 40**
*Resumen de comprobaciones de resistencia (E.060)*

<b>Comprobaciones de resistencia</b>		
<b>Vano</b>	<b>V-015: C8 - B20</b>	<b>Estado</b>
Disp.	✓	
Arm.	✓	
Q	'0.000 m' $\eta = 9.3$	
Q S.	'0.000 m' $\eta = 19.8$	
N,M	'0.000 m' $\eta = 35.6$	
N,M S.	'0.821 m' $\eta = 54.7$	✓
Tc	N.P.(1)	$\eta = 54.7$
Tst	N.P.(1)	
Tsl	N.P.(1)	
TNMx	N.P.(1)	
TVx	N.P.(1)	
TVy	N.P.(1)	
TVXst	N.P.(1)	
TVYst	N.P.(1)	
T,Disp.sl	N.P.(1)	
T,Disp.st	N.P.(1)	
T,Geom.sl	N.P.(1)	
T,Arm.st	N.P.(1)	

*Nota.* Fuente: CYPECAD, v.2023.a

**Tabla 41**

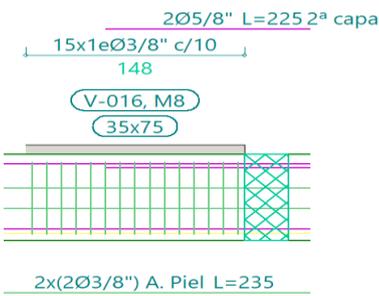
*Comprobaciones de fisuración (E.060)*

Comprobaciones de fisuración		
Vano	V-015: C8 - B20	Estado
ZC,sup.	x: 1 m	✓
ZC,Lat.Der.	x: 0 m	✓
ZC,inf.	x: 0 m	✓
ZC,Lat.Izq.	x: 0 m	✓
sC,sup.	x: 0.5 m	✓
sC,Lat.Der.	x: 0.5 m	✓
sC,inf.	x: 0 m	✓
sC,Lat.Izq.	x: 0.5 m	✓

Nota. Fuente: CYPECAD, v.2023.a

**Tabla 42**

*Datos de la viga V-016*

Datos de la viga V-016	
	<b>Geometría</b>
	Dimensiones : 35x75
	Luz libre : 1.5 m
	Recubrimiento geométrico superior : 7.0 cm
	Recubrimiento geométrico inferior : 5.0 cm
	Recubrimiento geométrico lateral : 7.0 cm
	<b>Materiales</b>
	Hormigón : f'c=280
	Armadura longitudinal : Grado 60
	Armadura transversal : Grado 60

Nota. Fuente: (CYPECAD, v.2023.a)

**Tabla 43**
*Comprobaciones de resistencia (E.060)*

Comprobaciones de resistencia		
Vano	V-016: B20 - B21	Estado
Disp.	✓	
Arm.	✓	
Q	'0.793 m' $\eta = 1.3$	
Q S.	'0.793 m' $\eta = 34.8$	
N,M	'0.793 m' $\eta = 7.7$	
N,M S.	'0.000 m' $\eta = 57.7$	
Tc	'1.481 m' $\eta = 11.0$	✓
Tst	'1.481 m' $\eta = 12.4$	$\eta = 54.7$
Tsl	'1.241 m' $\eta = 56.1$	
TNMx	'1.241 m' $\eta = 75.5$	
TVx	N.P.(1)	
TVy	'1.241 m' $\eta = 48.3$	
TVXst	N.P.(1)	
TVYst	'1.241 m' ✓	
T,Disp.sl	'1.241 m' ✓	
T,Disp.st	'1.241 m' ✓	
T,Geom.sl	'1.241 m' ✓	
T,Arm.st	'1.241 m' ✓	

Nota. Fuente: CYPECAD, v.2023.a

**Tabla 44**

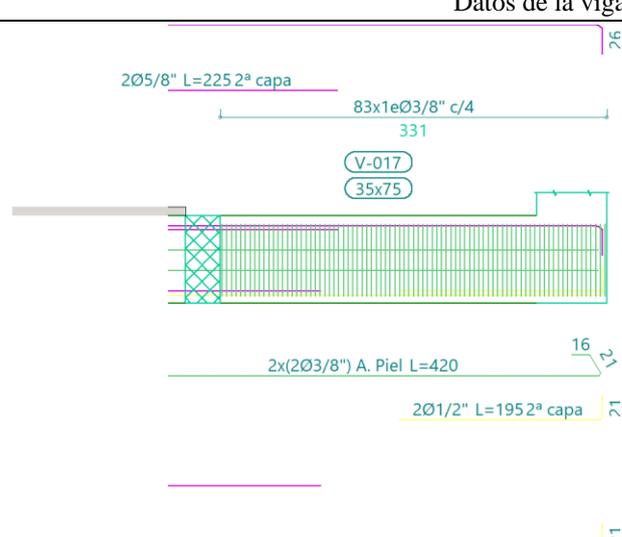
*Comprobaciones de fisuración (E.060)*

Comprobaciones de fisuración		
Vano	V-016: B20 - B21	Estado
ZC,sup.	x: 1.481 m	✓
ZC,Lat.Der.	x: 1.481 m	✓
ZC,inf.	x: 0.241 m	✓
ZC,Lat.Izq.	x: 1.481 m	✓ ✓
sC,sup.	x: 0 m	✓
sC,Lat.Der.	x: 0 m	✓
sC,inf.	x: 0.241 m	✓
sC,Lat.Izq.	x: 0 m	✓

Nota. Fuente: CYPECAD, v.2023.a

**Tabla 45**

*Datos de la viga V-017*

Datos de la viga V-017	
 <p>2Ø5/8" L=225 2ª capa</p> <p>83x1eØ3/8" c/4</p> <p>331</p> <p>V-017</p> <p>35x75</p> <p>2x(2Ø3/8") A. Piel L=420</p> <p>16</p> <p>2Ø1/2" L=195 2ª capa</p>	<p><b>Geometría</b></p> <p>Dimensiones : 35x75</p> <p>Luz libre : 2.7 m</p> <p>Recubrimiento geométrico superior : 7 cm</p> <p>Recubrimiento geométrico inferior : 5 cm</p> <p>Recubrimiento geométrico lateral : 7 cm</p>
	<p><b>Materiales</b></p> <p>Hormigón : f'c=280</p> <p>Armadura longitudinal : Grado 60</p> <p>Armadura transversal : Grado 60</p>

Nota. Fuente: CYPECAD, v.2023.a

**Tabla 46**
*Comprobaciones de resistencia (E.060)*

<b>Comprobaciones de resistencia</b>		
<b>Vano</b>	<b>V-017: B21 - C9</b>	<b>Estado</b>
Disp.	✓	
Arm.	✓	
Q	'2.022 m' $\eta = 8.3$	
Q S.	'0.000 m' $\eta = 12.3$	
N,M	'1.085 m' $\eta = 51.2$	
N,M S.	'1.085 m' $\eta = 60.8$	
Tc	'0.000 m' $\eta = 17.6$	✓
Tst	'0.000 m' $\eta = 7.9$	$\eta = 54.7$
Tsl	'0.000 m' $\eta = 55.2$	
TNMx	'0.000 m' $\eta = 77.4$	
TVx	N.P.(1)	
TVy	'0.000 m' $\eta = 93.7$	
TVXst	N.P.(1)	
TVYst	'0.000 m' ✓	
T,Disp.sl	'0.000 m' ✓	
T,Disp.st	'0.000 m' ✓	
T,Geom.sl	'0.000 m' ✓	
T,Arm.st	'0.000 m' ✓	

*Nota.* Fuente: CYPECAD, v.2023.a

**Tabla 47**

*Comprobaciones de fisuración (E.060)*

Comprobaciones de fisuración		
Vano	V-016: B20 - B21	Estado
ZC,sup.	x: 1.085 m	✓
ZC,Lat.Der.	x: 1.085 m	✓
ZC,inf.	x: 2.71 m	✓
ZC,Lat.Izq.	x: 1.085 m	✓ ✓
sC,sup.	x: 0 m	✓
sC,Lat.Der.	x: 1.085 m	✓
sC,inf.	x: 2.71 m	✓
sC,Lat.Izq.	x: 1.085 m	✓

*Nota.* Fuente: CYPECAD, v.2023.a

**Tensiones transmitidas al Terreno**

Las tensiones transmitidas al terreno como resultado del análisis son inferiores a las máximas permitidas por el terreno para una losa de cimentación:

$$\text{Máxima tensión ante situaciones persistentes} = 1.19 \frac{k_P}{cm^2}$$

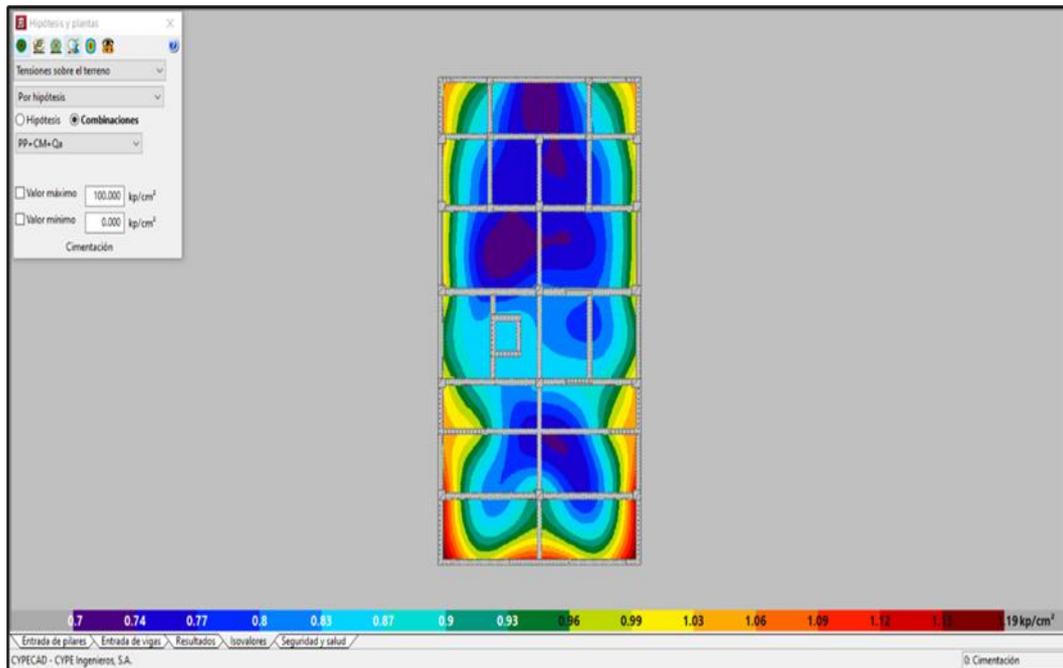
$$\text{Máxima tensión ante situaciones sísmicas} = 1.64 \frac{k_P}{cm^2}$$

$$\text{Capacidad admisible del terreno, situaciones persistentes} = 2.00 \frac{k_P}{cm^2}$$

$$\text{Capacidad admisible del terreno, situaciones sísmicas} = 3.00 \frac{k_P}{cm^2}$$

**Figura 30**

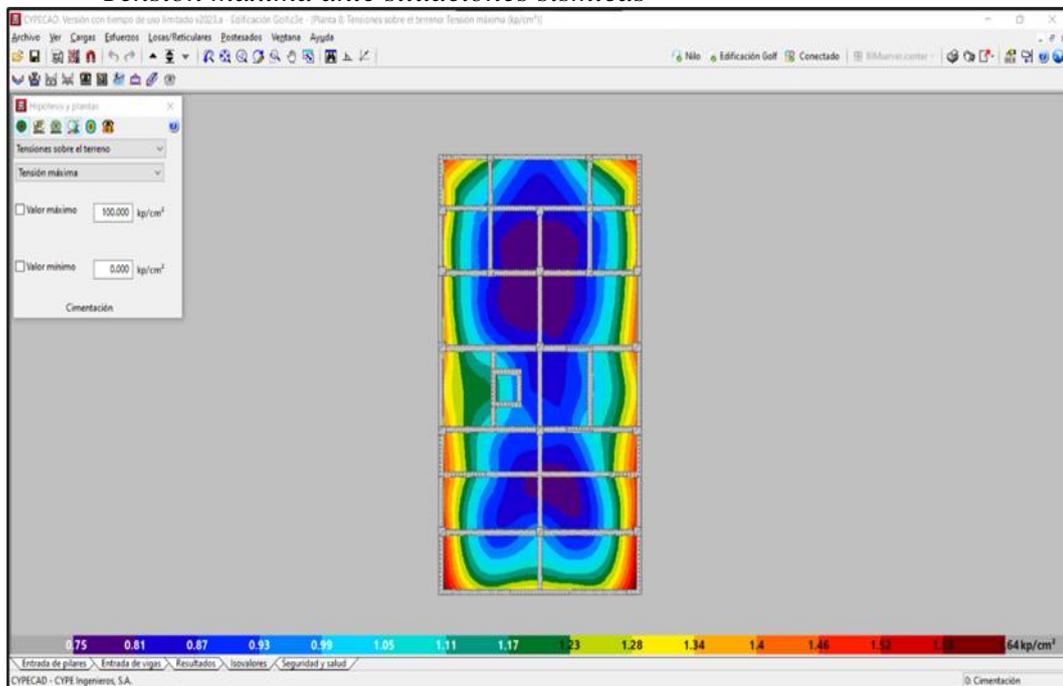
*Tensión máxima ante situaciones persistentes*



Fuente: CYPECAD, v.2023.a

**Figura 31**

*Tensión máxima ante situaciones sísmicas*



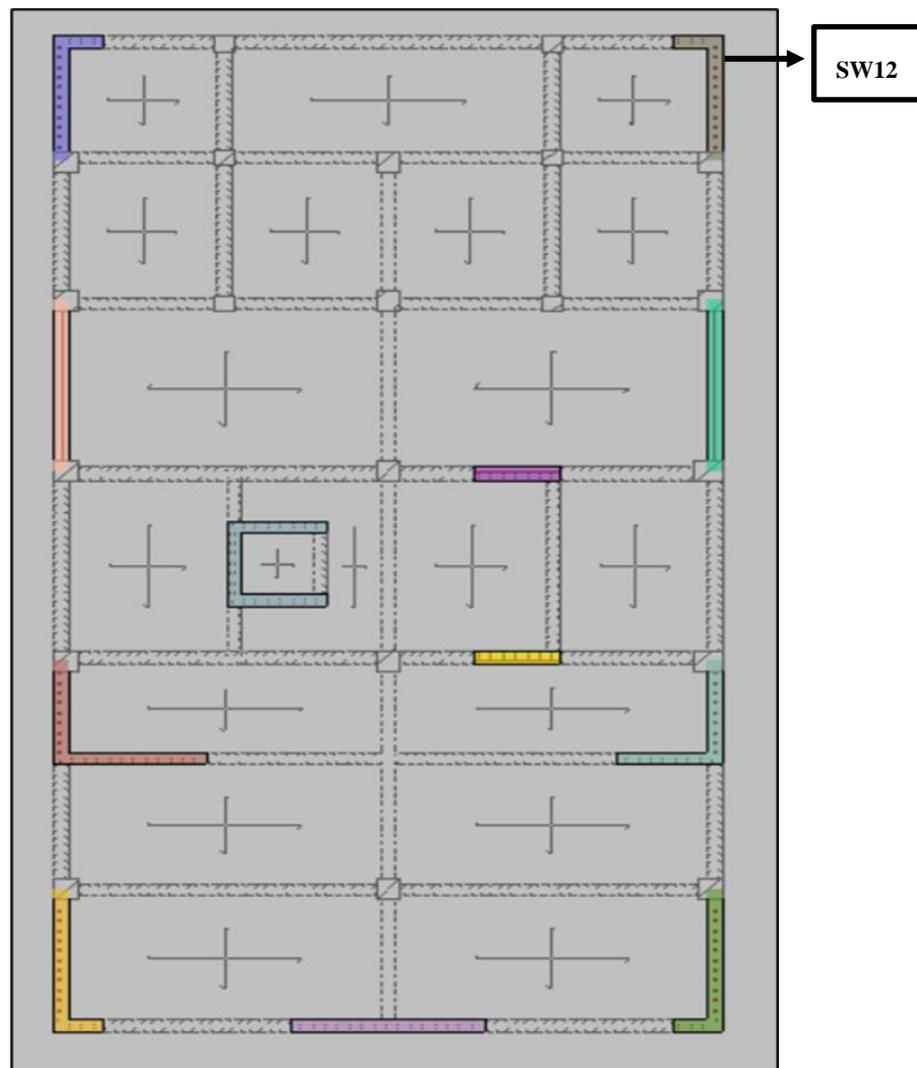
Fuente: CYPECAD, v.2023.a

## Muros de cortante

Para diseñar los muros de corte utilizamos el programa complementario StruBIM Shear Walls de la suite de CYPE, que es un programa destinado al cálculo de muros de cortante de hormigón armado, según la norma ACI 318-14, este software facilita el dimensionado, editado y comprobación de las armaduras de los muros de cortante. Para este ejemplo se considera el muro cortante n° 12 (SW12), ubicado en la esquina superior derecha del modelo.

**Figura 32**

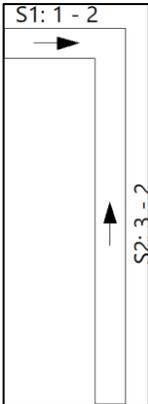
*Muros con función de muro de cortante*



Fuente: CYPECAD, v.2023.a

**Tabla 48**

*Armadura en el nivel 01 de muro de corte*

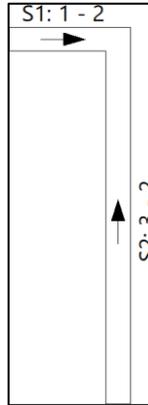
Nivel 01							
							
Sección	Segmento	Espesor (cm)	Armadura no confinada	Elementos de borde		Armadura confinada	
				Nudo	Longitud (cm)	Armadura vertical	Estribos
Nivel 01	S1	25	V: 2xØ1/2"@25cm	1	25	2x3Ø5/8"	Ø3/8"@8cm
			H: 2xØ3/8"@15cm	2	--	--	--
	S2	25	V: 2xØ3/8"@20cm	3	--	--	--
			H: 2xØ3/8"@20cm	2	--	--	--

*Nota.* Fuente: StruBIM Shear Walls

**Tabla 49**

*Armadura en el nivel 06 – 02 de muro de corte*

**Nivel 06 - Nivel 02**



Sección	Segmento	Espesor (cm)	Armadura no confinada	Elementos de borde		Armadura confinada	
				Nudo	Longitud (cm)	Armadura vertical	Estribos
Nivel 06	S1	20	V: 2xØ3/8" @ 30cm	1	--	--	--
			H: 2xØ3/8" @ 25cm	2	--	--	--
	S2	20	V: 2xØ3/8" @ 25cm	3	--	--	--
			H: 2xØ3/8" @ 25cm	2	--	--	--
Nivel 05	S1	20	V: 2xØ3/8" @ 20cm	1	--	--	--
			H: 2xØ3/8" @ 15cm	2	--	--	--
	S2	20	V: 2xØ3/8" @ 25cm	3	--	--	--
			H: 2xØ3/8" @ 25cm	2	--	--	--
Nivel 04	S1	20	V: 2xØ3/8" @ 20cm	1	--	--	--
			H: 2xØ3/8" @ 15cm	2	--	--	--
	S2	20	V: 2xØ3/8" @ 25cm	3	--	--	--
			H: 2xØ3/8" @ 25cm	2	--	--	--
Nivel 03	S1	20	V: 2xØ3/8" @ 20cm	1	--	--	--
			H: 2xØ3/8" @ 15cm	2	--	--	--
	S2	20	V: 2xØ3/8" @ 25cm	3	--	--	--
			H: 2xØ3/8" @ 25cm	2	--	--	--
Nivel 02	S1	20	V: 2xØ3/8" @ 20cm	1	--	--	--
			H: 2xØ3/8" @ 15cm	2	--	--	--
	S2	20	V: 2xØ3/8" @ 25cm	3	--	--	--
			H: 2xØ3/8" @ 25cm	2	--	--	--

Nota. Fuente: StruBIM Shear Walls

## Comprobaciones

**Tabla 50**

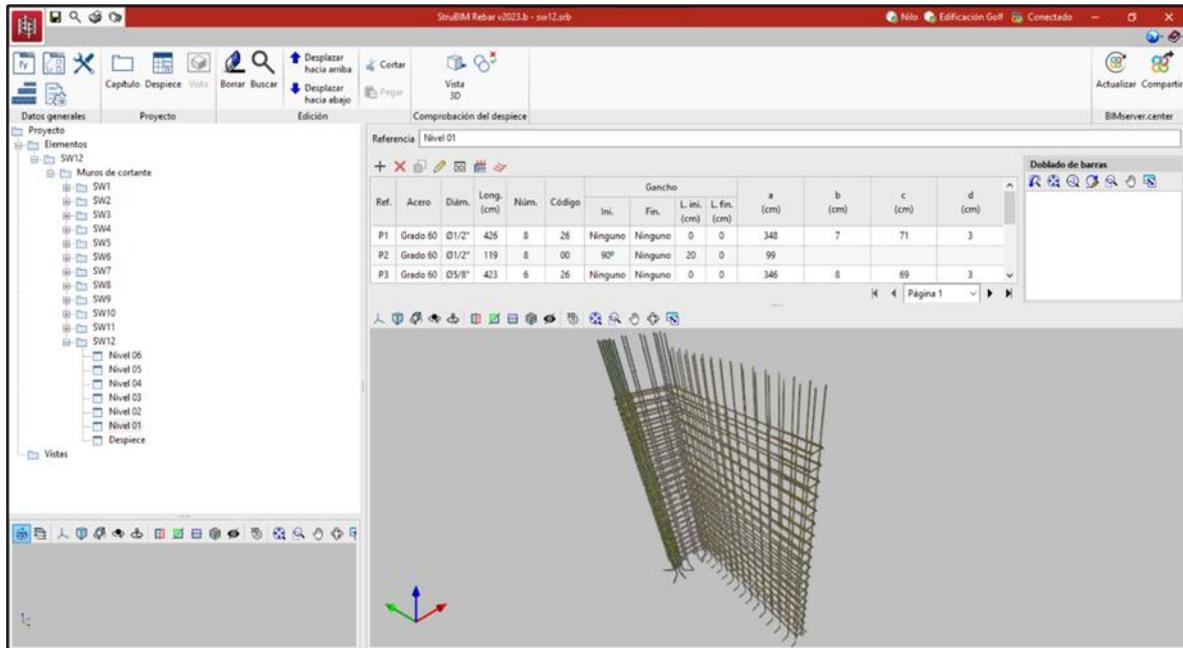
*Comprobaciones de muros de cortante*

Tramo		Segmento				Elemento de borde inicial		Elemento de borde final	
Referencia	Solicitaciones normales (D/C)	Referencia	Cortante (D/C)	Disposiciones	Disposiciones sísmicas	Disposiciones sísmicas	Disposiciones sísmicas	Disposiciones sísmicas	
Nivel 06	0.56	S1	0.21	✓	✓	✓	NN	✓	NN
		S2	0.13	✓	✓	✓	NN	✓	NN
Nivel 05	0.61	S1	0.22	✓	✓	✓	NN	✓	NN
		S2	0.16	✓	✓	✓	NN	✓	NN
Nivel 04	0.74	S1	0.36	✓	✓	✓	NN	✓	NN
		S2	0.22	✓	✓	✓	NN	✓	NN
Nivel 03	0.70	S1	0.47	✓	✓	✓	NN	✓	NN
		S2	0.25	✓	✓	✓	NN	✓	NN
Nivel 02	0.61	S1	0.58	✓	✓	✓	NN	✓	NN
		S2	0.26	✓	✓	✓	NN	✓	NN
Nivel 01	0.58	S1	0.87	✓	✓	✓	✓	✓	NN
		S2	0.30	✓	✓	✓	NN	✓	NN

Nota. Fuente: StruBIM Shear Walls

**Figura 33**

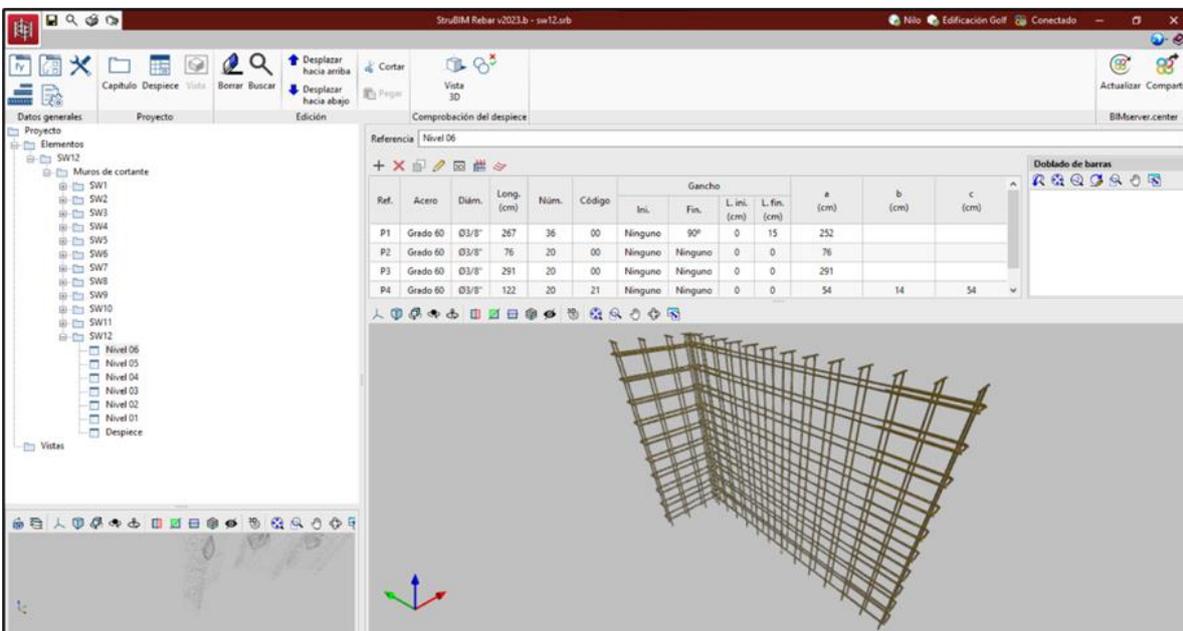
*Vista 3D de SW12 en nivel 01 en StruBIM Rebar*



Nota. Fuente: StruBIM Rebar

**Figura 34**

*Vista 3D de SW12 en nivel 06 en StruBIM Rebar*



Nota. Fuente: StruBIM Rebar

## Cuantías de obra

**Tabla 51**
*Resumen de cuantía total de la obra*

<b>Elemento</b>	<b>Encofrado (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Barras (kg)</b>
Losas de cimentación	-	279.85	167.910	19615
Forjados de viguetas	-	937.42	97.130	5841
Losas macizas	-	421.50	105.100	9801
Vigas	839.29	402.45	233.520	26006
Pilares	526.00	-	63.250	14571
Muros de cortante	1532.11	-	156.51	16438
Escaleras	-	59.84	8.670	834
Total	-	2101.76	832.09	93106
Índices (por m <sup>2</sup> )	-	-	0.401	44.873
<b>Superficie total: 2074.89 m<sup>2</sup></b>				

*Nota.* Fuente: CYPECAD, v.2023.a

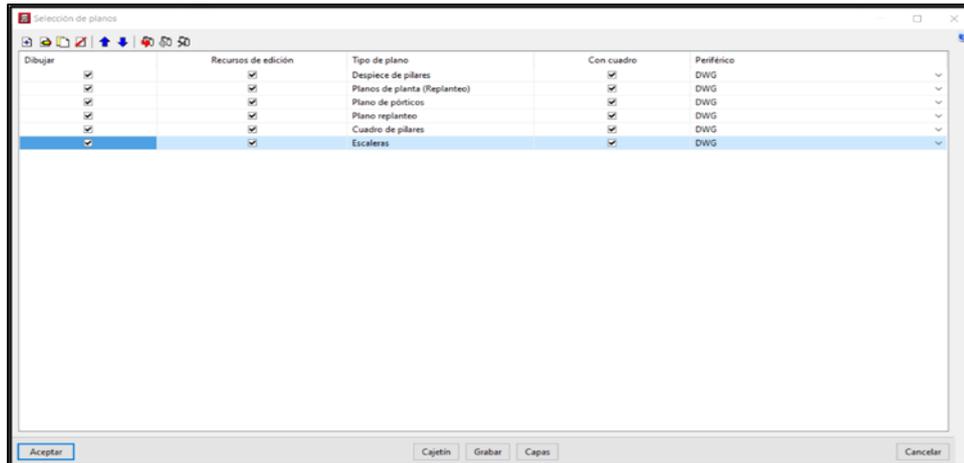
Para cuantías de cada nivel véase anexos 92 a 96.

## Salida de planos

En este último paso, es cuando la información generada por el software se plasma en papel, en un dibujo o en un archivo de texto, teniendo en cuenta la estructura que se ha introducido, calculado y revisado.

**Figura 35**

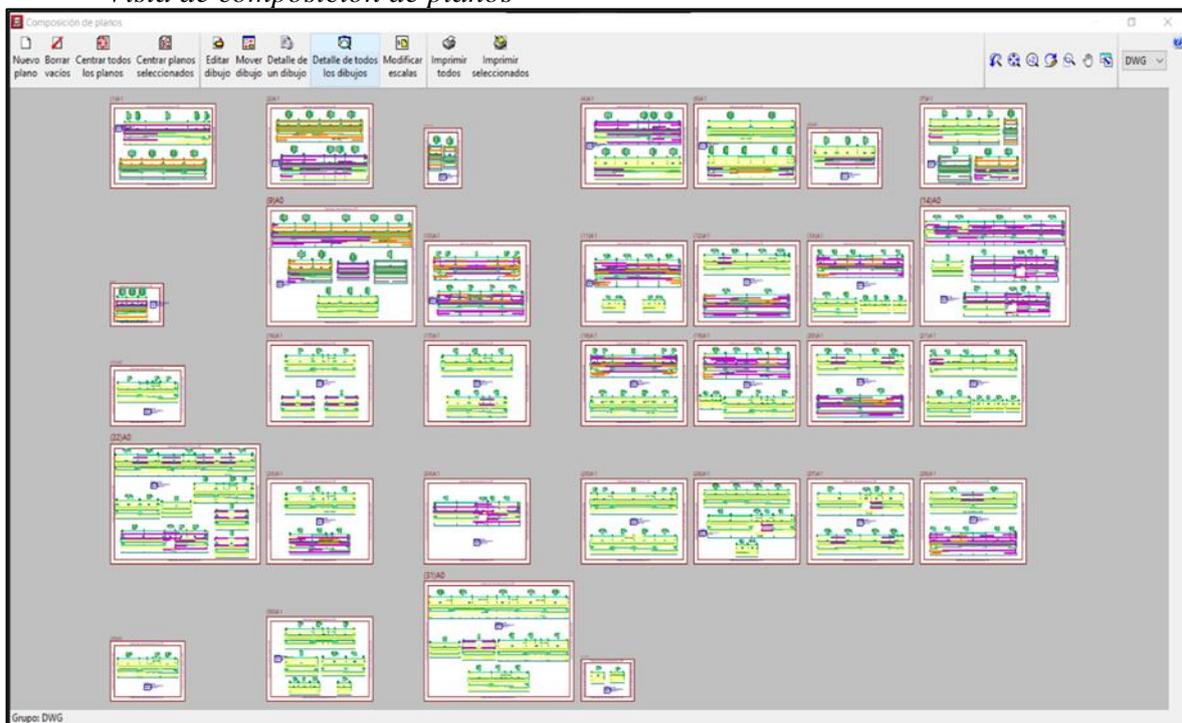
### *Salida de planos*



Nota. Fuente: CYPECAD, v.2023.a

**Figura 36**

### *Vista de composición de planos*



Nota. Fuente: CYPECAD, v.2023.a

**Tabla 52**
*Presupuesto de la edificación a nivel de casco estructural*

<b>Obra:</b>	<b>Multifamiliar Av. Golf (Trujillo)</b>					
<b>Subpresupuesto:</b>	<b>Estructuras</b>					
<b>Ubicación:</b>	<b>Av. Golf – Víctor Larco</b>					
<b>Código</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ud.</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio (S/.)</b>	<b>Importe (S/.)</b>	
<b>OE.02</b>	<b>Estructuras</b>			<b>785,752.18</b>	<b>785,752.18</b>	
<b>02.02.00</b>	<b>Cimentaciones</b>			<b>201,749.87</b>	<b>201,749.87</b>	
<b>02.02.01</b>	<b>Concreto Simple</b>					
<b>02.02.01.01</b>	Concreto solado	en m <sup>2</sup>	341.82	26.19	8,952.27	
<b>Regularización</b>				<b>8,952.27</b>	<b>8,952.27</b>	
<b>02.02.02</b>	<b>Cimentaciones Superficiales</b>					
<b>02.02.02.01</b>	Losa de cimentación	m <sup>3</sup>	205.09	731.93	150,111.52	
<b>02.02.02.02a</b>	Sistema de encofrado y desencofrado para vigas de cimentación	m <sup>2</sup>	65.65	42.03	2,759.27	
<b>02.02.02.02b</b>	Vigas de cimentación de concreto armado	m <sup>3</sup>	37.37	774.12	28,928.86	
<b>02.02.02.03</b>	Vigas de cimentación de concreto armado	m <sup>3</sup>	11.05	995.29	10,997.95	
<b>Cimentaciones Superficiales</b>				<b>192,797.60</b>	<b>192,797.60</b>	
<b>Cimentaciones</b>				<b>201,749.87</b>	<b>192,797.60</b>	
<b>2.03</b>	<b>Concreto armado Estructuras de concreto armado</b>			<b>584,002.31</b>	<b>584,002.31</b>	
<b>02.03.01</b>	<b>Estructuras de concreto armado</b>					
<b>02.03.01.01</b>	Sistema de encofrado para losa de escalera	m <sup>2</sup>	48.57	75.27	3,655.86	
<b>02.03.01.02</b>	Losa de escalera	m <sup>2</sup>	48.57	129.13	6,271.84	

<b>02.03.01.03</b>	Sistema de encofrado para columna rectangular o cuadrada.	m <sup>2</sup>	526	26.24	13,802.24
<b>02.03.01.04</b>	Columna rectangular o cuadrada de concreto armado.	m <sup>3</sup>	63.254	1,221.67	77,275.51
<b>02.03.01.05</b>	Sistema de encofrado para viga.	m <sup>2</sup>	1,057.90	41.38	43,775.90
<b>02.03.01.06a</b>	Viga de concreto armado.	m <sup>3</sup>	152.86	770.78	117,821.43
<b>02.03.01.06b</b>	Viga de concreto armado.	m <sup>3</sup>	30.39	781.19	23,740.36
<b>02.03.01.07a</b>	Losa maciza de 15 cm.	m <sup>2</sup>	2.97	181.72	539.71
<b>02.03.01.07b</b>	Losa maciza de 25 cm.	m <sup>2</sup>	378.31	218.39	82,619.12
<b>02.03.01.07c</b>	Losa maciza 25 cm.	m <sup>2</sup>	75.66	221.78	16,779.87
<b>02.03.01.08a</b>	Losa nervada de 25 cm con vigas.	m <sup>2</sup>	582.99	135.3	78,878.55
<b>02.03.01.08b</b>	Losa nervada de 30 cm con vigas.	m <sup>2</sup>	201.8	139.76	28,203.57
<b>02.03.01.08c</b>	Losa nervada de 25 cm con vigas.	m <sup>2</sup>	116.59	136.83	15,953.01
<b>02.03.01.08d</b>	Losa nervada de 30 cm con vigas.	m <sup>2</sup>	40.36	140.91	5,687.13
<b>02.03.01.09</b>	Muro de concreto armado	m <sup>2</sup>	123	509.85	62,711.55
<b>02.03.01.10</b>	Encofrado y desencofrado del muro de concreto armado	m <sup>2</sup>	122	51.53	6,286.66
<b>Estructuras de concreto armado</b>			<b>584,002.31</b>		<b>584,002.31</b>
<b>EDIFICACIÓN GOLF</b>			<b>785,752.18</b>		<b>785,752.18</b>

*Nota:* El cálculo de la estimación del presupuesto se obtiene mediante el generador de precios de CYPE, teniendo en cuenta su emplazamiento, datos del entorno, hormigón, estructura, etc. Para ver las condiciones de exportación ver anexos de mediciones y presupuestos.

Fuente: CYPECAD, v.2023.a

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### Limitaciones al desarrollar la investigación

Limitaciones del software: Cypecad es una herramienta muy útil para el diseño de estructuras de concreto armado, pero tiene ciertas limitaciones en cuanto a la representación de elementos estructurales complejos, como estructuras con formas irregulares o con elementos no convencionales y para realizar el diseño de los muros de corte, debido a ello tuve que llevar el modelo a la nube de BIMServer.center para luego sincronizarla con el programa StruBIM Shear Wall y diseñar los muros de corte. Tanto en CYPECAD, como en StruBIM Shear Wall es necesario hacer iteraciones en el modelo para ver que problemas se presentan en la estructura y resolverlos, pero a veces los códigos de error no son tan específicos y resolver el problema puede tomar algo de tiempo. Lo cual me llevó a buscar información, participar en webinar's, ingresar en foros o grupos relacionados a CYPECAD para poder llevar a cabo el análisis y diseño.

La disponibilidad de información y datos precisos de la edificación podría ser una limitación, lo que podría afectar la precisión y exactitud de los resultados. Como por ejemplo no tener el estudio de mecánica de suelo exclusivo del terreno, compatibilidad con las otras especialidades, etc.

## Interpretación comparativa de la investigación

De acuerdo con las investigaciones, es posible afirmar que el diseño de capacidad realizado por CYPECAD dimensiona los componentes y les da la cantidad adecuada de refuerzo para asegurar que sus resistencias sean las ideales en el diseño de un edificio de concreto armado. Esto se hace para que sea posible establecer parámetros de calidad de una serie de requisitos presentados por elementos como el propósito de la estructura, el medio ambiente en el sitio, la economía y la estética (Llopiz, 2014). La resistencia de los elementos estructurales se calcula para un nivel de tensiones justo por debajo de un estado de fallo inminente, considerando el comportamiento inelástico de los materiales que lo componen. Dependiendo del tipo de resistencia que se tenga en cuenta (flexión, cortante, torsión, etc.), se aplican diferentes factores de reducción afectados por las resistencias nominales, que se modifican para tener en cuenta los distintos grados de incertidumbre de los diferentes tipos de carga. Las flexiones y fisuras se controlan y mantienen dentro de un rango admisible.

En relación con esto, y al analizar el contenido de los resultados, aceptamos que al optar por un enfoque de diseño de capacidad en el software CYPECAD, es necesario diseñar en el siguiente orden; en primer lugar, las vigas para poder diseñar las columnas, peraltes de losas, viguetas de losas y muros de corte, se debe tener en consideración tanto las áreas de acero como la separación entre aceros y se tienen en cuenta criterios geométricos de las secciones.

Asimismo, se puede encontrar que la zona de ubicación del proyecto presenta un tipo de terreno de arena semidensa, y que el software utiliza  $2.00 \text{ kp/cm}^2$  para la capacidad admisible y de  $3.00 \text{ kp/cm}^2$  en situaciones sísmicas, por otro lado, cada elemento estructural debe cumplir las debidas comprobaciones de diseño (flexión, cortante, torsión, etc.), de igual importancia es que el software tiene implementada las normativas E.020, E.030 y E.060. De

lo cual se puede inferir que para realizar un correcto y eficaz diseño estructural, estas condiciones deben ser consideradas. Tanto la rigidez como la ductilidad de los elementos estructurales contribuyen a la capacidad de la estructura que resiste la flexión y la torsión provocadas por fuerzas externas que ejercen sobre su superficie. La resistencia de la estructura viene determinada por la carga máxima, que suele estar representada por el esfuerzo cortante en la base, que puede tolerar bajo una combinación de fuerzas horizontales. (Muñoz y Mendoza, 2013)

Por lo mencionado se admite la hipótesis de investigación, la cual relaciona criterios técnicos estructurales al diseño de una edificación con el software CYPECAD, considerando parámetros relacionados con su funcionalidad, seguridad y economía de la estructura ubicada en la ciudad de Trujillo. De esta manera los resultados son constatados por (Llopiz C. 2014) que plantea las funciones propias que puede cumplir un material, basadas en sus propiedades naturales únicas, sus capacidades mecánicas y el menor coste posible, se llevan a cabo de manera que se consiga el equilibrio perfecto entre estos factores. Así pues, Alvarado, Pineda y Ventura (2004) refieren que un exceso o una deficiencia en cualquiera de estas dos áreas puede provocar con frecuencia el fallo de la estructura y, en casos extremos, su colapso. Así también es fundamental conocer los parámetros de comportamiento estructural de cada elemento cuando se le reprime a los mismos ciclos de carga que tienen lugar durante un terremoto. En este sentido, como se mencionó previamente y al indagar estos resultados, se reafirma que al tener los valores de microzonificación de la zona en estudio y definir una metodología de diseño considerando las combinaciones de carga actuantes, el desempeño tanto de su rigidez, ductilidad y resistencia de la edificación será mucho más eficiente frente a las posibles sollicitaciones de carga y deformaciones que tenga que afrontar en su periodo de vida útil.

## **Implicancias de la investigación**

Los resultados de esta investigación podrían ser útiles para los ingenieros y profesionales de la construcción que utilicen el software CYPECAD, al establecer criterios normativos para el diseño de elementos estructurales. Teniendo en cuenta que cada proyecto presenta características diferentes y debe adecuar el diseño a cada modelo.

La validación de la conformidad de la edificación de concreto armado con la norma E.030 mejora la seguridad y la calidad de la construcción, lo que podría beneficiar a la sociedad en general.

La elaboración en CYPECAD de los planos estructurales, cuantías de obra y presupuesto de la edificación a nivel del casco estructural puede tener implicaciones económicas y sociales significativas, ya que estos elementos los podemos obtener automáticamente a partir de un modelo estructural bien definido con los requisitos impuestos por la norma E. 060 y que son esenciales para la construcción de la edificación.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos a través del modelamiento estructural de la edificación de concreto armado utilizando el software CYPECAD muestran que se cumplen las condiciones necesarias establecidas por la norma E.030 de diseño sismorresistente. El software me permitió realizar tanto el análisis estático como el análisis dinámico de la edificación, lo que me permitió controlar las derivas y establecer la relación de fuerzas cortantes estáticas y dinámicas. En consecuencia, demuestra la viabilidad del modelo propuesto.

Así mismo establecer criterios normativos como; una buena cimentación, forma regular de la estructura, mayor rigidez, resistencia mecánica de los materiales y la disipación de energía. Nos permite el aprovechamiento del cálculo estructural y de esta manera cumplir con los lineamientos de la E.060 y el código ACI 318-14 para el diseño de los elementos estructurales.

Al comparar nuestros resultados con la teoría y los antecedentes de diseño estructural y la ingeniería civil, se observa una concordancia significativa. En particular, nuestros resultados confirman la importancia de utilizar herramientas como CYPECAD para el modelamiento y diseño estructural de edificaciones de concreto armado, y cómo estas herramientas permiten cumplir con las condiciones necesarias para el diseño sismorresistente.

El modelo hecho en CYPECAD me permitió presentar el detalle de los planos estructurales, listados de obra y una estimación del presupuesto del edificio de concreto armado a nivel del casco estructural equivalente a S/. 785,752.18, quedando claro que este costo es una aproximación del costo real que se necesita para su construcción, puesto que para la obtención del presupuesto consideré la base de datos de CYPECAD en la cual se optó por una buena accesibilidad al terreno, una topografía con desniveles mínimos, hormigón

preparado en obra, cimentación con encofrado de madera, encofrado con planchas metálicas para los pilares, tablonos de madera para el encofrado de la escalera, tableros de madera tratada, encofrado de vigas reforzadas con varillas y perfiles, etc.

## **Recomendaciones**

Finalmente, ocupando esta fase debemos tener en claro que el proceso de diseño es más un arte que una ciencia, el cual solicita amplio conocimiento del comportamiento del concreto, de la normatividad, del detallado, de entender conceptualmente el comportamiento de un edificio en su totalidad. Para ello inicialmente se recomienda realizar un dimensionado preliminar y hacer simplificaciones en el modelo (entendiendo el objeto de tales simplificaciones y su implicancia en los resultados, lo cual se gana con la experiencia). Este modelo preliminar permite evaluar si el proyecto es viable o no, pues además permite verificar preliminarmente si el edificio CUMPLE con la rigidez suficiente exigida por la norma E.030.

Una vez resuelta la dificultad de aquel elemento estructural que nos preocupaba (lo cual fue detectado debido a la experiencia), debiendo además controlados desplazamientos ante sismo, y habiendo compatibilizado con las otras especialidades (arquitectura e instalaciones), se procede a realizar un modelo estructural más refinado. (Rodríguez C. 2020)

A partir del modelo más refinado se realiza el diseño (se entiende que no habrá modificaciones de dimensiones, pues para ello se hicieron los cálculos preliminares).

Convenientemente en CYPECAD se recomienda diseñar en el orden de vigas, columnas, placas y en último lugar la cimentación, de acuerdo con la norma E.060 y el código ACI-318RS-19.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Alvarado L., Pineda S., Ventura J., (octubre de 2004) “*Diseño De Elementos Estructurales En Edificios De Concreto Reforzado*”, [archivo pdf], Universidad De El Salvador Facultad De Ingeniería Y Arquitectura. El Salvador. Recuperado de: [Diseño de elementos estructurales en edificios de concreto reforzado.pdf \(ues.edu.sv\)](#)

American Concrete Institute (ACI) 318R-14. “*Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural*”. Recuperado de: [www.concrete.org](http://www.concrete.org)

Blanco Blasco, Antonio. “*Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado*” Libro 2 de la colección del ingeniero civil - Colegio de ingenieros del Perú, 1997.

Cámara de Comercio de La Libertad (2020). “*Sector Construcción en La Libertad cayó en un 17.8% a septiembre de este año*”. Recuperado de <http://www.camaratru.org.pe/web2/index.php/jstuff/noticias-destacadas/item/5441-sector-construccion-en-la-libertad-cayo-en-un-17-8-a-setiembre-de-este-ano>

Castillo E., (2018) “*Diseño estructural de un edificio multifamiliar de concreto armado de seis niveles en San Miguel*”. [archivo pdf]. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú. Recuperado de: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/13854>

Construcción e Industria. (2019). “*Multifamiliar dirigido a Millennials*”. [archivo pdf]. Recuperado de: <http://www.construccioneindustria.com/wp-content/uploads/2019/Edificaci%C3%B3n/347-Edificio-Stelar.pdf>

CYPECAD (Nº de versión v.2023.a). (2022). Windows. España: CYPE Ingenieros.

Hernández, Fernández y Baptista. (2014). “*Metodología de la Investigación*”. [archivo pdf]. 6ta edición Recuperado de: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

Hernández-Castañeda, O., & Mendoza-Escobedo, C.J. (2010). “*Durabilidad e infraestructura: retos e impacto socioeconómico. Ingeniería, investigación y tecnología*, 7(1), 57-70”. Recuperado de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S140577432006000100005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S140577432006000100005&lng=es&tlng=es)

La República (21 mayo de 2019). “*60% de viviendas son construcciones informales*”. Recuperado de: <https://larepublica.pe/economia/190373-60-de-viviendas-son-construcciones-informales/>

Llopiz, C. (2014). “*Filosofía del diseño para estructuras de hormigón armado*”. Archivo [pdf]. Universidad Nacional de CUYO. Mendoza, Argentina.

Muñoz Salinas, Francisco, & Mendoza Escobedo, Carlos Javier. (2012). “*La durabilidad en las estructuras de concreto reforzado desde la perspectiva de la norma española para estructuras de concreto. Concreto y cemento. Investigación y desarrollo*, 4(1), 63-86”. Recuperado de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S200730112012000200004&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200730112012000200004&lng=es&tlng=es)

Reglamento Nacional de Edificaciones E.020, (2018). “*Cargas*” Recuperado de: [construccion.org](http://construccion.org)

Reglamento Nacional de Edificaciones E.030, (2018). “*Diseño sismorresistente*” Recuperado de: [construccion.org](http://construccion.org)

Reglamento Nacional de Edificaciones E.060, (2018). “*Concreto Armado*” Recuperado de: [construccion.org](http://construccion.org)

Sánchez N., Benavides M. y Moreno R. (2015) “*Caracterización de las condiciones estructurales de edificaciones residenciales en Bogotá según NSR-10*” Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia. Recuperado de: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2390/3/Articulo%20Caracterizaci%C3%B3n%20condiciones%20estructurales%20edificaciones.pdf>

StruBIM Shear Walls (Nº de versión v.2023.a). (2022). Windows. España: CYPE Ingenieros.

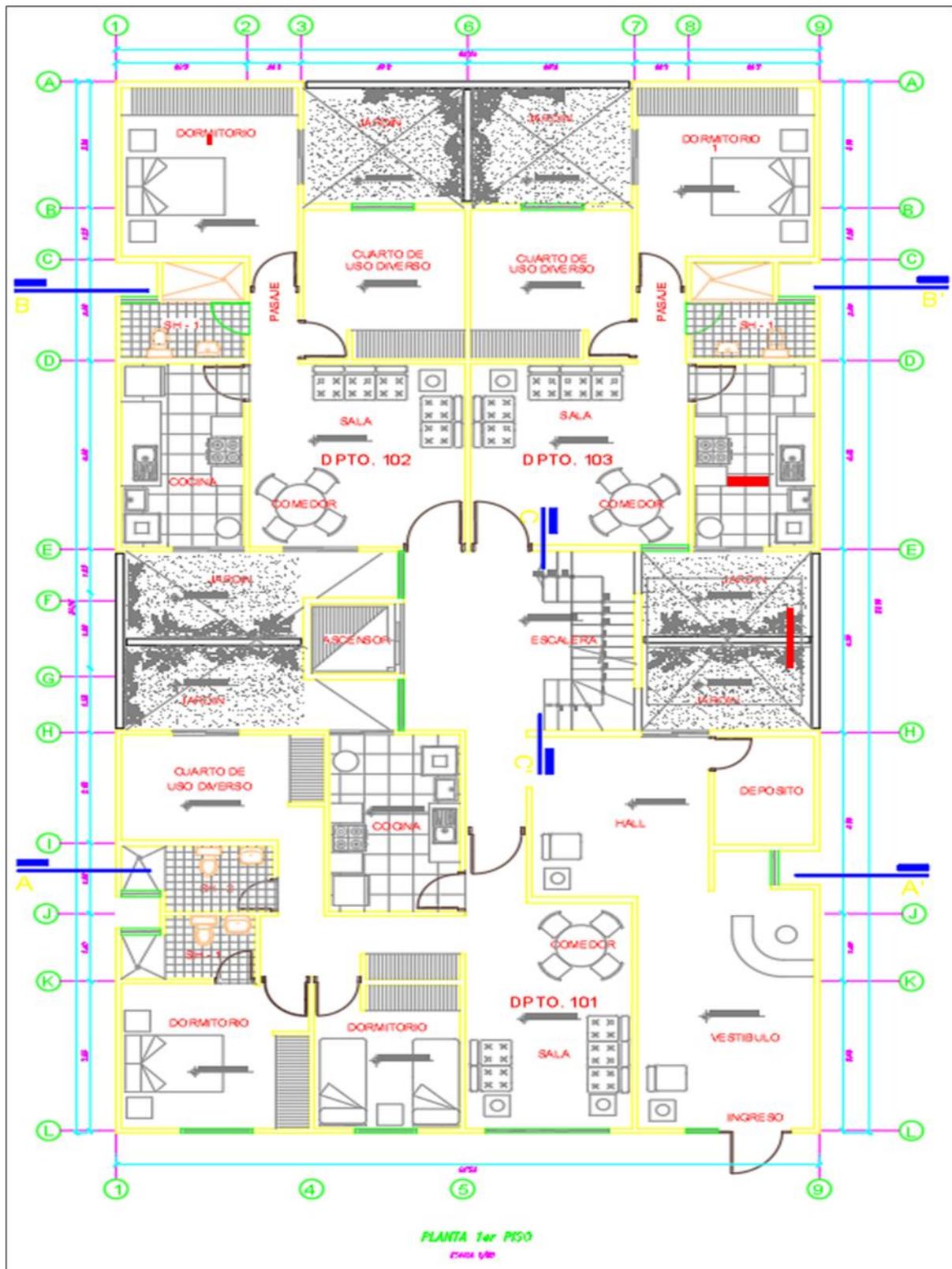
Tavera, H. (2014) “*Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en Perú. Instituto Geofísico del Perú*”

Terreros, L., & Carvajal, I. (2016). “*Análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando fibra de cáñamo*”. [archivo pdf]. Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://cutt.ly/vg4EBY9>

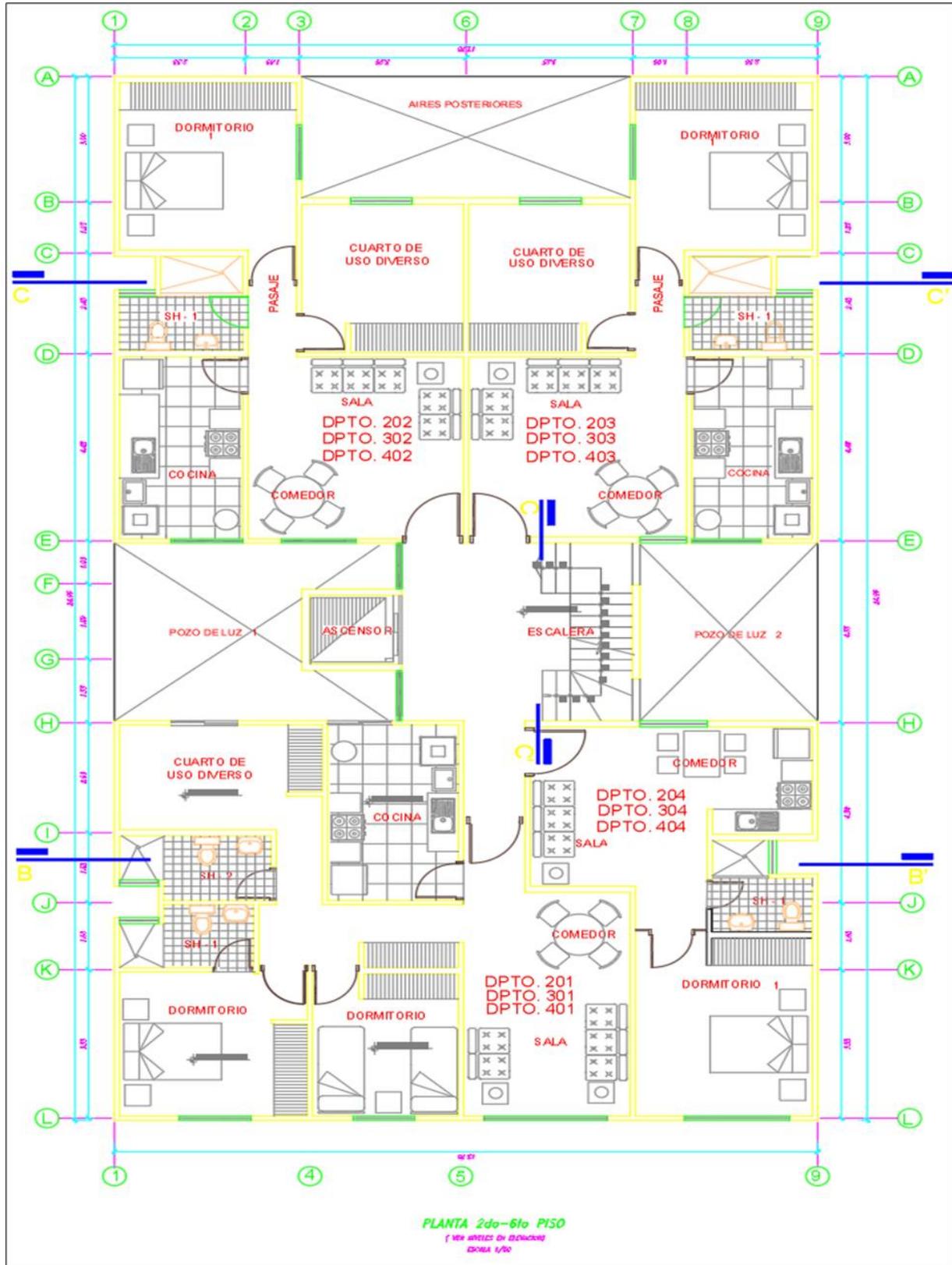
Vergara V. y Zevallos M., (2014) “*Análisis sísmico por desempeño estático no lineal de un edificio de 6 niveles en la ciudad de Trujillo, La Libertad.*” Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú. Recuperado de: [http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/585/1/VERGARA\\_ALBERTO\\_ANALISIS\\_SISMICO\\_DESEMPE%c3%91O.pdf](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/585/1/VERGARA_ALBERTO_ANALISIS_SISMICO_DESEMPE%c3%91O.pdf)

**ANEXOS**

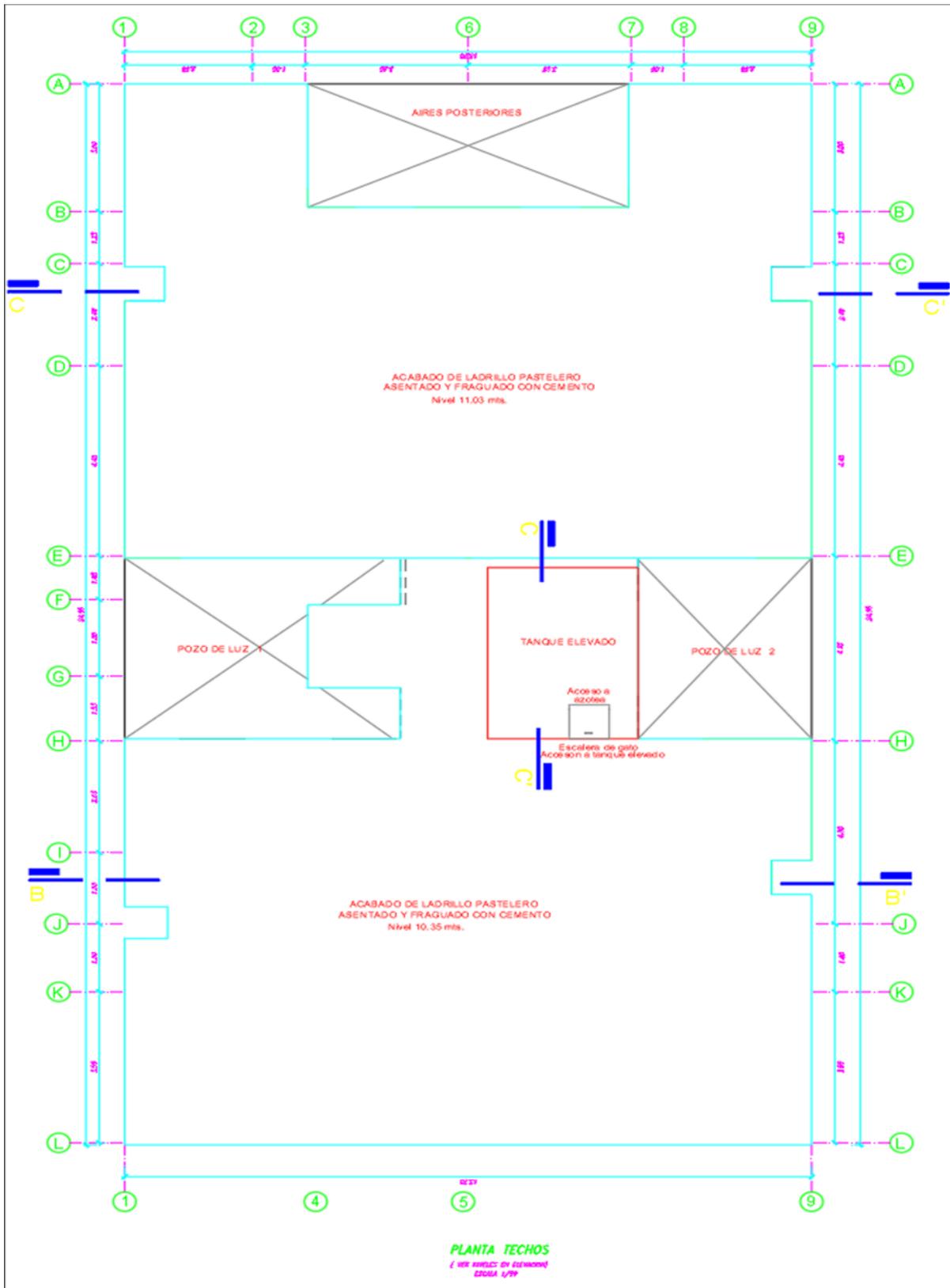
**Anexo 1 Vista de plano en planta del 1er nivel del edificio**



**Anexo 2 Vista de plano en planta del 2° a 6° nivel del edificio**



### Anexo 3 Vista planta de azotea



### Anexo 4 Selección de normas

Material	Norma
Hormigón	NTE E.060: 2009 (Perú)
Acero conformado	AISI S100-2007 (LRFD) (USA)
Acero laminado	ANSI/AISC 360-10 (LRFD) (USA)
Madera	Eurocódigo 5 (UE)
Aluminio	Eurocódigo 9
Muros de bloques de hormigón	NTCRC (México)
Losas mixtas	Eurocódigo 4

### Anexo 5 Datos generales

**Datos generales**

Clave: **Edificación Golf**

Descripción: Multifamiliar Av. Golf

Normas: NTE E.060: 2009, AISI S100-2007 (LRFD), ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Eurocódigo 5 y Eurocódigo 9

**Hormigón armado**

**Hormigón**

- Forjados:  $f'c=210$
- Cimentación:  $f'c=280$
- Pozos romanos:  $f'c=210$
- Pilares:  $f'c=210$
- Muros:  $f'c=210$
- Características del árido: 19 mm

**Acero**

- Barras: Grado 60
- Pernos: A-307

**Perfiles**

**Acero**

- Laminados y armados: A36
- Conformados: A36

**Madera**

C24

**Aluminio extruido**

EN AW-5083 - F

**Acciones**

- Con acción de viento
- Con acción sísmica
- Comprobar resistencia al fuego

Estados límite (combinaciones)

Hipótesis adicionales (cargas especiales)

**Coeficientes de pandeo**

Pilares de hormigón y mixtos

Bx: 1.000 By: 1.000

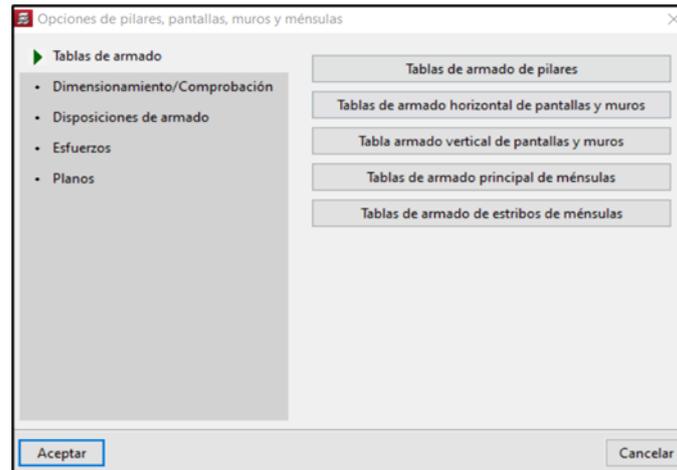
Pilares de acero

Bx: 1.000 By: 1.000

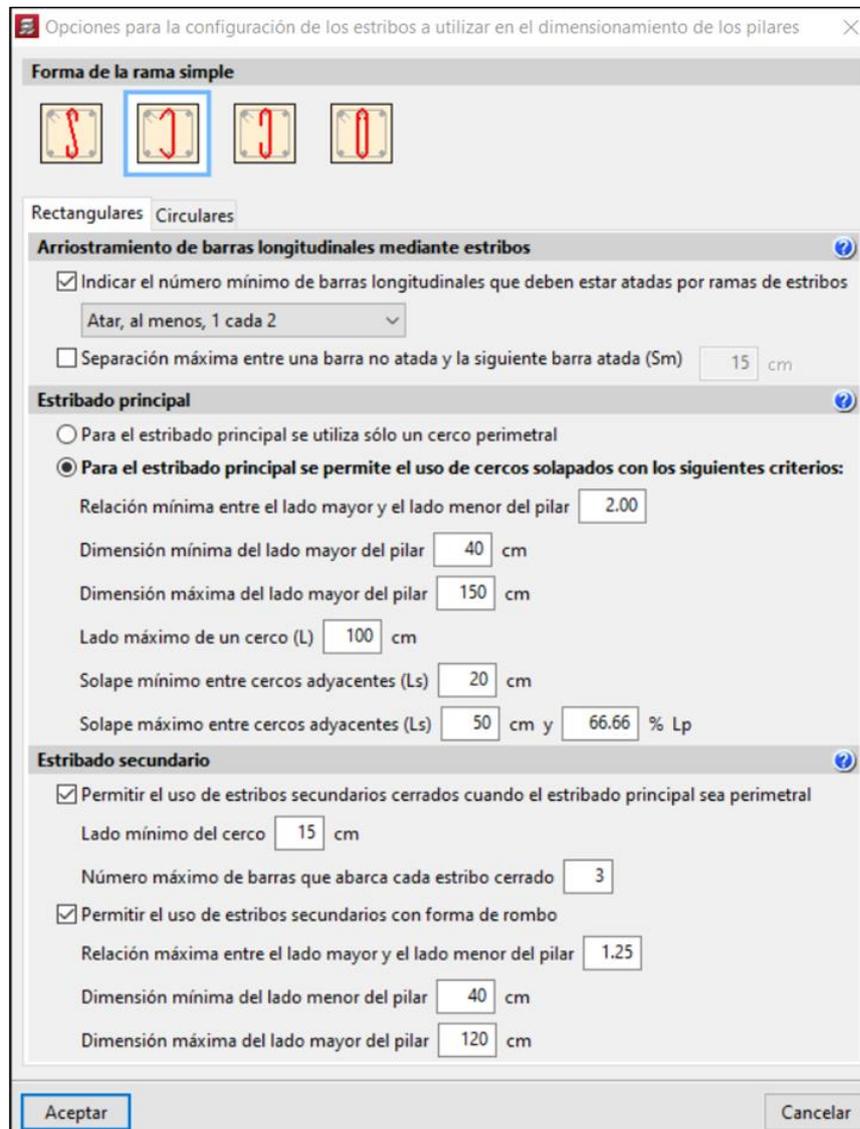
Pilares de madera

Bx: 1.000 By: 1.000

## Anexo 6 Opciones de pilares, pantallas, muros y ménsulas



## Anexo 7 Opciones para la configuración de estribos a utilizar en el dimensionamiento de pilares



## Anexo 8 Tablas de armado de pilares

Tablas de armado de pilares

**Diámetros utilizables**

- Armaduras longitudinales: Ø1/2", Ø5/8", Ø3/4", Ø1"
- Estribos: Ø3/8"

**Configuración de las armaduras longitudinales**

Separación libre mínima entre barras  cm

Separación máxima entre ejes de barras  cm

Lado mínimo del pilar a partir del cual colocar barras en las caras  cm

Cuantía geométrica mínima  %

Cuantía geométrica máxima  %

Pilares rectangulares  Pilares circulares

Esq.	Caras				Estribos		Bmín. (cm)	Bmáx. (cm)
	Ø1/2"	Ø5/8"	Ø3/4"	Ø1"	Sep. máx. (cm)	Ø3/8"		
Ø1/2"	✓	✗	✗	✗	<input type="text" value="20"/>	✓	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1000"/>
Ø5/8"	✓	✓	✗	✗	<input type="text" value="25"/>	✓	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1000"/>
Ø3/4"	✓	✓	✓	✗	<input type="text" value="30"/>	✓	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1000"/>
Ø1"	✗	✓	✓	✓	<input type="text" value="30"/>	✓	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1000"/>

**Configuración de los estribos**

Separación libre mínima entre barras  cm

El diámetro del estribo secundario siempre es igual al del principal

Grabar como opciones por defecto

### Anexo 9 Tablas de armado horizontal de pantallas y muros

Tablas de armado horizontal de pantallas y muros

Biblioteca:

Especial: Pantallas: amadura horizontal.

Añadir a biblioteca

Diámetros utilizados: Ø3/8", Ø1/2", Ø5/8", Ø3/4" y Ø1"

Cara menor armado			Mayor armado espesor(mm)				
n	Diám.	Cada	n	Diám	Cada	Desde	Hasta
1	Ø3/8"	300	1	Ø3/8"	300	---	---
2	Ø3/8"	250	2	Ø1/2"	300	---	---
3	Ø3/8"	200	3	Ø3/8"	150	---	---
4	Ø1/2"	300	4	Ø5/8"	300	---	---
5	Ø3/8"	150	5	Ø3/8"	100	---	---
6	Ø1/2"	250	6	Ø1/2"	150	---	---
7	Ø1/2"	200	7	Ø3/4"	300	---	---
8	Ø5/8"	300	8	Ø1/2"	100	---	---
9	Ø3/8"	100	9	Ø5/8"	150	---	---
10	Ø5/8"	250	10	Ø3/4"	150	---	---
11	Ø1/2"	150	11	Ø5/8"	100	---	---
12	Ø3/4"	300	12	Ø3/4"	100	---	---
13	Ø5/8"	200					
14	Ø3/4"	250					
15	Ø1/2"	100					

Aceptar Cancelar

### Anexo 10 Tablas de armado vertical de pantallas y muros

Tabla armado vertical de pantallas y muros

Biblioteca:

Especial: Pantallas: amadura vertical.

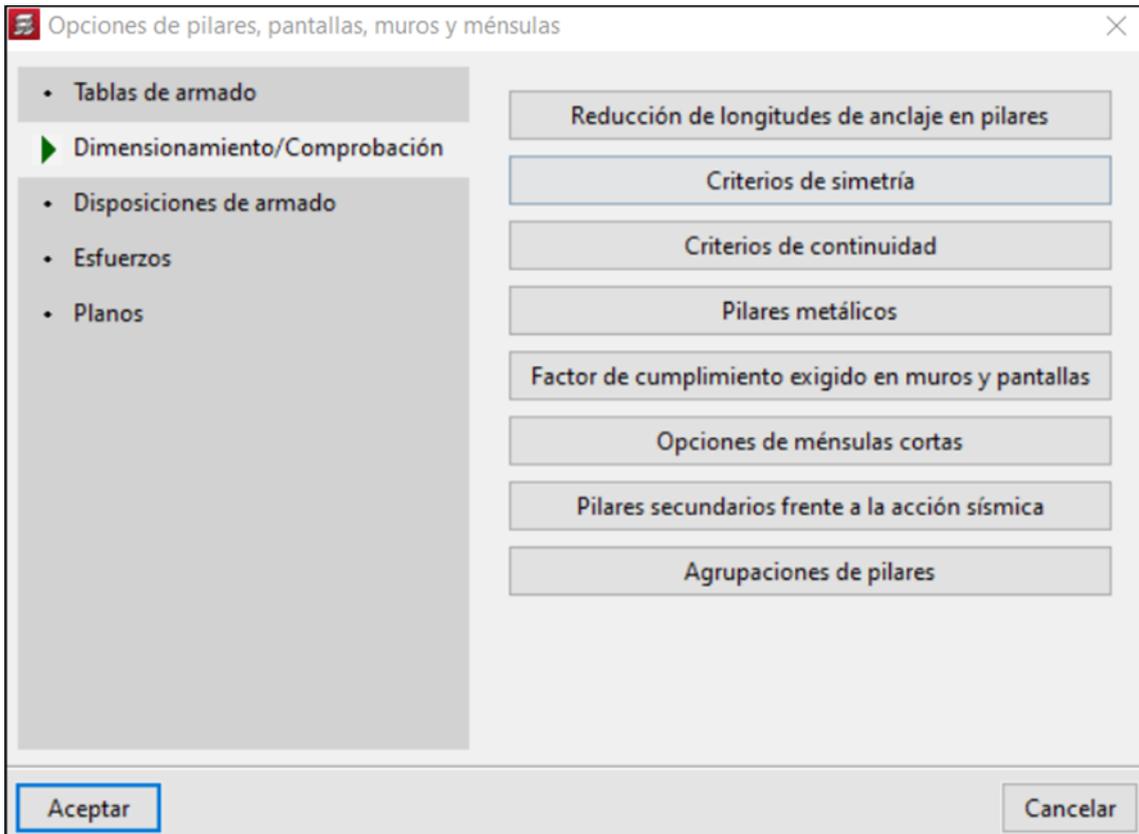
Añadir a biblioteca

Diámetros utilizados: Ø3/8", Ø1/2", Ø5/8", Ø3/4" y Ø1"

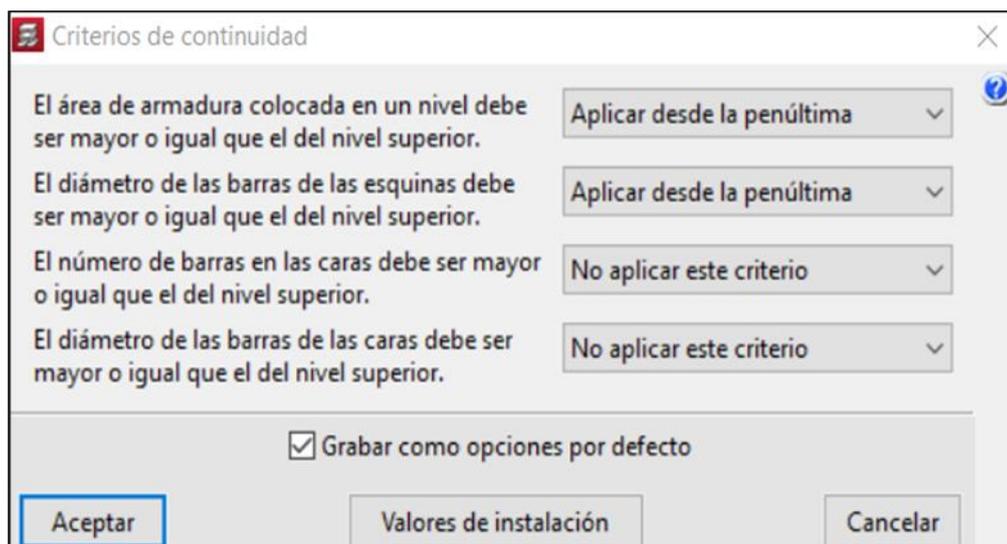
Cara menor armado			Mayor armado espesor(mm)				
n	Diám.	Cada	n	Diám	Cada	Desde	Hasta
1	Ø3/8"	300	1	Ø3/8"	300	---	---
2	Ø3/8"	250	2	Ø1/2"	300	---	---
3	Ø3/8"	200	3	Ø3/8"	150	---	---
4	Ø1/2"	300	4	Ø5/8"	300	---	---
5	Ø3/8"	150	5	Ø3/8"	100	---	---
6	Ø1/2"	250	6	Ø1/2"	150	---	---
7	Ø1/2"	200	7	Ø3/4"	300	---	---
8	Ø5/8"	300	8	Ø1/2"	100	---	---
9	Ø3/8"	100	9	Ø5/8"	150	---	---
10	Ø5/8"	250	10	Ø3/4"	150	---	---
11	Ø1/2"	150	11	Ø5/8"	100	---	---
12	Ø3/4"	300	12	Ø3/4"	100	---	---
13	Ø5/8"	200					
14	Ø3/4"	250					
15	Ø1/2"	100					

Aceptar Cancelar

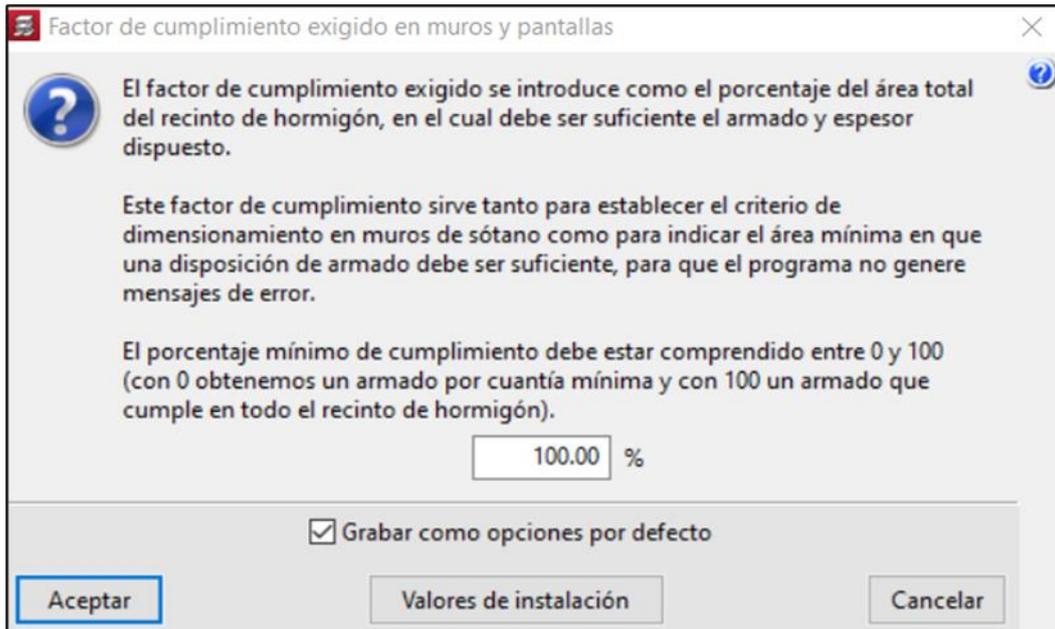
## Anexo 11 Dimensionamiento y comprobación



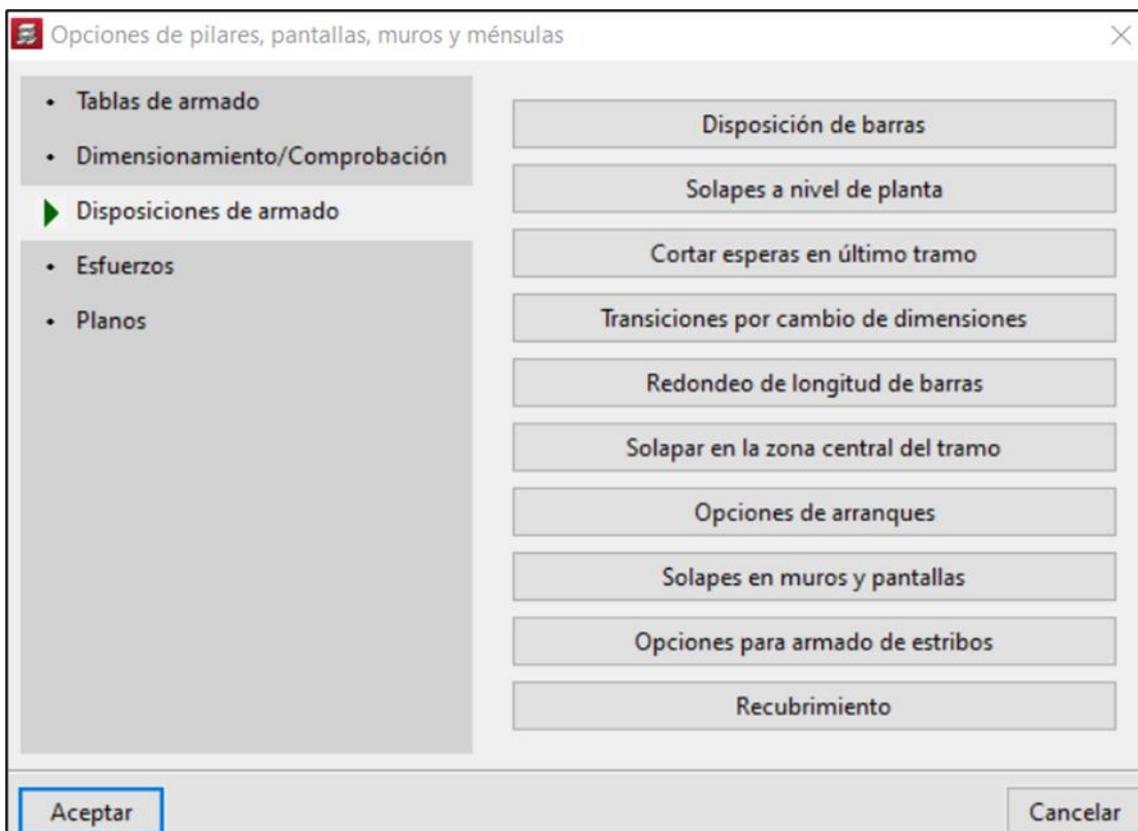
## Anexo 12 Criterios de continuidad



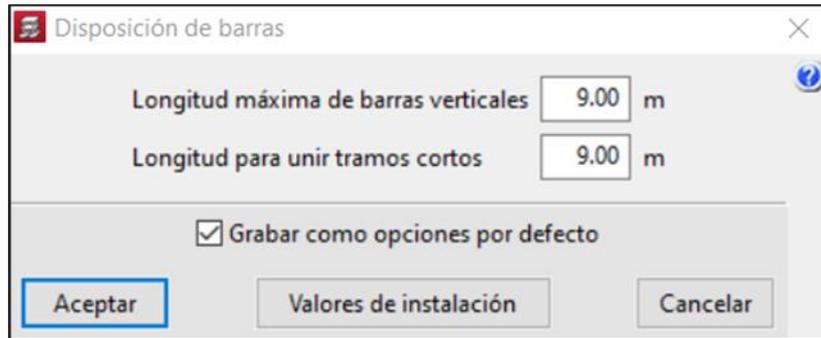
### Anexo 1673 Factor de cumplimiento exigido en muros y pantallas



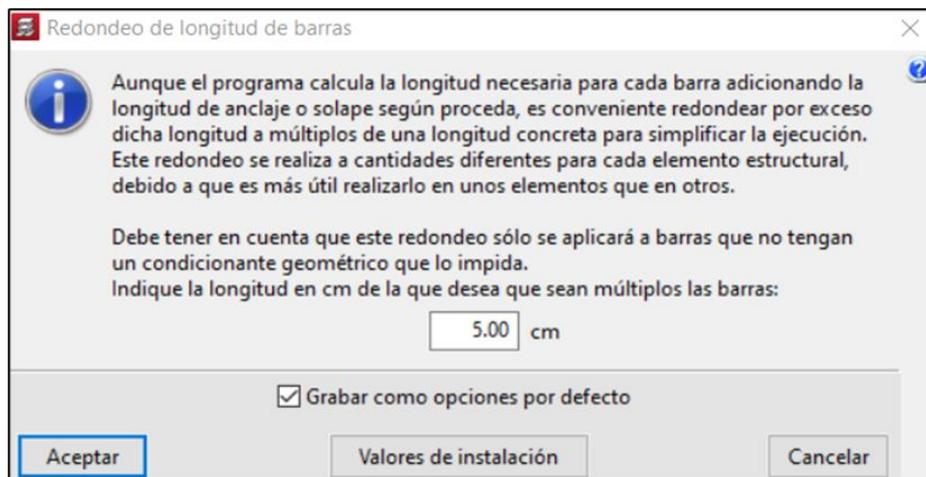
### Anexo 14 Disposiciones de armado



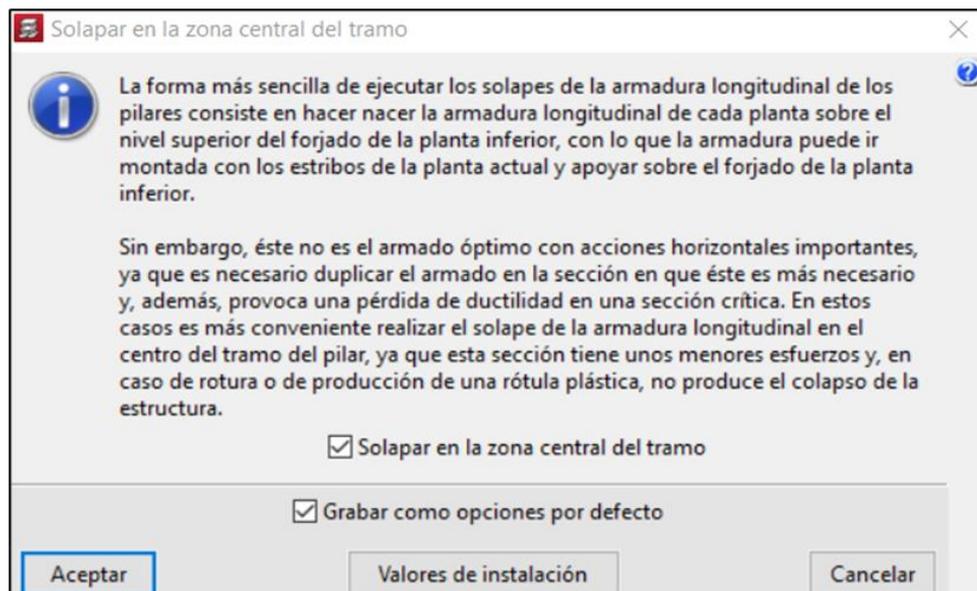
### Anexo 15 Disposición de barras



### Anexo 16 Redondeo de longitud de barras



### Anexo 17 Solapar en la zona central del tramo



### Anexo 18 Opciones de arranque

**Opciones de arranques**

Longitud horizontal de pata en arranque:  cm

Longitud de anclaje en secciones rectangulares y circulares:

- Longitud básica
- Longitud básica reducida por:
- Longitud calculada

Coefficiente reductor en secciones poligonales:

Coefficiente reductor de la longitud de esperas:

Stirrupes:

- Sin estribos
- Estribos cuyo diámetro y separación cumplan según norma
- Estribos de montaje  $\varnothing$   mm cada  cm
- Estribos de montaje mínimos 3Ø6

Grabar como opciones por defecto

### Anexo 19 Opciones para armado de estribos

**Opciones para armado de estribos**

- Colocar estribos en encuentro con forjado
- Colocar en cabeza con menor separación
- Colocar en pie con menor separación

( muy recomendable con acciones horizontales importantes o en zonas sísmicas )

S2:  cm

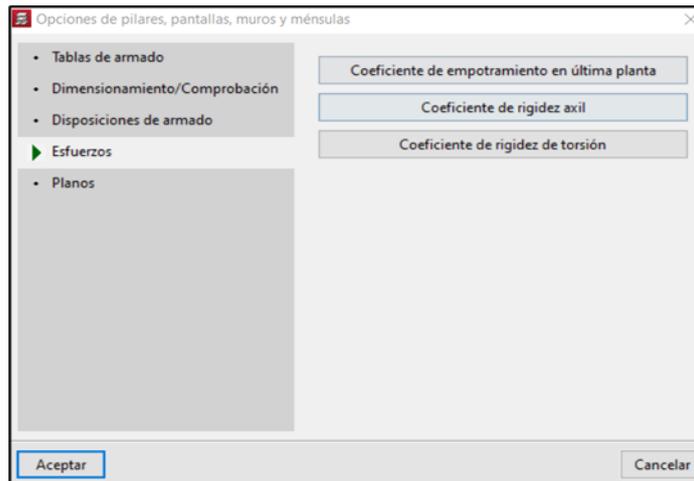
L2:  cm

S1:  cm

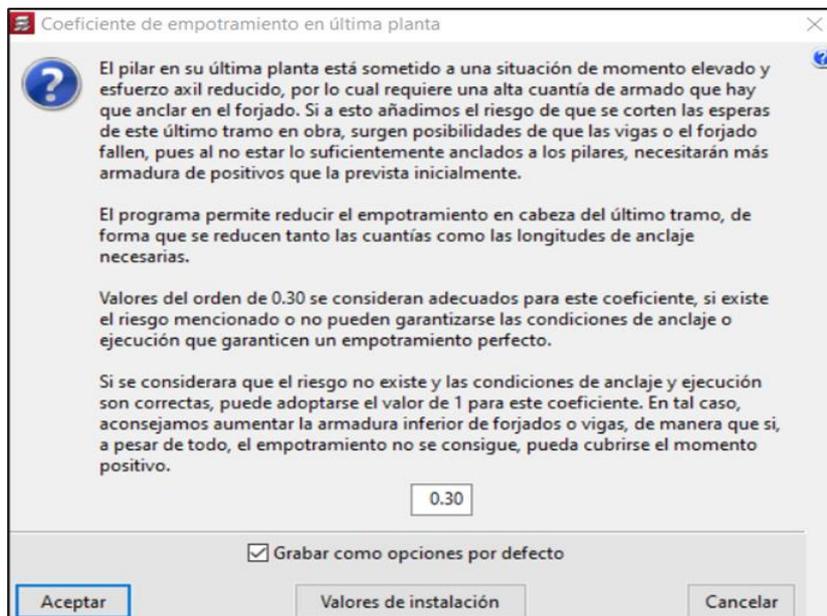
L1:  cm

Grabar como opciones por defecto

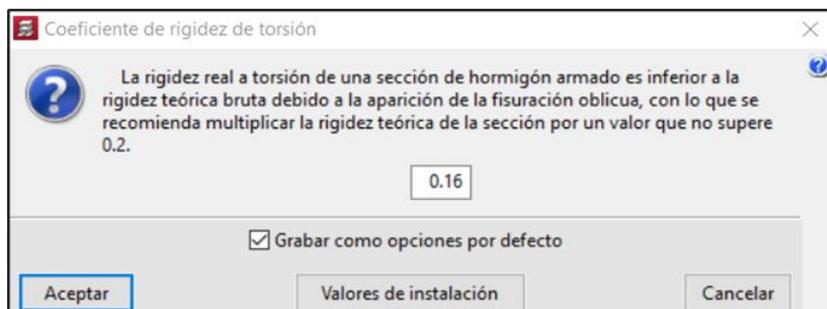
## Anexo 273 Esfuerzos



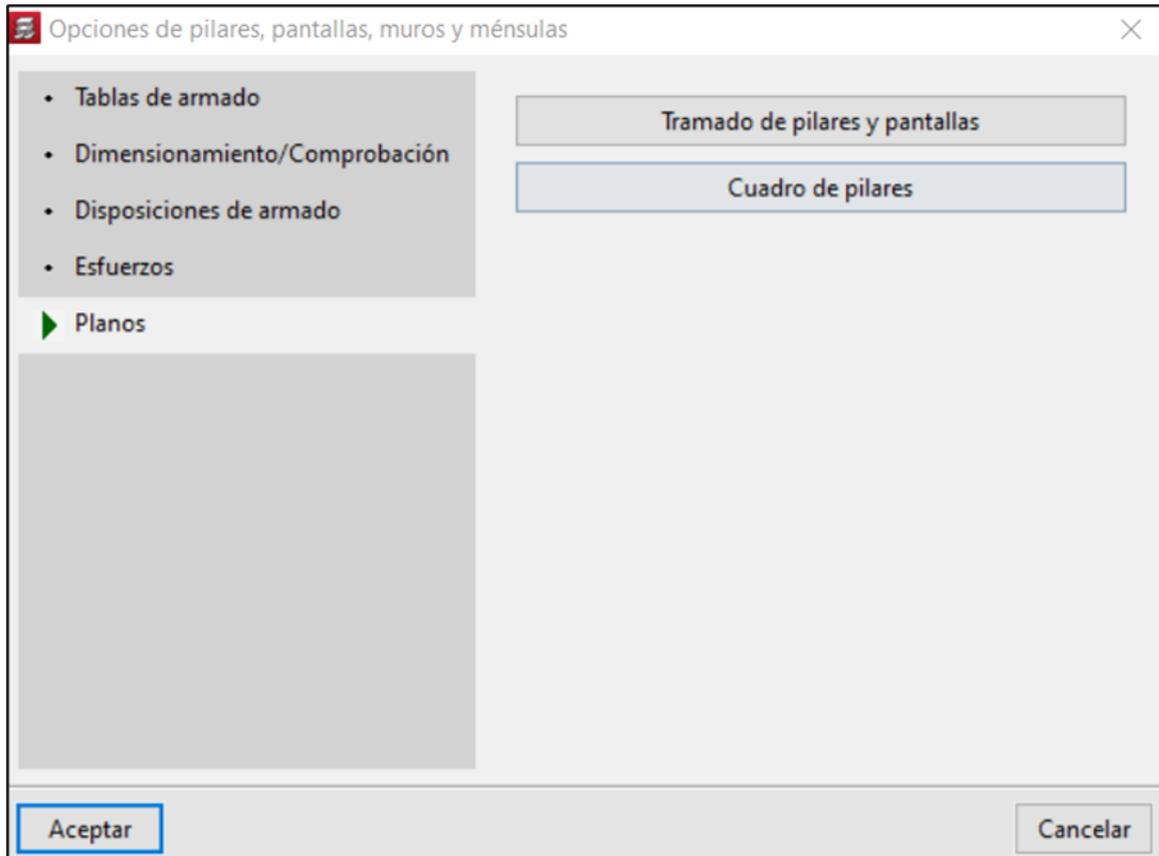
## Anexo 21 Coeficiente de empotramiento en última planta



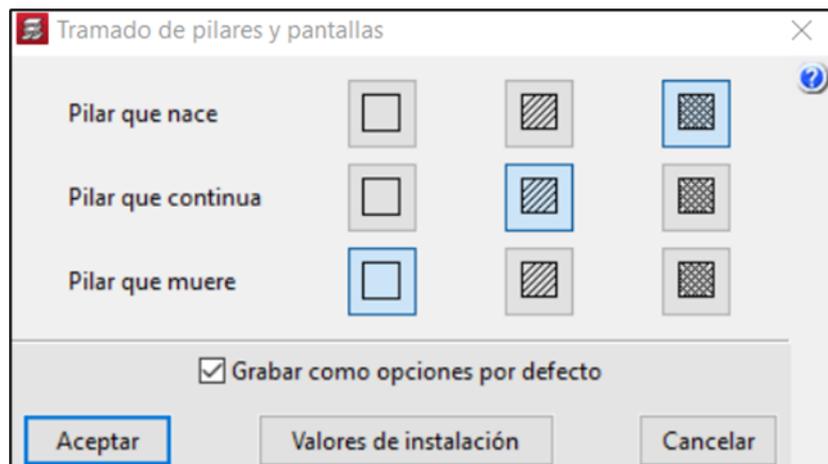
## Anexo 22 Coeficiente de rigidez de torsión



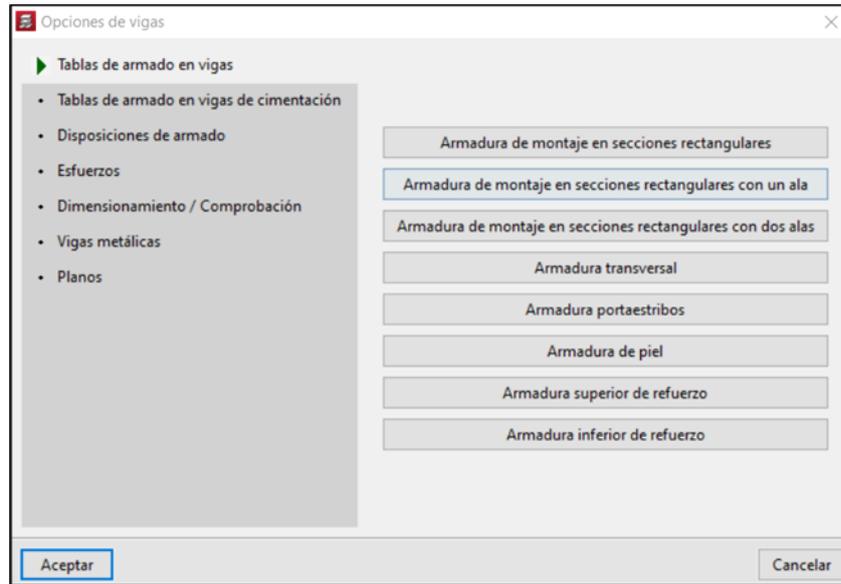
### Anexo 23 Planos



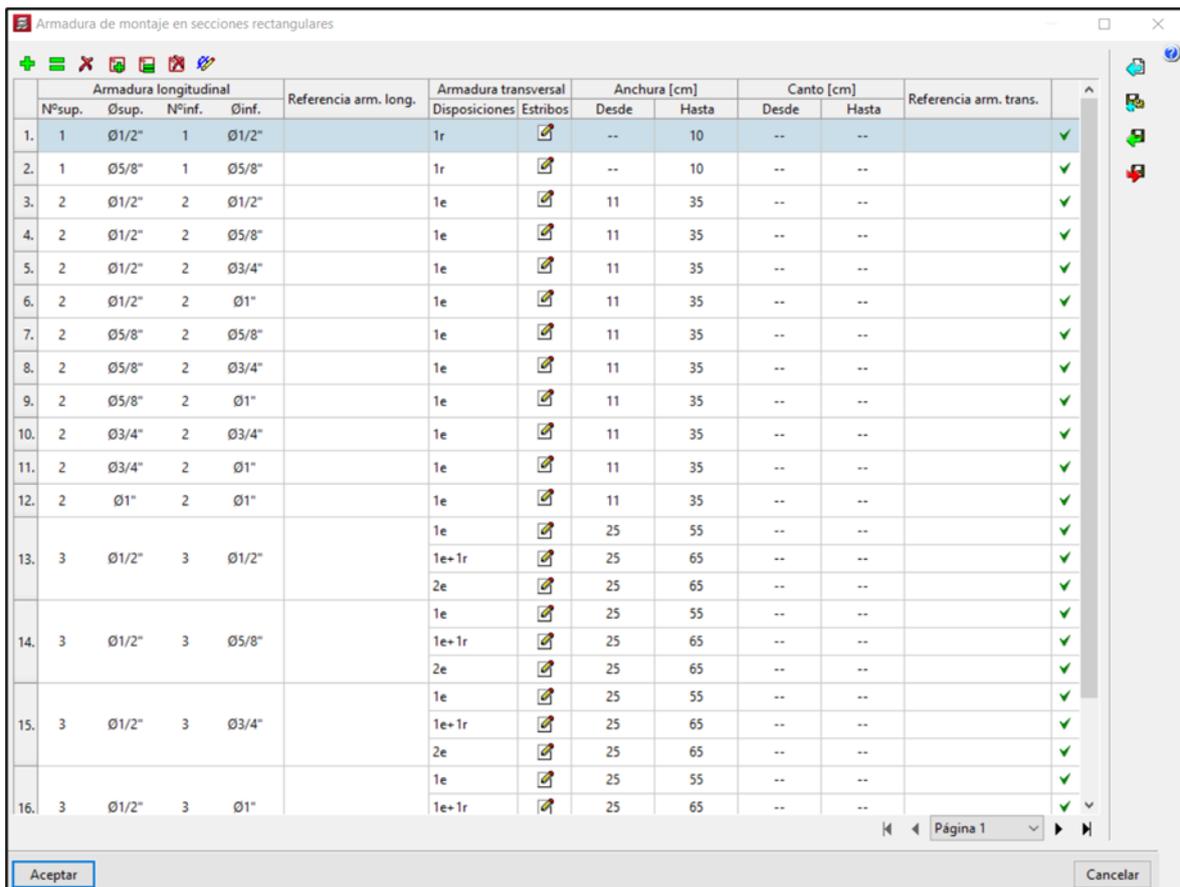
### Anexo 24 Tramado de pilares y pantallas



### Anexo 25 Opciones de vigas

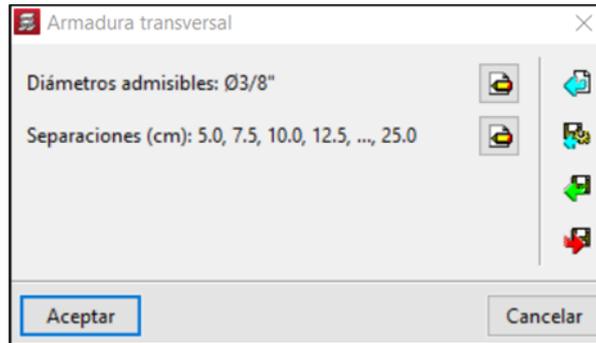


### Anexo 26 Opciones de vigas

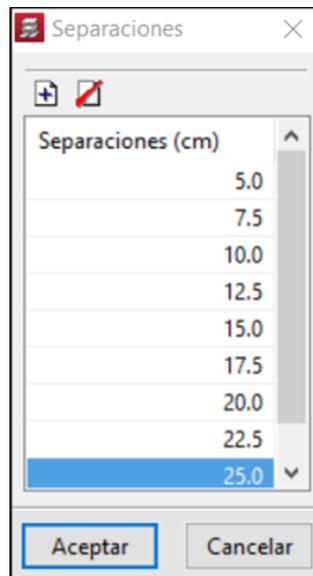


	Armadura longitudinal				Referencia arm. long.	Armadura transversal		Anchura [cm]		Canto [cm]		Referencia arm. trans.
	Nºsup.	Øsup.	Nºinf.	Øinf.		Disposiciones	Estribos	Desde	Hasta	Desde	Hasta	
1.	1	Ø1/2"	1	Ø1/2"		1r		--	10	--	--	
2.	1	Ø5/8"	1	Ø5/8"		1r		--	10	--	--	
3.	2	Ø1/2"	2	Ø1/2"		1e		11	35	--	--	
4.	2	Ø1/2"	2	Ø5/8"		1e		11	35	--	--	
5.	2	Ø1/2"	2	Ø3/4"		1e		11	35	--	--	
6.	2	Ø1/2"	2	Ø1"		1e		11	35	--	--	
7.	2	Ø5/8"	2	Ø5/8"		1e		11	35	--	--	
8.	2	Ø5/8"	2	Ø3/4"		1e		11	35	--	--	
9.	2	Ø5/8"	2	Ø1"		1e		11	35	--	--	
10.	2	Ø3/4"	2	Ø3/4"		1e		11	35	--	--	
11.	2	Ø3/4"	2	Ø1"		1e		11	35	--	--	
12.	2	Ø1"	2	Ø1"		1e		11	35	--	--	
13.	3	Ø1/2"	3	Ø1/2"		1e		25	55	--	--	
						1e+1r		25	65	--	--	
						2e		25	65	--	--	
14.	3	Ø1/2"	3	Ø5/8"		1e		25	55	--	--	
						1e+1r		25	65	--	--	
15.	3	Ø1/2"	3	Ø3/4"		1e		25	55	--	--	
						1e+1r		25	65	--	--	
16.	3	Ø1/2"	3	Ø1"		2e		25	65	--	--	
						1e		25	55	--	--	
						1e+1r		25	65	--	--	

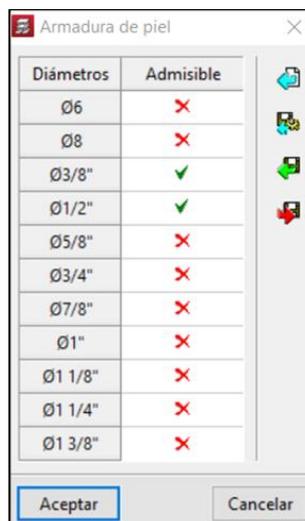
### Anexo 27 Armadura transversal



### Anexo 28 Separaciones



### Anexo 29 Armadura de piel



### Anexo 30 Armadura superior de refuerzo

Armadura superior de refuerzo

Diámetros admisibles: Ø1/2", Ø5/8", Ø3/4", Ø1"

Separación libre mínima entre barras: 2.5 cm

Montaje	Refuerzo 1			
	Ø1/2"	Ø5/8"	Ø3/4"	Ø1"
Ø6	✓	✓	✓	✓
Ø8	✓	✓	✓	✓
Ø3/8"	✓	✓	✓	✓
Ø1/2"	✓	✓	✓	✓
Ø5/8"	✗	✓	✓	✓
Ø3/4"	✗	✗	✓	✓
Ø7/8"	✗	✗	✗	✓
Ø1"	✗	✗	✗	✓
Ø1 1/8"	✗	✗	✗	✗
Ø1 1/4"	✗	✗	✗	✗
Ø1 3/8"	✗	✗	✗	✗

Refuerzo 1	Refuerzo 2			
	Ø1/2"	Ø5/8"	Ø3/4"	Ø1"
Ø1/2"	✓	✓	✓	✓
Ø5/8"	✓	✓	✓	✓
Ø3/4"	✓	✓	✓	✓
Ø1"	✗	✗	✓	✓

Aceptar Cancelar

### Anexo 31 Armadura inferior de refuerzo

Armadura inferior de refuerzo

Diámetros admisibles: Ø1/2", Ø5/8", Ø3/4", Ø1"

Separación libre mínima entre barras: 2.5 cm

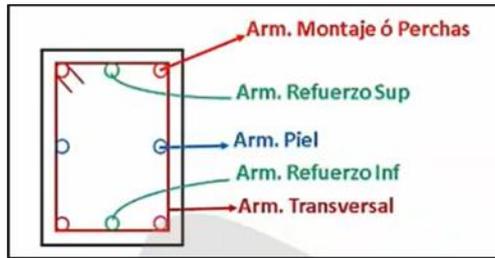
Montaje	Refuerzo 1			
	Ø1/2"	Ø5/8"	Ø3/4"	Ø1"
Ø6	✓	✓	✓	✓
Ø8	✓	✓	✓	✓
Ø3/8"	✓	✓	✓	✓
Ø1/2"	✓	✓	✓	✓
Ø5/8"	✗	✓	✓	✓
Ø3/4"	✗	✗	✓	✓
Ø7/8"	✗	✗	✗	✓
Ø1"	✗	✗	✗	✓
Ø1 1/8"	✗	✗	✗	✗
Ø1 1/4"	✗	✗	✗	✗
Ø1 3/8"	✗	✗	✗	✗

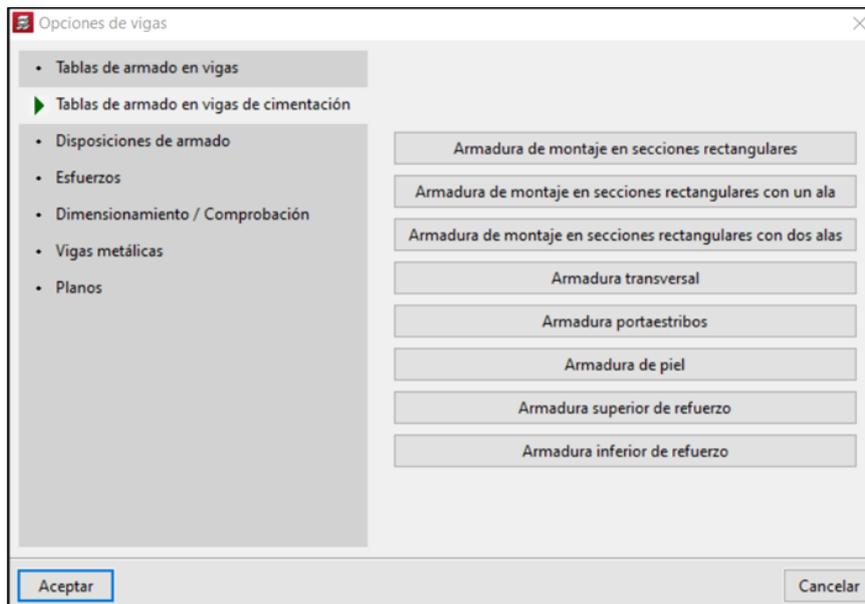
Refuerzo 1	Refuerzo 2			
	Ø1/2"	Ø5/8"	Ø3/4"	Ø1"
Ø1/2"	✓	✓	✓	✓
Ø5/8"	✓	✓	✓	✓
Ø3/4"	✓	✓	✓	✓
Ø1"	✗	✗	✓	✓

Aceptar Cancelar

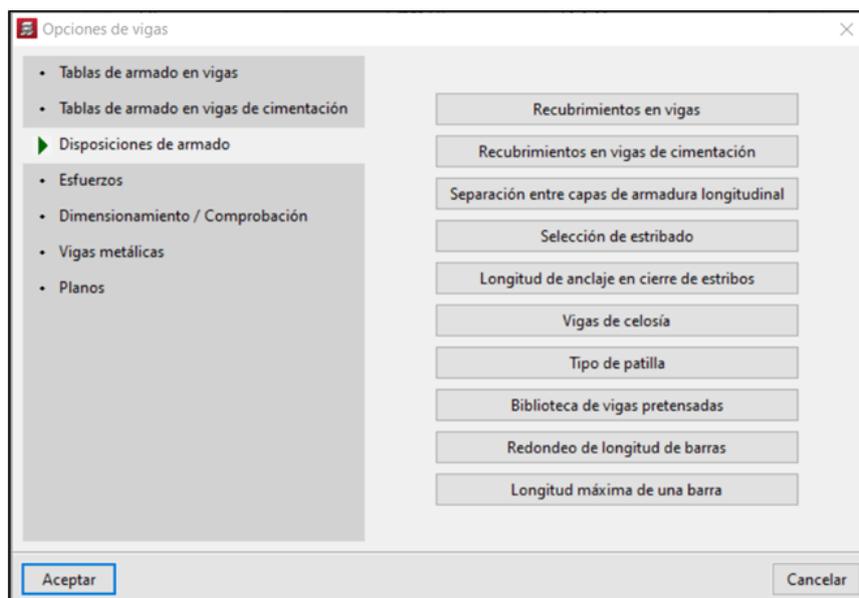
### Anexo 454 Colocación de aceros



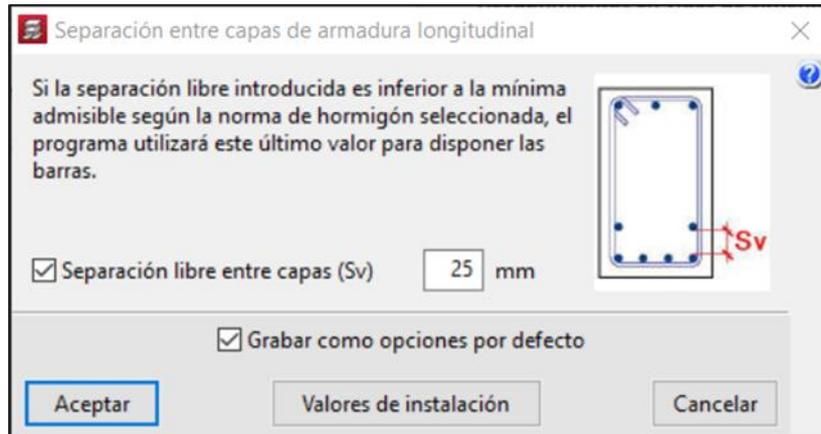
### Anexo 33 Tablas de armado en vigas de cimentación



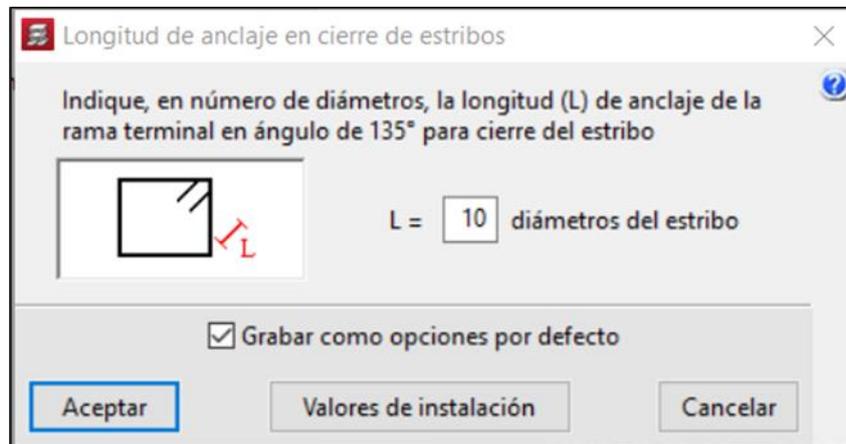
### Anexo 34 Disposiciones de armado



### Anexo 35 Separación entre capas de armadura longitudinal



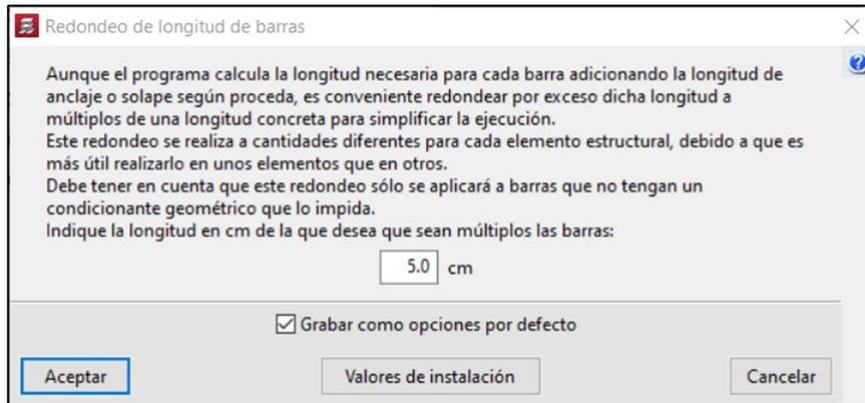
### Anexo 36 Longitud de anclaje en cierre de estribos



### Anexo 37 Tipo de patilla



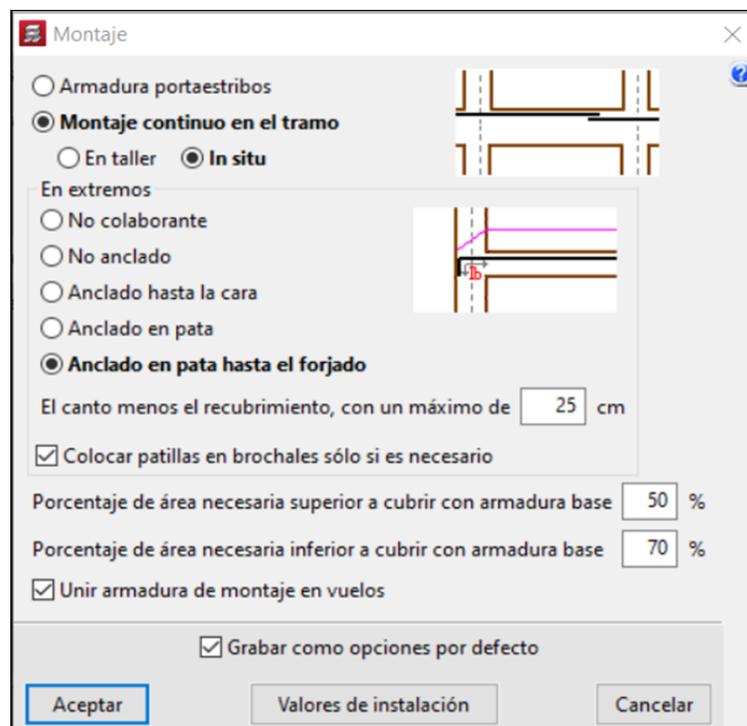
### Anexo 38 Redondeo de longitud de barras

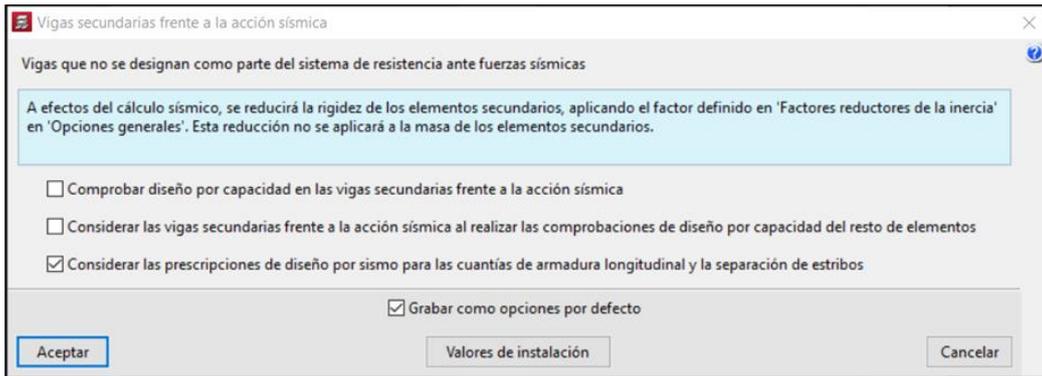


### Anexo 39 Longitud máxima de una barra

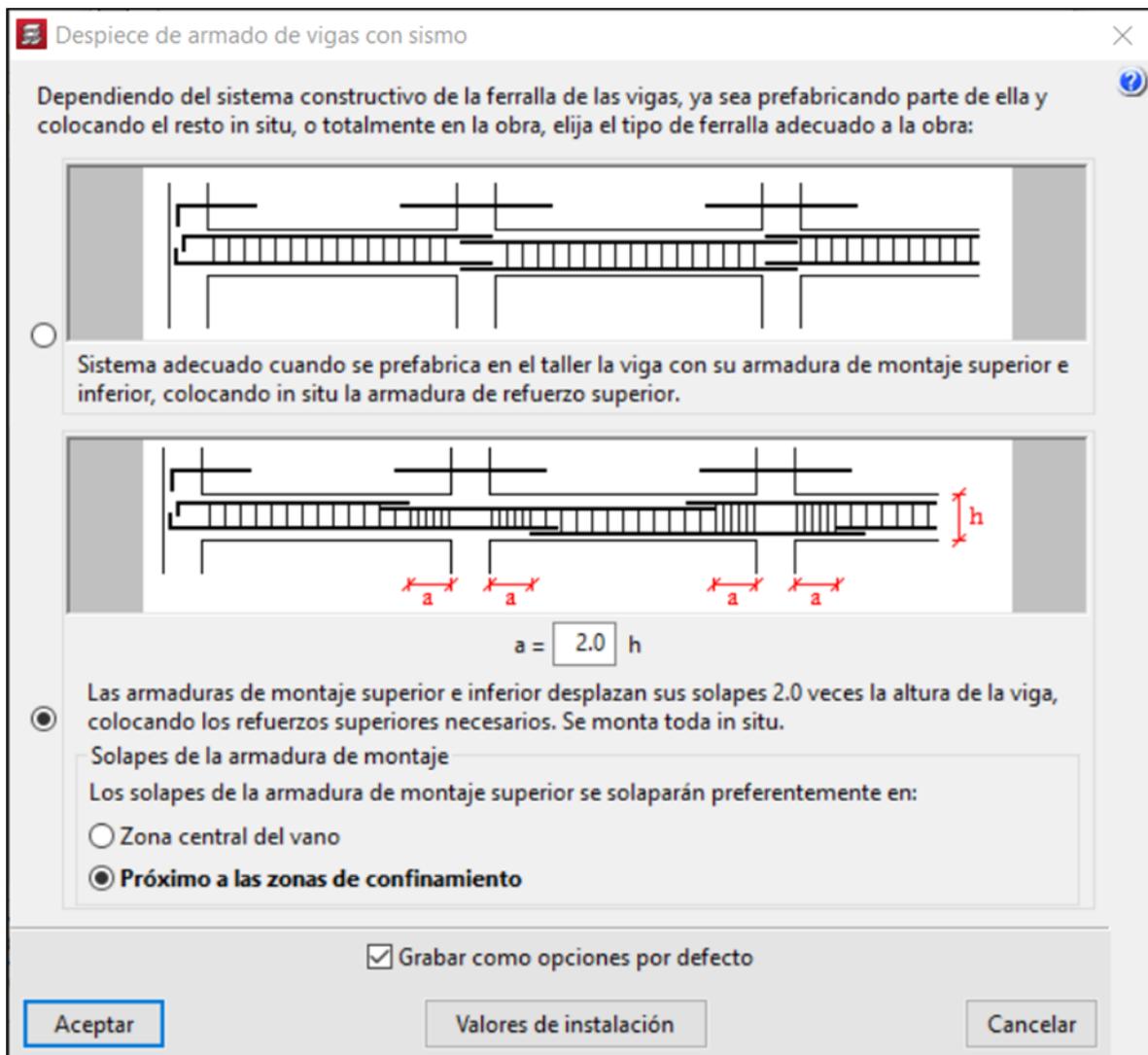


### Anexo 40 Montaje



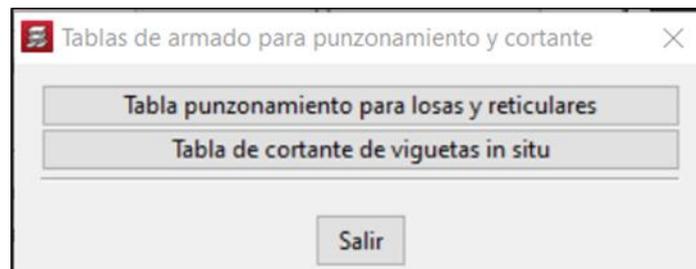


### Anexo 42 Despiece de armado de vigas con sismo

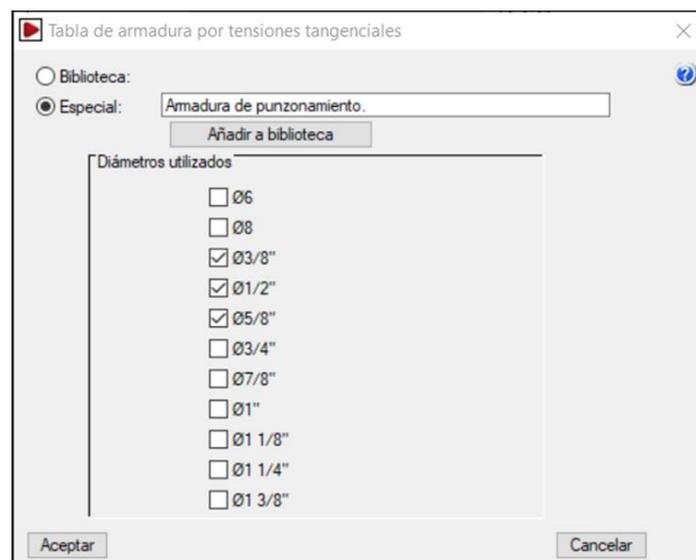


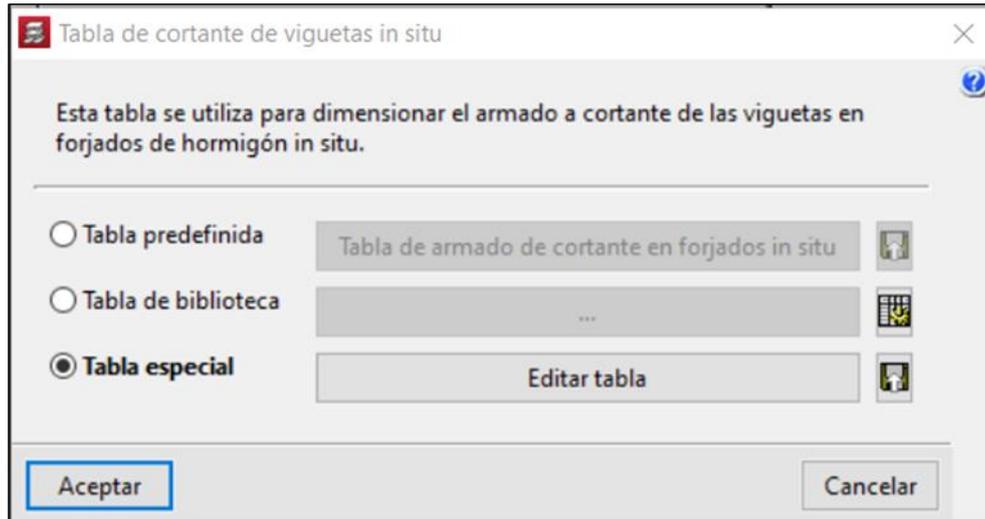


**Anexo 44 Tablas de armado para punzonamiento y cortante**

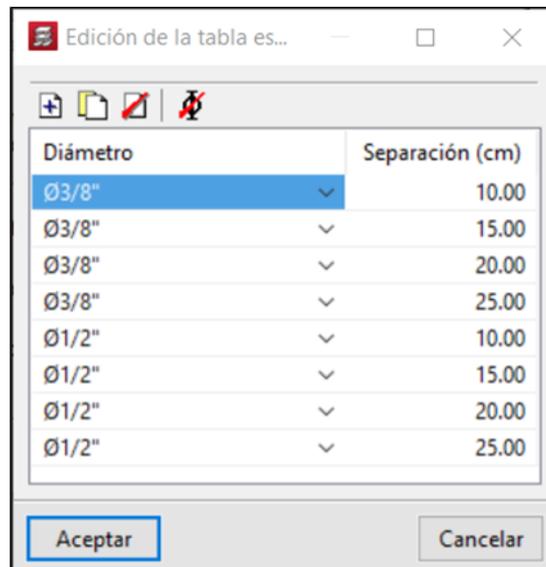


**Anexo 45 Tabla de armadura por tensiones tangenciales**





### Anexo 47 Edición de la tabla especial



Tablas para armadura superior de losas

Biblioteca:

Especial:

Añadir a biblioteca

Diámetros utilizados: Ø3/8", Ø1/2", Ø5/8" y Ø3/4"

Am. base			Refuerzo Canto(mm)				
n	Diám.	Cada	n	Diám.	Cada	Desde	Hasta
1			1	Ø3/8"	150	----	----
2	Ø3/8"	150	2	Ø3/8"	125	----	----
3	Ø1/2"	150	3	Ø3/8"	100	----	----
4	Ø5/8"	150	4	Ø1/2"	150	----	----
5	Ø3/4"	150	5	Ø1/2"	125	----	----
			6	Ø1/2"	100	----	----
			7	Ø5/8"	150	----	----
			8	Ø5/8"	125	----	----
			9	Ø3/4"	150	----	----
			10	Ø5/8"	100	----	----
			11	Ø3/4"	125	----	----
			12	Ø3/4"	100	----	----

Aceptar Cancelar

**Anexo 7109 Tablas de armadura inferior de losas**

Tablas para armadura inferior de losas

Biblioteca:

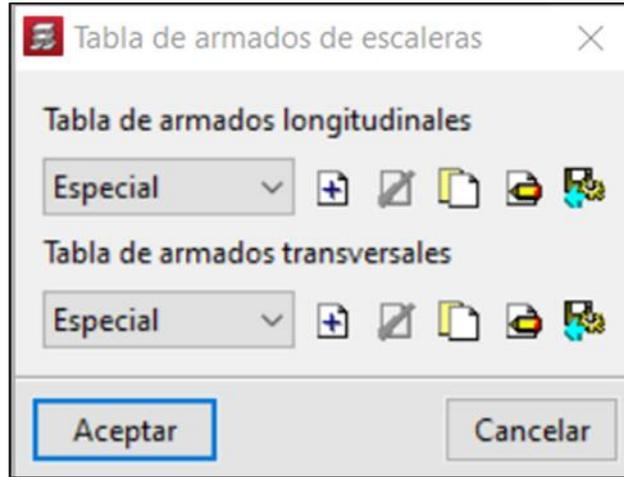
Especial:

Añadir a biblioteca

Diámetros utilizados: Ø3/8", Ø1/2", Ø5/8" y Ø3/4"

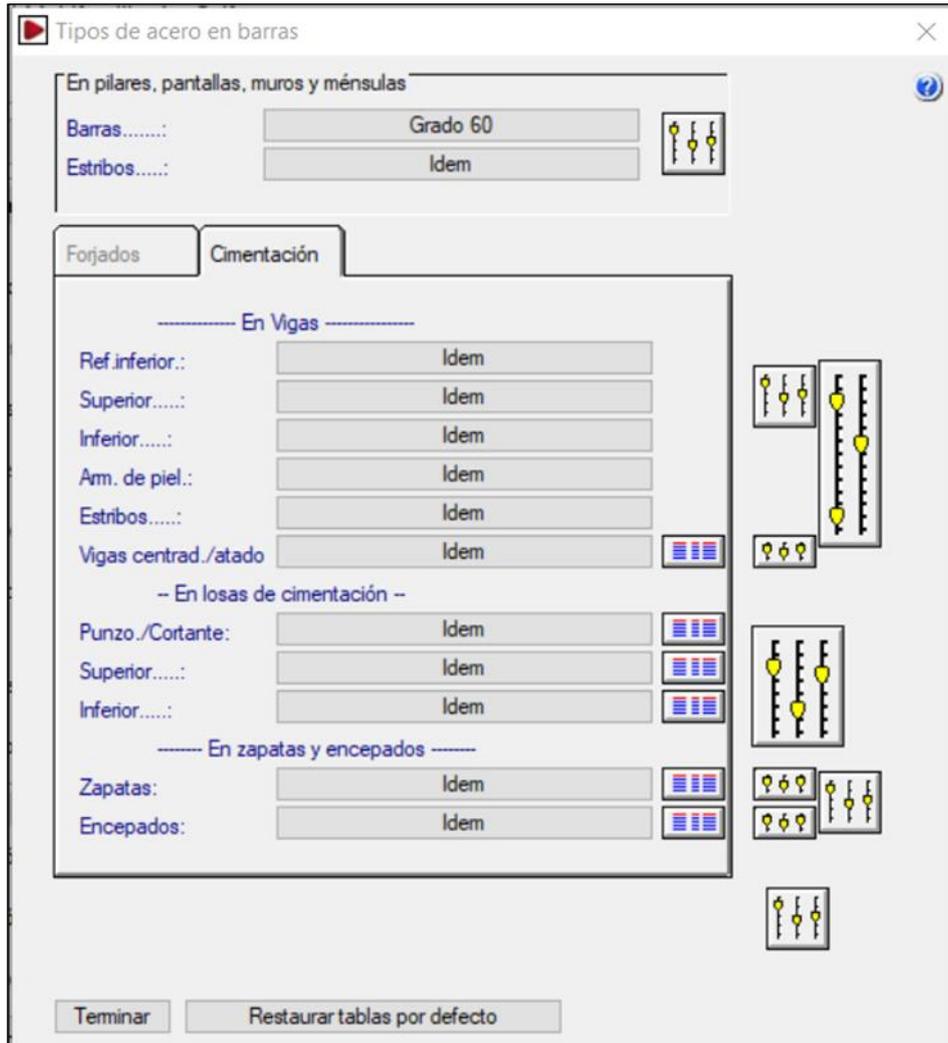
Am. base			Refuerzo Canto(mm)				
n	Diám.	Cada	n	Diám.	Cada	Desde	Hasta
1			1	Ø3/8"	150	----	----
2	Ø3/8"	150	2	Ø3/8"	125	----	----
3	Ø1/2"	150	3	Ø3/8"	100	----	----
4	Ø5/8"	150	4	Ø1/2"	150	----	----
5	Ø3/4"	150	5	Ø1/2"	125	----	----
			6	Ø1/2"	100	----	----
			7	Ø5/8"	150	----	----
			8	Ø5/8"	125	----	----
			9	Ø3/4"	150	----	----
			10	Ø5/8"	100	----	----
			11	Ø3/4"	125	----	----
			12	Ø3/4"	100	----	----

Aceptar Cancelar



**Anexo 51 Editar tabla de escaleras**

Diámetro	Separación (cm)	Espesor mínimo (m)	Espesor máximo (m)
Ø3/8"	10.00	0.00	1000.00
Ø3/8"	15.00	0.00	1000.00
Ø3/8"	20.00	0.00	1000.00
Ø1/2"	10.00	0.00	1000.00
Ø1/2"	15.00	0.00	1000.00
Ø1/2"	20.00	0.00	1000.00
Ø5/8"	10.00	0.00	1000.00
Ø5/8"	15.00	0.00	1000.00
Ø5/8"	20.00	0.00	1000.00
Ø3/4"	10.00	0.00	1000.00
Ø3/4"	15.00	0.00	1000.00
Ø3/4"	20.00	0.00	1000.00



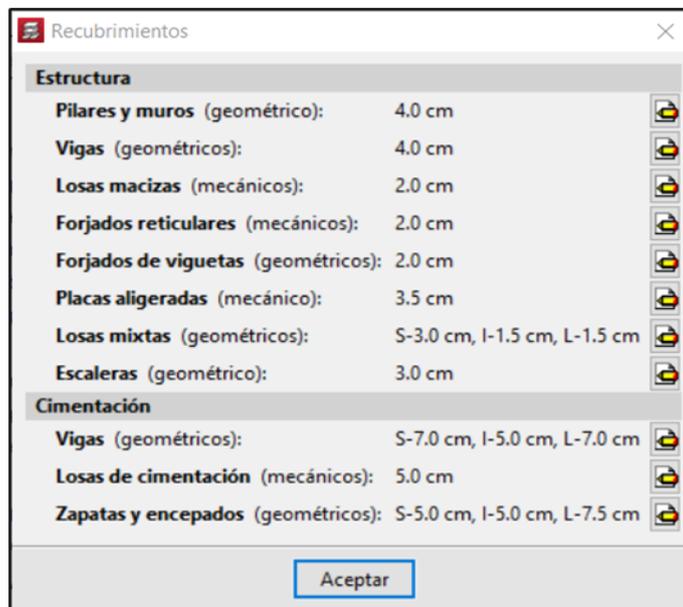
**Anexo 53 Longitud máxima de una barra**



**Anexo 54 Mermas de acero**

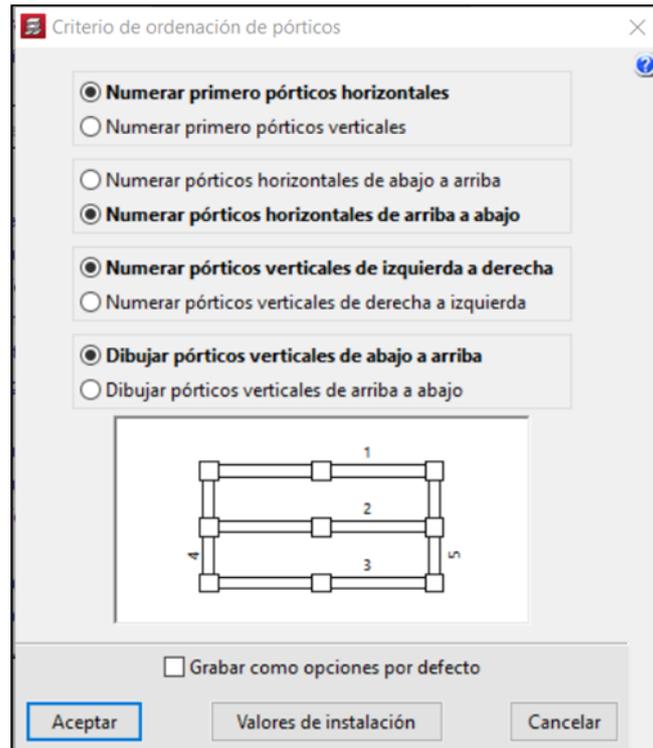


### Anexo 55 Recubrimientos

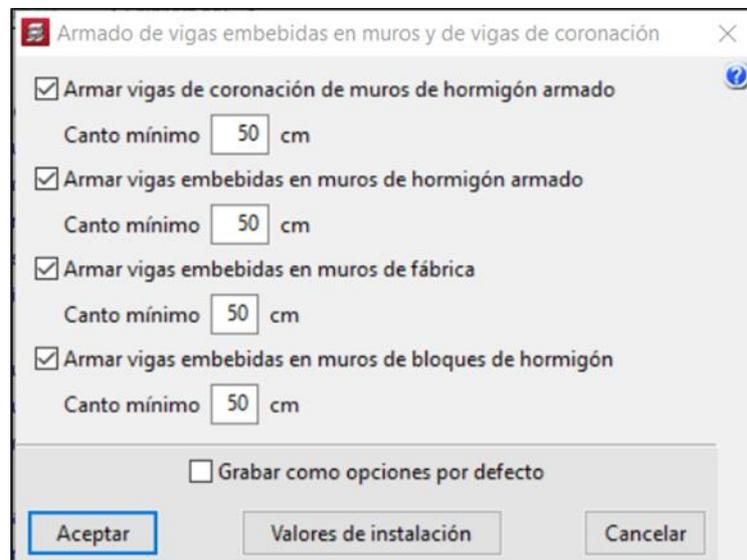


### Anexo 56 Opciones de vigas





**Anexo 58 Armado de vigas embebidas en muros y vigas de coronación**



Normativa para el cálculo de la acción sísmica

Norma Técnica E.030 (2003)
  **Norma Técnica E.030 2014 (decreto nº003-2016 y RM-043-2019)**

Norma Técnica E.030 2014 (decreto nº003-2016 y RM-043-2019) Diseño Sismorresistente

Acción sísmica según X
  Acción sísmica según Y

**Método de análisis**

**Dinámico (modal espectral)**
 Estático (fuerza lateral equivalente)

**Definición del espectro**

**Según norma**
 Especificado por el usuario

**Parámetros de cálculo**

Fracción de sobrecarga de uso:   
 Fracción de sobrecarga de nieve:   
 Factor multiplicador del espectro:

**Sistema estructural**

Coeficiente de reducción: X  Y   
 Tipo de estructura:  Regular  Irregular

**Zona sísmica**

Zona 1
  Zona 2
  Zona 3
  **Zona 4**

**Tipo de perfil de suelo**

S0
  S1
  **S2**
 S3
  S4

Suelos intermedios

**Categoría del edificio**

A: Edificaciones esenciales
  B: Edificaciones importantes
  **C: Edificaciones comunes**

**Estimación del periodo fundamental de la estructura**

**Según norma**
 Altura del edificio

Especificado por el usuario
 Tipología estructural (X)  I
  II
  III
 Tipología estructural (Y)  I
  II
  III

**Número de modos de vibración que intervienen en el análisis**

**Según norma**
 Automático, hasta alcanzar un porcentaje exigido de masa desplazada
  Especificado por el usuario

**Grados de libertad que intervienen en el análisis**

Considerar las plantas bajo rasante en el modelo dinámico  
 Si la obra actual tiene estructuras 3D integradas...

## Anexo 60 Estados límite

Estados límite

**Hormigón: NTE E.060: 2009**

**Hormigón en cimentaciones: NTE E.060: 2009**

**E.L.U. de rotura. Acero conformado: AISI S100-2007 (LRFD)**

**ASCE 7**
 UBC 1997
  RNC-07

**E.L.U. de rotura. Acero laminado: ANSI/AISC 360-10 (LRFD)**

**ASCE 7**
 UBC 1997
  RNC-07

**E.L.U. de rotura. Madera: Eurocódigo 5**

**E.L.U. de rotura. Aluminio: Eurocódigo 9**

Nieve:

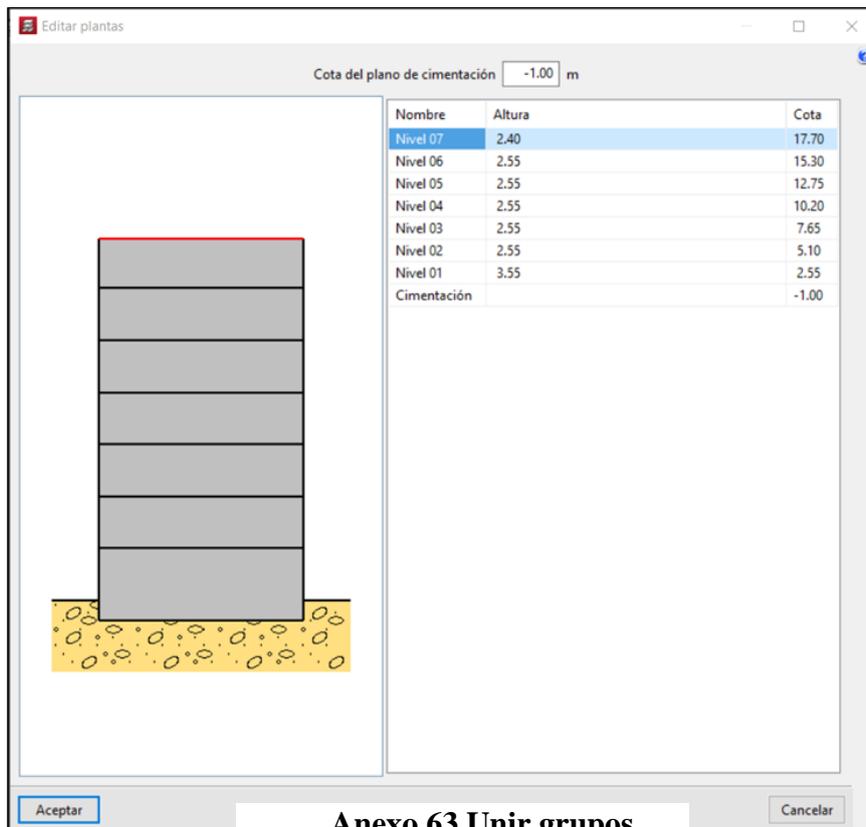
**Tensiones sobre el terreno**

**Desplazamientos**

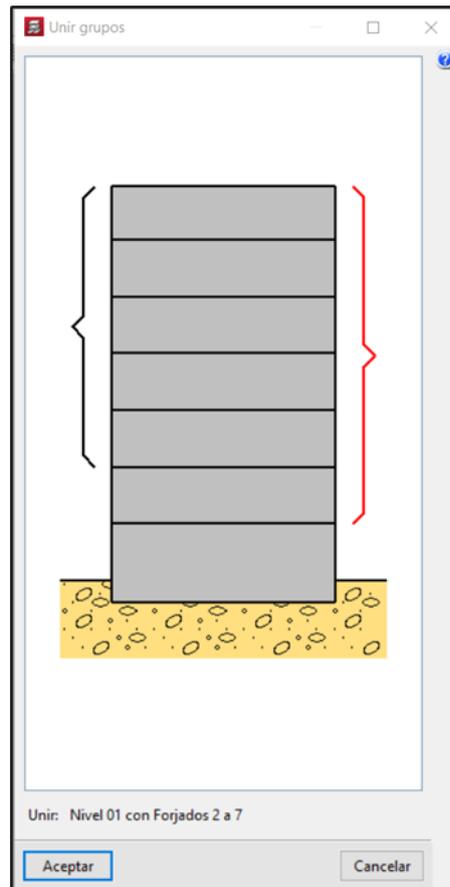
Acciones características



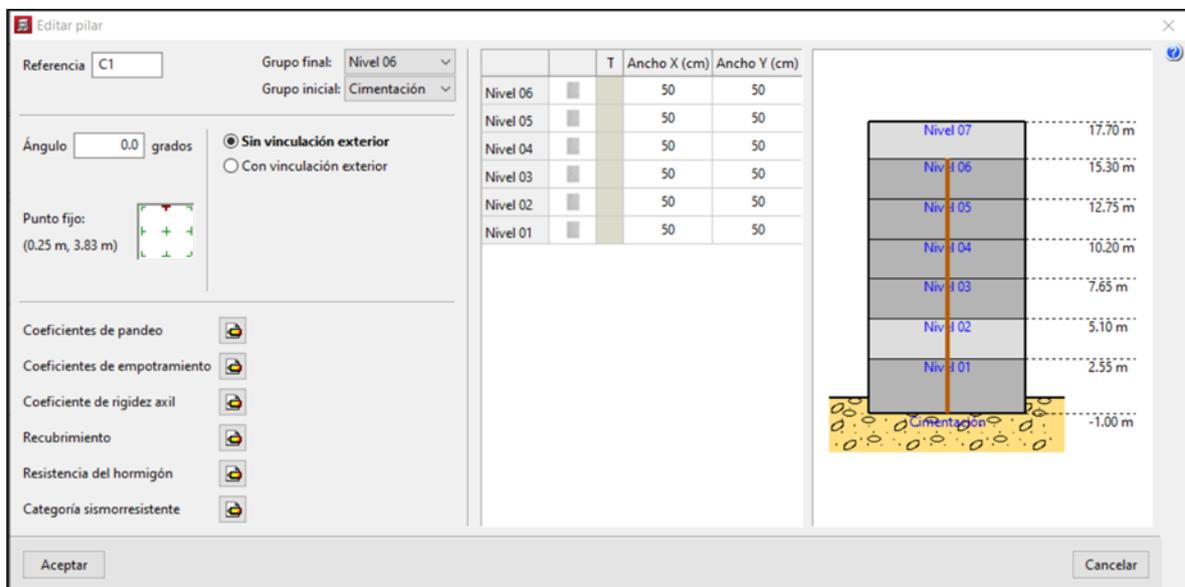
**Anexo 62 Editar plantas**



**Anexo 63 Unir grupos**



**Anexo 64 Nuevo Pilar**



**Anexo 65 Muro de hormigón armado**

Muro de hormigón armado

Referencia: M1

Hasta: Nivel 06

Desde: Cimentación

Muro de cortante Etiqueta: SW1

Planta	Izquierda	Derecha	Viga embebida	Izquierda	Derecha	Canto	Cont.
Nivel 06	0.100	0.100	Con características particulares	0.100	0.200	0.500	<input type="checkbox"/>
Nivel 05	0.100	0.100	Con características particulares	0.100	0.200	0.500	<input type="checkbox"/>
Nivel 04	0.100	0.100	Con características particulares	0.100	0.200	0.500	<input type="checkbox"/>
Nivel 03	0.100	0.100	Con características particulares	0.100	0.200	0.500	<input type="checkbox"/>
Nivel 02	0.100	0.100	Con características particulares	0.100	0.200	0.500	<input type="checkbox"/>
Nivel 01	0.100	0.150	Con características particulares	0.100	0.200	0.500	<input type="checkbox"/>

Leyes de presiones: No se ha definido ninguna ley de presiones

Con coeficiente de rigidez axil diferente

**Cimentación**

Viga de cimentación

Vuelo a la izquierda: 0.000 m

Vuelo a la derecha: 0.050 m

Canto: 0.750 m

Situaciones persistentes: 2.00 kp/cm<sup>2</sup>

Situaciones sísmicas y accidentales: 3.00 kp/cm<sup>2</sup>

Módulo de balasto: 2400 t/m<sup>3</sup>

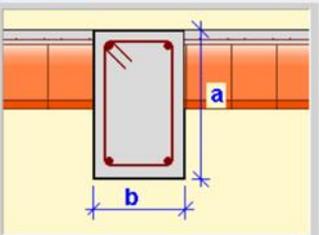
Aceptar Cancelar

### Anexo 66 Viga peraltada

Viga actual

**Familia**

**Tipo**

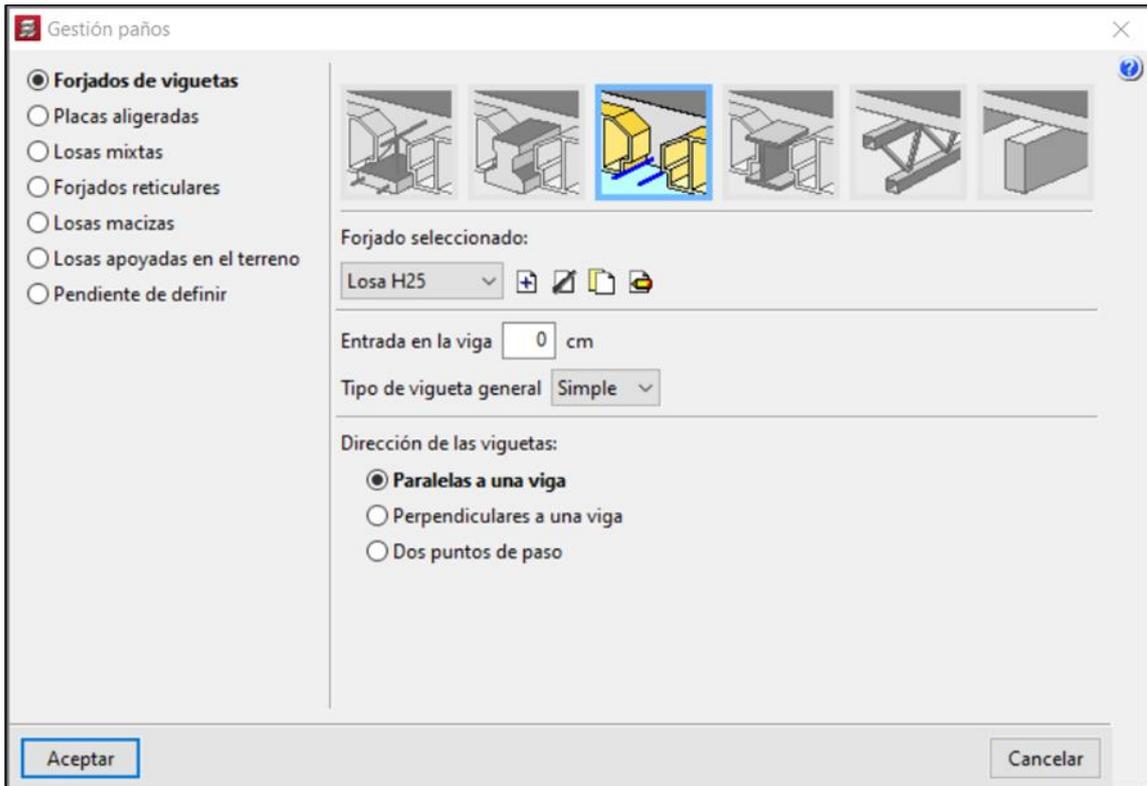


Anchura (b): 30.0 cm

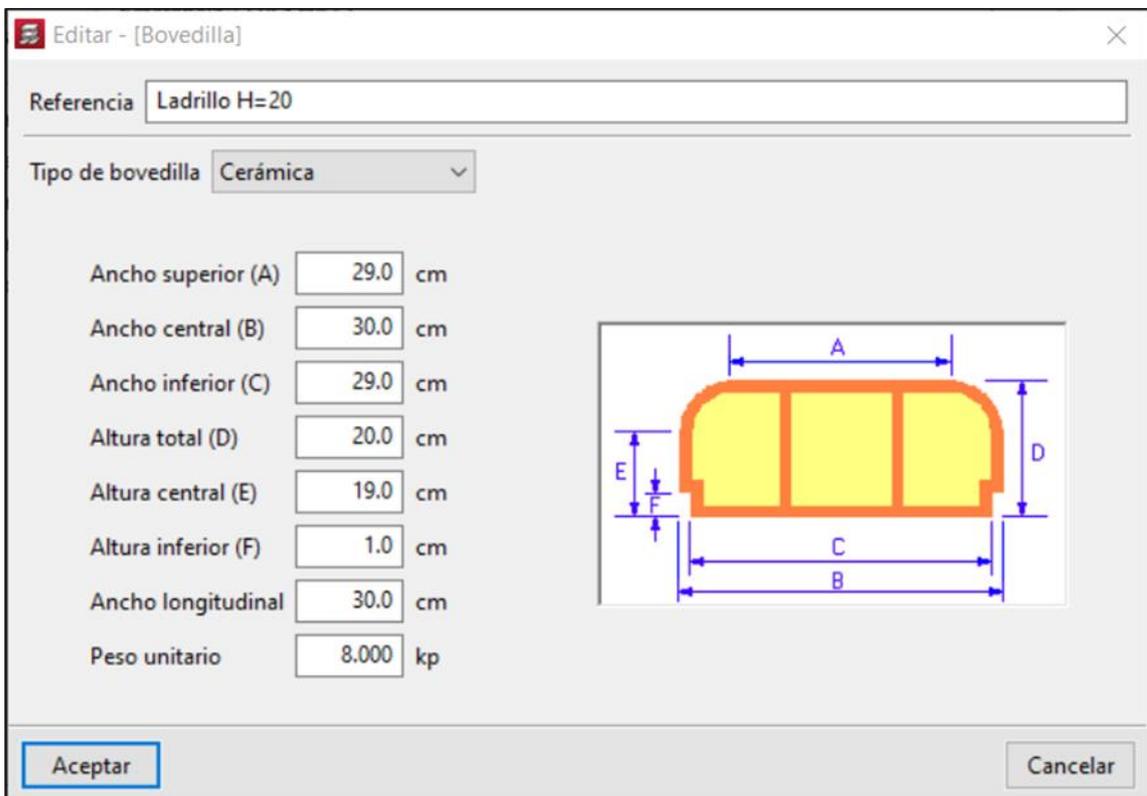
Canto (a): 50.0 cm

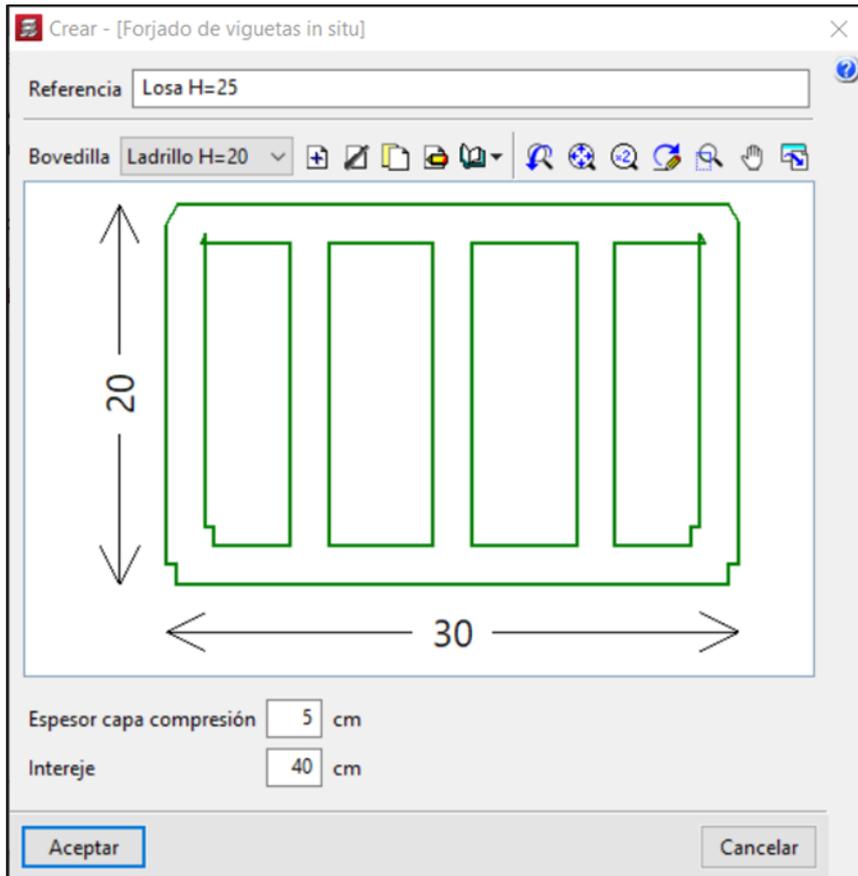
Viga bajo forjado

Aceptar Copiar de viga Cancelar

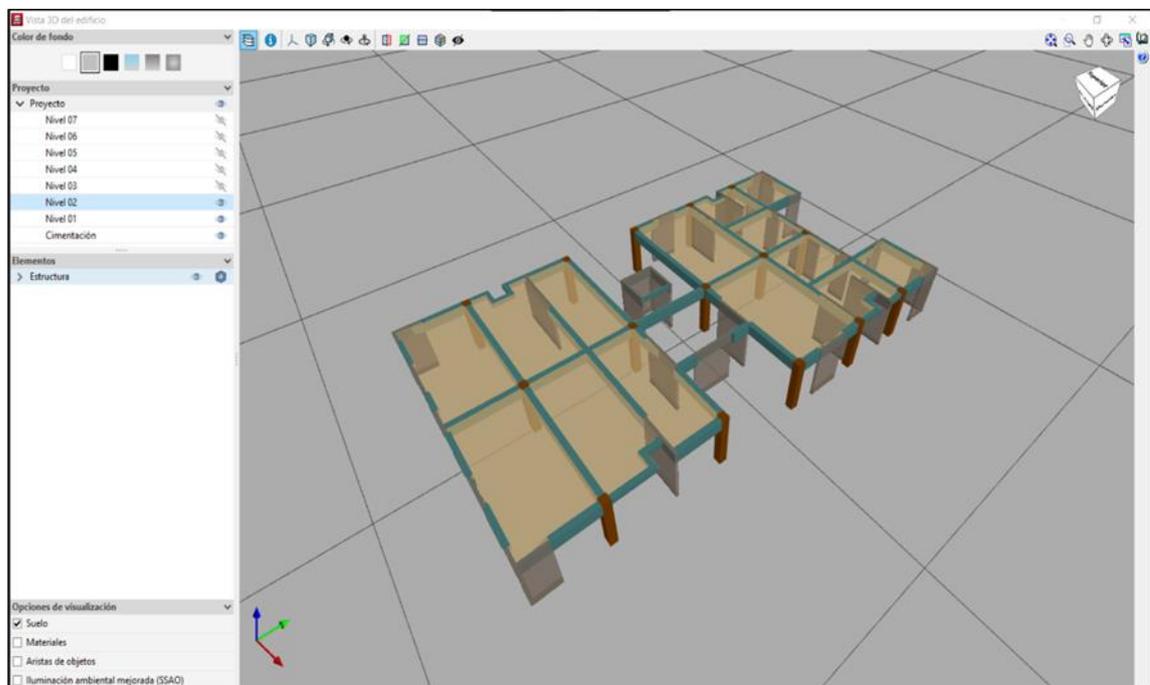


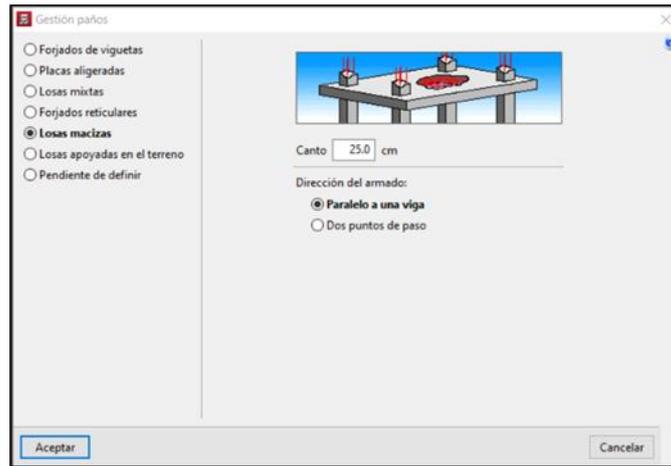
**Anexo 68 Bovedilla**



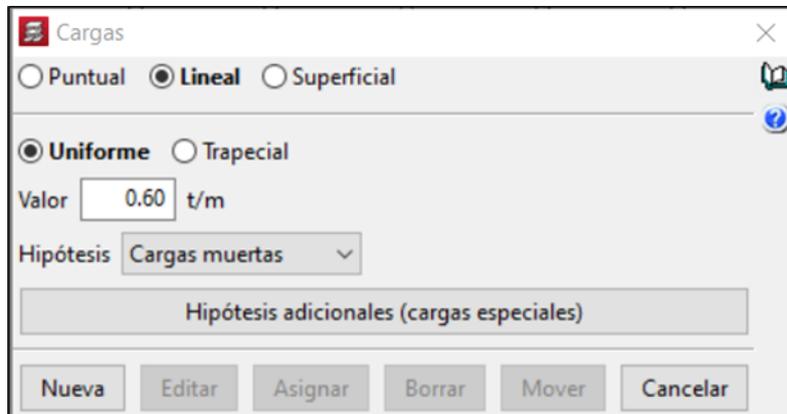


**Anexo 70 Vista 3D pilares, muros, vigas y losas**

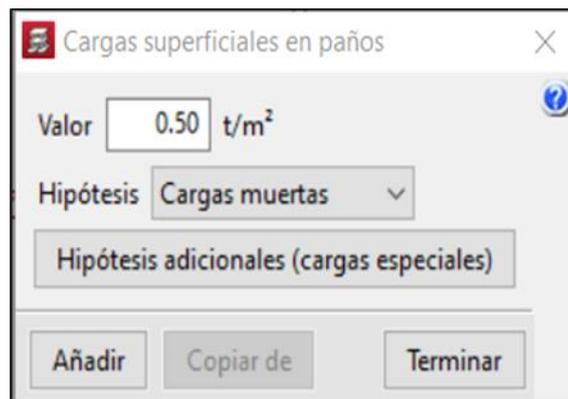


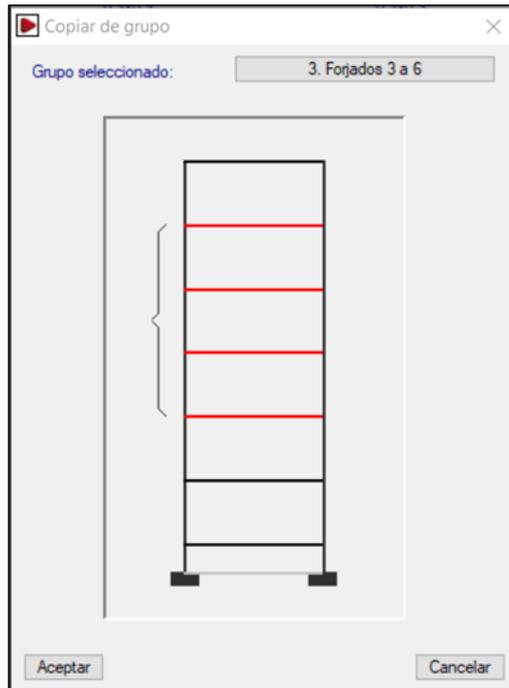


### Anexo 72 Cargas especiales

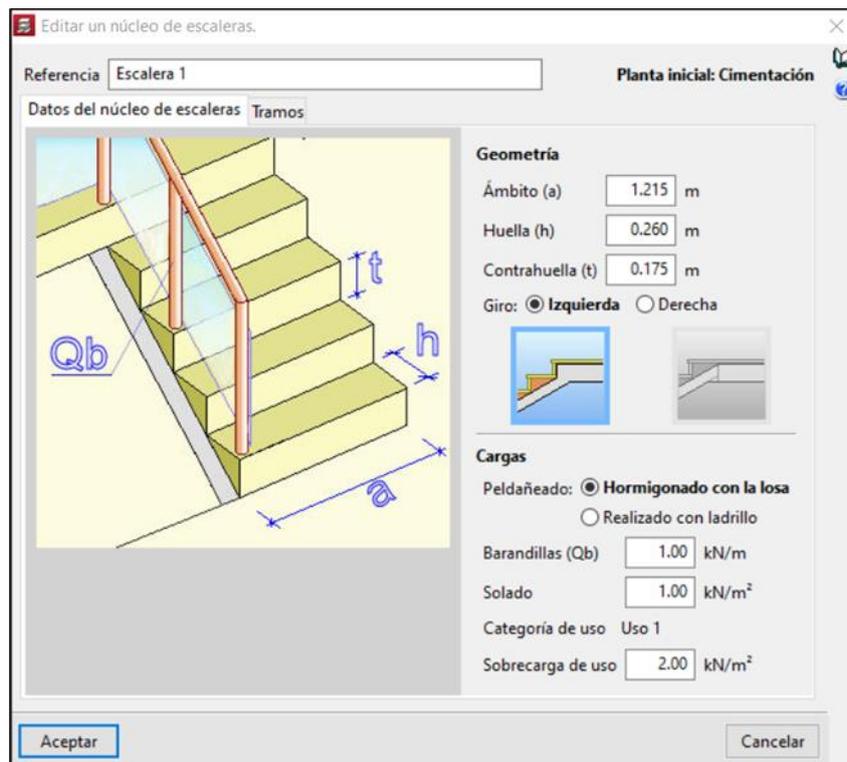


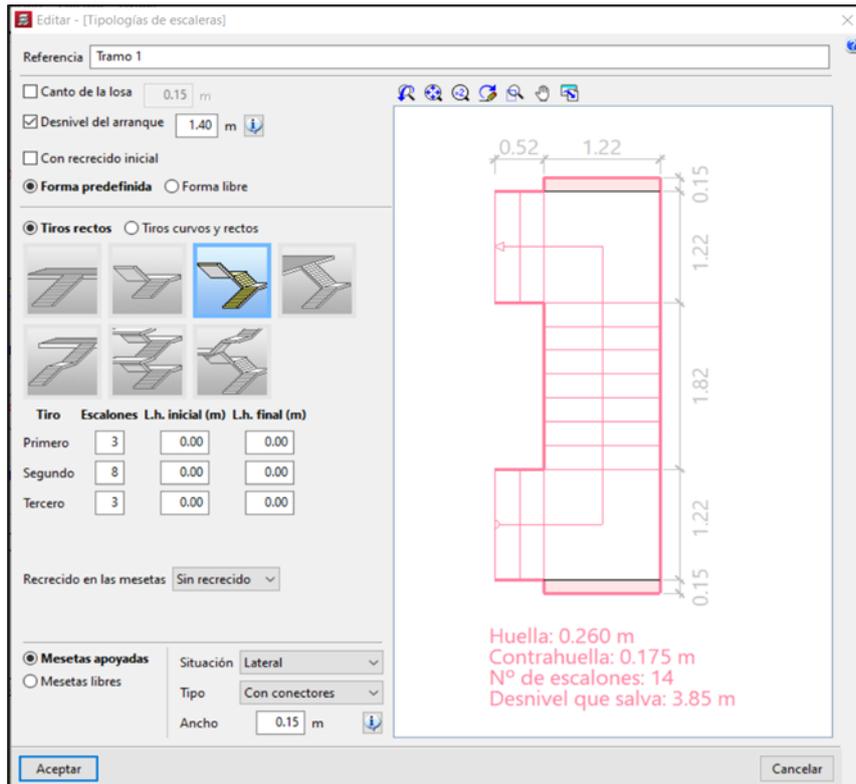
### Anexo 73 Cargas especiales en paños



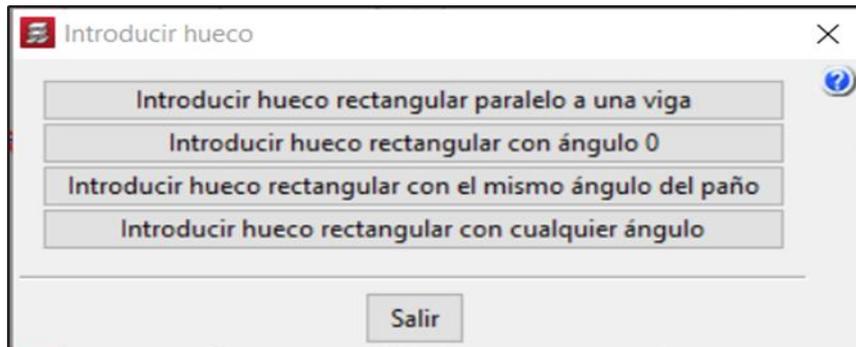


**Anexo 75 Núcleo de escalera**

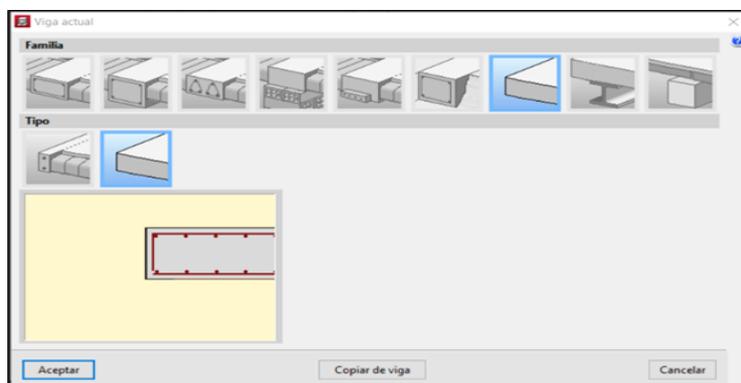




**Anexo 77 Introducción de huecos**

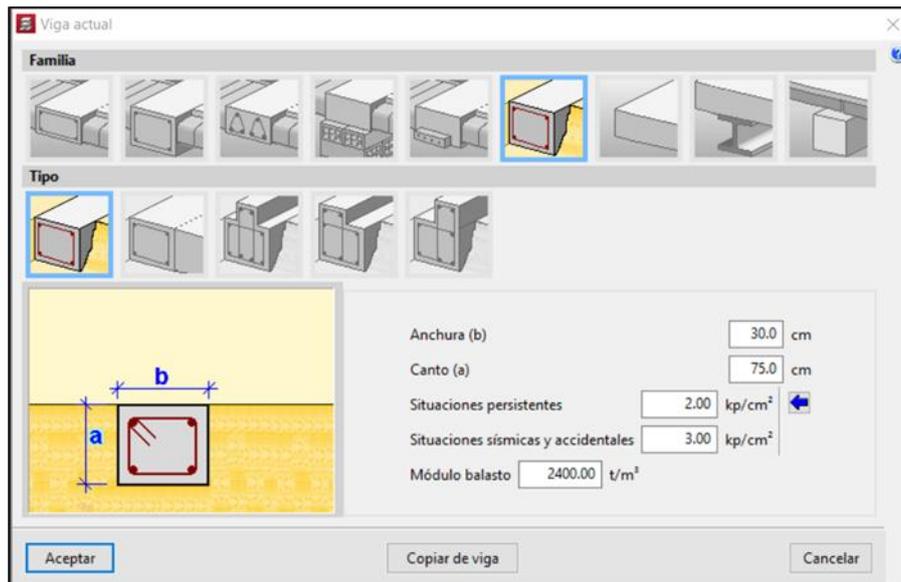


**Anexo 78 Zuncho**

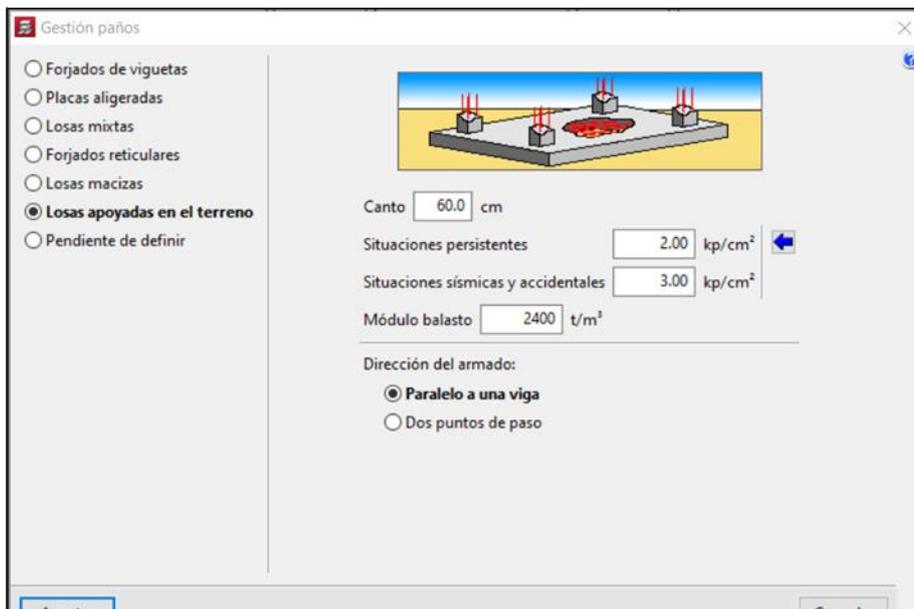




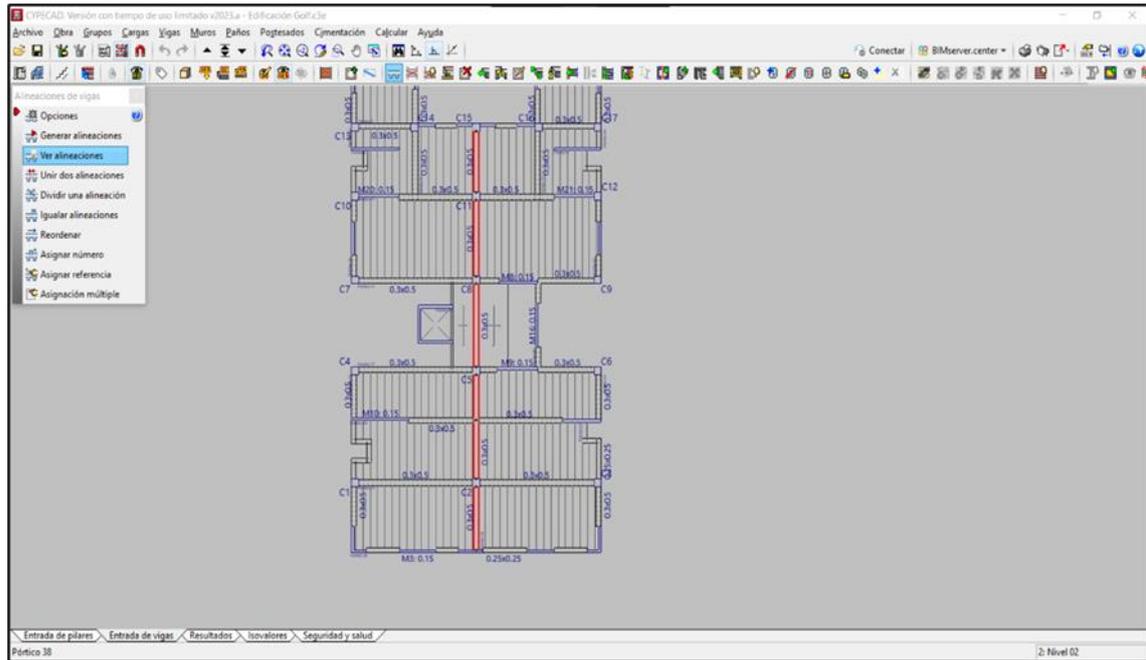
**Anexo 80 Asignar vigas de cimentación**



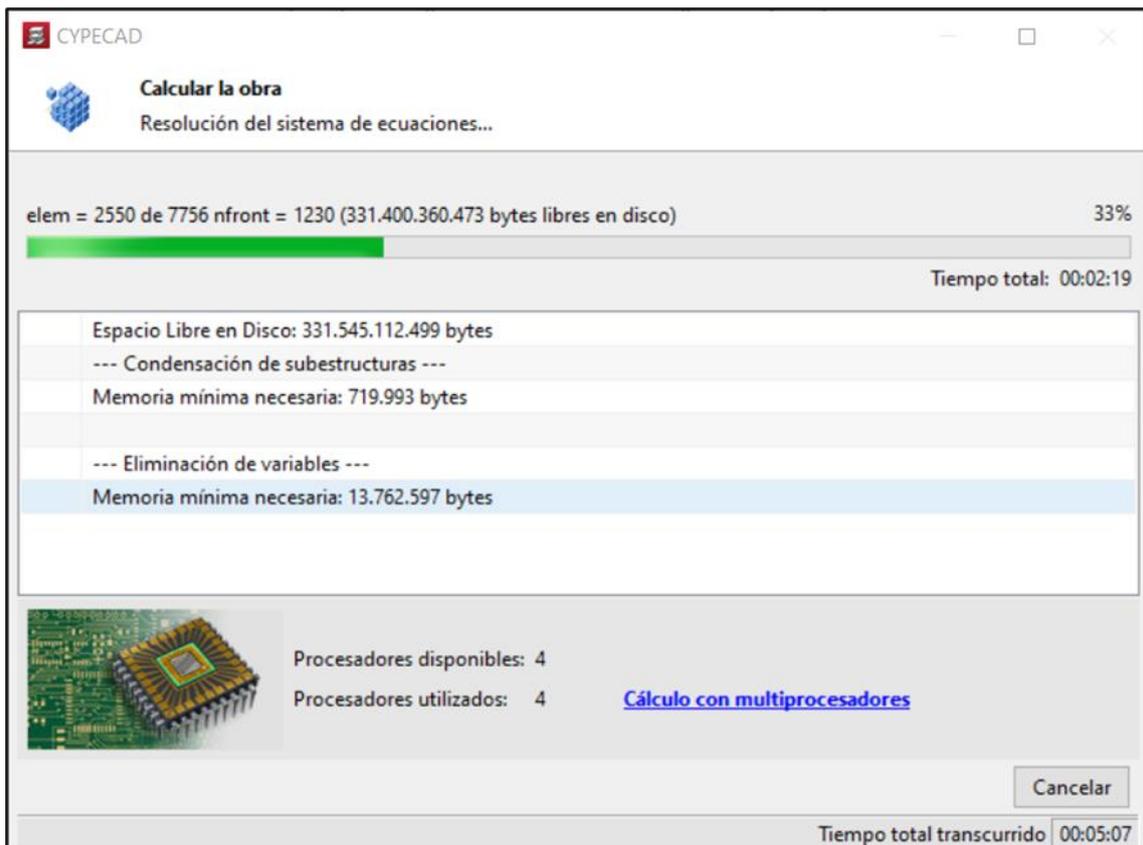
**Anexo 81 Asignar losa de cimentación**

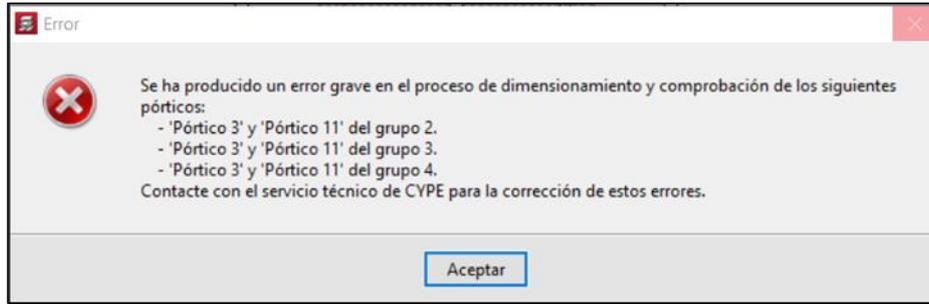


**Anexo 82 Alineaciones de vigas**



### Anexo 83 Calculas la obra

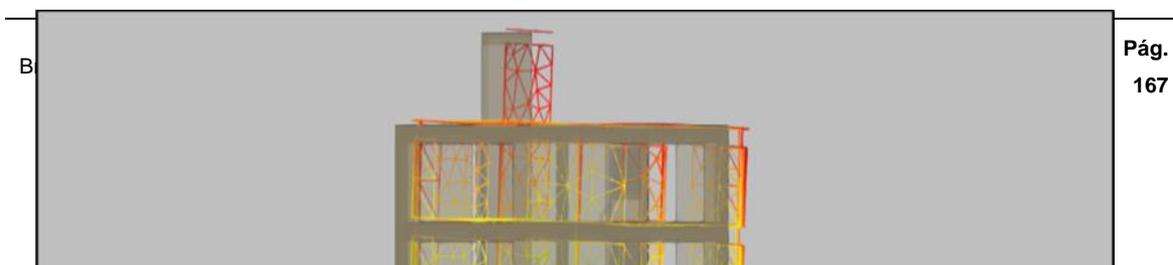




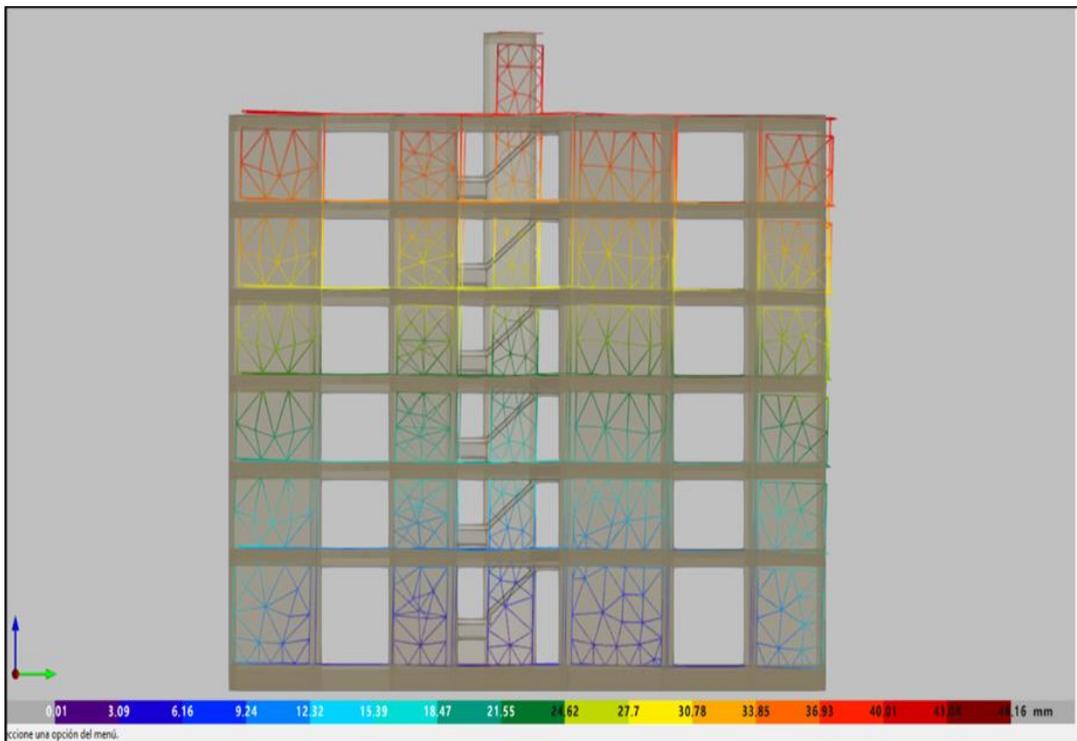
**Anexo 85 Combinaciones de carga**

Comb.	PP	CM	Qa	SX	SY
1	1.40	1.40			
2	1.40	1.40	1.70		
3	0.90	0.90		-1.00	
4	1.25	1.25		-1.00	
5	0.90	0.90	1.25	-1.00	
6	1.25	1.25	1.25	-1.00	
7	0.90	0.90		1.00	
8	1.25	1.25		1.00	
9	0.90	0.90	1.25	1.00	
10	1.25	1.25	1.25	1.00	
11	0.90	0.90			-1.00
12	1.25	1.25			-1.00
13	0.90	0.90	1.25		-1.00
14	1.25	1.25	1.25		-1.00
15	0.90	0.90			1.00
16	1.25	1.25			1.00
17	0.90	0.90	1.25		1.00
18	1.25	1.25	1.25		1.00

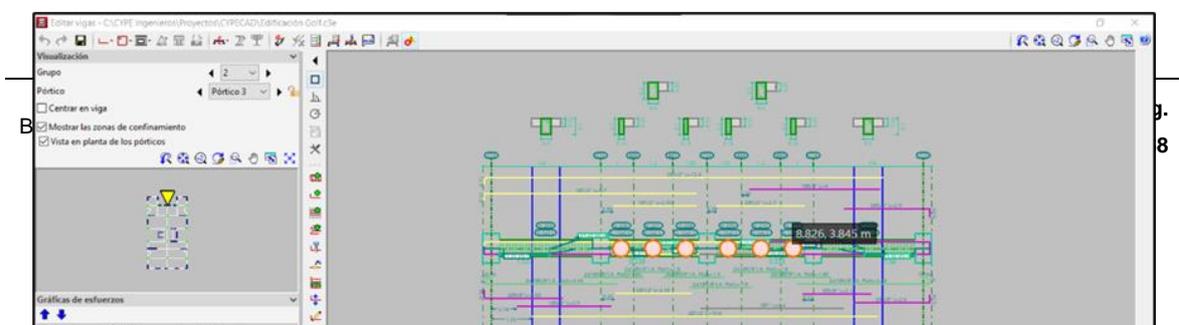
**Anexo 86 Vista sismo X**



### Anexo 87 Vista sismo Y



### Anexo 88 Edición de vigas

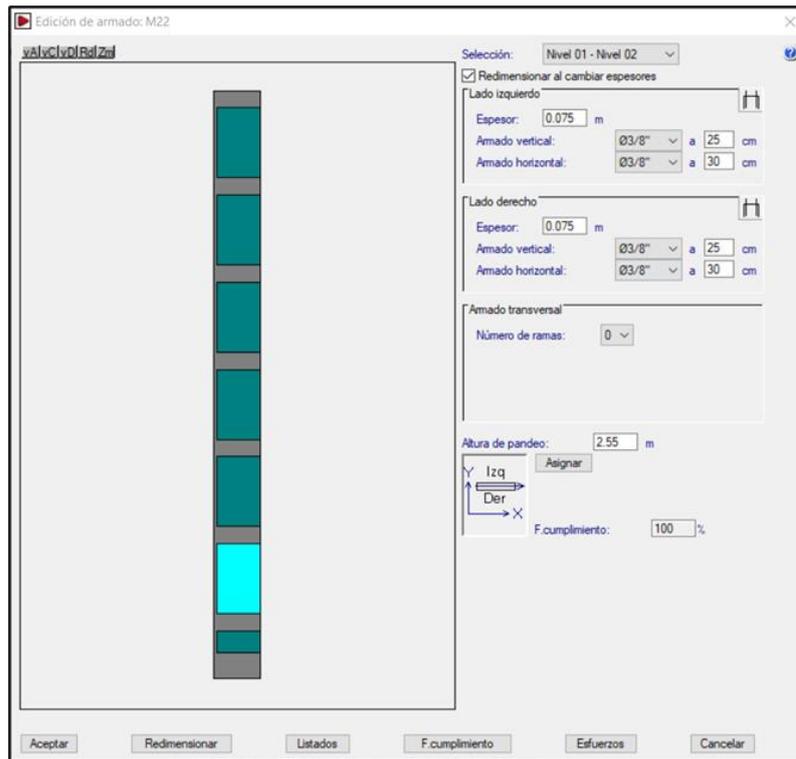


### Anexo 89 Edición de pilares

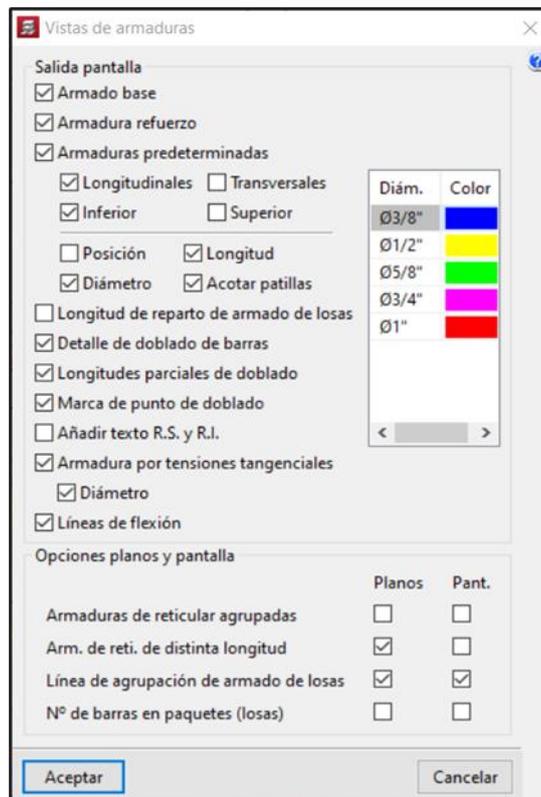
The screenshot shows the 'Edición de pilares' window in CYPECAD. The main table lists columns for levels from Nivel 07 to Nivel 01. Each level entry includes height, dimensions (50x50 cm), and reinforcement details (Esquinas, Cara X, Cara Y). The 'Resumen de las comprobaciones' table at the bottom provides a detailed check of the columns, including displacement, armature, and various load combinations (Q, N, M, S).

Pilar	Posición	Disp.	Arm.	Q (%)	N (%)	Stm.	Cap.	Aprov. (%)	Combinación	Comp.	N (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Qx (kN)	Qy (kN)	Ref. Mx (kNm)	Ref. My (kNm)	Eq.	Com.
C10	Cabeza	✓	✓	14.1	9.8	✓	✓	14.1	1.25 PPP+1.25 CM-1.25 Qa+5Y	Q S, N, L	-5.2	17.6	0.1	-6.1	-15.7	17.6	0.1	✓	✓
	14.45 m	✓	✓	12.8	6.6	✓	✓		1.25 PPP+1.25 CM-1.25 Qa+5Y	Q S	10.2	11.6	1.0	-6.4	-15.7	11.6	1.0	✓	✓
	13.825 m	✓	✓	12.2	2.7	✓	✓	12.4	0.9 PP+0.9 CM+1.25 Qa+5X	N, M S	-22.1	8.3	1.7	-1.7	-11.8	8.3	1.7	✓	✓
	Pie	✓	✓	12.4	6.5	✓	✓		1.25 PPP+1.25 CM-1.25 Qa+5X	Q S, N, L	34.3	-14.5	-1.4	-13.0	-13.6	-14.5	-1.4	✓	✓
Cabeza	✓	✓	15.8	12.0	✓	✓			1.25 PPP+1.25 CM-1.25 Qa+5Y	Q S	-10.4	20.4	-0.2	8.3	-17.7	20.4	-0.2	✓	✓
	✓	✓			✓	✓			1.25 PPP+1.25 CM-1.25 Qa+5Y	N, M S	-16.5	19.7	-0.5	4.0	-17.3	19.7	-0.5	✓	✓

### Anexo 90 Edición de muros



### Anexo 91 Vistas de armaduras en losas



### Anexo 92 Cuantías de obra en cimentación

Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
----------	-----------------------------	------------------------------	---------------------------	-------------

Losas de cimentación	-	279.85	167.910	19615
Vigas	98.37	57.16	48.370	6076
<b>Total</b>	-	<b>337.01</b>	<b>216.280</b>	<b>25691</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	-	-	<b>0.633</b>	<b>75.16</b>
<b>Superficie total: 341.82 m<sup>2</sup></b>				

### Anexo 93 Cuantías de obra en nivel 01

Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Forjados de viguetas	-	156.23	16.18	972
Losas macizas	-	69.81	17.450	1627
Vigas	122.89	57.26	30.690	3371
Pilares	116	-	13.660	5307
Muros de corte	336.81	-	38.420	5577
Escaleras	-	12.59	1.621	164
<b>Total</b>	-	<b>295.89</b>	<b>118.311</b>	<b>17018</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	-	-	<b>0.411</b>	<b>59.068</b>
<b>Superficie total: 288.11 m<sup>2</sup></b>				

### Anexo 94 Cuantías de obra en niveles 02 a 05

Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Forjados de viguetas	-	624.96	64.76	3904
Losas macizas	-	279.24	69.80	6580
Vigas	491.56	229.00	123.16	13484
Pilares	328.00	-	39.440	7614
Muros de corte	934.64	-	91.88	8319
Escaleras	-	37.80	5.648	536
<b>Total</b>	-	<b>1171.40</b>	<b>394.688</b>	<b>40437.00</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	-	-	<b>1.370</b>	<b>140.353</b>
<b>Superficie total: 288.11 m<sup>2</sup> x 4</b>				

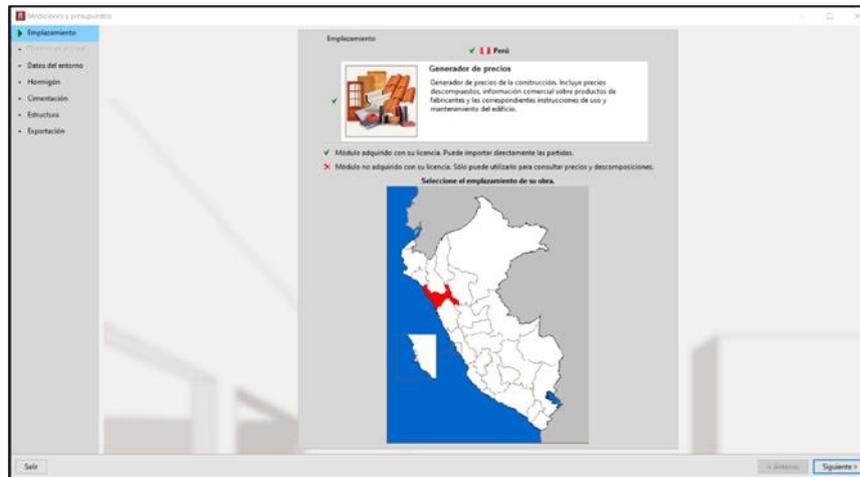
### Anexo 95 Cuantías de obra en nivel 06

Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Forjados de viguetas	-	156.23	16.190	965
Losas macizas	-	69.81	17.450	1532
Vigas	122.89	57.26	30.790	3032
Pilares	82.00	-	9.860	1650
Muros de corte	233.66	-	22.97	2298
Escaleras	-	9.45	1.412	134
<b>Total</b>	-	<b>292.75</b>	<b>98.672</b>	<b>9611.00</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	-	-	<b>0.342</b>	<b>33.359</b>
<b>Superficie total: 288.11 m<sup>2</sup></b>				

### Anexo 96 Cuantías de obra en nivel 07

Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Losas macizas	-	2.64	0.400	62
Vigas	3.58	1.77	0.510	43
Pilares	0.00	-	-	-
Muros de corte	27.00	-	3.24	244
<b>Total</b>	-	<b>4.41</b>	<b>4.15</b>	<b>349.00</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	-	-	<b>0.941</b>	<b>79.138</b>
<b>Superficie total: 4.41 m<sup>2</sup></b>				

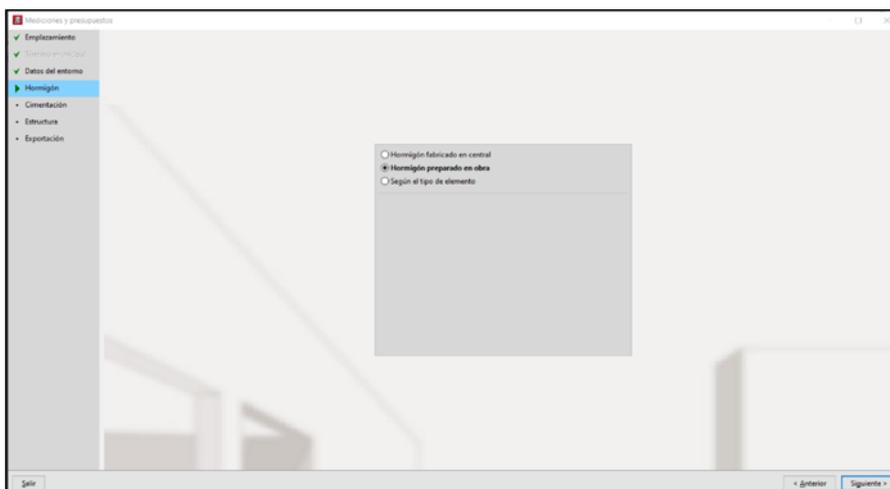
### Anexo 97 Emplazamiento



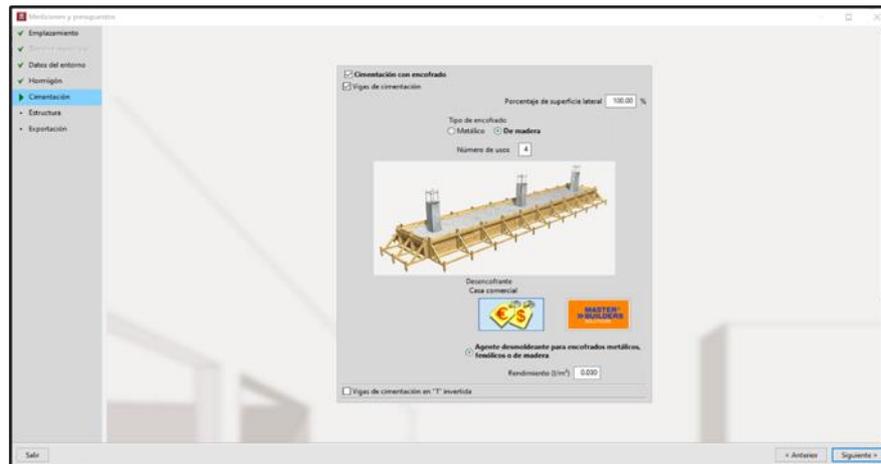
### Anexo 98 Datos del entorno



### Anexo 99 Hormigón



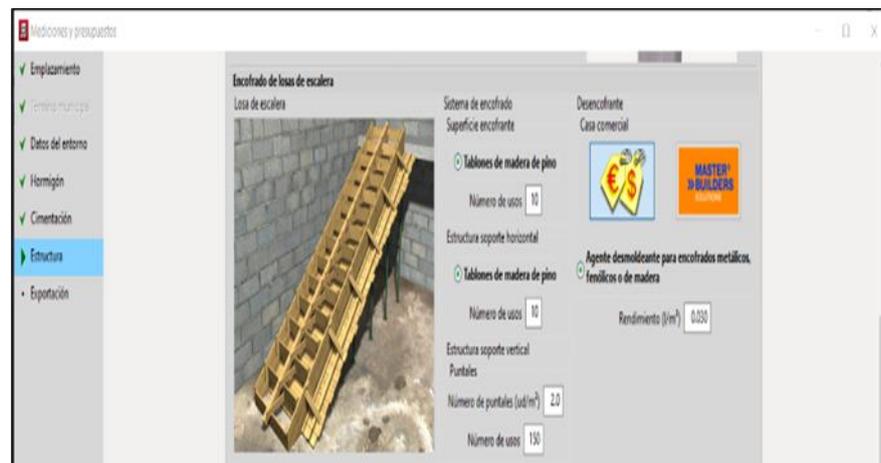
### Anexo 100 Cimentación



### Anexo 101 Encofrado de pilares



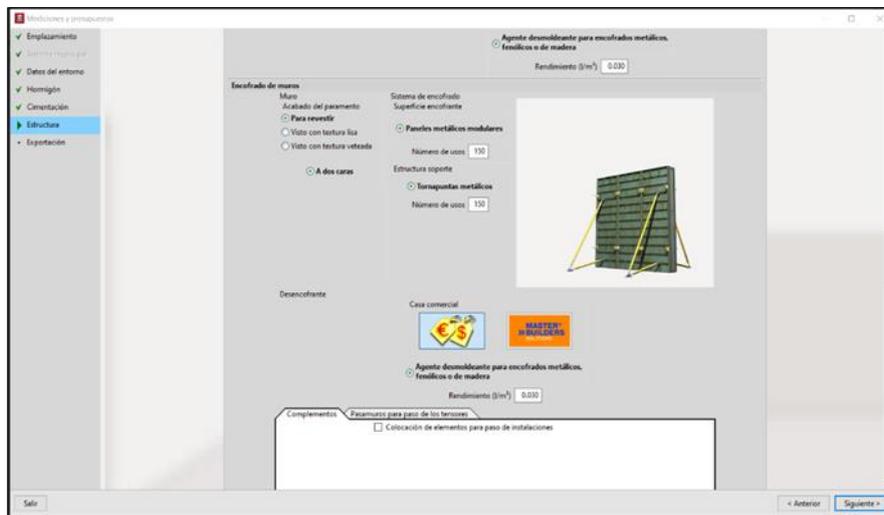
### Anexo 102 Encofrado de escaleras



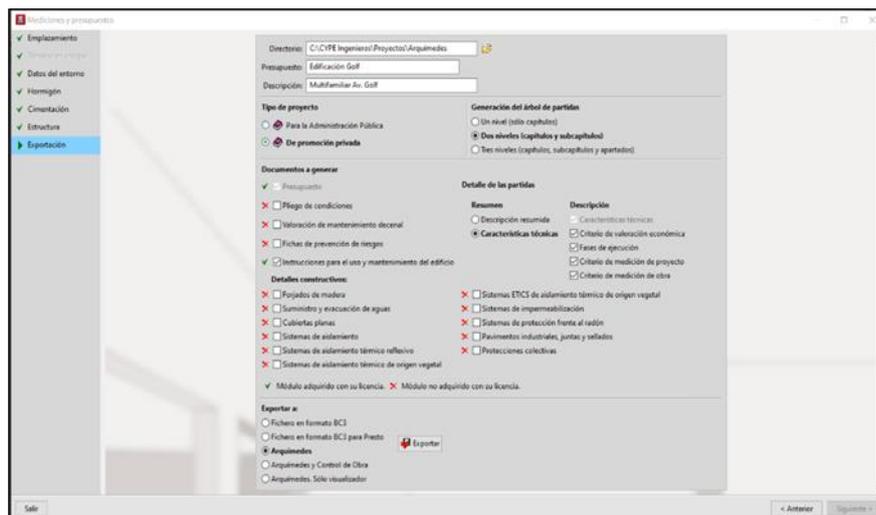
### Anexo 103 Estructura - Encofrado de vigas



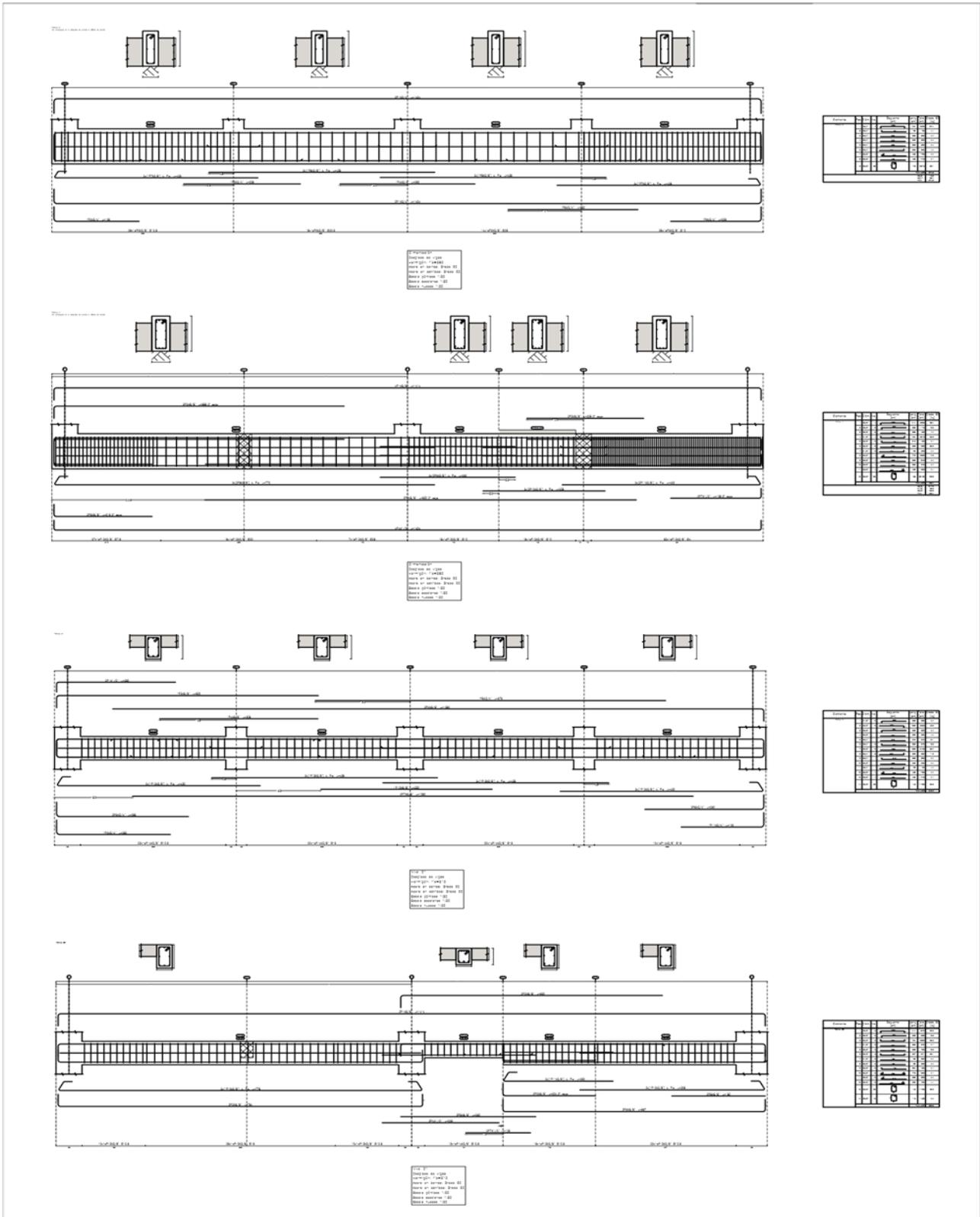
### Anexo 104 Estructura - Encofrado de muros



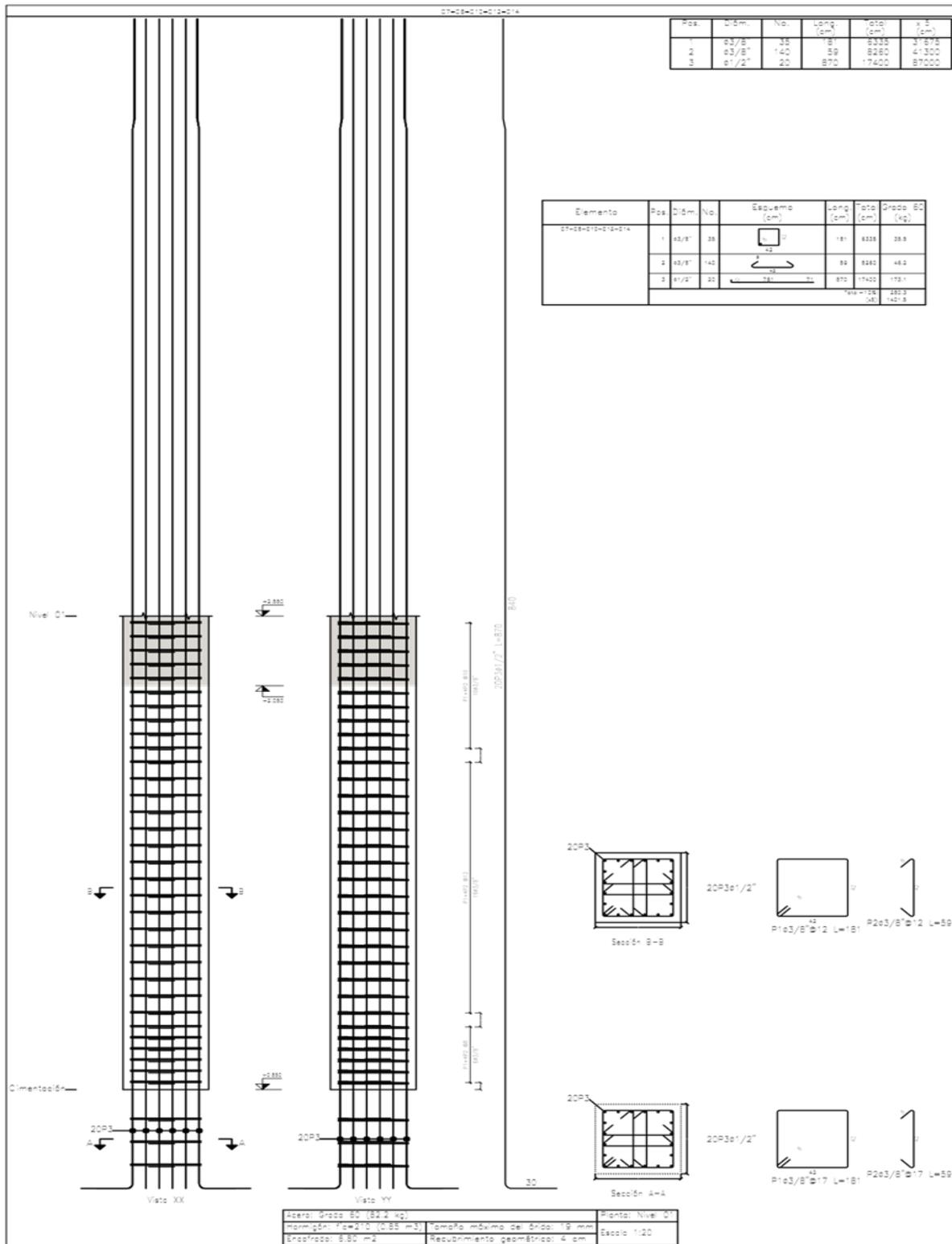
### Anexo 105 Exportación



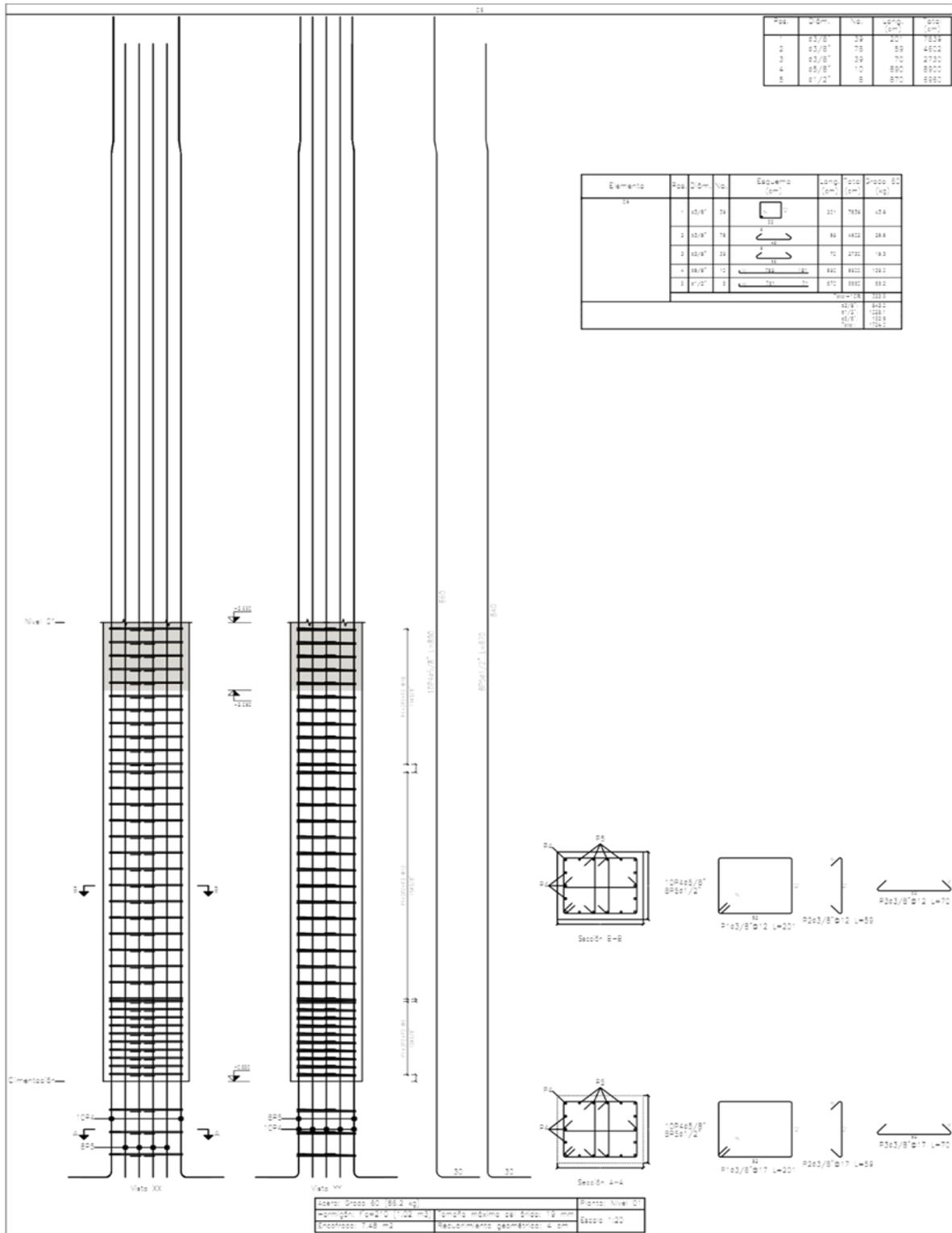
## Anexo 106 Exportación de planos - pórticos



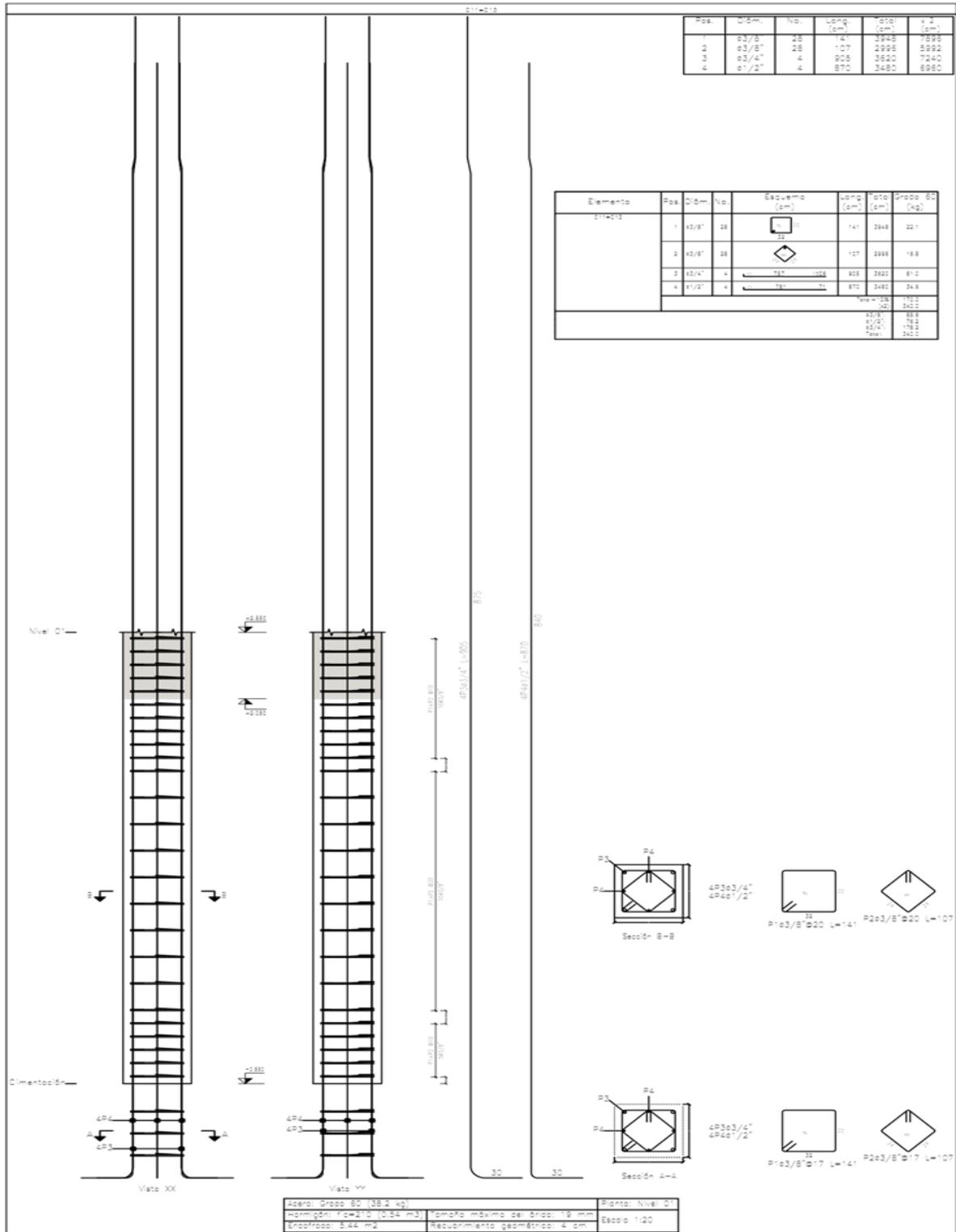
**Anexo 107 Pilares 50 x 50 cm**



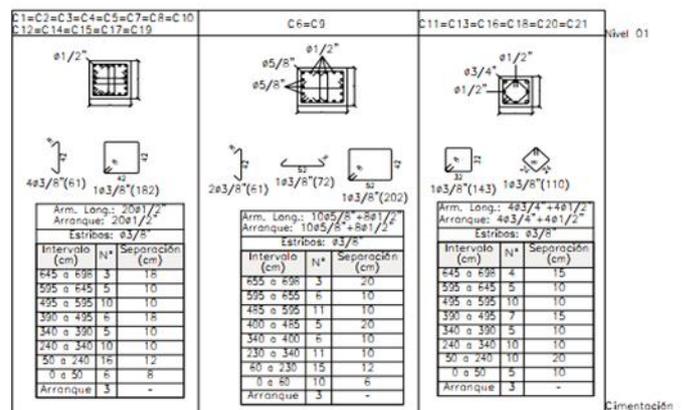
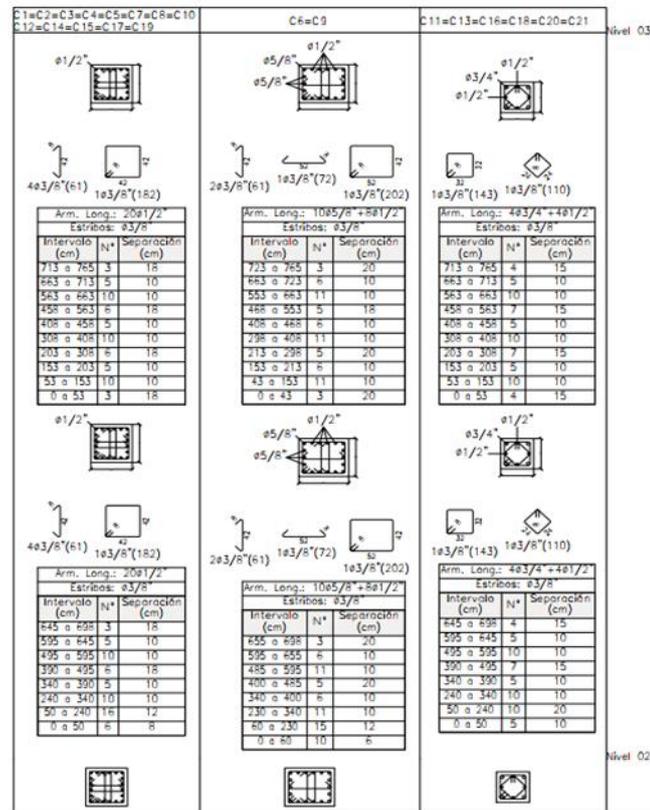
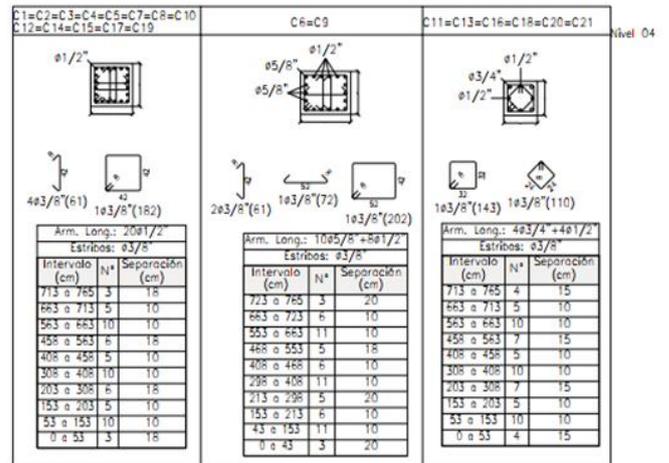
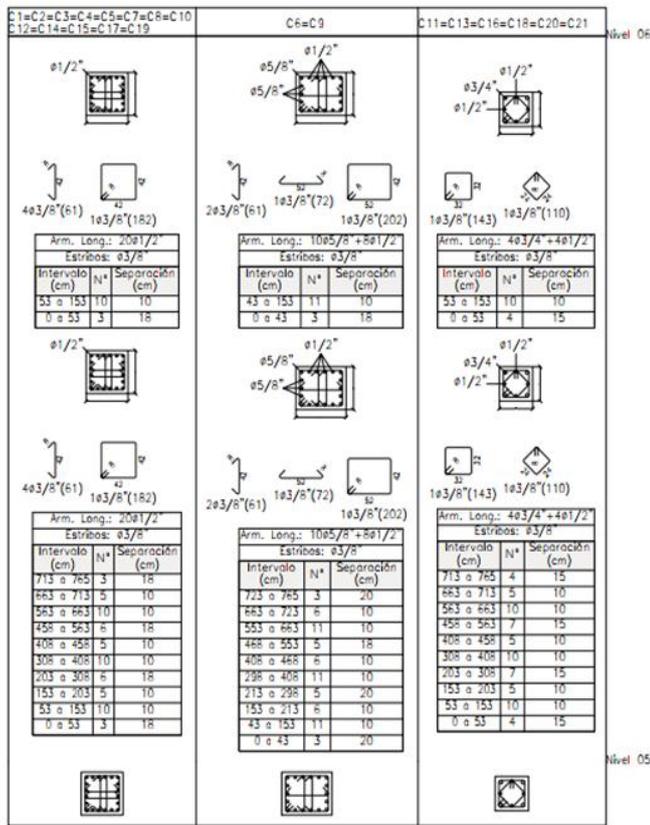
**Anexo 108 Pilares 50 x 60 cm**



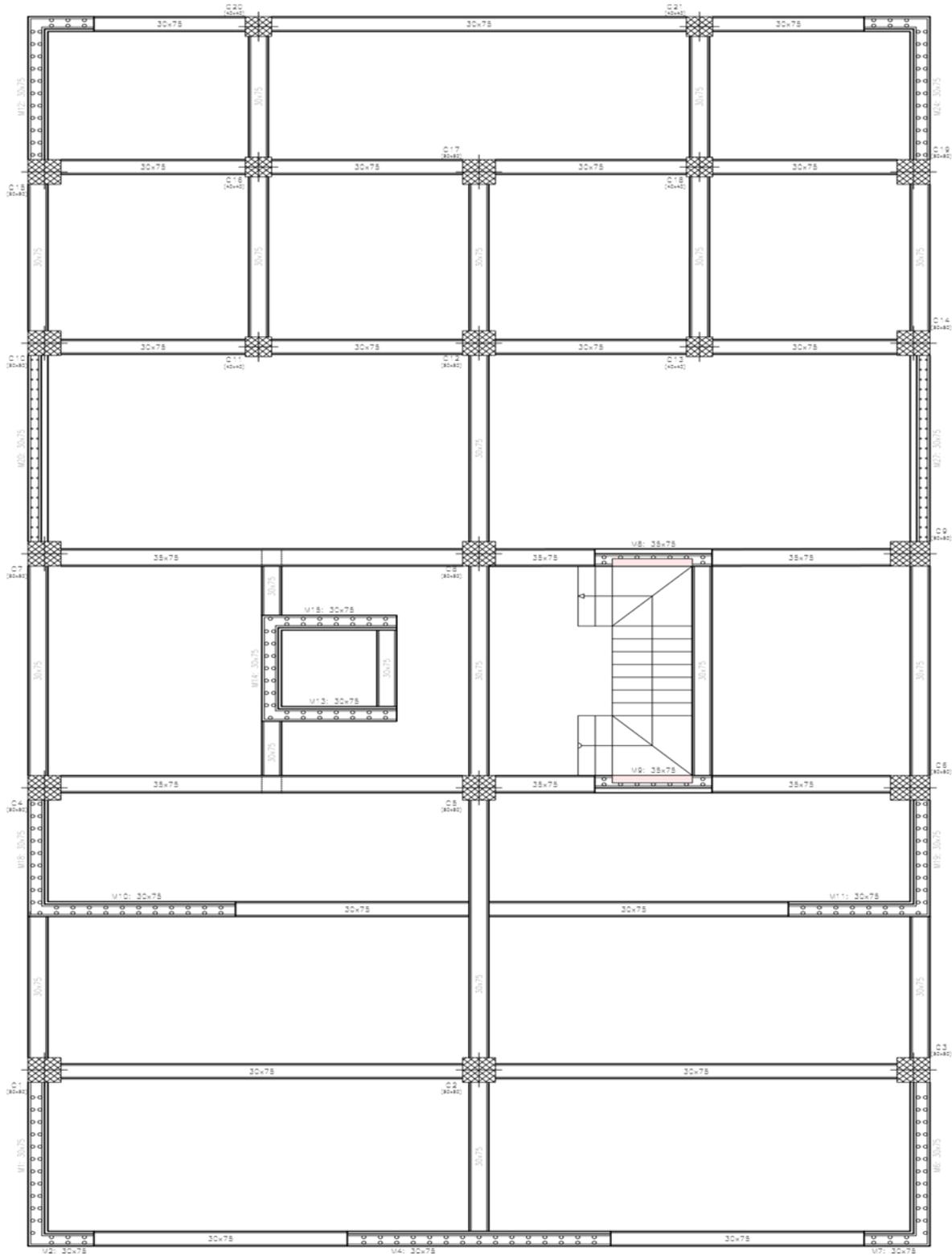
**Anexo 109 Pilares 40 x 40 cm**



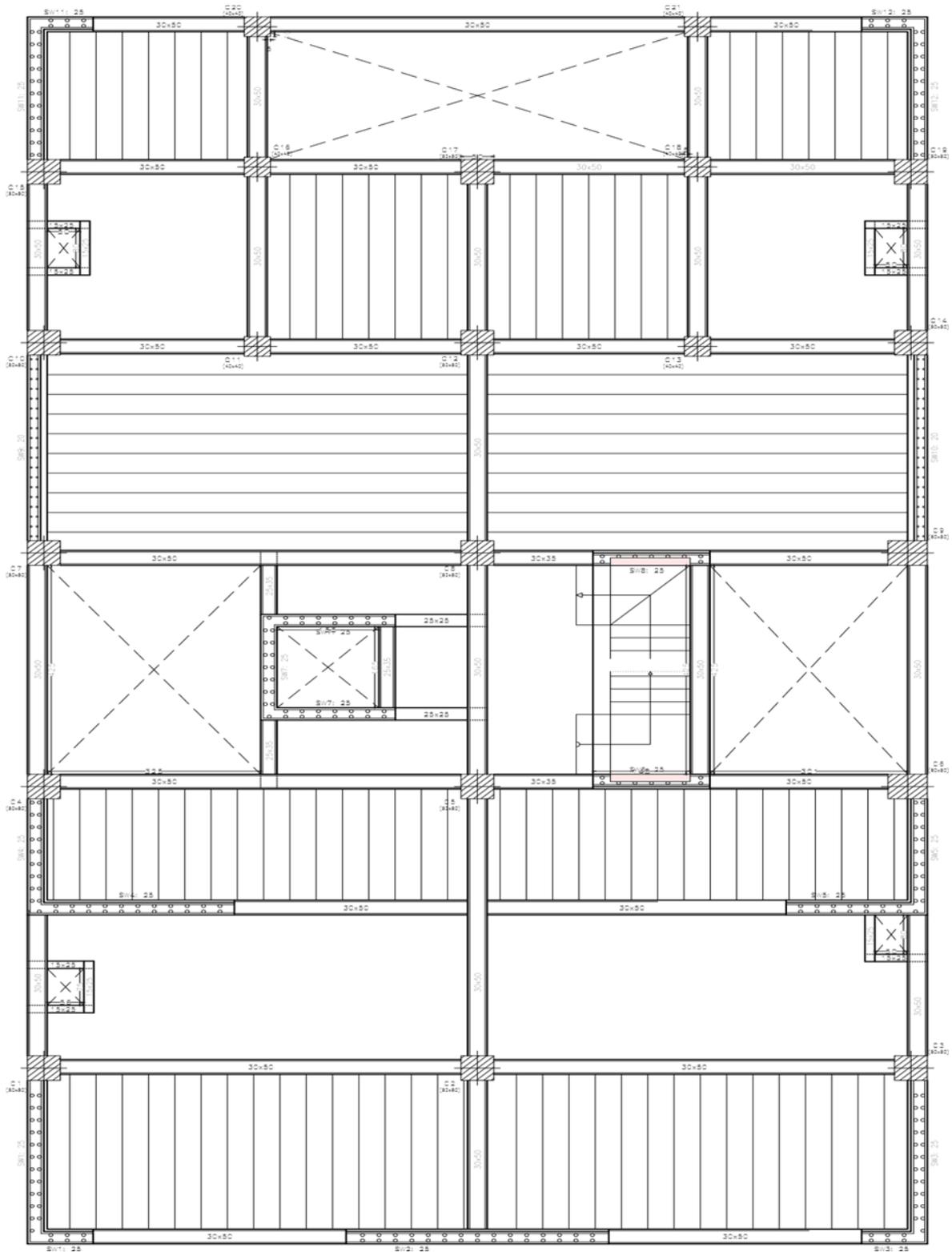
### Anexo 110 Cuadro de pilares



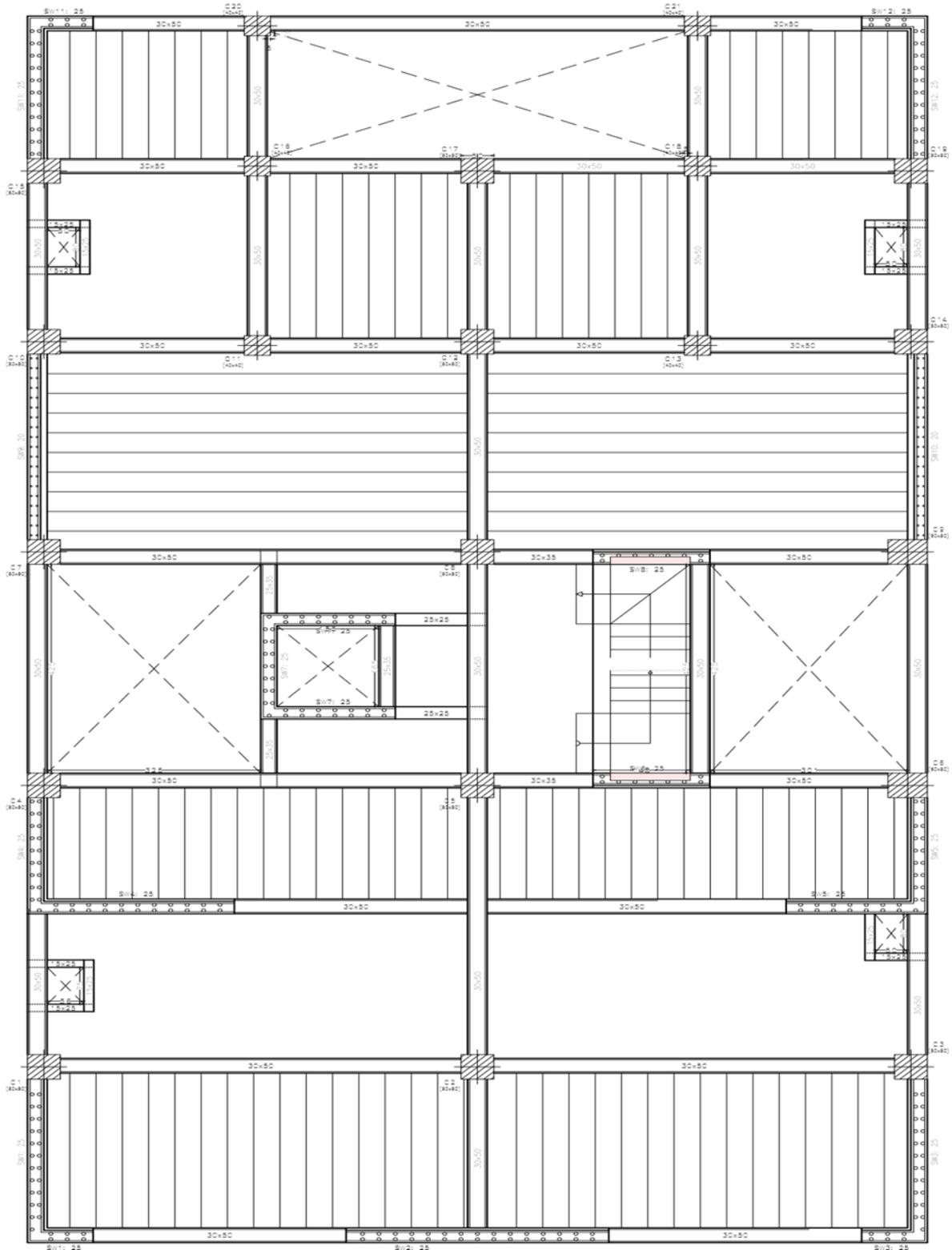
### Anexo 111 Planta Típica - Cimentación



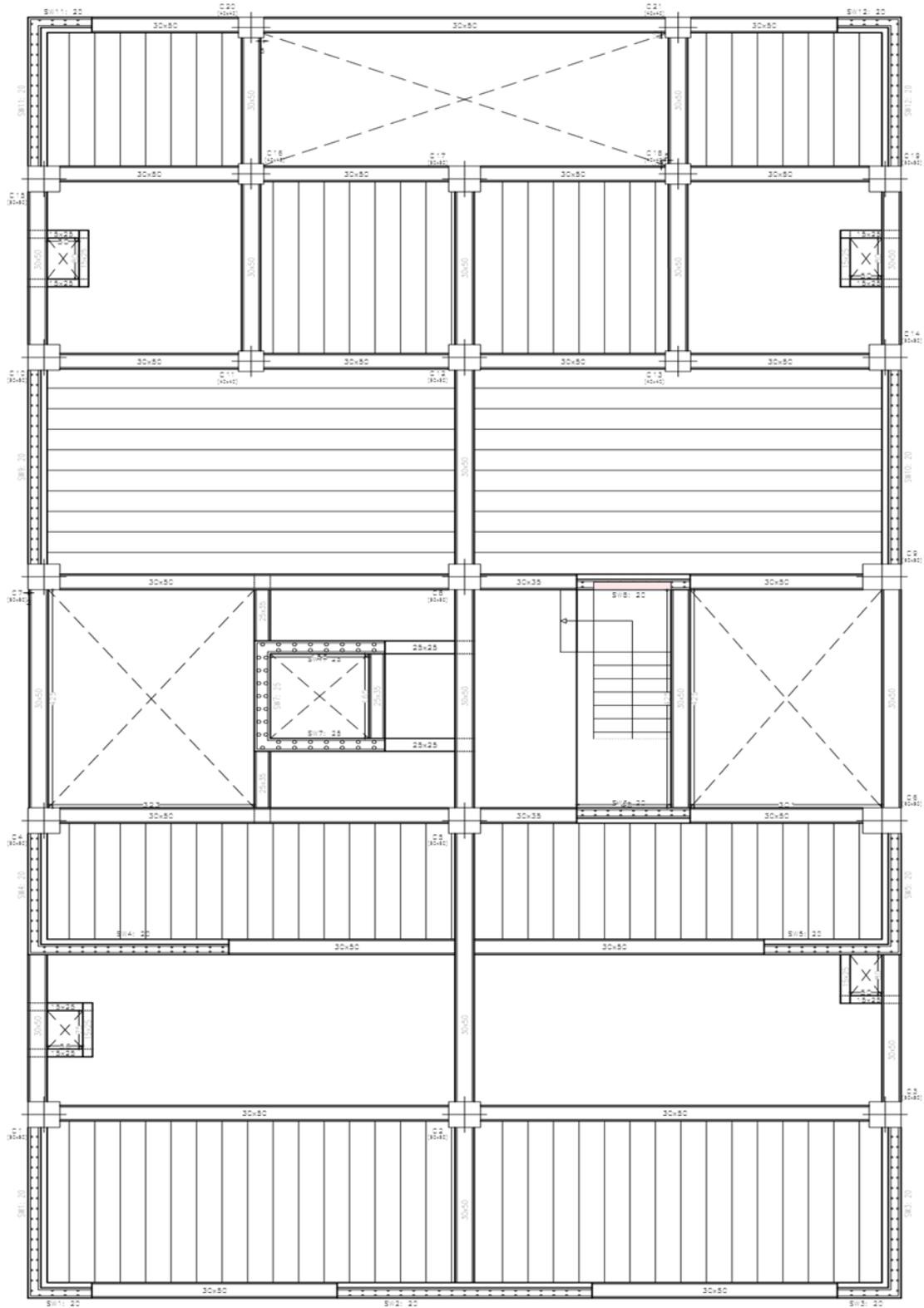
**Anexo 112 Planta Típica - Nivel 01**



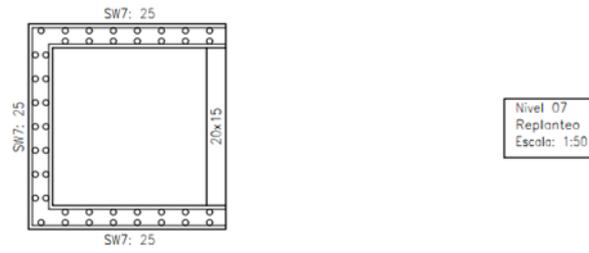
### Anexo 113 Planta Típica - Nivel 02 a 05



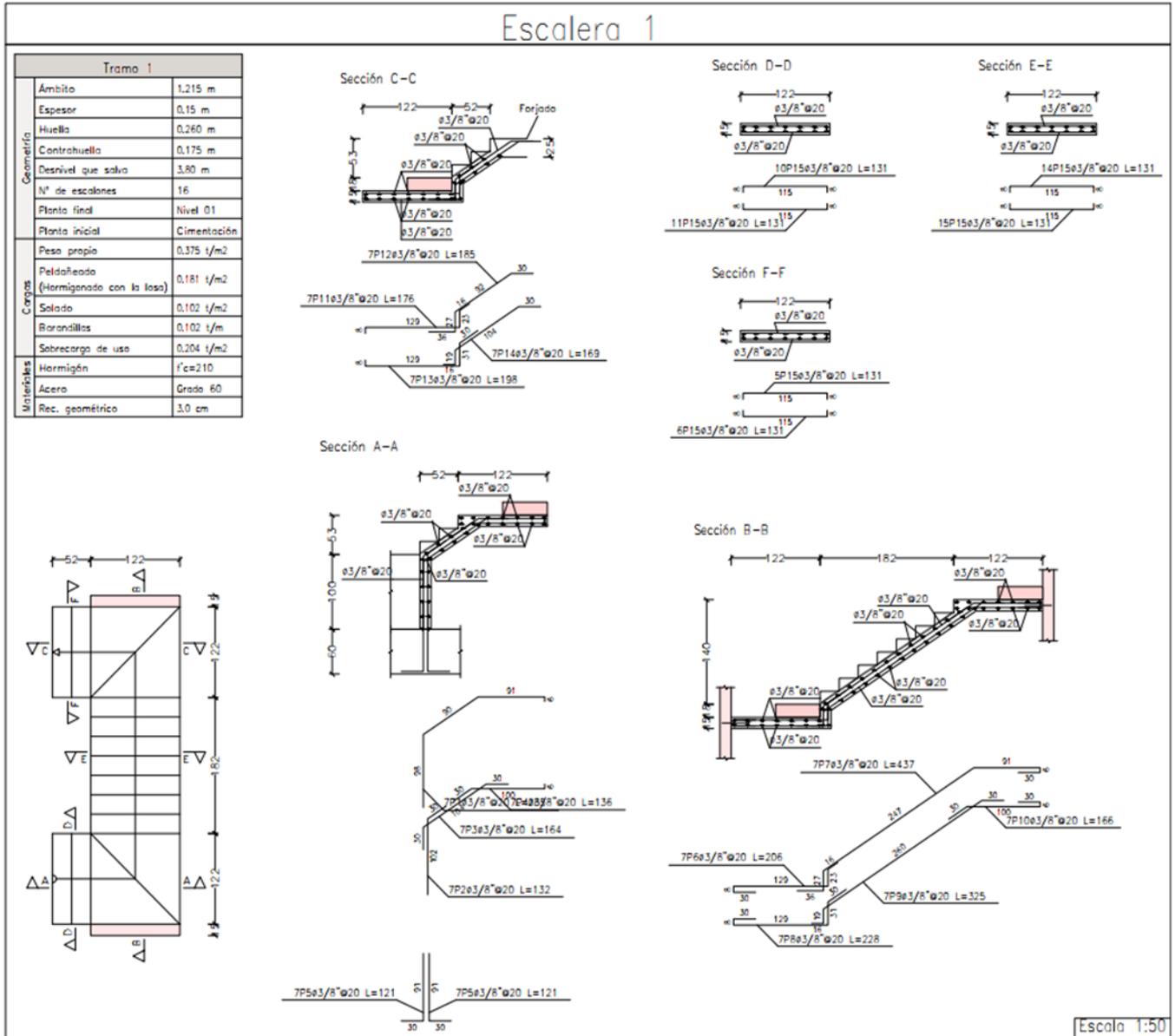
### Anexo 114 Planta Típica - Nivel 06



### Anexo 115 Planta Típica - Nivel 07



### Anexo 116 Escaleras - Tramo 1



**Anexo 117 Escaleras - Tramo 2**

