



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Simulación por elementos finitos de túnel del viento en una estructura  
de hormigón armado de 20 pisos, Trujillo 2022

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Huaman Escobar, Erlin (orcid.org/0000-0001-7415-5935)

Mendoza Guevara, Ubaldo Reinerio (orcid.org/0000-0003-1933-2091)

**ASESOR:**

Mg. Noriega Vidal, Eduardo Manuel (orcid.org/0000-0001-7674-7125)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

**TRUJILLO – PERÚ**

**2023**

## **DEDICATORIA**

Principalmente, este trabajo lo dedicamos a nuestras familias, por su amor y apoyo incondicional durante este camino; sin su aliento, no habría sido posible alcanzar nuestro objetivo. Gracias por estar siempre con nosotros.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos primeramente a Dios por darnos la vida y la salud, de igual manera a nuestros padres por brindaron su apoyo y colaboración durante el desarrollo de este proyecto investigación.

También agradecemos a la Universidad Cesar Vallejo por darnos una formación de calidad durante el proceso académico.

Así mismo a nuestro asesor Manuel Eduardo Noriega Vidal por su guía experta, apoyo constante y sabias orientaciones a lo largo de este proyecto. Su conocimiento y compromiso fueron muy importantes para dar forma e implementar mis ideas.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------|-----|
| Carátula.....                                             | i   |
| Dedicatoria .....                                         | ii  |
| Agradecimiento .....                                      | iii |
| Índice de contenidos.....                                 | iv  |
| Índice de figuras .....                                   | v   |
| Resumen.....                                              | vi  |
| Abstract.....                                             | vii |
| I. INTRODUCCIÓN.....                                      | 1   |
| II. MARCO TEÓRICO .....                                   | 4   |
| III. METODOLOGÍA.....                                     | 10  |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación .....                 | 10  |
| 3.2. Variable y operacionalización.....                   | 10  |
| 3.3. Población, muestra y muestreo.....                   | 11  |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 11  |
| 3.5. Procedimientos .....                                 | 12  |
| 3.6. Método de análisis de datos.....                     | 12  |
| 3.7. Aspectos éticos .....                                | 12  |
| IV. RESULTADOS .....                                      | 13  |
| V. DISCUSIÓN.....                                         | 21  |
| VI. CONCLUSIONES.....                                     | 24  |
| VII. RECOMENDACIONES .....                                | 25  |
| Referencias .....                                         | 26  |
| ANEXOS .....                                              | 30  |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura N°01: Presión superficial del viento en la estructura (kPa).....                | 13 |
| Figura N° 02: Coeficientes de superficie CP en la estructura.....                      | 14 |
| Figura N°03: Campo de presiones del viento en la estructura kPa .....                  | 15 |
| Figura N°04: Campo de velocidades del viento .....                                     | 16 |
| Figura N°05: Campo de turbulencias del viento alrededor de la estructura .....         | 17 |
| Figura N°06: Vectores de velocidad del viento.....                                     | 18 |
| Figura N°07: Líneas de corriente del viento .....                                      | 18 |
| Figura N°08: Esfuerzos en las barras de la estructura a base de elemento finitos ..... | 19 |

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo: Realizar la simulación por elementos finitos de túnel del viento en una estructura de hormigón armado de 20 pisos. La metodología empleada fue cuantitativa de tipo aplicado y de diseño no experimental donde, la población son todas las edificaciones con sistema estructural dual y como muestra se consideró una edificación de 20 niveles con sistema estructural dual, dentro de los instrumentos de recolección de datos se ha considerado escalas de estimación, recursos computacionales, interfaz de softwares para el modelo y simulación estructural (RFEM), sitio web de mapas de cargas de viento (Dlupal), por otro lado los resultados encontrados en cuanto a las presiones se tiene que las presiones en la estructura de viento presión es de 0.47kPa y viento succión de -0.65kPa; coeficientes de superficie CP de barlovento a sotavento con 1.276kPa y -1.767kPa respectivamente. En cuanto a las magnitudes de flujo se tiene que en el campo de presiones en una superficie de corte sobre la estructura con 0.504kPa y -0.712kPa; por otro lado, el campo de velocidades que se tiene es 30.49m/s de la misma manera, los campos de turbulencia con respecto a la energía cinética que va desde  $0.007\text{m}^2/\text{s}^3$  a  $90.108\text{m}^2/\text{s}^3$  y por último los esfuerzos que son representados gráficamente en las barras. Se concluye que aplicando el método de elementos finitos en la simulación por túnel de viento nos permitió analizar el comportamiento de la estructura y obtener los resultados de las presiones, magnitudes de flujo y esfuerzos en las barras los cuales fueron representados de manera gráfica.

Palabras clave: Túnel de viento, simulación, elementos finitos, presiones superficiales.

## ABSTRACT

The objective of this research was to perform a finite element wind tunnel simulation of a 20-story reinforced concrete structure. The methodology used was quantitative of applied type and non-experimental design where, the population are all buildings with dual structural system and as a sample was considered a building of 20 levels with dual structural system, within the data collection tools have been considered estimation scales, computational resources, software interface for modeling and structural simulation (RFEM), wind load mapping website (Dlubal), on the other hand the results found in terms of pressures is that the pressures in the structure wind pressure is 0.47kPa and wind suction of -0.65kPa; CP surface coefficients from windward to leeward with 1.276kPa and -1.767kPa respectively. Regarding the flow magnitudes, we have the pressure field in a shear surface on the structure with 0.504kPa and -0.712kPa; on the other hand, the velocity field is 30.49m/s in the same way, the turbulence fields with respect to the kinetic energy that goes from 0.007m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup> to 90.108m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup> and finally the stresses that are represented graphically in the bars. It is concluded that applying the finite element method in the wind tunnel simulation allowed us to analyze the behavior of the structure and to obtain the results of the pressures, flow magnitudes and stresses in the bars which were represented graphically.

Keywords: Wind tunnel, simulation, finite elements, surface pressures.

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años uno de los principales problemas que se ha presentado en las ciudades es el aumento de la población debido a la migración de personas de la zona rural a la zona urbana en busca de nuevas oportunidades, este aumento de población hace que cada vez se construya más viviendas unifamiliares en lugares de difícil acceso a los servicios básicos, por lo que diferentes profesionales están buscando nuevas alternativas de solución de poder ocupar menos espacio, al mismo tiempo dar una mejor calidad de vida a las familias y una de ellas es las ciudades verticales con la finalidad de ahorrar más espacio, pero para realizar este tipo de estructuras se necesitan diferentes estudios y ensayos para enfrentar los diferentes eventos naturales que se presentan en nuestro entorno, en los edificios de gran altura se necesita realizar diferentes análisis y diseños para soportar las fuerzas laterales, como es el túnel de viento y otros estudios que sean necesarios para dar un buen funcionamiento a la estructura. En nuestro país vemos cómo va creciendo las ciudades de una manera expansiva a los exteriores y muchas de las construcciones no tienen las comodidades adecuadas ya sea por la geografía del lugar o por estar alejadas de los servicios básicos y el crecimiento verticalmente de estas ciudades es bastante bajo, asimismo los estudios ante los eventos naturales para este tipo de estructuras no son muy comunes. En la provincia de Trujillo del departamento de la libertad podemos ver que el crecimiento vecinal cada vez es más influyente, y no es muy común ver edificios de gran altura, por falta de innovación e investigación para poder enfrentar los eventos naturales. Becerra, J. (2017) realizó una comparación de resultados entre el túnel de viento en laboratorio y simulación por elementos finitos de manera computacional mediante el software Flow Design, donde indica que los estudios de túnel de viento en estructuras mediante laboratorio no son muy económicos y aparte que se emplea un mayor tiempo, pero se obtiene resultados más fiables en cuanto a seguridad, por otro lado menciona que el programa por elementos finitos Flow Design es más económico lo que lo hace más accesible a su uso, por su parte Adrián et al (2021) en su investigación se planteó obtener como resultados los coeficientes de presión local, fuerza global, momento, dirección y la fuerza resultante en el punto de aplicación en una estructura, asimismo describe la forma de aplicación de estos coeficientes de manera que se logre determinar las cargas aerodinámicas en la estructura. A

partir de la realidad problemática nos realizamos la siguiente pregunta general: ¿Cómo es la simulación por elementos finitos de túnel del viento en una estructura de hormigón armado de 20 pisos, Trujillo 2022?, Referente a ello nos planteamos las siguientes preguntas específicas: ¿Cuáles son las presiones en la superficie haciendo la simulación por elementos finitos de túnel del viento en una estructura de hormigón armado de 20 pisos, Trujillo 2022?, ¿Cuáles son magnitudes de flujo haciendo la simulación por elementos finitos de túnel del viento en una estructura de hormigón armado de 20 pisos, Trujillo 2022?, ¿Cuáles son los esfuerzos en las barras haciendo la simulación por elementos finitos de túnel del viento en una estructura de hormigón armado de 20 pisos, Trujillo 2022?. La presente investigación se justifica teóricamente debido a que se realiza el estudio del comportamiento estructural de un edificio ocasionada por los eventos naturales, de manera que con este estudio se dará una visión a futuras investigaciones de realizar proyectos en nuestro campo, lo que permitirá un mejor desarrollo en la población al mismo tiempo se justifica de forma práctica por lo que la simulación por elementos finitos permite obtener información detallada sobre el comportamiento de una estructura sin necesidad de realizar pruebas físicas costosas y que pueden llevar mucho tiempo. Además, permite realizar diferentes escenarios de carga y condiciones de contorno para evaluar el comportamiento de la estructura en diferentes situaciones. Asimismo, esta investigación se justifica metodológicamente ya que nos permitirá dar a conocer de una manera didáctica el proceso de modelación y cálculos por elementos finitos de túnel de viento en edificaciones. Como para todo proyecto se establece ciertas metas, para ello se requiere lograr como objetivo general: Realizar la simulación por elementos finitos de túnel del viento en una estructura de hormigón armado de 20 pisos, Trujillo 2022, y como objetivos específicos tenemos: Analizar las presiones en la superficie haciendo la simulación por elementos finitos de túnel del viento en una estructura de hormigón armado de 20 pisos, Trujillo 2022. Analizar las magnitudes de flujo haciendo la simulación por elementos finitos de túnel del viento en una estructura de hormigón armado de 20 pisos, Trujillo 2022. Analizar los esfuerzos en las barras haciendo la simulación por elementos finitos de túnel del viento en una estructura de hormigón armado de 20 pisos, Trujillo 2022, a partir de esto, en función del tema de investigación nos planteamos la siguiente hipótesis general: Es posible evaluar

la simulación por elementos finitos de túnel del viento en una estructura de hormigón armado de 20 pisos, Trujillo 2022. Por lo tanto, este proyecto de investigación tiene como propósito: en lo general mantener un carácter innovador y confiable en el desarrollo de los cálculos estructurales de edificaciones realizados mediante softwares vanguardistas y esto en función de las normas de construcción civil, de manera que este cálculo sea accesible a la sociedad en el diseño de sus edificios.

## II. MARCO TEÓRICO

Para Piña (2021), en su tesis titulada Obtención de coeficiente de presión y velocidades de viento en un conjunto de edificios mediante simulación CFD, donde tiene como objetivo: Realizar una simulación numérica del flujo de fluidos, teniendo en cuenta los fenómenos físicos y químicos implicados, como la turbulencia, la transferencia de calor y la reacción química. La simulación CFD se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, como la ingeniería aeroespacial, la evaluación de sistemas de aire, la evaluación de la aerodinámica de aeronaves, el diseño de sistemas de ventilación, la evaluación de la eficiencia energética de edificios. La metodología de la simulación CFD implica tres fases principales: preprocesamiento, análisis y post procesamiento. En la fase de preprocesamiento, se transforma el problema del flujo de fluidos en un modelo de computadora discreto e ideal, y se hacen algunas suposiciones basadas en el tipo de flujo. En la fase de análisis, se resuelven las complejas ecuaciones mediante cálculos numéricos. En la fase de post procesamiento, se analizan los resultados de la simulación y se presentan en forma de gráficos y visualizaciones. Los resultados máximos y mínimos de los coeficientes CP en una cara de la estructura son 1.23 en barlovento y -1.63 en sotavento, asimismo en el campo de velocidades se tiene como máximo 46.66 m/s que es causada por una velocidad de diseño de 37.9 m/s.

Para González (2021), en su tesis titulada “Diseño y construcción de un túnel de viento con cámara de pruebas modular” menciona que la simulación por túneles de viento realizado por un software es un método bastante aplicable ya que permite predecir las cargas de viento a un bajo costo. Su metodología inicia con la identificación de los espacios para el diseño del ensayo aerodinámico, donde se realizan los cálculos a través de simulación estructural por túnel de viento con el método EF, dicho ensayo se llevó a cabo en laboratorio, obteniendo los resultados dentro de la cámara de prueba a una velocidad de 14.34 m/s, finalmente el autor concluye que el túnel de viento tiene un correcto funcionamiento.

Para Cangrejo (2021), en su tesis titulada Diseño de túnel de viento abierto para el laboratorio de hidráulica de la Universidad Libre mediante simulación de CFD, señala que los túneles de viento son diseñados de acuerdo a los requerimientos experimentales que se desea visualizar de cómo afecta el campo de flujo de aire

hacia el modelo estructural, para este diseño emplearon la herramienta CFD a través de parámetros iniciales como la velocidad de entrada, de tal manera que se obtendrán los resultados como presión, Velocidad, fuerzas de arrastre y sustentación. Donde esta investigación tiene como objetivo general: Diseñar un túnel de viento de tipo abierto para laboratorio mediante simulación de CFD y su tipo de investigación es cuantitativa ya que, este diseño será un punto de partida para el desarrollo de proyectos. Como resultados en el campo de flujo para una zona de pruebas de 1 m de longitud en la simulación por CFD, para los contornos y vectores de velocidad se obtuvo como velocidad máxima de  $V = 55.57$  m/s con una velocidad de entrada de  $V = 7.83$  m/s. y los contornos de presión se obtuvo una presión máxima de 103.225 kPa y una presión mínima de 100.998 kPa con una velocidad de entrada de 183 m/s. y como conclusión Los resultados de velocidad y de presión obtenidos por las simulaciones en cada sección de túnel de viento presentan desviación por pérdidas de accesorios de acuerdo con los cálculos teóricos, en la zona de pruebas que es de mayor interés se puede estimar un 3% desviación con respecto de la velocidad calculada de 54.74 m/s aplicando una velocidad de ventilador de 28 m/s, el porcentaje de presión con respecto a los cálculos teóricos y las simulaciones oscila en 1% en la zona de pruebas.

Según Wittwer et al, (2021), en su artículo científico titulado “Proyecto torre rivera: Estudio aerodinámico mediante ensayos de túnel de viento” menciona que a las estructuras con diseños geométricos particulares es importante realizar ensayos de túnel de viento para poder determinar las cargas aerodinámicas, este trabajo tuvo finalidad en calcular el comportamiento dinámico sobre la estructura Torre Rivera, causado por fuerzas de viento. donde indica que en la ciudad de Corrientes se realizó un estudio de análisis de túnel de viento a una torre para calcular sus presiones, fuerzas resultantes y momentos. Donde se obtuvo como resultado respecto a las cargas de viento los valores máximos que se presentaron a 270 grados de la torre 1 fue de  $C_F = 2.27$  y  $C_{Mv} = 1.17$ , mientras en la torre 2 las cargas de viento máximas se presentan a una dirección de 90 grados. Respecto al momento torsor para la torre 1 el valor máximo se produce en la dirección del viento de 240 grados con  $C_{MT} = -0.238$  y en la torre 2 se produce en una dirección de 135 grados con  $C_{MT} = 0.213$ .

Según Polo y Cobeña (2020) en su tesis titulado “Influencia del modelamiento en la respuesta estructural de muros cortina utilizando el método de los elementos finitos en edificios de 10, 20 y 30 pisos en la ciudad de Lima”, donde la investigación tiene como objetivo principal evaluar el comportamiento estructural del muro cortina de manera integral a la estructura principal. Donde se determina el comportamiento estructural frente a las cargas de viento y sismo mediante dos tipos de análisis integral y aislado, para realizar la modelación de la estructura se utilizó el programa ETABS 2016 de manera que con el análisis se obtuvieron resultados para los diferentes edificios de 10, 20 y 30 niveles.

Para Hernández (2016), en su tesis Modelo de análisis de estudio de viento para estructuras tensadas, donde menciona que este tipo de estudios es necesario las intervenciones de diferentes grupos profesionales dedicados al ámbito de la construcción, para que estas estructuras puedan cumplir los requisitos de seguridad y confort necesarios. Se tiene como objetivo desarrollar un método de análisis de las reacciones causadas por los efectos del viento aplicados en paraboloides hiperbólicos. Se utilizó el modelo del software Wintess para hacer la comparación del comportamiento de un modelo físico, los resultados que se obtuvieron a 0 grados y con una carga de viento, velocidad de viento real de 40 km/h = 11 m/s, donde los  $C_p$  – Coeficientes eólicos (-) presión (+) succión con un valor máximo de 1.00 y un mínimo de -0.58.

## **Bases teóricas**

**Viento:** es el movimiento de aire existente en la superficie terrestre donde, existen corrientes descendentes y ascendentes y solo se considera los desplazamientos horizontales como vector de velocidad por lo que se tendrá en cuenta su dirección y velocidad. (España, 2023)

## **Turbulencias atmosféricas**

Las fluctuaciones de la turbulencia son irregulares, por lo general siempre varían y su comportamiento se desconoce. Se define como una incorporación de todas las oscilaciones de frecuencias más altas que la variación de la velocidad media (Cedillo, y otros, 2015)

**Barlovento:** Es cuando el viento impacta en sentido horizontal sobre la superficie de la estructura donde está recibe directamente la energía cinética del viento.

**Sotavento:** Lo llamamos así cuando el viento impacta con una presión negativa o de succión en los lados y en la superficie de la estructura.

## **Presión Dinámica**

Teniendo en cuenta que el aire es no viscoso e incompresible, lo que es aceptable para las velocidades del viento de las cuales se diseñarán las estructuras, por lo que debemos tener en cuenta que la presión sobre el cuerpo depende del patrón del flujo que se desplace alrededor de él, en los diferentes ejes. (Grabiel, 2002)

El viento es una fuerza invisible y peligrosa para las estructuras, la verdad estaríamos mejor sin ella, las estructuras que diseñamos los ingenieros no disponen de mucho tiempo para evolucionar como los árboles. La razón es que el ingeniero tiene que tener en cuenta las fuerzas del viento desde el inicio del diseño, para así tener un comportamiento adecuado de la estructura durante su vida útil. (Grabiel, 2002)

**Estructura:** Es la delimitación de un espacio en la que se construye un edificio, un puente, una presa, etcétera donde tiene por finalidad soportar cargas estructurales y fuerzas naturales. (Salvadori, y otros, 2005)

**Concreto armado:** Es la composición del concreto simple (cemento portland, agua, agregados fino y grueso, en cantidades proporcionadas) con armaduras de acero, el concreto simple soporta las resistencias a la compresión mientras que la armadura soporta los esfuerzos de tracción. (Abanto, 2009 pág. 13)

**Carga de viento:** Son fuerzas eólicas que se presentan en diferentes direcciones y actúan sobre las estructuras causándoles presiones de barlovento y sotavento según el diseño de la estructura, donde la norma ASCE – 702 facilita algunas indicaciones para determinar la presión que genera el viento en una estructura. (Cormac, 2010)

Los vientos pueden ser regulares, periódicos e irregulares, el primero es porque están presentes todo el año, el segundo se reconoce por los constantes cambios de dirección cada cierto tiempo y el último por ser estos vientos huracanados, tornados, tombas y vientos locales. El viento presenta dos magnitudes, Dirección y Velocidad, éstas deben ser medidas a una altura de 10 metros respecto al nivel del suelo, o 2 metros, esto depende al tipo de estaciones usadas en la medición.

**Túnel de viento:** Es un instrumento de laboratorio que nos permite simular de manera experimental a los cuerpos sólidos mediante fuerzas de flujo de aire, donde se determina los efectos y comportamiento de la estructura mediante estos eventos. (Muños, 2012 pág. 5)

**Elementos finitos:** Es una herramienta de cálculo computarizado que facilita a los profesionales en los diseños de estructuras complejas de hormigón, acero y madera, descomponiéndolo en un número finito de elementos individuales y así haciéndolo más sencillas en la determinación de cargas estáticas y dinámicas, asimismo esta herramienta permite realizar simulaciones de las fuerzas reales que se presenta en la naturaleza mediante una simple computadora. (Rombach, 2004 págs. 1-6)

**Simulación:** Es un estudio matemático que nos permite dar a conocer el comportamiento mecánico de estructuras en diversos escenarios y de una manera virtual, el cual nos permite anticipar posibles fallos a futuro mediante este diseño de análisis. (Garcia, y otros, 2006)

**Dinámica:** Dentro de la mecánica es el estudio de un cuerpo o partículas que está constantemente en movimiento, sus campos en la que se divide: en la cinemática y la cinética, donde la primera estudia la geometría del movimiento en la que se tiene los desplazamientos velocidad y aceleración; la cinética estudia las causas del movimiento, permitiendo determinar la magnitud de una fuerza para producir un movimiento. (Reyes, 1998 pág. 3)

**Rigidez:** Un cuerpo que es sometido a fuerzas externas ya sean estáticas o dinámicas van a sufrir deformaciones, por lo tanto, es una estructura es la capacidad de un elemento para resistir una carga, (Reyes, 1998 pág. 8)

**Movimiento dinámico:** Es cuando un cuerpo está en movimiento, ya que este movimiento es una rama de la física que estudia las fuerzas que actúan sobre un objeto y los cambios que pueden producirse. (L, y otros, 2022)

**Movimiento estático:** Es cuando un cuerpo está en reposo y está perfectamente rígido y en equilibrio, es decir cuando las fuerzas actúan sobre la estructura y estas son constantes en el tiempo. (L, y otros, 2022)

**Método de elementos finitos:** es un método asociado al desarrollo matemático de un modelo dividiéndolo en un número finito de partes y discretizando lo que sucede en el interior del modelo y así entenderlo mejor desde el punto de vista estructural. (Frias Valero, 2002)

**Acción de viento sobre las estructuras:** la acción de viento es un factor importante que debemos tener en consideración en el diseño de estructuras, para garantizar una mayor seguridad. (Rodríguez Salinas, 2021)

**Simulación CFD:** Es herramienta que permite simular el comportamiento de cualquier fluido (en nuestro caso el aire) en un sistema mediante el cálculo computacional que utiliza métodos numéricos y algoritmos para resolver y analizar problemas en diferentes campos de la ingeniería estructural. (Fernández, y otros, 2015)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### Tipo de investigación

Para (Hernández, Fernández y Baptista 2014), precisa que la idea de la investigación debe ser clara y la búsqueda de su contenido debe ser con la finalidad de comprobar las hipótesis. En ese sentido, de acuerdo al tipo de investigación es aplicada, ya que aplica conocimientos teóricos científicos a determinadas situaciones.

##### Diseño de investigación

Teniendo en cuenta el desarrollo de nuestra investigación, tiene un diseño no experimental transversal descriptivo, debido a que no se realiza manipulación de la variable independiente.

#### 3.2. Variable y operacionalización

Variable independiente: Elementos finitos

Definición conceptual: Es un método que nos permite solucionar problemas matemáticos muy complejos, dividiendo a la estructura en una cierta cantidad de elementos finitos y explicando el comportamiento de cada uno por medio de funciones algorítmicas. (Reyes, 1998 pág. 307)

Definición operacional: Elemento isoparamétrico que posee nodos, para el cálculo de presiones y esfuerzos.

Dimensión: Presiones

- Indicadores: Presión superficial
- Indicadores: coeficiente de superficie CP
- Escala de medición: Razón

Dimensión: Esfuerzos

- Indicadores:  $V_x = \int_{-d/2}^{+d/2} \tau_{xz} dz$
- Indicadores:  $V_y = \int_{-d/2}^{+d/2} \tau_{xz} dz$

- Escala de medición: Razón

Variable dependiente: Estructura de hormigón armado

Definición conceptual: Estructura conformada por elementos estructurales que soportan cargas en diferentes direcciones. (Charleson, 2003)

Definición operacional: Son los elementos que conforman a un edificio, el mismo que está sujeto a diferentes cálculos para el diseño estructural y esto con la finalidad de poder medir la magnitud de flujo del viento hacia edificio.

Dimensión: Magnitud de flujo

- Indicadores: Campo de presiones
- Indicadores: Campo de velocidades
- Indicadores: Turbulencia: campo k
- Escala de medición: Razón

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

Población: Son todas las edificaciones con sistema estructural dual

Muestra: Edificación de 20 niveles con sistema estructural dual.

Muestreo: En la investigación el proceso de muestreo tiene un carácter no probabilístico.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La investigación estará en función a estudios recopilados, para así permitir un desarrollo más eficiente en la determinación de nuestros objetivos. Este trabajo requiere de técnicas de observación directa, revisión de documentos, análisis de datos, análisis de presiones, magnitudes de flujo y esfuerzos en las barras, lo que permitió detallar los cambios y características presentadas en nuestra muestra de estudio; por otro lado, en cuanto a los instrumentos a utilizar se empleó escalas de estimación, recursos computacionales, interfaz de softwares para el modelo y simulación estructural (RFEM), sitio web de mapas de cargas de viento (Dlupal), los cuales nos sirvió de guía para realizar un diseño óptimo de los elementos estructurales que conforman el edificio.

La validación de datos e instrumentos de esta investigación lo realizó el ingeniero Cesar Hernán Ángeles Quiroz, Colegiatura 89153, con experiencia 16 años en sector de la construcción.

### **3.5. Procedimientos**

La investigación posee el siguiente procedimiento para realizar la simulación por elementos finitos de túnel de viento en una estructura de 20 pisos mediante el software RFEM y RWIND.

Paso 1: Geometría del edificio: Se realizó el plano de la estructura a diseñar de acuerdo a la categoría de la edificación (uso de viviendas), en donde el sistema de la estructura a ejecutar es dual, teniendo como guía la norma técnica peruana E-030.

Paso 2: Predimensionamiento y metrado de cargas: El predimensionamiento y metrado de cargas de cada elemento estructural que contiene el edificio (columnas, placas, vigas y losas), se realizó utilizando las fórmulas del manual de la construcción ICG p.154 y considerando las sobrecargas de la NTP E-20.

Paso 3: Diseño y Modelado de la estructura: Se diseñó el edificio empleando el software RFEM de elementos finitos, para después realizar la simulación de las cargas de viento con el software RWIND.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Una vez obtenidos los datos del comportamiento del viento hacia la estructura del edificio de 20 pisos mediante la simulación por elementos finitos de túnel de viento en el software RWIND, los resultados que obtendremos se procesarán en el software estadístico Excel 2019 la cual nos ayudará analizar los datos de investigación a través de gráficos del cual tendremos un mejor entendimiento de los resultados obtenidos.

### **3.7. Aspectos éticos**

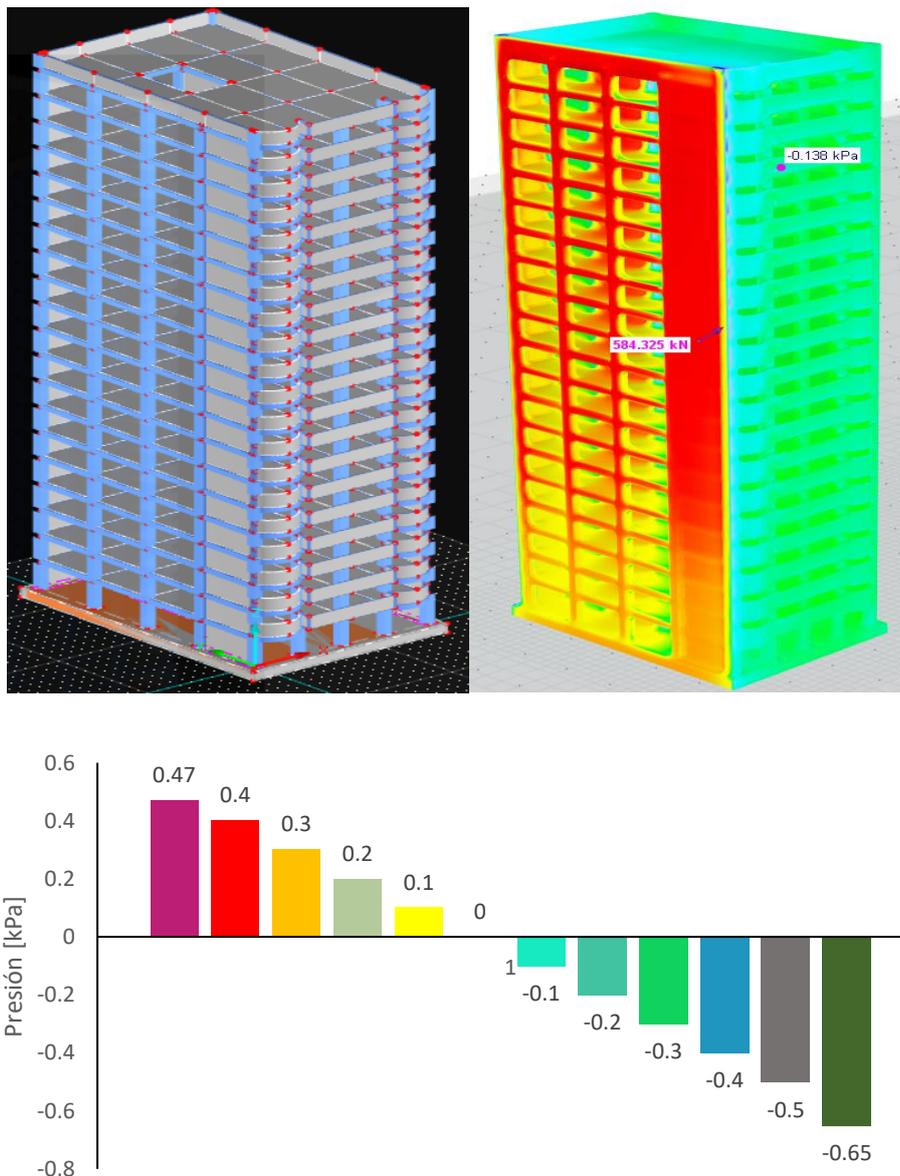
La investigación se realizó por medio de fundamentos de estudios científicos extraídos de fuentes confiables de la misma manera se empleó normas nacionales e internacionales competentes en el ámbito de diseño por cargas de viento sobre estructuras de concreto armado.

## IV. RESULTADOS

### 1.1. Presión superficial

La presión superficial del viento sobre el túnel de viento digital en la dirección "x" y a una velocidad de corriente libre de 24.5 m/s, Donde los resultados que están relacionados con las superficies de la estructura. Estos incluyen la presión superficial y los resultados del coeficiente de Cp.

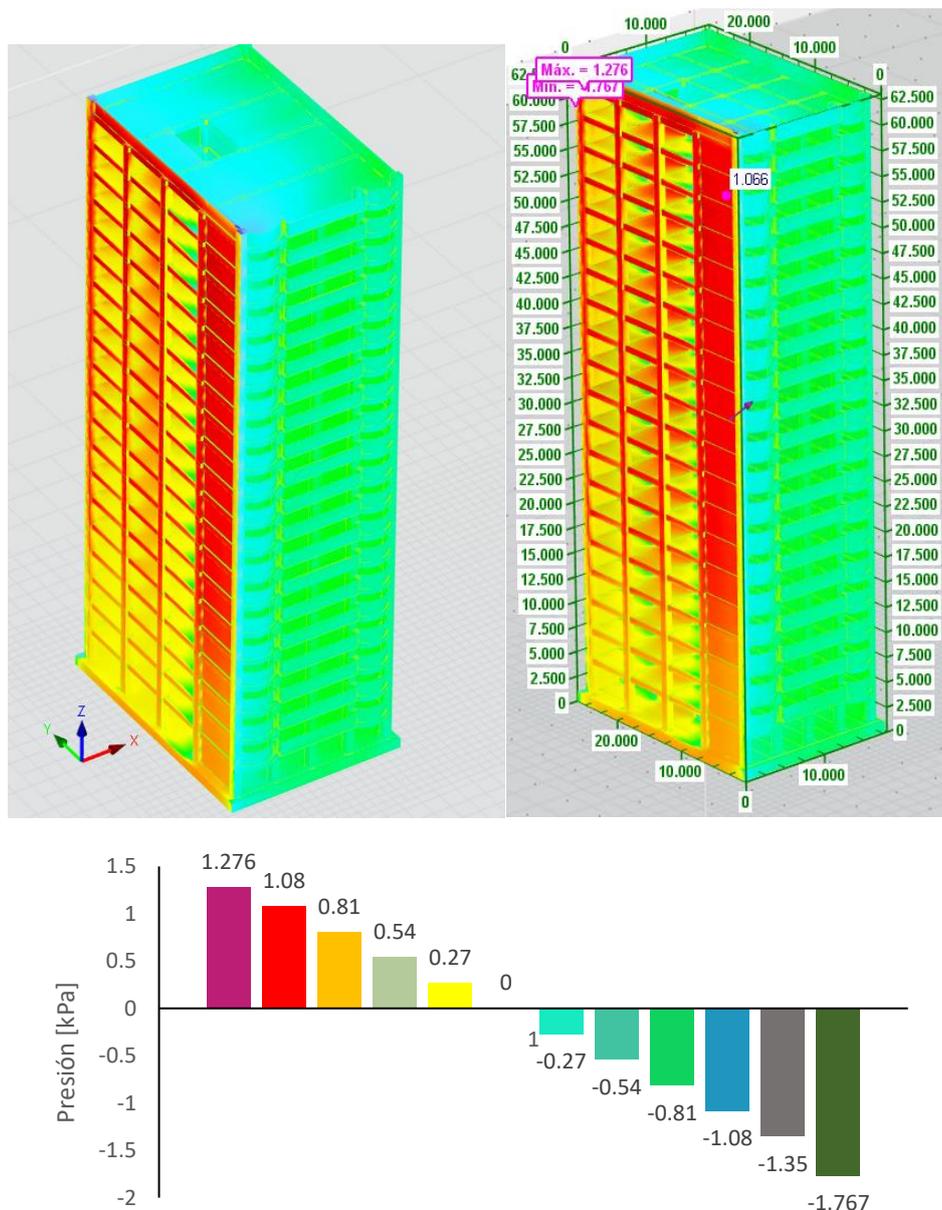
Figura N°01: Presión superficial del viento en la estructura (kPa)



**Nota:** En la figura N°01 se puede observar la presión debida al viento que actúa sobre la superficie de la estructura, se identifica por colores, donde en cada punto

de la superficie según la malla de EF se asigna un valor de presión, asimismo se muestra los resultados de forma representativa ya sea el cambio de viento presión con un máximo de 0.47 y a viento succión con un máximo de -0.65. También se muestra la fuerza resultante de la carga de viento que actúa sobre la estructura. La presión actúa perpendicularmente sobre las superficies, mostrando así el arrastre (magnitudes positivas) y la elevación (magnitudes negativas).

Figura N° 02: Coeficientes de superficie CP en la estructura



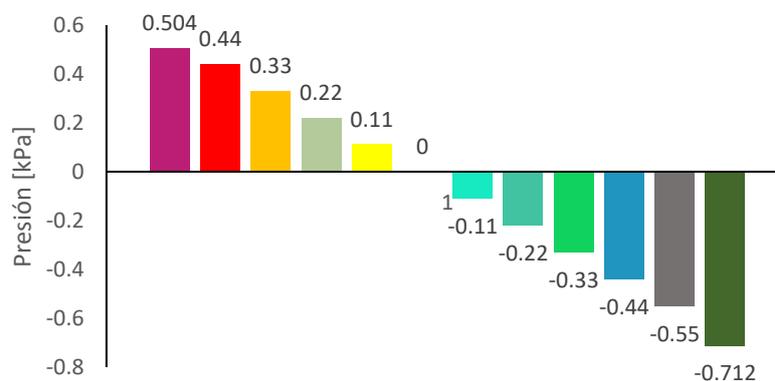
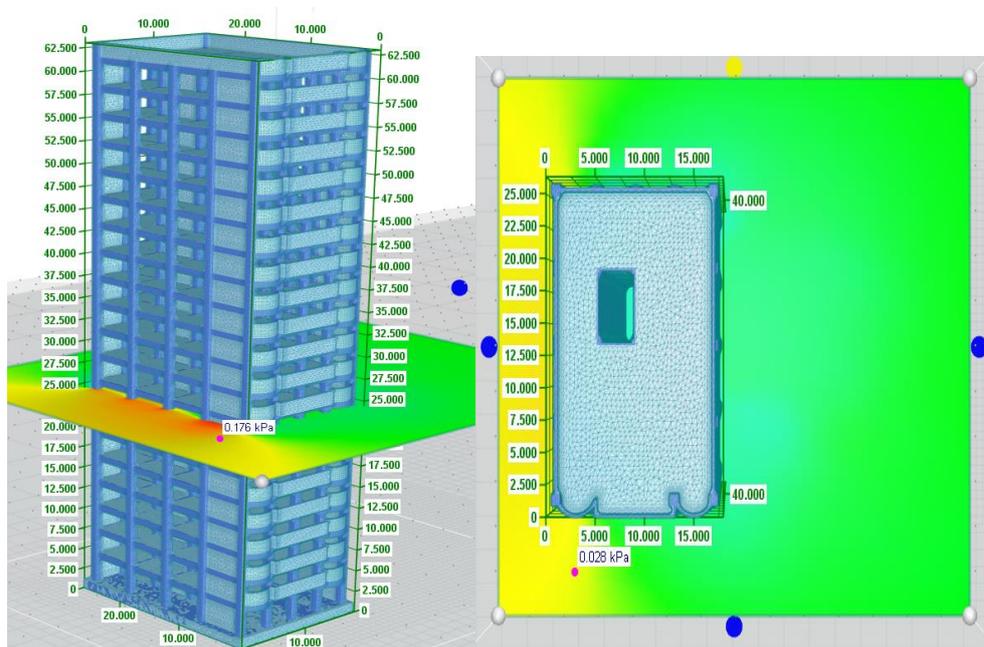
**Nota:** En esta estructura se muestra fundamentalmente los coeficientes de cómo varían desde el campo de viento presión de barlovento a sotavento con los

resultados 1.276 y -1.767 respectivamente y se puede tomar referencia de distintos ángulos. Estos valores muestran los coeficientes de presión que representan la relación entre la presión estática y la presión de estancamiento.

## 1.2. Magnitudes de flujo

Los resultados que están relacionados con la malla de volumen finito del modelo se muestran como magnitudes de campo de flujo. Estos incluyen el campo de presión, el campo de velocidad y los resultados del campo de turbulencia.

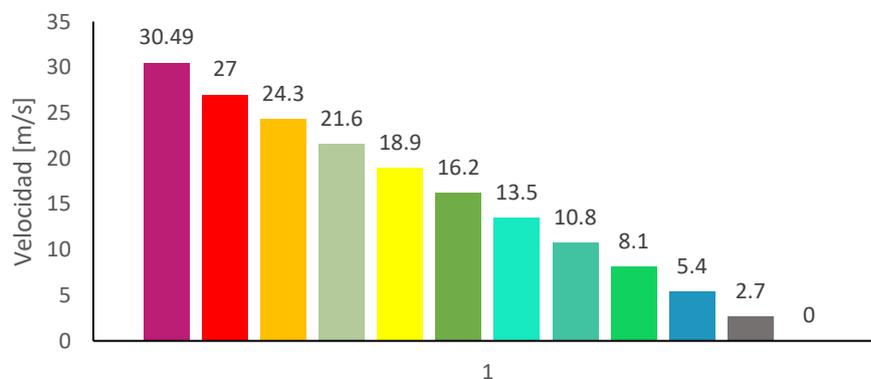
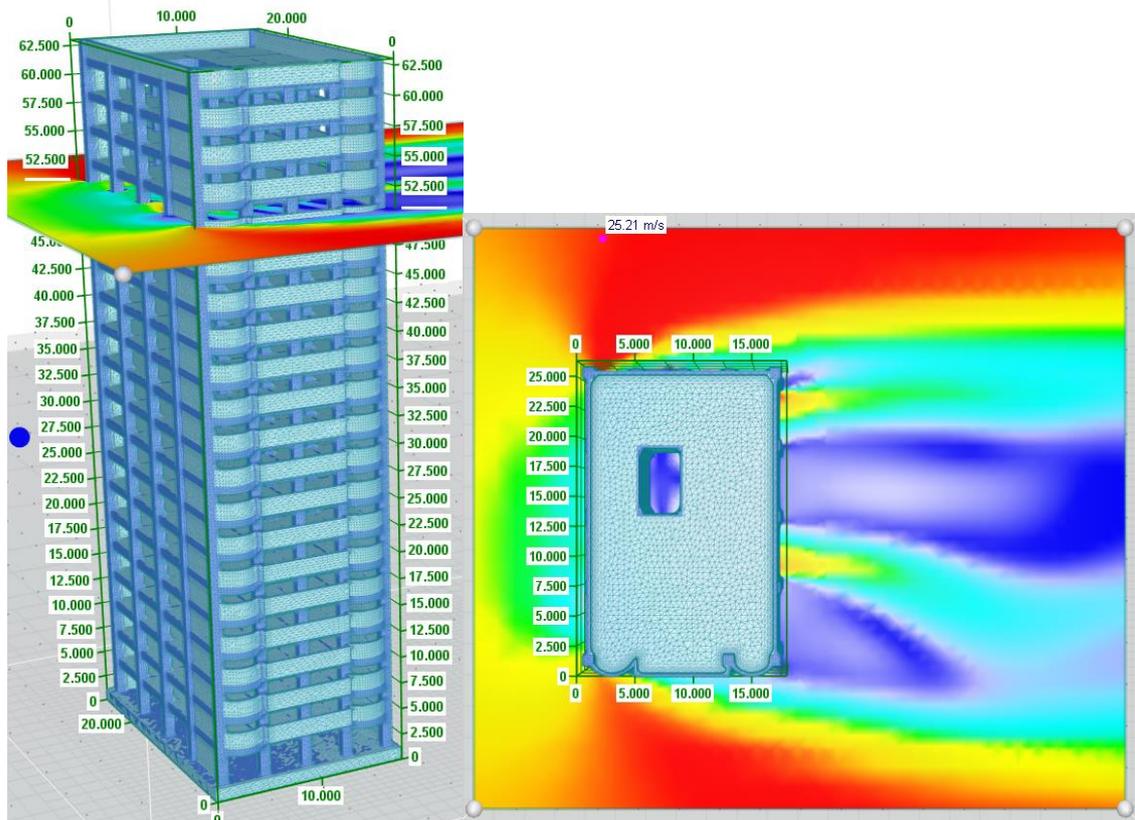
Figura N°03: Campo de presiones del viento en la estructura kPa



**Nota:** En la figura se puede observar el campo de presiones en una superficie de corte sobre la estructura con un máximo de 0.504 kPa y un mínimo de -0.712 kPa, donde representa una sección a través del túnel de viento las diferentes presiones

del flujo de aire y en los resultados se representa el arrastre por las magnitudes positivas y elevación por negativas. También esta sección se puede representar en distintos planos (XY, XZ, YZ) y con diferentes cambios de variación donde se puede interpretar de una mejor manera los resultados y así poder evaluar los campos de presión en secciones específicas de la estructura.

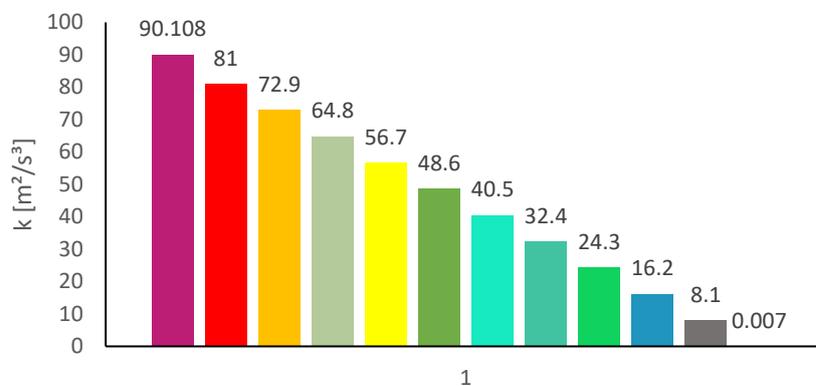
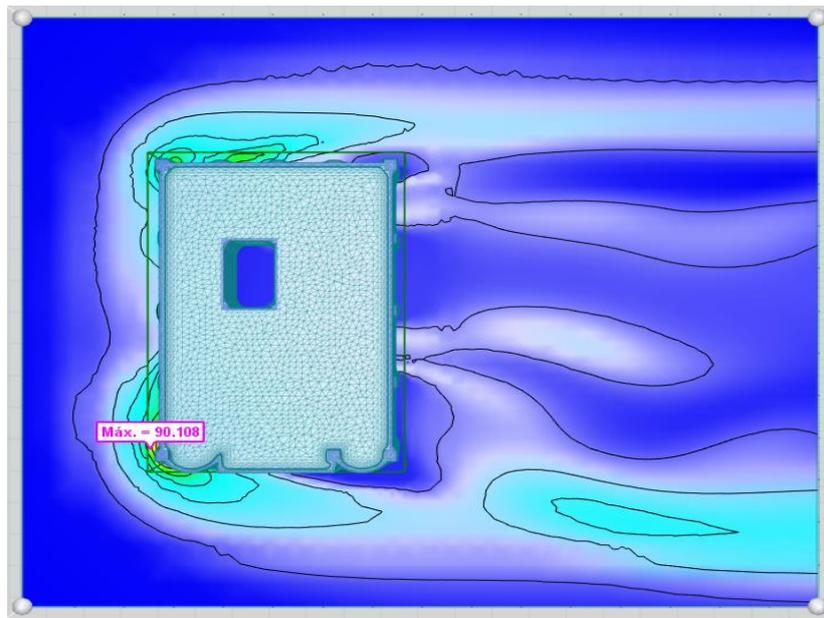
Figura N°04: Campo de velocidades del viento



**Nota:** En la figura se muestra una mejor representación del campo de velocidades en una sección a través del túnel de viento, donde se puede ver la distribución de

la velocidad de viento y permite evaluar el campo de velocidad del viento en la estructura como se muestra una velocidad máxima 30.49 m/s. Esto va a depender de la geometría de la estructura y a los diferentes planos en los que se representa (XY, XZ, YZ).

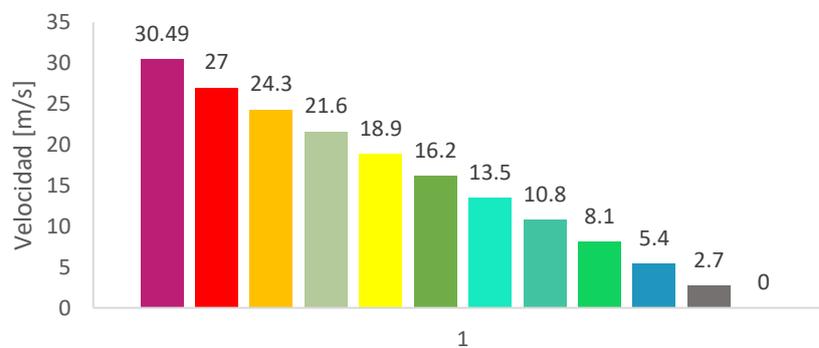
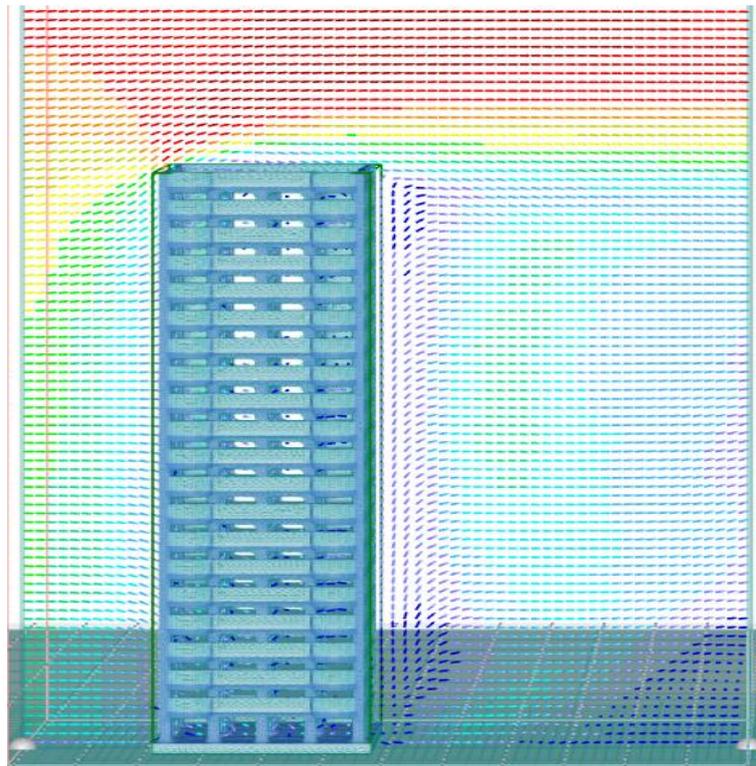
Figura N°05: Campo de turbulencias del viento alrededor de la estructura



**Nota:** En la figura se muestra una sección con los diferentes resultados de los campos de turbulencia que se generan a través del túnel de viento y que se ilustra la distribución con respecto a la energía cinética, que va desde 0.007 m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup> a 90.108 m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>, donde se puede examinar los efectos de la turbulencia en lugares específicos: tridimensional, rotacional, intermitente, altamente desordenado, difusivo y disipativo.

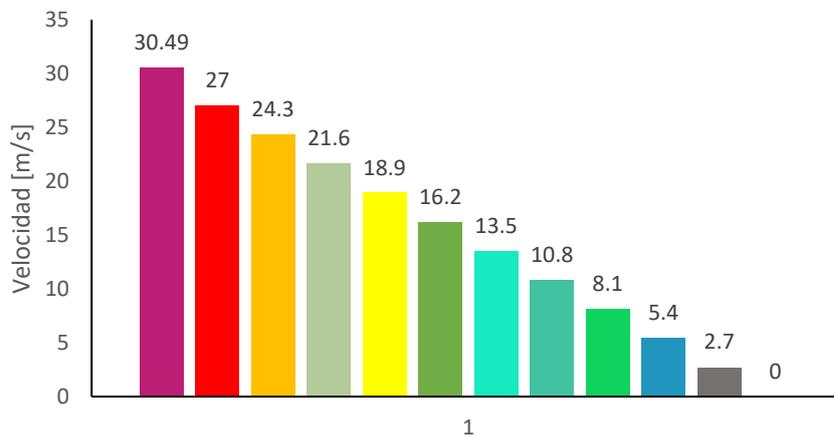
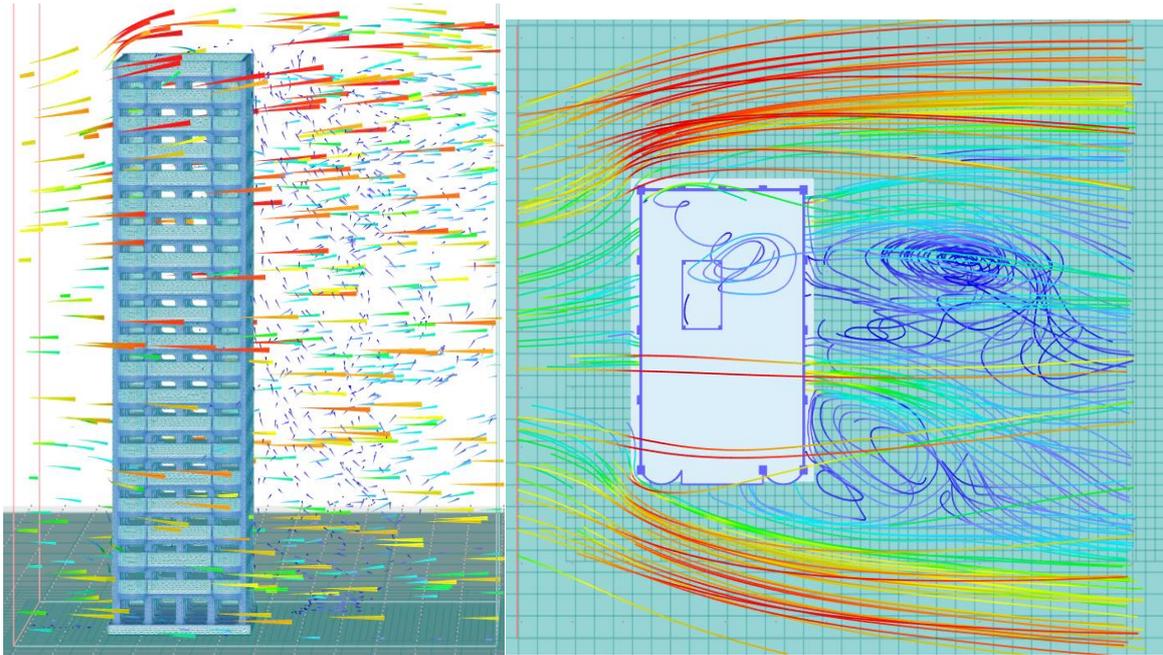
### 1.3. Esfuerzos en las barras

Figura N°06: Vectores de velocidad del viento



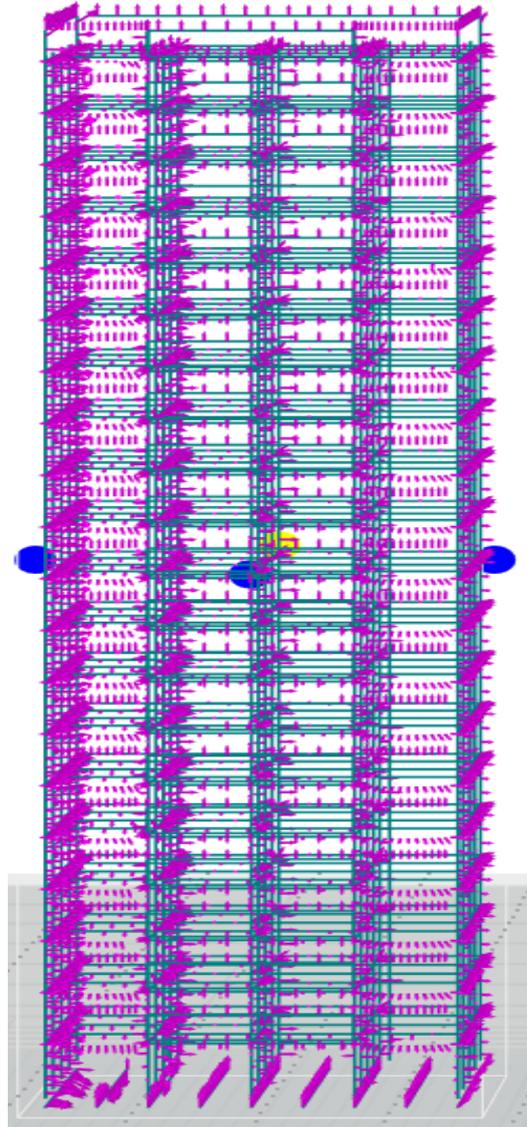
**Nota:** En la figura se observa que mediante los vectores de velocidad que ascienden desde 0 m/s hasta 30.49 m/s se puede encontrar en qué parte pueden producirse vórtices y los vectores con velocidad cero. Los vectores de velocidad dentro de un plano de corte representan una colección de flechas con magnitudes específicas y direcciones. Las flechas están unidas a puntos de cuadrícula discretos en el plano por los vectores de velocidad, que puede evaluar tanto la velocidad del viento como la dirección del flujo de aire alrededor del modelo.

Figura N°07: Líneas de corriente del viento



**Nota:** En la figura se observa un análisis más representativo del flujo del aire mediante las líneas de corriente del túnel de viento llegando hasta un máximo de 30.49 m/s y es donde podemos ver claramente que es lo que sucede con la acción de viento en la estructura, también representa de una mejor manera las partes que se produce vórtices, donde hay una mayor velocidad y en qué parte está retornando el viento (succionando). La representación aerodinámica es una herramienta que nos permite estudiar mejor las características del flujo de aire y representan una composición de curvas que son tangentes al vector de velocidad, mostrando la dirección en la que una masa sin elemento fluido viajará en cualquier momento.

Figura N°08: Esfuerzos en las barras de la estructura a base de elemento finitos



**Nota:** En la figura se muestra los esfuerzos que actúan sobre los miembros de la estructura. Cada flecha refleja el tamaño y la dirección de la fuerza determinada para una ubicación específica a lo largo de las barras.

## V. DISCUSIÓN

La simulación por elementos finitos de túnel del viento en una estructura de hormigón armado de 20 pisos, valida la hipótesis de esta investigación, en ese sentido se logró simular la estructura y evaluar los resultados por Dinámica de Fluidos Computacional (CFD) haciendo uso del RFEM (diseño) y RWIND (simulación), teniendo un impacto innovador y confiable en el desarrollo de los cálculos estructurales de edificaciones. Obteniendo los resultados. Presiones: Presiones superficiales y coeficientes de superficie CP, máximos 0.47; 1.276 y mínimos -0.45; -1.767 kPa respectivamente, tal como se muestra en las figuras N°1 y N°2. Magnitudes: Campo de presiones, campo de velocidades y campo de turbulencia; está entre 0.504 a -0.712 kPa, 0 a 30.49 m/s y 0.007 a 90.08 m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup> respectivamente, tal como se muestra en las figuras N°3, N°4 y N°5. Velocidades del viento: Vectores de velocidad y líneas de corriente están entre 0 a 30.49 m/s y los esfuerzos en las barras son finitos valores generados por el viento sobre elementos estructurales del edificio.

Hernández (2016), donde obtuvo como resultado en el modelo del software Wintess, al hacer la comparación del comportamiento de un modelo físico, los resultados que se obtuvieron a 0 grados y con una carga de viento, velocidad de viento real de 40 km/h = 11 m/s, donde los Cp – Coeficientes eólicos (-) presión (+) succión con un valor máximo de 1.00 y un mínimo de -0.58, por su parte Piña (2021) obtuvo como resultados de los coeficientes de presión CP a una velocidad de 37.9 m/s con valores máximos 1.23 y mínimo -0.163; estos resultados difiere a los encontrados en esta investigación, ya que lo podemos ver en las figuras N°01 y N°02 las presiones del viento que actúa sobre la estructura, identificando cada una por medio de colores y según la malla de elementos finitos a una velocidad de viento de diseño libre de 80 km/h = 24.5 m/s, donde el viento presión máximo es de 0.47 kPa y el viento succión es de -0.65 kPa, también en los coeficientes de superficie CP con valores máximo 1.276 y mínimo -1.767. Los resultados obtenidos de ambas investigaciones recaban mucho sobre las estructuras analizadas, pero los dos estudios concluyen que la realización de estos análisis es confiable para desarrollar un buen diseño estructural.

Balbastro y Sonzoni (2012), señala que el CFD es una herramienta útil para el análisis aerodinámico de estructuras soportadas a un flujo externo, ya que se utiliza para asistir en el diseño arquitectónico y estructural de membranas tensadas, este estudio ha obtenido resultados originales de los coeficientes de presión hacia la cubierta aislada donde menciona que la turbulencia es un factor importante a considerar en las simulaciones, ya que estos resultados influyen en la elección del modelo a diseñar, obtuvo el siguiente resultado en el campo de velocidades de 23.41 m/s como máximo, del mismo modo Piña (2021), obtuvo los siguientes resultados en el campo de presiones 1.276 kPa esta magnitud representa el arrastre y -2.205 kPa la elevación y en el campo de velocidades, como máximo 46.66 m/s que es causada por una velocidad de diseño de 37.9 m/s; estos resultados difieren a los encontrados a en esta investigación, ya que tienen diferentes velocidades de diseño. Los resultados obtenidos en la figura N°03, N°04 y N°05 que representan: Campo de presiones en una sección perpendicular hacia la estructura de 0.504 kPa, esta magnitud representa el arrastre y -0.712 kPa la elevación. Campo de velocidades se muestra las velocidades del viento en las diferentes áreas de la estructura llegando a un máximo de 27 m/s a una velocidad de diseño de 22.22 m/s. Campo de las turbulencias en la misma sección ilustra con respecto a la energía cinética los diferentes comportamientos del viento, llegando a una turbulencia máxima de 90.108 m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup> de manera difusiva y disipativa. Los resultados obtenidos de ambas investigaciones difieren mucho sobre las estructuras analizadas.

Cangrejo (2021), obtuvo como resultado de las fuerzas de arrastre en el campo de flujo con la simulación CFD se obtuvo una velocidad máxima en los vectores de velocidad de 55.57 m/s y con una velocidad de entrada 28 m/s, y señala que este cálculo es más económico y confiable, de la misma manera Piña (2021), tiene como resultado en los vectores de velocidad y líneas de corriente entorno a la estructura de 39.58 m/s; estos resultados son acorde a los encontrados en esta investigación tal como se muestra en la figura N°06 y N°07 de los vectores de velocidad y líneas de corriente, mostrando el análisis de manera representativa de la actuación del viento entorno al edificio llegando a un valor máximo de 30 m/s, donde se puede ver las secciones más vulnerables de la estructura respecto al viento y es

representada gráficamente en la figura N°08 estos esfuerzos en las barras fueron calculados de acuerdo a la malla de elementos finitos.

El estudio de la simulación por elementos finitos de túnel del viento en una estructura de hormigón armado de 20 pisos, presenta ciertas limitaciones, esto por la carencia de una normativa nacional para el diseño por fuerzas de viento.

Los resultados encontrados de la simulación por elementos finitos de túnel del viento en una estructura de hormigón armado de 20 pisos, ayuda a definir nuevos enfoques para las futuras investigaciones sobre el tema de estudio en la cual se puede utilizar diferentes softwares más amigables para los profesionales en el modelado y simulación de edificaciones e infraestructuras, con el objetivo de facilitar el trabajo y obtener construcciones más seguras.

Los resultados obtenidos de la simulación mediante el RFEM y RWIND facilitan a los ingenieros estructurales en la toma de decisiones al momento de desarrollar su diseño y prevenir posibles fallas ante fuerzas naturales, del mismo modo hace más económico el proceso de simulación de túnel de viento, ya que se hace de manera virtual empleando CFD.

Los hallazgos encontrados en cuanto a la simulación por elementos finitos de túnel del viento en una estructura de hormigón armado de 20 pisos, fueron las presiones, los campos de flujo y los esfuerzos en las barras respecto a esto se realizó el diseño de armadura.

De tal manera se concluye que los estudios de simulación de túnel de viento CFD son económicos y se pueden extraer datos confiables para hacer el cálculo estructural.

## VI. CONCLUSIONES

- Se concluye que aplicando el método de elementos finitos en la simulación por túnel de viento mediante el Software RWIND y usando un diseño previamente elaborado en el Software RFEM, el cual nos permitió analizar el comportamiento estático y dinámico de la estructura y obtener los resultados de manera específica de las presiones, magnitudes de flujo y esfuerzos en las barras los cuales fueron representados de forma gráfica.
- Se logró analizar la presión superficial en la estructura mediante la simulación por elementos finitos de túnel del viento, logrando obtener los siguientes resultados: La presión máxima es 0.47 kPa y succión máxima de -0.65 kPa, también en los coeficientes de superficie CP se tiene 1.276 barlovento y -1.767 sotavento.
- Se realizó el análisis de las magnitudes de flujo mediante la simulación por elementos finitos de túnel del viento en la estructura de hormigón armado, donde 0.504 kPa representa el arrastre y -0.712 kPa la elevación y en el campo de velocidades se muestra las velocidades del viento en las diferentes áreas de la estructura llegando a un máximo de 27 m/s a una velocidad de diseño de 22.22 m/s y en el campo de las turbulencias en la misma sección ilustra con respecto a la energía cinética los diferentes comportamientos del viento, llegando a una turbulencia máxima de 90.108 m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup> de manera difusiva y disipativa.
- Se obtuvo los análisis de los vectores de velocidad, líneas de corriente y de los esfuerzos en las barras de la estructura haciendo la simulación por elementos finitos de túnel del viento, llegando a concluir que los esfuerzos en todas las barras de la estructura representan valores bajos ante las respuestas del edificio, asimismo los vectores de velocidad y líneas de corriente, mostrando el análisis de manera representativa de la actuación del viento en torno a la estructura llegando a un valor máximo de 30 m/s, los esfuerzos en las barras calculado de acuerdo a la malla de elementos finitos.
- La simulación por elementos finitos permite a los ingenieros y diseñadores evaluar el comportamiento de los fluidos en diferentes situaciones y condiciones, lo que les permite optimizar el diseño de los sistemas y mejorar su eficiencia y rendimiento.

## VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda que:

- Se debe tener un cierto expértis del software para poderlo aplicar en el diseño estructural y poder obtener la información necesaria de acuerdo a los requerimientos del proyecto hasta llegar a un modelo BIM.
- Para profundizar más los conocimientos del software RFEM se recomienda asistir a las capacitaciones y cursos que brinda los especialistas de Dlubal Software para análisis y diseño estructural.
- Para poder obtener la información necesaria al realizar el modelado estructural por elementos finitos se debe tener un computador con capacidades de ingeniería.
- Se recomienda el Software RFEM para el modelado estructural por elementos finitos de estructuras complejas e irregulares con un diseño avanzado, ya que este software realiza un cálculo estático completo asimismo un diseño de armadura estructural.
- Renombrar y definir los materiales de una manera organizada nos permite obtener documentación de acuerdo a las necesidades del proyecto.
- Se recomienda utilizar el software RFEM para el diseño de edificaciones con categorías esenciales ya que nos permite evaluar de manera específica el análisis estático y dinámico.
- Aplicación en la metodología BIM debido a su integración con diferentes herramientas BIM y a la cantidad de información que podemos recatar de este software tridimensional de análisis de elementos finitos. Dicho lo anterior se deben establecer objetivos, conocer a todos los socios y los próximos flujos de trabajo y cumplir adecuadamente con el desarrollo del proyecto.
- Se debe tener en cuenta la geometría de la estructura, ya que es otro factor importante en la elección del tipo de elemento finito, para las estructuras con geometrías complejas se pueden utilizar elementos finitos de alta orden, mientras que para estructuras simples se pueden utilizar elementos finitos de baja orden.

## Referencias

- Abanto, C. 2009. Tecnología del concreto. Segunda. Lima : s.n., 2009.
- Adrian et al, . 2021. Proyecto de túnel de viento sobre paneles Fotovoltaicos montados en el suelo. 2021.
- Aviram et al, . 2019. Investigación del colapso de un muro de mampostería de ladrillo no reforzada bajo fuerzas de vientos moderadas. Colombia : s.n., 2019. Artículo.
- Balbastro, G. y Sonzogni, V. El uso de CFD para estudiar las presiones del viento en techos curvos sin paredes. Argentina : s.n. Artículo.
- Becerra, J. 2017. Validación del programa Flow Design para la obtención de cargas estáticas equivalentes de viento. España : s.n., 2017.
- Cangrejo Guzmán, Javier Fernando. 2021. DISEÑO DE UN TÚNEL DE VIENTO ABIERTO PARA EL LABORATORIO DE HIDRÁULICAS DE LA UNIVERSIDAD LIBRE MEDIANTE SIMULACIÓN DE CFD. Bogota : s.n., 2021.
- Cedillo, Andrés y Marín, Pablo. 2015. Estudio experimental y computacional mediante CFD ANSYS del flujo del aire a través de techos de edificaciones usando el túnel de viento. Cuenca : s.n., 2015. pág. 160, Tesis.
- Charleson, Andrew. 2003. La estructura como arquitectura. 2003. pág. 120.
- Cormac, J. 2010. Análisis de estructuras Método Clásico y Matricial. Cuarta. Ciudad de Mexico : s.n., 2010.
- Covarrubias, Rosa. 2020. Analisis de falla utilizando programa de simulación para tunel de viento. México. 2020. pág. 133.
- David, Surry, Robert, Kitchen y Alan, Davenport. 1977. Simulación numérica e investigación en túnel de viento sobre las características estáticas del arrancador de rotor VAWT con estructura combinada de elevación y arrastre. Canada : s.n., 1977.
- Desai et al, . 1994. Modelado de elementos finitos de línea de transmisión al galope. Canada : s.n., 1994.

España, Gobierno de. 2023. Vientos Fuertes. España : s.n., 2023.

Frias Valero, Eduardo. 2002. Método de los elementos finitos (MEF o FEM). Barcelona : s.n., 2002.

Fundora, N. y Martínez, J. 2021. Obtención de coeficientes de forma en una sección cuadrada mediante simulación numérica. Habana. Cuba : s.n., 2021. pág. 8.

G.C., Balbastro y V.E., Sonzogni. 2012. Uso de CFD para estudio de presiones del viento en cubiertas curvas aisladas. Santa Fe : s.n., 2012. pág. 6.

Garcia, E, Garcia, R y Cárdena, B. 2006. Simulación y análisis de sistemas con ProModel. Primera. Ciudad de Mexico : s.n., 2006. pág. 280.

González, Josué Nicolás. 2021. Diseño y construcción de túnel de viento con cámara de pruebas modular. Colombia : s.n., 2021. pág. 76.

Grabiél, Valencia Cimet. 2002. Acción del viento sobre las estructuras. Bogotá : s.n., 2002. pág. 46.

Guadalupe y Bustillos. 2018. Diseño y simulación de un banco de pruebas aerodinámico (túnel de viento) para validación de simulaciones con software CFD. Ecuador : s.n., 2018. Tesis.

Gutiérrez, Josafat Arturo Piña. 2021. Obtención de coeficientes de presión y velocidades de viento en un conjunto de edificios mediante simulación CFD. Ciudad de México : s.n., 2021. pág. 100.

Hernández Rubio, Diana Carolina. 2016. Modelo de análisis de estudio de viento para estructuras tensadas. Barcelona : s.n., 2016.

Hernández, S., y otros. 2014. Metodología de la Investigación. sexta. México : s.n., 2014.

L, William y Jr, Hallauer. 2022. movimiento Dinámico de un Sistema Mecánico Relativo a una Posición de Equilibrio Estático No Trivial; Diagrama Dinámico de Cuerpo Libre. Barcelona : s.n., 2022.

Lasing, Jara y Apcarian. 2021. Determinación de vibraciones transversales en un edificio, a partir de ensayos en túnel de viento. 2021.

- López, Maártin y Castayeda. 2018. Respuesta torsional de edificaciones bajo cargas de viento. Cuba : s.n., 2018. Artículo.
- Martín, P., Fernández, I. y Parmas, E. 2018. Estudio comparativo de normas para el análisis dinámico de una torre autosoportada bajo carga de viento. Cuba : s.n., 2018. Artículo.
- Muños, M. 2012. Diseño y análisis computacional para túnel de viento de vaja velocidad. Madrid. España : s.n., 2012.
- Osorio et al, . 2018. Comparación de Cargas de Viento en Techos Planos y a dos aguas calculados con el Código de Edificación Colombiano y Resultados. Colombia : s.n., 2018. Artículo.
- Polo, R. y Cobeña, O. 2020. Influencia del modelamiento en la respuesta estructural de muros cortina utilizando el método de los elementos finitos en edificios de 10, 20 y 30 pisos en la ciudad de Lima. Lima : s.n., 2020.
- Pozos, Amaya. 2022. Characteristics and calibration of the mexican boundary layer wind tunnel at UNAM. México : s.n., 2022. Artículo.
- Reyes, Luis Enrique García. 1998. Dinámica estructural aplicada al diseño sísmico. Bogotá : s.n., 1998. pág. 584.
- Rodriguez Salinas, Fatima B. 2021. Acción de viento sobre las construcciones. San Miguel de Tucumán : s.n., 2021.
- Rombach, G.A. 2004. Finite element design of concrete structures. 2da edition. London : s.n., 2004. pág. 229.
- Salvadori, M y Heller, R. 2005. Estructuras para arquitectos. Tercera. Buenos Aires : s.n., 2005.
- Sang et al, . 2021. Wind tunnel studies of buildings and structures. China : s.n., 2021.
- Ted, Stathopoulos y Hatem, Alrawashdeh. 2020. Cargas de viento en edificios: perspectiva de un código de práctica. Canada : s.n., 2020. Artículo.

Ticona, F. 2019. Evaluación del desempeño por viento a partir de un diseño sísmico de una edificación de concreto armado en la ciudad de Juliaca. Juliaca. Perú : s.n., 2019. pág. 167.

Wittwer et al, . 2021. Proyecto Torre Rivera: Estudio aerodinámico mediante ensayos de túnel de viento. Argentina : s.n., 2021. pág. 14.

## **ANEXOS**

**Tabla 4.** Operacionalización de variables “Simulación por elementos finitos de túnel de viento en una estructura de hormigón armado de 20 pisos. Truillo 2022”

| Variable                      | Definición conceptual                                                                                                                                                                                                                                       | Definición operacional                                                                                                                                                                                          | Dimensión                  | Indicadores                             | Escala de medición |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------|--------------------|
| independiente                 | Es un método que nos permite solucionar problemas matemáticos muy complejos, dividiendo a la estructura en una cierta cantidad de elementos finitos y explicando el comportamiento de cada uno por medio de funciones algorítmicas. (Reyes, 1998, pág. 307) | Elemento isoparamétrico que posee nodos, para el cálculo de presiones y esfuerzos.                                                                                                                              | Presiones                  | Presión Superficial                     | Razón              |
| Elementos finitos             |                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                 |                            | Coeficiente de presión CP               |                    |
|                               |                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                 | Esfuerzos                  | $V_x = \int_{-d/2}^{+d/2} \tau_{xz} dz$ | Razón              |
|                               |                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                 |                            |                                         |                    |
| dependiente                   | Estructura conformada por elementos estructurales que soportan cargas en diferentes direcciones. (Charleson, 2003)                                                                                                                                          | Son los elementos que conforman a un edificio, el mismo que está sujeto a diferentes cálculos para el diseño estructural y esto con la finalidad de poder medir la magnitud de flujo del viento hacia edificio. | Magnitud de campo de flujo | Campo de presiones                      | Razón              |
| Estructura de hormigón armado |                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                 |                            | Campo de velocidades                    |                    |
|                               |                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                 |                            | Turbulencia: campo k                    | Razón              |

**Tabla 5.** Matriz de consistencia “Simulación por elementos finitos de túnel de viento en una estructura de hormigón armado de 20 pisos. Trujillo 2022”

| Problema general                                                                                                                                                                                       | Objetivos                                                                                                                                                                | Marco teórico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Hipótesis                                                                                                                                  | Variables                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Metodología                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                        | <b>O. General</b>                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | H. General                                                                                                                                 | Independiente                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Tipo de investigación                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                                                                                                                                                                        | Realizar la simulación por elementos finitos de túnel del viento en una estructura de hormigón armado de 20 pisos, Trujillo 2022                                         | Para González (2021), en su tesis titulada “Diseño y construcción de un túnel de viento con cámara de pruebas modular” menciona que la simulación por túneles de viento realizado por un software es un método bastante aplicable ya que permite predecir las cargas de viento a un bajo costo.                                                                                                                                                            |                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Propósito: Aplicada<br>Por diseño: No experimental                                                                                                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                        | <b>O. Específicos</b>                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Diseño de investigación: No experimental transversal descriptivo                                                                                                                                                                        |
| ¿Cómo es la simulación por elementos finitos de túnel del viento en una estructura de hormigón armado de 20 pisos, Trujillo 2022?, Referente a ello nos planteamos las siguientes preguntas específica | Analizar las presiones en la superficie haciendo la simulación por elementos finitos de túnel del viento en una estructura de hormigón armado de 20 pisos, Trujillo 2022 | Según Wittwer et al, (2021), en su artículo científico titulado “Proyecto torre rivera: Estudio aerodinámico mediante ensayos de túnel de viento” menciona que a las estructuras con diseños geométricos particulares es importante realizar ensayos de túnel de viento para poder determinar las cargas aerodinámicas, este trabajo tuvo finalidad en calcular el comportamiento dinámico sobre la estructura Torre Rivera, causado por fuerzas de viento | Es posible evaluar la simulación por elementos finitos de túnel del viento en una estructura de hormigón armado de 20 pisos, Trujillo 2022 | Elementos finitos:<br>Definición conceptual:<br>Es un método que nos permite solucionar problemas matemáticos muy complejos, dividiendo a la estructura en una cierta cantidad de elementos finitos y explicando el comportamiento de cada uno por medio de funciones algorítmicas. (Reyes, 1998, pág. 307) | Unidad de estudio: Edificio de hormigón armado<br><br>Población:<br>La población del presente proyecto Son todas las edificaciones con sistema estructural dual.<br><br>Muestra: Edificación de 20 niveles con sistema estructural dual |
|                                                                                                                                                                                                        | Analizar las magnitudes de flujo haciendo la simulación por elementos finitos de túnel del viento en una estructura de hormigón armado de 20 pisos, Trujillo 2022        | Según Covarrubias (2020), en su tesis titulada “Análisis de falla utilizando programa de simulación para túnel de viento” donde la investigación tiene como objetivo del diseño de una metodología que permita probar prototipos propios impresos en 3D en túnel de viento                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.<br>Técnicas: Observación                                                                                                                                               |
|                                                                                                                                                                                                        | Analizar los esfuerzos en la barra haciendo la simulación por elementos finitos de túnel del viento en una estructura de hormigón armado de 20 pisos, Trujillo 2022      | Según Ticona (2019), en su tesis titulado “Evaluación del desempeño por viento a partir de un diseño sísmico de una edificación de concreto armado en la ciudad de Juliaca” refiere lo siguiente, debido a los eventos de fuertes vientos en la ciudad de Juliaca ahí la necesidad de conocer el comportamiento del viento en el diseño sísmico de una estructura                                                                                          |                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                         |

MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS

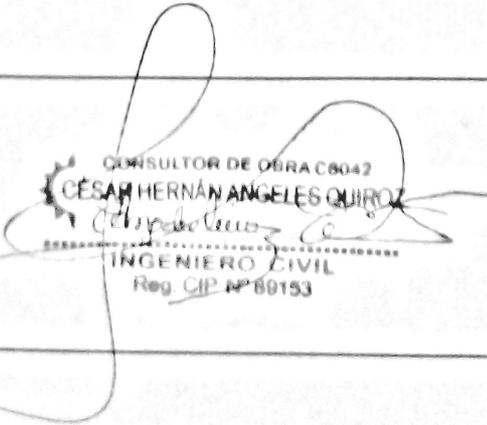
|                                                     |                                                                                                                     |  |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Título de investigación                             | Simulación por elementos finitos de túnel de viento en una estructura de hormigón armado de 20 pisos, Trujillo 2022 |  |
| Línea de investigación                              | Diseño sísmico y estructural                                                                                        |  |
| Apellidos y nombres del experto                     | César Hernán Ángeles Quiroz                                                                                         |  |
| El instrumento de medición pertenece a la variable: | Independiente                                                                                                       |  |

Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la

| Ítems | Preguntas                                                                                                     | Aprecia |    | Observaciones |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----|---------------|
|       |                                                                                                               | SÍ      | NO |               |
| 1     | ¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?                                                      | X       |    |               |
| 2     | ¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?                                                      | X       |    |               |
| 3     | ¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?                       | X       |    |               |
| 4     | ¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?             | X       |    |               |
| 5     | ¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?                            | X       |    |               |
| 6     | ¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?                               | X       |    |               |
| 7     | ¿Cada una de las preguntas del instrumenta de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los      | X       |    |               |
| 8     | ¿El diseño del instrumenta de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?"                      | X       |    |               |
| 9     | ¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumenta de medición?                                   | X       |    |               |
| 10    | ¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?                                  | X       |    |               |
| 11    | ¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos | X       |    |               |

Sugerencias:

Firma del experto:

CONSULTOR DE OBRA C8042  
**CÉSAR HERNÁN ANGELES QUIROZ**  
  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 69153

**DOCUMENTOS PARA VALIDAR LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN  
A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTOS**

## CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor(a): Cesar Hernán Ángeles Quiroz

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería civil de la UCV, en la sede Trujillo, promoción 2023-1, requerimos validar los instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación y con la cual optaremos el grado de Ingeniero.

El título nombre de nuestro proyecto de investigación es: Simulación por elementos finitos de túnel del viento en una estructura de hormigón armado de 20 pisos, Trujillo 2022 y siendo imprescindible contar con la aprobación de ingenieros civiles colegiados, para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia profesional.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.



**Erlin Huamán Escobar**

**DNI: 75821453**



**Ubaldo Reinerio Mendoza Guevara**

**DNI: 74567278**

## DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES

### Variable y operacionalización

Variable independiente: Elementos finitos

Definición conceptual: Es un método que nos permite solucionar problemas matemáticos muy complejos, dividiendo a la estructura en una cierta cantidad de elementos finitos y explicando el comportamiento de cada uno por medio de funciones algorítmicas. (Reyes, 1998 pág. 307)

Definición operacional: Elemento isoparamétrico que posee nodos, para el cálculo de presiones y esfuerzos.

Dimensión: Presiones

- Indicadores: Presión superficial
- Indicadores: coeficiente de superficie CP
- Escala de medición: Razón

Dimensión: Esfuerzos

- Indicadores:  $V_x = \int_{-d/2}^{+d/2} \tau_{xz} dz$
- Indicadores:  $V_y = \int_{-d/2}^{+d/2} \tau_{xz} dz$
- Escala de medición: Razón

Variable dependiente: Estructura de hormigón armado

Definición conceptual: Estructura conformada por elementos estructurales que soportan cargas en diferentes direcciones. (Charleson, 2003)

Definición operacional: Son los elementos que conforman a un edificio, el mismo que está sujeto a diferentes cálculos para el diseño estructural y esto con la finalidad de poder medir la magnitud de flujo del viento hacia edificio.

Dimensión: Magnitud de flujo

- Indicadores: Campo de presiones
- Indicadores: Campo de velocidades
- Indicadores: Turbulencia: campo k
- Escala de medición: Razón

### MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

| Operacionalización de variables |                                                                                                                                                                                                                                                             | "Simulación por elementos finitos de túnel de viento en una estructura de hormigón armado de 20 pisos, Trujillo 2022"                                                                                           |                            |                                         |                    |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------|--------------------|
| Variable                        | Definición conceptual                                                                                                                                                                                                                                       | Definición operacional                                                                                                                                                                                          | Dimensión                  | Indicadores                             | Escala de medición |
| independiente                   | Es un método que nos permite solucionar problemas matemáticos muy complejos, dividiendo a la estructura en una cierta cantidad de elementos finitos y explicando el comportamiento de cada uno por medio de funciones algorítmicas. (Reyes, 1998, pág. 307) | Elemento isoparamétrico que posee nodos, para el cálculo de presiones y esfuerzos.                                                                                                                              | Presiones                  | Presión Superficial                     | Razón              |
| Elementos finitos               |                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                 |                            | Coeficiente de presión CP               |                    |
|                                 |                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                 | Esfuerzos                  | $V_x = \int_{-d/2}^{+d/2} \tau_{xz} dz$ | Razón              |
|                                 |                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                 |                            |                                         |                    |
| dependiente                     | Estructura conformada por elementos estructurales que soportan cargas en diferentes direcciones. (Charleson, 2003)                                                                                                                                          | Son los elementos que conforman a un edificio, el mismo que está sujeto a diferentes cálculos para el diseño estructural y esto con la finalidad de poder medir la magnitud de flujo del viento hacia edificio. | Magnitud de campo de flujo | Campo de presiones                      | Razón              |
| Estructura de hormigón armado   |                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                 |                            | Campo de velocidades                    |                    |
|                                 |                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                 |                            | Turbulencia: campo k                    | Razón              |

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO**

| Nº | VARIABLES-DIMENSIONES-INDICADORES<br>VARIABLE INDEPENDIENTE: ELEMENTOS FINITOS | Pertinencia <sup>1</sup> |    | Relevancia <sup>2</sup> |    | Claridad <sup>3</sup> |    | Sugerencias |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----|-------------------------|----|-----------------------|----|-------------|
|    |                                                                                | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
|    | DIMENSIÓN 1: PRESIONES                                                         | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
| 1  | Presión Superficial                                                            | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
| 2  | Coefficiente de presión CP                                                     | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
|    | DIMENSIÓN 2: ESFUERZOS                                                         | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
| 3  | $V_x = \int_{-d/2}^{+d/2} \tau_{xz} dz$                                        | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
| 4  | $V_y = \int_{-d/2}^{+d/2} \tau_{yz} dz$                                        | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
|    | <b>VARIABLE INDEPENDIENTE: ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO</b>                   |                          |    |                         |    |                       |    |             |
|    | DIMENSIÓN 3: MAGNITUDES DE CAMPO DE FLUJO                                      | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
|    | Campo de presiones                                                             | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
|    | Campo de velocidades                                                           | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
| 4  | Turbulencia: campo                                                             | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |

## TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

| técnicas                                                                           | Instrumentos                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Observación directa                                                                | Escala de estimación                                                                          |
| Revisión de documentos                                                             | Base de datos científicos                                                                     |
| Planificación                                                                      | PROJECT                                                                                       |
| Análisis y evaluación de resultados                                                | Excel                                                                                         |
| Método de elementos finitos                                                        | Software estructural RFEM                                                                     |
| Túnel de viento virtual                                                            |                                                                                               |
| Simulación                                                                         | Software de túnel de viento RWIND                                                             |
| Combinación de análisis de elementos finitos con la simulación por túnel de viento | Interfaz del software para el modelado y simulación estructural (RFEM)                        |
| Análisis de presiones en la estructura                                             | Softwares de túnel de viento generadores de vorticidad para producir viento incidente (RWIND) |
| Magnitud de flujo                                                                  |                                                                                               |
| Esfuerzos en las barras                                                            |                                                                                               |
| Fuerzas de viento                                                                  | Sitio web de mapas de cargas de viento Dlubal                                                 |

Opinión de aplicabilidad:      **Aplicable** [  ]      **Aplicable después de corregir** [  ]      **No aplicable** [  ]

**Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: Cesar Hernán Ángeles Quiroz**

**DNI:** 41369268

**Especialidad del validador: Estructuras**

**05 de junio del 2023**

<sup>1</sup>**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo



CONSULTOR DE OBRA C6042  
CESAR HERNÁN ANGELES QUIROZ  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. N° 69153

**Firma del Experto Informante.**

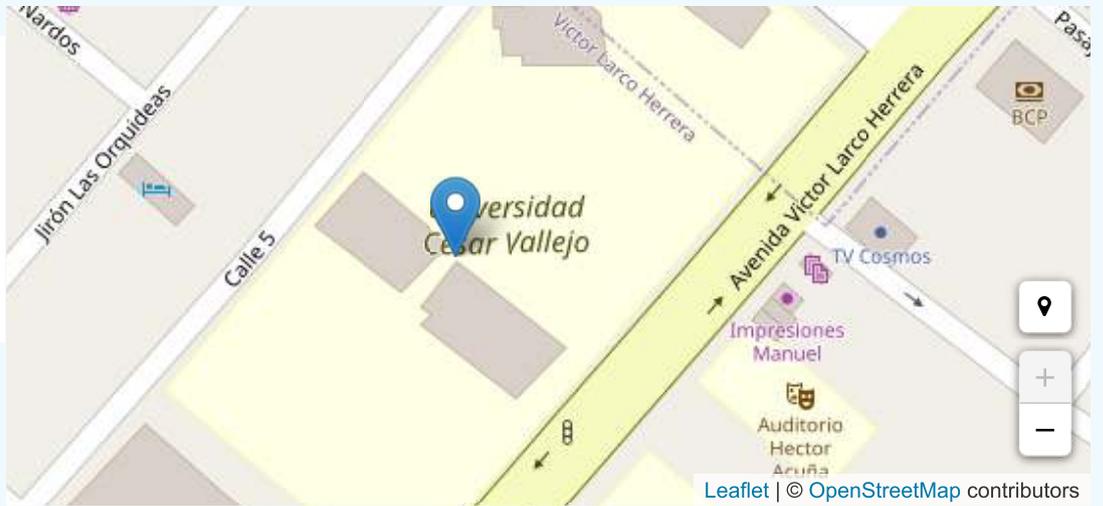


# Herramienta de zonas geográficas: zonas de carga de nieve, zonas de viento y zonas sísmicas

## UBICACIÓN

Calle Calle 5  
Código postal  
Ciudad Víctor Larco Herrera

Latitud -8.129°  
Longitud -79.044°  
Altitud 6 m



## Resultados del informe

### VIENTO

Velocidad básica del viento

**V = 80.0 km/h**

V en km/h

**80**

Sugerencias de cálculo

El período de devolución de referencia es de 50 años.

Fuentes  
NTE E.020:2006| <http://www.gadm.org/download>

### NORMA

■ ■ NTE E.020

### ESTADO

■ ■ Perú

### TERREMOTO

Coeficiente de zona sísmica

**Z = 0.45**

Región sísmica

**4**

Sugerencias de cálculo

El período de devolución de referencia es de 50 años.

Fuentes  
NTE E.030:2016| <http://www.gadm.org/download>

### NORMA

■ ■ NTE E.030

### ESTADO

■ ■ Perú

### Descargo de responsabilidad:

Sugerencias de cálculo El material presentado en el informe no debería utilizarse o tomarse como base para alguna aplicación específica sin que antes ingenieros y demás profesionales autorizados lo sometan a un examen competente y verifiquen su exactitud, idoneidad y aplicabilidad. No pretendemos que el uso de esta información sustituya el buen juicio de dichos profesionales competentes que tienen experiencia y conocimiento en el campo de especialización, ni tampoco sustituir el grado de diligencia exigido por parte de estos profesionales al interpretar y aplicar los resultados del informe que les proporciona este sitio web. Los usuarios de la información aparecida en este sitio web asumen toda la responsabilidad que surja de tal uso. La utilización de los resultados de este sitio web no implica la aprobación por parte de los órganos rectores de los códigos de edificación responsables de la aprobación e interpretación del código de edificación para el lugar de construcción descrito en el informe mediante la latitud y longitud.

## Tu solicitud de licencia de estudiante | Instrucciones de instalación

1 mensaje

Dlubal Software <info@dlubal.com>

11 de abril de 2023, 8:58

Para: Ubaldo Reinerio Mendoza Guevara <urmendoza@ucvvirtual.edu.pe>



Estimado Sr. Mendoza Guevara,

Gracias por haberte decidido usar la versión de estudiante de Dlubal. La licencia de estudiante es válida durante un año y es una versión completa sin restricciones que se debe usar solo con fines académicos.

Esta generación de programas es una licencia completamente basada en la nube para un inicio de sesión flexible y un uso las 24 horas, los 7 días de la semana.

Para usar la versión de estudiante, hemos creado una nueva cuenta de Dlubal basada en la información que nos proporcionaste:

Correo electrónico:

Contraseña: **stdntxyz**

Cambia tu contraseña aquí:

→ [Solicitar nueva contraseña](#)

Consulta la extranet de Dlubal para conocer las últimas noticias y más información sobre tu cuenta de Dlubal:

→ [Extranet | Mi cuenta](#)

Para ayudarte a empezar con los programas de Dlubal, te recomendamos las siguientes páginas web:

→ [Vídeos de aprendizaje en línea](#)

→ [RFEM 6 | Primeros pasos](#)

¿Tienes alguna pregunta sencilla y necesitas una respuesta rápida? Usa la función de chat disponible en nuestra página web o echa un vistazo a las preguntas frecuentes:

→ [Preguntas más frecuentes \(FAQ\)](#)

Esperamos que disfrutes del software de análisis y dimensionamiento de estructuras de Dlubal.

Atentamente,

Su equipo de Dlubal



[Preguntas más frecuentes \(FAQ\)](#)





E H E &lt;erlinhelibra18@gmail.com&gt;

## Tu solicitud de licencia de estudiante | Instrucciones de instalación

1 mensaje

**Dlupal Software** <info@dlupal.com>  
Para: Erlin Huamán Escobar <erlinhelibra18@gmail.com>

17 de abril de 2023, 8:03



**Estimado Sr. Huamán Escobar,**

Gracias por haberte decidido usar la versión de estudiante de Dlupal. La licencia de estudiante es válida durante un año y es una versión completa sin restricciones que se debe usar solo con fines académicos.

### Su cuenta de Dlupal

Para usar la versión de estudiante, hemos creado una nueva cuenta de Dlupal basada en la información que nos proporcionaste:

Correo electrónico:

Contraseña: **rfem-6-password**

Cambia tu contraseña aquí:

→ [Solicitar contraseña nueva](#)

Consulte la extranet de Dlupal para conocer las últimas noticias y más información sobre su cuenta de Dlupal:

→ [Extranet | Mi cuenta](#)

Encuentra más información sobre el proceso de instalación aquí:

→ [Instrucciones de instalación](#)

Descarga los programas de Dlupal y el archivo de autorización en tu cuenta de Dlupal:

→ [Productos para descargar | Registro "R19"](#)

→ [Archivo de autorización para descargar](#)

**Por favor, ten en cuenta al activar la licencia:**

Después de iniciar RFEM 5 o RSTAB 8 por primera vez, importa el archivo de autorización (Author.ini). Al reiniciar el software, se activará la licencia. Ten en cuenta que se necesita una conexión a Internet para activar la licencia.

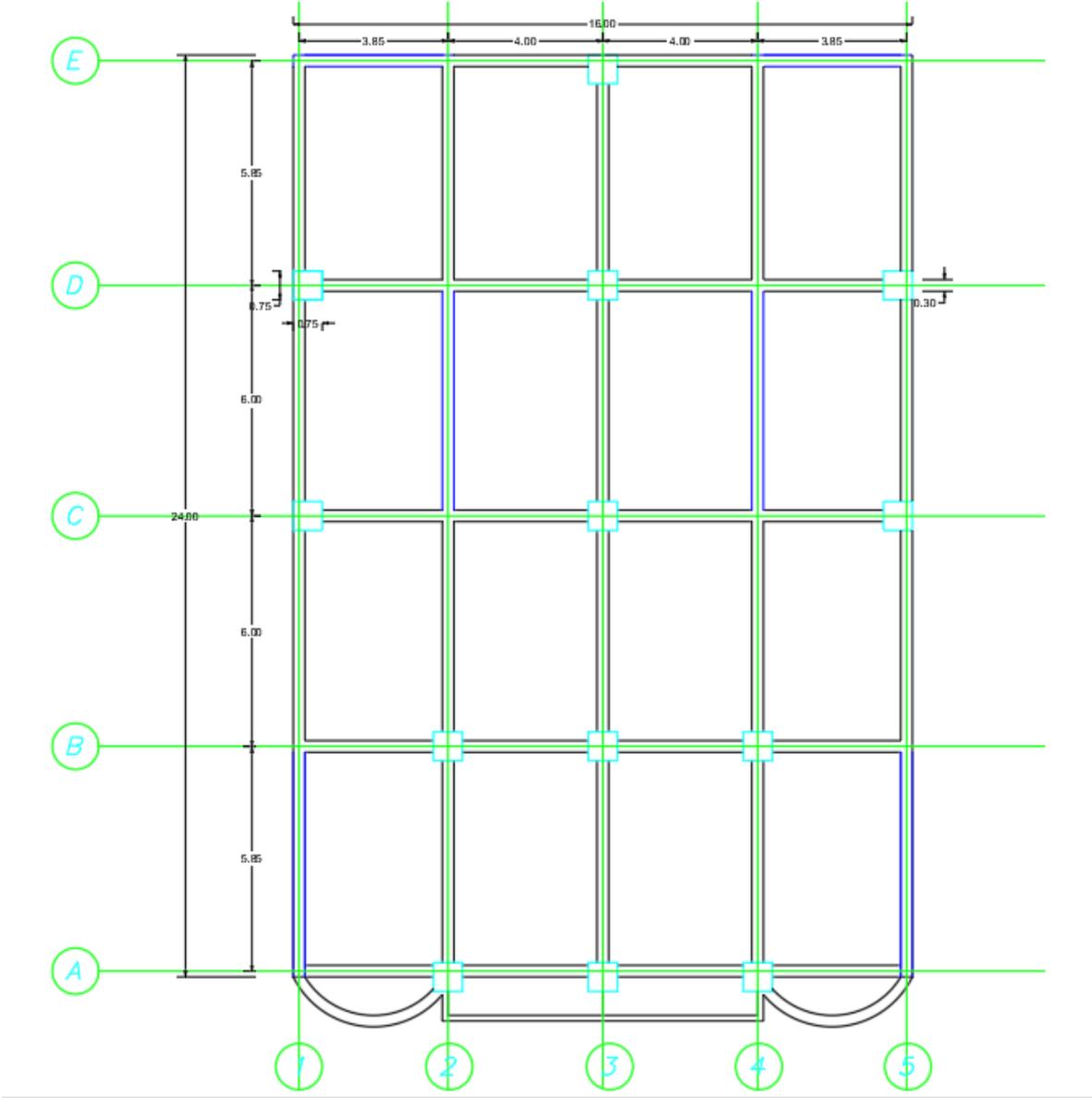
Para ayudarle a empezar con los programas de Dlupal, le recomendamos las siguientes páginas web:

→ [Vídeos de formación en línea | RFEM 5 para principiantes](#)

→ [Vídeos de formación en línea | Modelado con RFEM 5](#)

→ [RFEM 5 | Manual en línea](#)

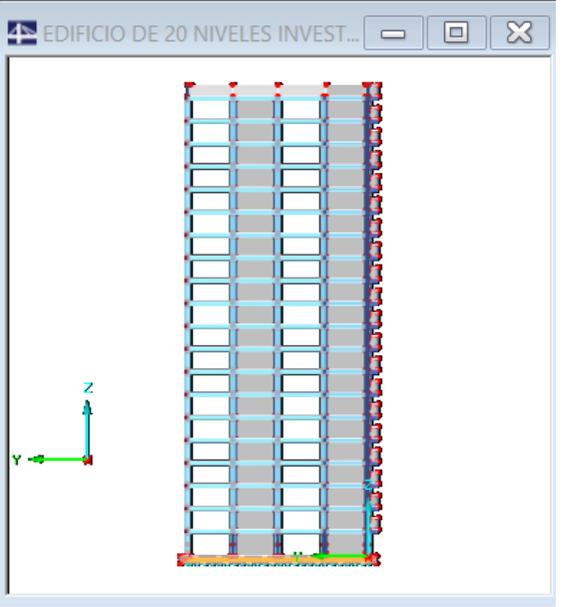
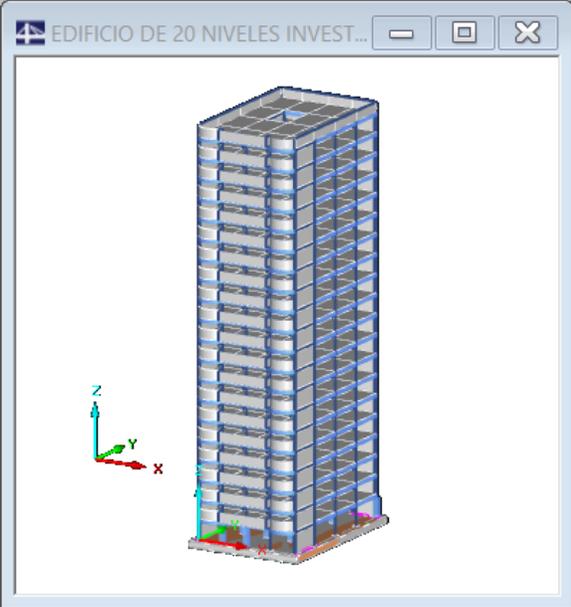
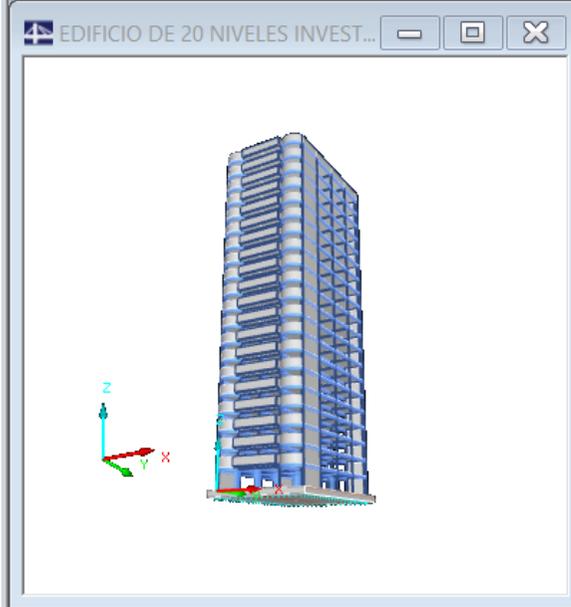
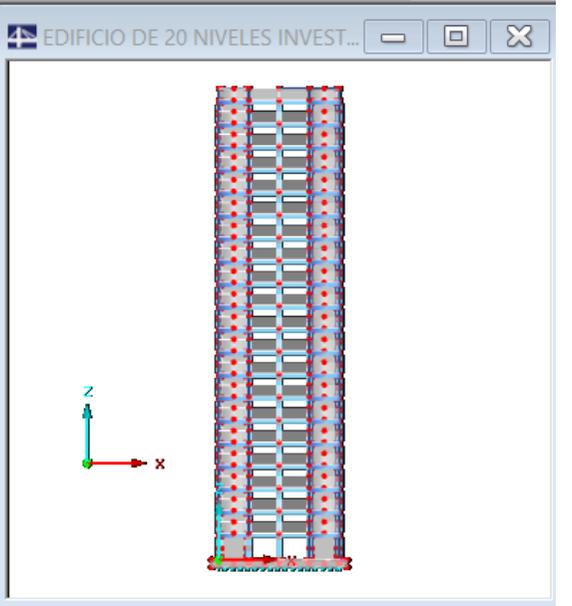
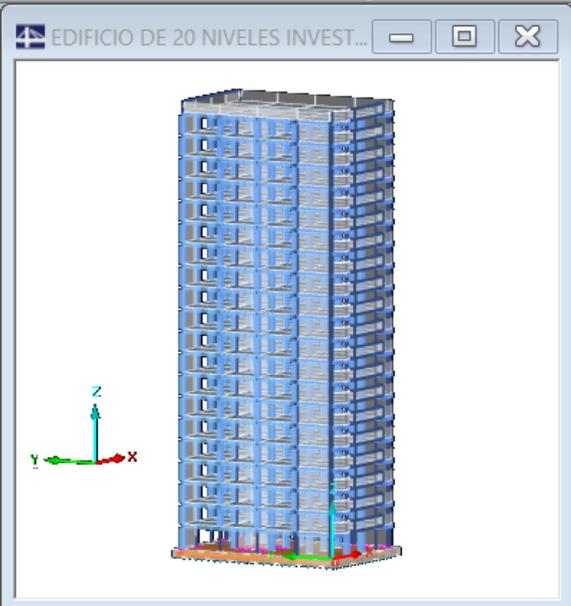
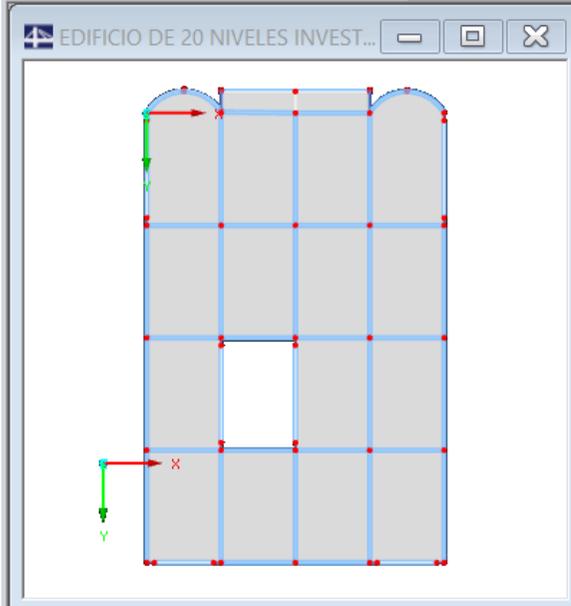
Plano estrutural



# Modelado del edificio de 20 niveles en RFEM

Isométrico







■ CONTENIDO

|          |                                                                                 |      |          |                                           |      |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------|------|----------|-------------------------------------------|------|
|          | Modelo - Datos generales                                                        | 46   |          |                                           |      |
|          | Configuración de malla de EF                                                    | 47   |          |                                           |      |
| <b>1</b> | <b>Modelo</b>                                                                   |      |          |                                           |      |
| 1.3      | Materiales                                                                      | 47   | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1056 |
| 1.4      | Superficies                                                                     | 47   | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1057 |
| 1.4.2    | Superficies - Objetos integrados                                                | 57   | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1057 |
| 1.5      | Sólidos                                                                         | 59   |          |                                           |      |
| 1.17     | Barras                                                                          | 60   | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1058 |
| 1.17.5   | Vigas de resultados - Parámetros                                                | 90   | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1058 |
| <b>2</b> | <b>Casos de carga y combinaciones</b>                                           |      |          |                                           |      |
| 2.1      | Casos de carga                                                                  | 91   | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1059 |
| 2.1.1    | Casos de carga - Parámetros de cálculo                                          | 91   |          |                                           |      |
| 2.5      | Combinaciones de carga                                                          | 91   | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1059 |
| 2.5.2    | Combinaciones de carga - Parámetros de cálculo                                  | 92   | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1060 |
| 2.7      | Combinaciones de resultados                                                     | 93   | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1060 |
| <b>3</b> | <b>Cargas</b>                                                                   |      |          |                                           |      |
|          | CC1 - CM - 3.4 Cargas superficiales                                             | 93   | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1060 |
|          | CC2 - CV - 3.4 Cargas superficiales                                             | 94   | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1061 |
|          | CC4 - Viento 0° - 3.2 Cargas en barras                                          | 94   | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1061 |
| <b>4</b> | <b>Resultados - Casos de carga, combinaciones de carga</b>                      |      |          |                                           |      |
| 4.0      | Resultados - Resumen                                                            | 589  | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1061 |
| 4.12     | Secciones - Esfuerzos internos                                                  | 589  | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1062 |
|          | <b>RF-CONCRETE Members</b>                                                      |      |          |                                           |      |
|          | <b>CA1 - Cálculo de barras de hormigón</b>                                      |      |          |                                           |      |
| 1.1      | Datos generales                                                                 | 708  | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1062 |
| 1.1      | Configuración - Cálculo no lineal (estado II)                                   | 708  | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1063 |
| 1.2      | Materiales                                                                      | 708  | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1063 |
| 1.2.1    | Parámetros de material                                                          | 708  | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1063 |
| 1.3      | Secciones                                                                       | 708  | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1064 |
| 1.6      | Grupo de armaduras núm. 1                                                       | 708  | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1064 |
| 2.3      | Armadura necesaria por barra                                                    | 709  | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1064 |
| 3.1      | Armadura longitudinal existente                                                 | 858  | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1064 |
| 3.1.1    | Armadura longitudinal existente - Anclaje                                       | 926  | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1064 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 1 - Rectángulo 800/800, Dirección Y contraria  | 1040 | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1065 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 2 - Rectángulo 800/800, Dirección Y contraria  | 1041 | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1065 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 3 - Rectángulo 800/800, Dirección Y contraria  | 1041 | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1066 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 4 - Rectángulo 800/800, Dirección Y contraria  | 1042 | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1066 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 5 - Rectángulo 800/800, Dirección Y contraria  | 1042 | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1067 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 7 - Rectángulo 800/800, Dirección Y contraria  | 1043 | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1067 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 8 - Rectángulo 800/800, Dirección Y contraria  | 1043 | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1068 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 9 - Rectángulo 800/800, Dirección Y contraria  | 1044 | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1068 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 10 - Rectángulo 800/800, Dirección Y contraria | 1044 | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1069 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 11 - Rectángulo 800/800, Dirección Y contraria | 1045 | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1069 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 12 - Rectángulo 800/800, Dirección Y contraria | 1045 | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1070 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 13 - Rectángulo 800/800, Dirección Y contraria | 1046 | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1070 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 14 - Rectángulo 800/800, Dirección Y contraria | 1046 | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1071 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 15 - Rectángulo 800/800, Dirección Y contraria | 1047 | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1071 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 16 - Rectángulo 800/800, Dirección Y contraria | 1047 | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1072 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 17 - Rectángulo 800/800, Dirección Y contraria | 1048 | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1072 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 18 - Rectángulo 800/800, Dirección Y contraria | 1048 | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1073 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 19 - Rectángulo 800/800, Dirección Y contraria | 1049 | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1073 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 20 - Rectángulo 800/800, Dirección Y contraria | 1049 | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1074 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 21 - Rectángulo 800/800, Dirección Y contraria | 1050 | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1074 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 22 - Rectángulo 800/800, Dirección Y contraria | 1050 | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1075 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 23 - Rectángulo 800/800, Dirección Y contraria | 1051 | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1075 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 24 - Rectángulo 800/800, Dirección Y contraria | 1051 | Diagrama | Rectángulo 800/800, Dirección Y contraria | 1076 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 25 - Rectángulo 800/800, Dirección Y contraria | 1052 | Diagrama | Rectángulo 800/800, Dirección Y contraria | 1076 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 27 - Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1052 | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1077 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 28 - Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1053 | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1077 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 30 - Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1053 | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1078 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 31 - Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1054 | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1078 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 32 - Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1054 | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1079 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 33 - Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1055 | Diagrama | Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1079 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 34 - Rectángulo 300/600, Dirección Y contraria | 1055 | Diagrama | Rectángulo 800/800, Dirección Y contraria | 1080 |
| Diagrama | RF-CONCRETE Members - Barra núm. 35 - Rectángulo 800/800, Dirección Y contraria | 1056 | Diagrama | Rectángulo 800/800, Dirección Y contraria | 1080 |



**■ MODELO - DATOS GENERALES**

|          |                                                                                                                          |   |                                                            |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------------------------------------------------------------|
| General  | Nombre del modelo                                                                                                        | : | EDIFICIO DE 20 NIVELES INVESTIGACIÓN                       |
|          | Nombre del proyecto                                                                                                      | : | modelo.rf5bak                                              |
|          | Tipo de modelo                                                                                                           | : | CURSO RFEM 5                                               |
|          | Tipo de modelo                                                                                                           | : | 3D                                                         |
|          | Dirección positiva del eje Z global                                                                                      | : | Ascendente                                                 |
|          | Clasificación de casos de carga y combinaciones de carga                                                                 | : | Según la norma: ACI 318-14                                 |
|          | combinaciones de carga                                                                                                   | : | Anejo Nacional: No hay                                     |
| Opciones | <input checked="" type="checkbox"/> Crear combinaciones automáticamente                                                  | : | <input checked="" type="checkbox"/> Combinaciones de carga |
|          | <input type="checkbox"/> RF-FORM-FINDING - Búsqueda de formas iniciales de equilibrio de estructuras de membrana y cable |   |                                                            |
|          | <input type="checkbox"/> RF-CUTTING-PATTERN                                                                              |   |                                                            |
|          | <input type="checkbox"/> Análisis de tuberías                                                                            |   |                                                            |
|          | <input type="checkbox"/> Usar regla CQC                                                                                  |   |                                                            |
|          | <input type="checkbox"/> Habilitar modelo CAD/BIM                                                                        |   |                                                            |
|          | Gravedad estándar                                                                                                        | : | g                                                          |
|          |                                                                                                                          | : | 9.81 m/s <sup>2</sup>                                      |

■ CONFIGURACIÓN DE MALLA DE EF

|             |                                                                                                                      |            |                                                                        |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------------------------------------------------------------------|
| General     | Longitud de destino de elementos finitos                                                                             | $l_{FE}$   | : 0.500 m                                                              |
|             | Distancia máxima entre un nudo y una línea para integrarlo a la línea                                                | $\epsilon$ | : 0.050 m                                                              |
|             | Número máximo de nudos de malla (en miles)                                                                           |            | : 500                                                                  |
| Barras      | Número de divisiones de barras con cable, apoyo elástico, de sección variable o característica plástica              |            | : 10                                                                   |
|             | <input checked="" type="checkbox"/> Activar divisiones de barra para análisis de grandes deformaciones o postcrítico |            |                                                                        |
|             | <input checked="" type="checkbox"/> Usar la división para las barras con los nudos que están en las mismas           |            |                                                                        |
| Superficies | Razón máxima de diagonales rectangulares de EF                                                                       | $\Delta_D$ | : 1.800                                                                |
|             | Inclinación máxima fuera del plano de dos elementos finitos                                                          | $\alpha$   | : 0.50 °                                                               |
|             | Dirección de forma de elementos finitos                                                                              |            | : Triangulares y cuadrangulares                                        |
|             |                                                                                                                      |            | <input checked="" type="checkbox"/> Iguales casillas donde sea posible |

■ 1.3 MATERIALES

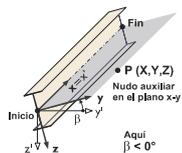
| Mater. núm. | Módulo E [kN/cm <sup>2</sup> ]                            | Módulo G [kN/cm <sup>2</sup> ]      | Coef. Poisson $\nu$ [-] | Peso esp. $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] | Coef. dilat. térm $\alpha$ [1/°C] | Coef. parc. $\gamma_M$ [-] | Modelo de material       |
|-------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1           | Hormigón C30/37<br>3300.00                                | EN 1992-1-1:2004/A1:2014<br>1375.00 | 0.200                   | 24.53                                   | 1.00E-05                          | 1.00                       | Isótropo elástico lineal |
| 2           | Acero S 235   EN 1993-1-1:2005-05<br>21000.00             | 8076.92                             | 0.300                   | 77.01                                   | 1.20E-05                          | 1.00                       | Isótropo elástico lineal |
| 3           | Concrete f'c = 4000 psi 280 kg/cm <sup>2</sup><br>2485.56 | 1035.65                             | 0.200                   | 22.19                                   | 9.90E-06                          | 1.00                       | Isótropo elástico lineal |
| 4           | Concrete f'c = 3000 psi 210 kg/cm <sup>2</sup><br>2152.56 | 896.90                              | 0.200                   | 22.19                                   | 9.90E-06                          | 1.00                       | Isótropo elástico lineal |
| 5           | Concrete f'c = 4000 psi   ACI 318-19<br>2485.56           | 1035.65                             | 0.200                   | 22.19                                   | 9.90E-06                          | 1.00                       | Isótropo elástico lineal |

■ 1.4 SUPERFICIES

| Sup. núm. | Tipo de superficie |           | Líneas de contorno              | Mat. núm. | Espesor   |        | Área A [m <sup>2</sup> ] | Peso W [kg] |
|-----------|--------------------|-----------|---------------------------------|-----------|-----------|--------|--------------------------|-------------|
|           | Geometría          | Rigidez   |                                 |           | Tipo      | d [mm] |                          |             |
| 1         | Plana              | Nula      | 93,4097,89,4093                 | -         | Constante | -      | 18.000                   | 0.00        |
| 2         | Cuadrangul ar      | Estándar  | 121,126,125,112                 | 3         | Constante | 150.0  | 7.390                    | 2507.42     |
| 3         | Plana              | Nula      | 90,4098,93,4094                 | -         | Constante | -      | 26.000                   | 0.00        |
| 4         | Plana              | Nula      | 94,4099,90,4095                 | -         | Constante | -      | 18.000                   | 0.00        |
| 5         | Cuadrangul ar      | Estándar  | 75,79,210,77,208,78             | 3         | Constante | 250.0  | 18.200                   | 10291.90    |
| 6         | Cuadrangul ar      | Estándar  | 80,84,215,82,214,83             | 3         | Constante | 250.0  | 18.200                   | 10291.90    |
| 7         | Plana              | Nula      | 89,4100,94,4096                 | -         | Constante | -      | 26.000                   | 0.00        |
| 9         | Plana              | Ortótropa | 72,76,33,58,97,62               | 3         | Constante | 200.0  | 27.220                   | 12314.20    |
| 10        | Plana              | Ortótropa | 67,46,95,50,259,30,71           | 3         | Constante | 200.0  | 27.247                   | 12326.10    |
| 11        | Plana              | Ortótropa | 54,32,58,98,26                  | 3         | Constante | 200.0  | 28.600                   | 12938.40    |
| 12        | Plana              | Ortótropa | 259,50,29,101,21,26,54,31       | 3         | Constante | 200.0  | 28.600                   | 12938.40    |
| 13        | Plana              | Ortótropa | 51,30,47,34                     | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 14        | Plana              | Ortótropa | 55,31,51,35                     | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 15        | Plana              | Ortótropa | 55,36,59,32                     | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 16        | Plana              | Ortótropa | 63,33,59,37                     | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 17        | Plana              | Ortótropa | 60,41,64,37                     | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 18        | Plana              | Ortótropa | 87,91,65,41,61,45               | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 19        | Plana              | Ortótropa | 40,57,44,61                     | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 20        | Plana              | Ortótropa | 60,40,81,77,56,36               | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 21        | Cuadrangul ar      | Estándar  | 252,257,256,244                 | 3         | Constante | 150.0  | 7.390                    | 2507.42     |
| 22        | Plana              | Ortótropa | 38,86,82,52,34,48               | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 23        | Plana              | Ortótropa | 49,42,92,96,53,38               | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 24        | Plana              | Ortótropa | 39,53,43,57                     | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 25        | Cuadrangul ar      | Estándar  | 102,122,1,16                    | 3         | Constante | 150.0  | 12.000                   | 4071.51     |
| 26        | Cuadrangul ar      | Estándar  | 29,101,127,16,128,129,123,115   | 3         | Constante | 150.0  | 1.807                    | 613.11      |
| 27        | Cuadrangul ar      | Estándar  | 103,119,248,124,122             | 3         | Constante | 150.0  | 1.837                    | 623.45      |
| 28        | Cuadrangul ar      | Estándar  | 100,120,249,114,248,119         | 3         | Constante | 150.0  | 7.388                    | 2506.75     |
| 29        | Cuadrangul ar      | Estándar  | 194,197,326,423,195,422,325,196 | 3         | Constante | 250.0  | 18.200                   | 10291.90    |
| 30        | Cuadrangul ar      | Estándar  | 198,203,329,428,201,427,328,202 | 3         | Constante | 250.0  | 18.200                   | 10291.90    |
| 31        | Cuadrangul ar      | Estándar  | 205,210,332,433,207,432,330,208 | 3         | Constante | 250.0  | 18.200                   | 10291.90    |
| 32        | Cuadrangul ar      | Estándar  | 211,215,334,438,213,437,333,214 | 3         | Constante | 250.0  | 18.200                   | 10291.90    |
| 33        | Cuadrangul ar      | Estándar  | 216,221,336,443,218,442,335,220 | 3         | Constante | 250.0  | 11.200                   | 6333.46     |
| 34        | Cuadrangul ar      | Estándar  | 222,226,338,448,224,447,337,225 | 3         | Constante | 250.0  | 11.200                   | 6333.46     |
| 35        | Plana              | Ortótropa | 201,206,161,186,229,190         | 3         | Constante | 200.0  | 27.220                   | 12314.20    |

1.4 SUPERFICIES

| Sup. núm. | Tipo de superficie |           | Líneas de contorno                      | Mat. núm. | Espesor   |        | Área A [m <sup>2</sup> ] | Peso W [kg] |
|-----------|--------------------|-----------|-----------------------------------------|-----------|-----------|--------|--------------------------|-------------|
|           | Geometría          | Rigidez   |                                         |           | Tipo      | d [mm] |                          |             |
| 257       | Plana              | Ortótropa | 1816,1830,1820,1834                     | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 258       | Cuadrangul ar      | Estándar  | 1879,1892,1779,1793                     | 3         | Constante | 150.0  | 12.000                   | 4071.51     |
| 259       | Cuadrangul ar      | Estándar  | 1806,1878,1897,1793,1898,1899,1893,1886 | 3         | Constante | 150.0  | 1.807                    | 613.11      |
| 260       | Cuadrangul ar      | Estándar  | 1880,1889,2086,1894,1892                | 3         | Constante | 150.0  | 1.837                    | 623.45      |
| 261       | Cuadrangul ar      | Estándar  | 1877,1890,2087,1885,2086,1889           | 3         | Constante | 150.0  | 7.388                    | 2506.75     |
| 262       | Cuadrangul ar      | Estándar  | 2090,2095,2094,2083                     | 3         | Constante | 150.0  | 7.390                    | 2507.42     |
| 263       | Cuadrangul ar      | Estándar  | 2042,2045,2161,2244,2043,2243,2160,2044 | 3         | Constante | 250.0  | 18.200                   | 10291.90    |
| 264       | Cuadrangul ar      | Estándar  | 2046,2050,2163,2249,2048,2248,2162,2049 | 3         | Constante | 250.0  | 18.200                   | 10291.90    |
| 265       | Cuadrangul ar      | Estándar  | 2051,2055,2165,2254,2053,2253,2164,2054 | 3         | Constante | 250.0  | 18.200                   | 10291.90    |
| 266       | Cuadrangul ar      | Estándar  | 2056,2060,2167,2259,2058,2258,2166,2059 | 3         | Constante | 250.0  | 18.200                   | 10291.90    |
| 267       | Cuadrangul ar      | Estándar  | 2061,2065,2169,2264,2063,2263,2168,2064 | 3         | Constante | 250.0  | 11.200                   | 6333.46     |
| 268       | Cuadrangul ar      | Estándar  | 2066,2070,2171,2269,2068,2268,2170,2069 | 3         | Constante | 250.0  | 11.200                   | 6333.46     |
| 269       | Plana              | Ortótropa | 2048,2052,2009,2034,2073,2038           | 3         | Constante | 200.0  | 27.220                   | 12314.20    |
| 270       | Plana              | Ortótropa | 2043,2022,2071,2026,2101,2006,2047      | 3         | Constante | 200.0  | 27.247                   | 12326.10    |
| 271       | Plana              | Ortótropa | 2030,2008,2034,2074,2002                | 3         | Constante | 200.0  | 28.600                   | 12938.40    |
| 272       | Plana              | Ortótropa | 2101,2026,2005,2077,1997,2002,2030,2007 | 3         | Constante | 200.0  | 28.600                   | 12938.40    |
| 273       | Plana              | Ortótropa | 2027,2006,2023,2010                     | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 274       | Plana              | Ortótropa | 2031,2007,2027,2011                     | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 275       | Plana              | Ortótropa | 2031,2012,2035,2008                     | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 276       | Plana              | Ortótropa | 2039,2009,2035,2013                     | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 277       | Plana              | Ortótropa | 2036,2017,2040,2013                     | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 278       | Plana              | Ortótropa | 2063,2067,2041,2017,2037,2021           | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 279       | Plana              | Ortótropa | 2016,2033,2020,2037                     | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 280       | Plana              | Ortótropa | 2036,2016,2057,2053,2032,2012           | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 281       | Plana              | Ortótropa | 2014,2062,2058,2028,2010,2024           | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 282       | Plana              | Ortótropa | 2025,2018,2068,2072,2029,2014           | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 283       | Plana              | Ortótropa | 2015,2029,2019,2033                     | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 284       | Cuadrangul ar      | Estándar  | 2078,2091,1978,1992                     | 3         | Constante | 150.0  | 12.000                   | 4071.51     |
| 285       | Cuadrangul ar      | Estándar  | 2005,2077,2096,1992,2097,2098,2092,2085 | 3         | Constante | 150.0  | 1.807                    | 613.11      |
| 286       | Cuadrangul ar      | Estándar  | 2079,2088,2285,2093,2091                | 3         | Constante | 150.0  | 1.837                    | 623.45      |
| 287       | Cuadrangul ar      | Estándar  | 2076,2089,2286,2084,2285,2088           | 3         | Constante | 150.0  | 7.388                    | 2506.75     |
| 288       | Cuadrangul ar      | Estándar  | 2289,2294,2293,2282                     | 3         | Constante | 150.0  | 7.390                    | 2507.42     |
| 289       | Cuadrangul ar      | Estándar  | 2241,2244,2360,2443,2242,2442,2359,2243 | 3         | Constante | 250.0  | 18.200                   | 10291.90    |
| 290       | Cuadrangul ar      | Estándar  | 2245,2249,2362,2448,2247,2447,2361,2248 | 3         | Constante | 250.0  | 18.200                   | 10291.90    |
| 291       | Cuadrangul ar      | Estándar  | 2250,2254,2364,2453,2252,2452,2363,2253 | 3         | Constante | 250.0  | 18.200                   | 10291.90    |
| 292       | Cuadrangul ar      | Estándar  | 2255,2259,2366,2458,2257,2457,2365,2258 | 3         | Constante | 250.0  | 18.200                   | 10291.90    |
| 293       | Cuadrangul ar      | Estándar  | 2260,2264,2368,2463,2262,2462,2367,2263 | 3         | Constante | 250.0  | 11.200                   | 6333.46     |
| 294       | Cuadrangul ar      | Estándar  | 2265,2269,2370,2468,2267,2467,2369,2268 | 3         | Constante | 250.0  | 11.200                   | 6333.46     |
| 295       | Plana              | Ortótropa | 2247,2251,2208,2233,2272,2237           | 3         | Constante | 200.0  | 27.220                   | 12314.20    |
| 296       | Plana              | Ortótropa | 2242,2221,2270,2225,2300,2205,2246      | 3         | Constante | 200.0  | 27.247                   | 12326.10    |
| 297       | Plana              | Ortótropa | 2229,2207,2233,2273,2201                | 3         | Constante | 200.0  | 28.600                   | 12938.40    |
| 298       | Plana              | Ortótropa | 2300,2225,2204,2276,2196,2201,2229,2206 | 3         | Constante | 200.0  | 28.600                   | 12938.40    |
| 299       | Plana              | Ortótropa | 2226,2205,2222,2209                     | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 300       | Plana              | Ortótropa | 2230,2206,2226,2210                     | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 301       | Plana              | Ortótropa | 2230,2211,2234,2207                     | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 302       | Plana              | Ortótropa | 2238,2208,2234,2212                     | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 303       | Plana              | Ortótropa | 2235,2216,2239,2212                     | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 304       | Plana              | Ortótropa | 2262,2266,2240,2216,2236,2220           | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 305       | Plana              | Ortótropa | 2215,2232,2219,2236                     | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 306       | Plana              | Ortótropa | 2235,2215,2256,2252,2231,2211           | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 307       | Plana              | Ortótropa | 2213,2261,2257,2227,2209,2223           | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 308       | Plana              | Ortótropa | 2224,2217,2267,2271,2228,2213           | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 309       | Plana              | Ortótropa | 2214,2228,2218,2232                     | 3         | Constante | 200.0  | 24.000                   | 10857.40    |
| 310       | Cuadrangul ar      | Estándar  | 2277,2290,2177,2191                     | 3         | Constante | 150.0  | 12.000                   | 4071.51     |
| 311       | Cuadrangul ar      | Estándar  | 2204,2276,2295,2191,2                   | 3         | Constante | 150.0  | 1.807                    | 613.11      |



1.17 BARRAS

| Barra<br>número | Línea<br>número | Barra | Giro   |             | Descripción |     | Articul. número |     | Exc.<br>número | Divis.<br>número | Longitud<br>L [m] |    |
|-----------------|-----------------|-------|--------|-------------|-------------|-----|-----------------|-----|----------------|------------------|-------------------|----|
|                 |                 |       | Tipo   | $\beta$ [°] | Inicio      | Fin | Inicio          | Fin |                |                  |                   |    |
| 1               | 105             | Viga  | Ángulo | 0.00        | 1           | 1   | -               | -   | -              | -                | 1.500             | Z  |
| 2               | 275             | Viga  | Ángulo | 0.00        | 1           | 1   | -               | -   | -              | -                | 1.500             | Z  |
| 3               | 280             | Viga  | Ángulo | 0.00        | 1           | 1   | -               | -   | -              | -                | 1.500             | Z  |
| 4               | 289             | Viga  | Ángulo | 0.00        | 1           | 1   | -               | -   | -              | -                | 1.500             | Z  |
| 5               | 5               | Viga  | Ángulo | 0.00        | 1           | 1   | -               | -   | -              | -                | 3.000             | Z  |
| 6               | 4               | Viga  | Ángulo | 0.00        | 3           | 3   | -               | -   | -              | -                | 1.000             | Z  |
| 7               | 7               | Viga  | Ángulo | 0.00        | 1           | 1   | -               | -   | -              | -                | 3.000             | Z  |
| 8               | 8               | Viga  | Ángulo | 0.00        | 1           | 1   | -               | -   | -              | -                | 3.000             | Z  |
| 9               | 9               | Viga  | Ángulo | 0.00        | 1           | 1   | -               | -   | -              | -                | 3.000             | Z  |
| 10              | 303             | Viga  | Ángulo | 0.00        | 1           | 1   | -               | -   | -              | -                | 1.500             | Z  |
| 11              | 11              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 1           | 1   | -               | -   | -              | -                | 3.000             | Z  |
| 12              | 12              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 1           | 1   | -               | -   | -              | -                | 3.000             | Z  |
| 13              | 13              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 1           | 1   | -               | -   | -              | -                | 3.000             | Z  |
| 14              | 14              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 1           | 1   | -               | -   | -              | -                | 3.000             | Z  |
| 15              | 339             | Viga  | Ángulo | 0.00        | 1           | 1   | -               | -   | -              | -                | 1.500             | Z  |
| 16              | 113             | Viga  | Ángulo | 0.00        | 1           | 1   | -               | -   | -              | -                | 1.500             | Z  |
| 17              | 17              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 1           | 1   | -               | -   | -              | -                | 3.000             | Z  |
| 18              | 18              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 1           | 1   | -               | -   | -              | -                | 3.000             | Z  |
| 19              | 19              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 1           | 1   | -               | -   | -              | -                | 3.000             | Z  |
| 20              | 486             | Viga  | Ángulo | 0.00        | 1           | 1   | -               | -   | -              | -                | 1.500             | Z  |
| 21              | 116             | Viga  | Ángulo | 0.00        | 1           | 1   | -               | -   | -              | -                | 1.500             | Z  |
| 22              | 301             | Viga  | Ángulo | 0.00        | 1           | 1   | -               | -   | -              | -                | 1.500             | Z  |
| 23              | 298             | Viga  | Ángulo | 0.00        | 1           | 1   | -               | -   | -              | -                | 1.500             | Z  |
| 24              | 295             | Viga  | Ángulo | 0.00        | 1           | 1   | -               | -   | -              | -                | 1.500             | Z  |
| 25              | 25              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 1           | 1   | -               | -   | -              | -                | 3.000             | Z  |
| 26              | 104             | Viga  | Ángulo | 0.00        | 6           | 6   | -               | -   | -              | -                | 4.935             | XY |
| 27              | 27              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 4.000             | XY |
| 28              | 28              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 4.000             | X  |
| 29              | 1               | Viga  | Ángulo | 0.00        | 6           | 6   | -               | -   | -              | -                | 8.000             | X  |
| 30              | 30              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 4.000             | X  |
| 31              | 31              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 4.000             | X  |
| 32              | 32              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 4.000             | X  |
| 33              | 33              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 4.000             | X  |
| 34              | 34              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 4.000             | X  |
| 35              | 35              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 4.000             | X  |
| 36              | 36              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 4.000             | X  |
| 37              | 37              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 4.000             | X  |
| 38              | 38              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 4.000             | X  |
| 39              | 39              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 4.000             | X  |
| 40              | 40              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 4.000             | X  |
| 41              | 41              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 4.000             | X  |
| 42              | 42              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 0.400             | X  |
| 43              | 43              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 4.000             | X  |
| 44              | 44              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 4.000             | X  |
| 45              | 45              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 0.400             | X  |
| 46              | 46              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 0.400             | Y  |
| 47              | 47              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 6.000             | Y  |
| 48              | 48              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 6.000             | Y  |
| 49              | 49              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 6.000             | Y  |
| 50              | 50              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 0.050             | Y  |
| 51              | 51              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 6.000             | Y  |
| 52              | 52              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 0.400             | Y  |
| 53              | 53              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 6.000             | Y  |
| 54              | 54              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 6.000             | Y  |
| 55              | 55              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 6.000             | Y  |
| 56              | 56              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 0.400             | Y  |
| 57              | 57              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 6.000             | Y  |
| 58              | 58              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 6.000             | Y  |
| 59              | 59              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 6.000             | Y  |
| 60              | 60              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 6.000             | Y  |
| 61              | 61              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 6.000             | Y  |
| 62              | 62              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 0.400             | Y  |
| 63              | 63              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 6.000             | Y  |
| 64              | 64              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 6.000             | Y  |
| 65              | 65              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 6.000             | Y  |
| 66              | 10              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 3           | 3   | -               | -   | -              | -                | 1.000             | Z  |
| 67              | 77              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 5.200             | Y  |
| 68              | 271             | Viga  | Ángulo | 0.00        | 3           | 3   | -               | -   | -              | -                | 6.400             | Y  |
| 69              | 75              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 3           | 3   | -               | -   | -              | -                | 5.200             | Y  |
| 70              | 72              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 5.200             | Y  |
| 71              | 71              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 0.400             | Y  |
| 72              | 273             | Viga  | Ángulo | 0.00        | 3           | 3   | -               | -   | -              | -                | 0.500             | Z  |
| 73              | 277             | Viga  | Ángulo | 0.00        | 3           | 3   | -               | -   | -              | -                | 0.500             | Z  |
| 74              | 283             | Viga  | Ángulo | 0.00        | 3           | 3   | -               | -   | -              | -                | 0.500             | Z  |
| 75              | 284             | Viga  | Ángulo | 0.00        | 3           | 3   | -               | -   | -              | -                | 0.500             | Z  |
| 76              | 76              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 0.400             | Y  |
| 77              | 67              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 5.200             | Y  |
| 78              | 81              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 0.400             | Y  |
| 79              | 80              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 3           | 3   | -               | -   | -              | -                | 5.200             | Y  |
| 80              | 83              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 3           | 3   | -               | -   | -              | -                | 3.000             | Z  |
| 81              | 84              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 3           | 3   | -               | -   | -              | -                | 3.000             | Z  |
| 82              | 82              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 5.200             | Y  |
| 83              | 86              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 0.400             | Y  |
| 84              | 20              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 3           | 3   | -               | -   | -              | -                | 1.000             | Z  |
| 85              | 106             | Viga  | Ángulo | 0.00        | 1           | 1   | -               | -   | -              | -                | 3.000             | Z  |
| 86              | 22              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 3           | 3   | -               | -   | -              | -                | 1.000             | Z  |
| 87              | 107             | Viga  | Ángulo | 0.00        | 1           | 1   | -               | -   | -              | -                | 2.000             | Z  |
| 88              | 92              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 3.200             | X  |
| 89              | 91              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 0.400             | X  |
| 90              | 291             | Viga  | Ángulo | 0.00        | 3           | 3   | -               | -   | -              | -                | 0.500             | Z  |
| 91              | 293             | Viga  | Ángulo | 0.00        | 3           | 3   | -               | -   | -              | -                | 0.500             | Z  |
| 92              | 96              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 0.400             | X  |
| 93              | 87              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 2           | 2   | -               | -   | 1              | -                | 3.200             | X  |
| 94              | 95              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 5           | 5   | -               | -   | 1              | -                | 4.797             | XY |
| 95              | 97              | Viga  | Ángulo | 0.00        | 5           | 5   | -               | -   | 1              | -                | 4.830             | XY |



## Casos y combinaciones de cargas

### 2.1 CASOS DE CARGA

| CC  | Descripción de caso de carga | ACI 318-19<br>Categoría de acción | Peso propio - Factor en dirección   |       |       |        |
|-----|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------|-------|--------|
|     |                              |                                   | Activo                              | X     | Y     | Z      |
| CC1 | CM                           | Muerta                            | <input checked="" type="checkbox"/> | 0.000 | 0.000 | -1.000 |
| CC2 | CV                           | Viva                              | <input type="checkbox"/>            |       |       |        |
| CC3 | CW                           | Viento                            | <input type="checkbox"/>            |       |       |        |
| CC4 | Viento 0°                    | Viento                            | <input type="checkbox"/>            |       |       |        |

### 2.1.1 CASOS DE CARGA - PARÁMETROS DE CÁLCULO

| CC  | Descripción de caso de carga | Parámetros de cálculo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |
|-----|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| CC1 | CM                           | Método de análisis : <input checked="" type="checkbox"/> Análisis geoméricamente lineal<br>Método para sistema de resolución de ecuaciones algebraicas no lineales : <input checked="" type="checkbox"/> Newton-Raphson<br>Activar coeficientes de rigidez de: : <input checked="" type="checkbox"/> Secciones (factor para J, I <sub>y</sub> , I <sub>z</sub> , A, A <sub>y</sub> , A <sub>z</sub> )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Barras (factor para GJ, EI <sub>y</sub> , EI <sub>z</sub> , EA, GA <sub>y</sub> , GA <sub>z</sub> ) |  |
| CC2 | CV                           | Método de análisis : <input checked="" type="checkbox"/> Análisis geoméricamente lineal<br>Método para sistema de resolución de ecuaciones algebraicas no lineales : <input checked="" type="checkbox"/> Newton-Raphson<br>Activar coeficientes de rigidez de: : <input checked="" type="checkbox"/> Secciones (factor para J, I <sub>y</sub> , I <sub>z</sub> , A, A <sub>y</sub> , A <sub>z</sub> )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Barras (factor para GJ, EI <sub>y</sub> , EI <sub>z</sub> , EA, GA <sub>y</sub> , GA <sub>z</sub> ) |  |
| CC3 | CW                           | Método de análisis : <input checked="" type="checkbox"/> Análisis geoméricamente lineal<br>Método para sistema de resolución de ecuaciones algebraicas no lineales : <input checked="" type="checkbox"/> Newton-Raphson<br>Activar coeficientes de rigidez de: : <input checked="" type="checkbox"/> Secciones (factor para J, I <sub>y</sub> , I <sub>z</sub> , A, A <sub>y</sub> , A <sub>z</sub> )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Barras (factor para GJ, EI <sub>y</sub> , EI <sub>z</sub> , EA, GA <sub>y</sub> , GA <sub>z</sub> ) |  |
| CC4 | Viento 0°                    | Método de análisis : <input checked="" type="checkbox"/> Análisis geoméricamente lineal<br>Método para sistema de resolución de ecuaciones algebraicas no lineales : <input checked="" type="checkbox"/> Newton-Raphson                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |

### 2.5 COMBINACIONES DE CARGA

| Comb. carga | Combinación de carga |                     | Núm. | Factor | Caso de carga |    |
|-------------|----------------------|---------------------|------|--------|---------------|----|
|             | SP                   | Descripción         |      |        |               |    |
| CO1         | -                    | 1.4*CC1             | 1    | 1.40   | CC1           | CM |
| CO2         | -                    | 1.2*CC1             | 1    | 1.20   | CC1           | CM |
| CO3         | -                    | 1.2*CC1 + 1.6*CC2   | 1    | 1.20   | CC1           | CM |
|             |                      |                     | 2    | 1.60   | CC2           | CV |
| CO4         | -                    | 1.2*CC1             | 1    | 1.20   | CC1           | CM |
| CO5         | -                    | 1.2*CC1 + CC2       | 1    | 1.20   | CC1           | CM |
|             |                      |                     | 2    | 1.00   | CC2           | CV |
| CO6         | -                    | 1.2*CC1 + 0.5*CC3   | 1    | 1.20   | CC1           | CM |
|             |                      |                     | 2    | 0.50   | CC3           | CW |
| CO7         | -                    | 1.2*CC1             | 1    | 1.20   | CC1           | CM |
| CO8         | -                    | 1.2*CC1 + CC2       | 1    | 1.20   | CC1           | CM |
|             |                      |                     | 2    | 1.00   | CC2           | CV |
| CO9         | -                    | 1.2*CC1 + CC2 + CC3 | 1    | 1.20   | CC1           | CM |
|             |                      |                     | 2    | 1.00   | CC2           | CV |
|             |                      |                     | 3    | 1.00   | CC3           | CW |
| CO10        | -                    | 1.2*CC1 + CC3       | 1    | 1.20   | CC1           | CM |
|             |                      |                     | 2    | 1.00   | CC3           | CW |
| CO11        | -                    | 0.9*CC1             | 1    | 0.90   | CC1           | CM |
| CO12        | -                    | 0.9*CC1 + CC3       | 1    | 0.90   | CC1           | CM |
|             |                      |                     | 2    | 1.00   | CC3           | CW |



2.5.2 COMBINACIONES DE CARGA - PARÁMETROS DE CÁLCULO

| Comb. carga | Descripción       | Parámetros de cálculo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |
|-------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| CO1         | 1.4*CC1           | Método de análisis : <input checked="" type="radio"/> Análisis de segundo orden (P-Delta)<br>Método para sistema de resolución de ecuaciones algebraicas no lineales : <input checked="" type="radio"/> Picard<br>Opciones : <input checked="" type="checkbox"/> Considerar efectos favorables por tracción<br>Referir los esfuerzos internos al sistema deformado para:<br><input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos axiales N<br><input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos cortantes $V_y$ y $V_z$<br><input checked="" type="checkbox"/> Momentos $M_y$ , $M_z$ y $M_T$<br>Activar coeficientes de rigidez de: : <input checked="" type="checkbox"/> Materiales (coeficiente parcial $\gamma$ M)<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Secciones (factor para J, $I_y$ , $I_z$ , A, $A_y$ , $A_z$ )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Barras (factor para GJ, $EI_y$ , $EI_z$ , EA, $GA_y$ , $GA_z$ ) |  |
| CO2         | 1.2*CC1           | Método de análisis : Análisis de segundo orden (P-Delta)<br>Método para sistema de resolución de ecuaciones algebraicas no lineales : Picard<br>Opciones : <input checked="" type="checkbox"/> Considerar efectos favorables por tracción<br>Referir los esfuerzos internos al sistema deformado para:<br><input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos axiales N<br><input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos cortantes $V_y$ y $V_z$<br><input checked="" type="checkbox"/> Momentos $M_y$ , $M_z$ y $M_T$<br>Activar coeficientes de rigidez de: : <input checked="" type="checkbox"/> Materiales (coeficiente parcial $\gamma$ M)<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Secciones (factor para J, $I_y$ , $I_z$ , A, $A_y$ , $A_z$ )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Barras (factor para GJ, $EI_y$ , $EI_z$ , EA, $GA_y$ , $GA_z$ )                                                                   |  |
| CO3         | 1.2*CC1 + 1.6*CC2 | Método de análisis : Análisis de segundo orden (P-Delta)<br>Método para sistema de resolución de ecuaciones algebraicas no lineales : Picard<br>Opciones : <input checked="" type="checkbox"/> Considerar efectos favorables por tracción<br>Referir los esfuerzos internos al sistema deformado para:<br><input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos axiales N<br><input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos cortantes $V_y$ y $V_z$<br><input checked="" type="checkbox"/> Momentos $M_y$ , $M_z$ y $M_T$<br>Activar coeficientes de rigidez de: : <input checked="" type="checkbox"/> Materiales (coeficiente parcial $\gamma$ M)<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Secciones (factor para J, $I_y$ , $I_z$ , A, $A_y$ , $A_z$ )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Barras (factor para GJ, $EI_y$ , $EI_z$ , EA, $GA_y$ , $GA_z$ )                                                                   |  |
| CO4         | 1.2*CC1           | Método de análisis : Análisis de segundo orden (P-Delta)<br>Método para sistema de resolución de ecuaciones algebraicas no lineales : Picard<br>Opciones : <input checked="" type="checkbox"/> Considerar efectos favorables por tracción<br>Referir los esfuerzos internos al sistema deformado para:<br><input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos axiales N<br><input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos cortantes $V_y$ y $V_z$<br><input checked="" type="checkbox"/> Momentos $M_y$ , $M_z$ y $M_T$<br>Activar coeficientes de rigidez de: : <input checked="" type="checkbox"/> Materiales (coeficiente parcial $\gamma$ M)<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Secciones (factor para J, $I_y$ , $I_z$ , A, $A_y$ , $A_z$ )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Barras (factor para GJ, $EI_y$ , $EI_z$ , EA, $GA_y$ , $GA_z$ )                                                                   |  |
| CO5         | 1.2*CC1 + CC2     | Método de análisis : Análisis de segundo orden (P-Delta)<br>Método para sistema de resolución de ecuaciones algebraicas no lineales : Picard<br>Opciones : <input checked="" type="checkbox"/> Considerar efectos favorables por tracción<br>Referir los esfuerzos internos al sistema deformado para:<br><input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos axiales N<br><input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos cortantes $V_y$ y $V_z$<br><input checked="" type="checkbox"/> Momentos $M_y$ , $M_z$ y $M_T$<br>Activar coeficientes de rigidez de: : <input checked="" type="checkbox"/> Materiales (coeficiente parcial $\gamma$ M)<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Secciones (factor para J, $I_y$ , $I_z$ , A, $A_y$ , $A_z$ )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Barras (factor para GJ, $EI_y$ , $EI_z$ , EA, $GA_y$ , $GA_z$ )                                                                   |  |
| CO6         | 1.2*CC1 + 0.5*CC3 | Método de análisis : Análisis de segundo orden (P-Delta)<br>Método para sistema de resolución de ecuaciones algebraicas no lineales : Picard<br>Opciones : <input checked="" type="checkbox"/> Considerar efectos favorables por tracción<br>Referir los esfuerzos internos al sistema deformado para:<br><input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos axiales N<br><input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos cortantes $V_y$ y $V_z$<br><input checked="" type="checkbox"/> Momentos $M_y$ , $M_z$ y $M_T$<br>Activar coeficientes de rigidez de: : <input checked="" type="checkbox"/> Materiales (coeficiente parcial $\gamma$ M)<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Secciones (factor para J, $I_y$ , $I_z$ , A, $A_y$ , $A_z$ )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Barras (factor para GJ, $EI_y$ , $EI_z$ , EA, $GA_y$ , $GA_z$ )                                                                   |  |
| CO7         | 1.2*CC1           | Método de análisis : Análisis de segundo orden (P-Delta)<br>Método para sistema de resolución de ecuaciones algebraicas no lineales : Picard<br>Opciones : <input checked="" type="checkbox"/> Considerar efectos favorables por tracción<br>Referir los esfuerzos internos al sistema deformado para:<br><input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos axiales N<br><input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos cortantes $V_y$ y $V_z$<br><input checked="" type="checkbox"/> Momentos $M_y$ , $M_z$ y $M_T$<br>Activar coeficientes de rigidez de: : <input checked="" type="checkbox"/> Materiales (coeficiente parcial $\gamma$ M)<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Secciones (factor para J, $I_y$ , $I_z$ , A, $A_y$ , $A_z$ )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Barras (factor para GJ, $EI_y$ , $EI_z$ , EA, $GA_y$ , $GA_z$ )                                                                   |  |
| CO8         | 1.2*CC1 + CC2     | Método de análisis : Análisis de segundo orden (P-Delta)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |



2.5.2 COMBINACIONES DE CARGA - PARÁMETROS DE CÁLCULO

| Comb. carga | Descripción         | Parámetros de cálculo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             |                     | Método para sistema de resolución de ecuaciones algebraicas no lineales : <input checked="" type="checkbox"/> Picard<br>Opciones : <input checked="" type="checkbox"/> Considerar efectos favorables por tracción<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Referir los esfuerzos internos al sistema deformado para:<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos axiales N<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos cortantes $V_y$ y $V_z$<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Momentos $M_y$ , $M_z$ y $M_T$<br>Activar coeficientes de rigidez de: : <input checked="" type="checkbox"/> Materiales (coeficiente parcial $\gamma$ M)<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Secciones (factor para $J$ , $I_y$ , $I_z$ , $A$ , $A_y$ , $A_z$ )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Barras (factor para $GJ$ , $EI_y$ , $EI_z$ , $EA$ , $GA_y$ , $GA_z$ )                                                                                                 |
| CO9         | 1.2*CC1 + CC2 + CC3 | Método de análisis : <input checked="" type="checkbox"/> Análisis de segundo orden (P-Delta)<br>Método para sistema de resolución de ecuaciones algebraicas no lineales : <input checked="" type="checkbox"/> Picard<br>Opciones : <input checked="" type="checkbox"/> Considerar efectos favorables por tracción<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Referir los esfuerzos internos al sistema deformado para:<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos axiales N<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos cortantes $V_y$ y $V_z$<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Momentos $M_y$ , $M_z$ y $M_T$<br>Activar coeficientes de rigidez de: : <input checked="" type="checkbox"/> Materiales (coeficiente parcial $\gamma$ M)<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Secciones (factor para $J$ , $I_y$ , $I_z$ , $A$ , $A_y$ , $A_z$ )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Barras (factor para $GJ$ , $EI_y$ , $EI_z$ , $EA$ , $GA_y$ , $GA_z$ ) |
| CO10        | 1.2*CC1 + CC3       | Método de análisis : <input checked="" type="checkbox"/> Análisis de segundo orden (P-Delta)<br>Método para sistema de resolución de ecuaciones algebraicas no lineales : <input checked="" type="checkbox"/> Picard<br>Opciones : <input checked="" type="checkbox"/> Considerar efectos favorables por tracción<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Referir los esfuerzos internos al sistema deformado para:<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos axiales N<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos cortantes $V_y$ y $V_z$<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Momentos $M_y$ , $M_z$ y $M_T$<br>Activar coeficientes de rigidez de: : <input checked="" type="checkbox"/> Materiales (coeficiente parcial $\gamma$ M)<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Secciones (factor para $J$ , $I_y$ , $I_z$ , $A$ , $A_y$ , $A_z$ )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Barras (factor para $GJ$ , $EI_y$ , $EI_z$ , $EA$ , $GA_y$ , $GA_z$ ) |
| CO11        | 0.9*CC1             | Método de análisis : <input checked="" type="checkbox"/> Análisis de segundo orden (P-Delta)<br>Método para sistema de resolución de ecuaciones algebraicas no lineales : <input checked="" type="checkbox"/> Picard<br>Opciones : <input checked="" type="checkbox"/> Considerar efectos favorables por tracción<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Referir los esfuerzos internos al sistema deformado para:<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos axiales N<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos cortantes $V_y$ y $V_z$<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Momentos $M_y$ , $M_z$ y $M_T$<br>Activar coeficientes de rigidez de: : <input checked="" type="checkbox"/> Materiales (coeficiente parcial $\gamma$ M)<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Secciones (factor para $J$ , $I_y$ , $I_z$ , $A$ , $A_y$ , $A_z$ )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Barras (factor para $GJ$ , $EI_y$ , $EI_z$ , $EA$ , $GA_y$ , $GA_z$ ) |
| CO12        | 0.9*CC1 + CC3       | Método de análisis : <input checked="" type="checkbox"/> Análisis de segundo orden (P-Delta)<br>Método para sistema de resolución de ecuaciones algebraicas no lineales : <input checked="" type="checkbox"/> Picard<br>Opciones : <input checked="" type="checkbox"/> Considerar efectos favorables por tracción<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Referir los esfuerzos internos al sistema deformado para:<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos axiales N<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos cortantes $V_y$ y $V_z$<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Momentos $M_y$ , $M_z$ y $M_T$<br>Activar coeficientes de rigidez de: : <input checked="" type="checkbox"/> Materiales (coeficiente parcial $\gamma$ M)<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Secciones (factor para $J$ , $I_y$ , $I_z$ , $A$ , $A_y$ , $A_z$ )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Barras (factor para $GJ$ , $EI_y$ , $EI_z$ , $EA$ , $GA_y$ , $GA_z$ ) |

2.7 COMBINACIONES DE RESULTADOS

| Comb.d result. | Descripción                   | Carga              |
|----------------|-------------------------------|--------------------|
| CR1            | Capítulo 5 – Cargas, (5.3.1a) | CO1/p              |
| CR2            | Capítulo 5 – Cargas, (5.3.1b) | CO2/p o CO3/p      |
| CR3            | Capítulo 5 – Cargas, (5.3.1c) | CO4/p o hasta CO6  |
| CR4            | Capítulo 5 – Cargas, (5.3.1d) | CO7/p o hasta CO10 |
| CR5            | Capítulo 5 – Cargas, (5.3.1f) | CO11/p o CO12/p    |

3.4 CARGAS SUPERFICIALES

CC1: CM

| Núm. | En sup. núm. | Tipo de carga | Distribuc. de carga | Direcc. de carg. | Parámetros de carga |       |                   |
|------|--------------|---------------|---------------------|------------------|---------------------|-------|-------------------|
|      |              |               |                     |                  | Símb.               | Valor | Ud.               |
| 1    | 9-20,22-24   | Fuerza        | Uniforme            | ZL               | p                   | -7.79 | kN/m <sup>2</sup> |
| 2    | 35-49        | Fuerza        | Uniforme            | ZL               | p                   | -7.79 | kN/m <sup>2</sup> |
| 3    | 61-75        | Fuerza        | Uniforme            | ZL               | p                   | -7.79 | kN/m <sup>2</sup> |
| 4    | 87-101       | Fuerza        | Uniforme            | ZL               | p                   | -7.79 | kN/m <sup>2</sup> |
| 5    | 113-127      | Fuerza        | Uniforme            | ZL               | p                   | -7.79 | kN/m <sup>2</sup> |
| 6    | 139-153      | Fuerza        | Uniforme            | ZL               | p                   | -7.79 | kN/m <sup>2</sup> |
| 7    | 165-179      | Fuerza        | Uniforme            | ZL               | p                   | -7.79 | kN/m <sup>2</sup> |
| 8    | 191-205      | Fuerza        | Uniforme            | ZL               | p                   | -7.79 | kN/m <sup>2</sup> |

cc1  
CM



## CARGAS

### 3.4 CARGAS SUPERFICIALES

CC1: CM

| Núm. | En sup. núm.    | Tipo de carga | Distribuc. de carga | Direcc. de carg. | Parámetros de carga |       |                   |
|------|-----------------|---------------|---------------------|------------------|---------------------|-------|-------------------|
|      |                 |               |                     |                  | Símb.               | Valor | Ud.               |
| 9    | 217-231         | Fuerza        | Uniforme            | ZL               | p                   | -7.79 | kN/m <sup>2</sup> |
| 10   | 243-257         | Fuerza        | Uniforme            | ZL               | p                   | -7.79 | kN/m <sup>2</sup> |
| 11   | 269-283         | Fuerza        | Uniforme            | ZL               | p                   | -7.79 | kN/m <sup>2</sup> |
| 12   | 295-309         | Fuerza        | Uniforme            | ZL               | p                   | -7.79 | kN/m <sup>2</sup> |
| 13   | 321-335         | Fuerza        | Uniforme            | ZL               | p                   | -7.79 | kN/m <sup>2</sup> |
| 14   | 347-361         | Fuerza        | Uniforme            | ZL               | p                   | -7.79 | kN/m <sup>2</sup> |
| 15   | 373-387         | Fuerza        | Uniforme            | ZL               | p                   | -7.79 | kN/m <sup>2</sup> |
| 16   | 399-413         | Fuerza        | Uniforme            | ZL               | p                   | -7.79 | kN/m <sup>2</sup> |
| 17   | 425-439         | Fuerza        | Uniforme            | ZL               | p                   | -7.79 | kN/m <sup>2</sup> |
| 18   | 451-465         | Fuerza        | Uniforme            | ZL               | p                   | -7.79 | kN/m <sup>2</sup> |
| 19   | 477-491         | Fuerza        | Uniforme            | ZL               | p                   | -7.79 | kN/m <sup>2</sup> |
| 20   | 503-508,510-517 | Fuerza        | Uniforme            | ZL               | p                   | -5.86 | kN/m <sup>2</sup> |

CC2  
CV

### 3.4 CARGAS SUPERFICIALES

CC2: CV

| Núm. | En sup. núm.                                                                                                                                          | Tipo de carga | Distribuc. de carga | Direcc. de carg. | Parámetros de carga |       |                   |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------|------------------|---------------------|-------|-------------------|
|      |                                                                                                                                                       |               |                     |                  | Símb.               | Valor | Ud.               |
| 1    | 9-20,22-24,35-49,61-75,87-101,113-127,139-153,165-179,191-205,217-231,243-257,269-283,295-309,321-335,347-361,373-387,399-413,425-439,451-465,477-491 | Fuerza        | Uniforme            | ZL               | p                   | -1.96 | kN/m <sup>2</sup> |
| 2    | 503-515,517                                                                                                                                           | Fuerza        | Uniforme            | ZL               | p                   | -0.98 | kN/m <sup>2</sup> |

CC4  
Viento 0°

### 3.2 CARGAS EN BARRAS

CC4: Viento 0°

| Núm. | Referido a | En barras núm. | Tipo de carga | Distribuc. de carga | Direcc. de carg. | Long. de referencia | Parámetros de carga |        |     |
|------|------------|----------------|---------------|---------------------|------------------|---------------------|---------------------|--------|-----|
|      |            |                |               |                     |                  |                     | Símb.               | Valor  | Ud. |
| 1    | Barras     | 1              | Fuerza        | Puntual             | XL               | Longitud real       | P                   | 0.106  | kN  |
|      |            |                |               |                     |                  |                     | A                   | 25.000 | %   |
| 2    | Barras     | 1              | Fuerza        | Puntual             | YL               | Longitud real       | P                   | -0.113 | kN  |
|      |            |                |               |                     |                  |                     | A                   | 25.000 | %   |
| 3    | Barras     | 1              | Fuerza        | Puntual             | ZL               | Longitud real       | P                   | 0.000  | kN  |
|      |            |                |               |                     |                  |                     | A                   | 25.000 | %   |
| 4    | Barras     | 1              | Fuerza        | Puntual             | XL               | Longitud real       | P                   | 0.105  | kN  |
|      |            |                |               |                     |                  |                     | A                   | 75.000 | %   |
| 5    | Barras     | 1              | Fuerza        | Puntual             | YL               | Longitud real       | P                   | -0.113 | kN  |
|      |            |                |               |                     |                  |                     | A                   | 75.000 | %   |
| 6    | Barras     | 1              | Fuerza        | Puntual             | ZL               | Longitud real       | P                   | 0.000  | kN  |
|      |            |                |               |                     |                  |                     | A                   | 75.000 | %   |
| 7    | Barras     | 2              | Fuerza        | Puntual             | XL               | Longitud real       | P                   | 0.204  | kN  |
|      |            |                |               |                     |                  |                     | A                   | 25.000 | %   |
| 8    | Barras     | 2              | Fuerza        | Puntual             | YL               | Longitud real       | P                   | 0.150  | kN  |
|      |            |                |               |                     |                  |                     | A                   | 25.000 | %   |
| 9    | Barras     | 2              | Fuerza        | Puntual             | ZL               | Longitud real       | P                   | 0.000  | kN  |
|      |            |                |               |                     |                  |                     | A                   | 25.000 | %   |
| 10   | Barras     | 2              | Fuerza        | Puntual             | XL               | Longitud real       | P                   | 0.211  | kN  |
|      |            |                |               |                     |                  |                     | A                   | 75.000 | %   |
| 11   | Barras     | 2              | Fuerza        | Puntual             | YL               | Longitud real       | P                   | 0.153  | kN  |
|      |            |                |               |                     |                  |                     | A                   | 75.000 | %   |
| 12   | Barras     | 2              | Fuerza        | Puntual             | ZL               | Longitud real       | P                   | 0.000  | kN  |
|      |            |                |               |                     |                  |                     | A                   | 75.000 | %   |
| 13   | Barras     | 3              | Fuerza        | Puntual             | XL               | Longitud real       | P                   | 0.071  | kN  |
|      |            |                |               |                     |                  |                     | A                   | 25.000 | %   |
| 14   | Barras     | 3              | Fuerza        | Puntual             | YL               | Longitud real       | P                   | -0.016 | kN  |
|      |            |                |               |                     |                  |                     | A                   | 25.000 | %   |
| 15   | Barras     | 3              | Fuerza        | Puntual             | ZL               | Longitud real       | P                   | 0.000  | kN  |
|      |            |                |               |                     |                  |                     | A                   | 25.000 | %   |
| 16   | Barras     | 3              | Fuerza        | Puntual             | XL               | Longitud real       | P                   | 0.087  | kN  |
|      |            |                |               |                     |                  |                     | A                   | 75.000 | %   |
| 17   | Barras     | 3              | Fuerza        | Puntual             | YL               | Longitud real       | P                   | -0.012 | kN  |
|      |            |                |               |                     |                  |                     | A                   | 75.000 | %   |
| 18   | Barras     | 3              | Fuerza        | Puntual             | ZL               | Longitud real       | P                   | 0.000  | kN  |
|      |            |                |               |                     |                  |                     | A                   | 75.000 | %   |
| 19   | Barras     | 4              | Fuerza        | Puntual             | XL               | Longitud real       | P                   | 0.071  | kN  |
|      |            |                |               |                     |                  |                     | A                   | 25.000 | %   |
| 20   | Barras     | 4              | Fuerza        | Puntual             | YL               | Longitud real       | P                   | 0.060  | kN  |
|      |            |                |               |                     |                  |                     | A                   | 25.000 | %   |
| 21   | Barras     | 4              | Fuerza        | Puntual             | ZL               | Longitud real       | P                   | 0.000  | kN  |
|      |            |                |               |                     |                  |                     | A                   | 25.000 | %   |
| 22   | Barras     | 4              | Fuerza        | Puntual             | XL               | Longitud real       | P                   | 0.092  | kN  |
|      |            |                |               |                     |                  |                     | A                   | 75.000 | %   |
| 23   | Barras     | 4              | Fuerza        | Puntual             | YL               | Longitud real       | P                   | 0.068  | kN  |
|      |            |                |               |                     |                  |                     | A                   | 75.000 | %   |
| 24   | Barras     | 4              | Fuerza        | Puntual             | ZL               | Longitud real       | P                   | 0.000  | kN  |
|      |            |                |               |                     |                  |                     | A                   | 75.000 | %   |
| 25   | Barras     | 5              | Fuerza        | Puntual             | XL               | Longitud real       | P                   | 0.032  | kN  |
|      |            |                |               |                     |                  |                     | A                   | 12.500 | %   |
| 26   | Barras     | 5              | Fuerza        | Puntual             | YL               | Longitud real       | P                   | 0.273  | kN  |
|      |            |                |               |                     |                  |                     | A                   | 12.500 | %   |
| 27   | Barras     | 5              | Fuerza        | Puntual             | ZL               | Longitud real       | P                   | 0.000  | kN  |
|      |            |                |               |                     |                  |                     | A                   | 12.500 | %   |
| 28   | Barras     | 5              | Fuerza        | Puntual             | XL               | Longitud real       | P                   | 0.072  | kN  |
|      |            |                |               |                     |                  |                     | A                   | 37.500 | %   |
| 29   | Barras     | 5              | Fuerza        | Puntual             | YL               | Longitud real       | P                   | 0.280  | kN  |
|      |            |                |               |                     |                  |                     | A                   | 37.500 | %   |
| 30   | Barras     | 5              | Fuerza        | Puntual             | ZL               | Longitud real       | P                   | 0.000  | kN  |
|      |            |                |               |                     |                  |                     | A                   | 37.500 | %   |
| 31   | Barras     | 5              | Fuerza        | Puntual             | XL               | Longitud real       | P                   | 0.079  | kN  |
|      |            |                |               |                     |                  |                     | A                   | 62.500 | %   |

# Simulación en RWIND

Simular y generar cargas de viento



**Carga de viento** | Casos de carga | Configuración | Rugosidad de la superficie

**Direcciones del viento**

Uniforme  
 Paso  $\Delta\phi$ : 45.00 [°]     $\phi_A$  inicial: 0.00 [°]     $\phi_B$  final: 360.00 [°]

Direcciones definidas manualmente: [°]  
 0;45;90;135;180;225;270;315

**Propiedades de la turbulencia**

Considerar la turbulencia  
 Modelo de turbulencia: k-epsilon  
 Usar turbulencia uniforme en la entrada  
 Intensidad de la turbulencia: I: 1.0 [%]  
 Nivel del terreno: [m]

**Perfil de viento**

Según la norma:  
 ASCE/SEI 7-16

Categoría de exposición: B    Coeficiente topográfico  $K_{zt}$ : 1.00    F. direccionalidad del viento  $K_d$ : 1.00

Velocidad básica del viento V: 22.220 [m/s]    Factor de altura s. n. m.  $K_e$ : 1.00    Factor de efecto de ráfaga G: 1.00

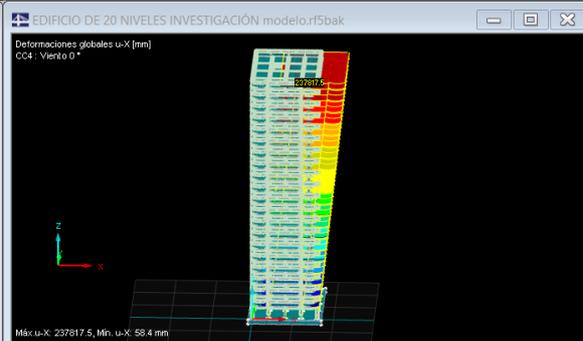
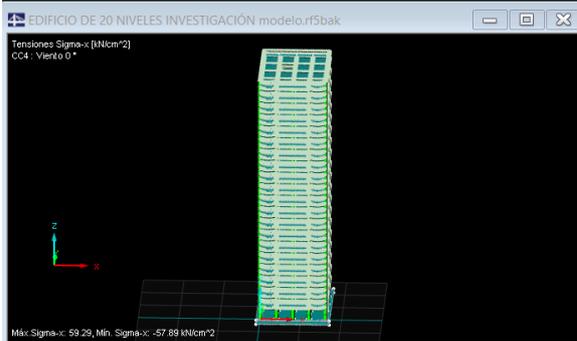
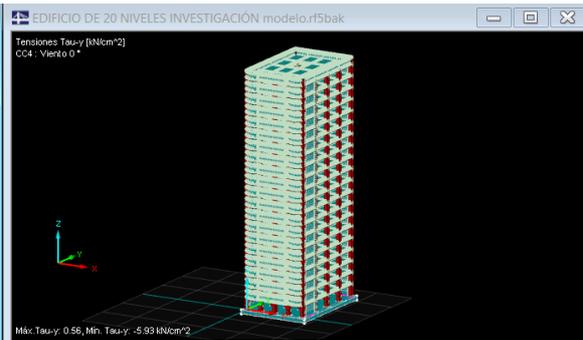
Densidad  $\rho$ : 1.226 [kg/m<sup>3</sup>]

Definido por el usuario

| Nivel z [m] | Velocidad del v v [m/s] | Nivel z [m] | Intensidad de la turb I [%] |
|-------------|-------------------------|-------------|-----------------------------|
| 0.000       | 16.845                  | 0.000       | 1.0                         |
| 6.300       | 17.634                  | 6.300       | 1.0                         |
| 12.600      | 19.470                  | 12.600      | 1.0                         |
| 18.900      | 20.631                  | 18.900      | 1.0                         |
| 25.200      | 21.497                  | 25.200      | 1.0                         |
| 31.500      | 22.193                  | 31.500      | 1.0                         |
| 37.800      | 22.779                  | 37.800      | 1.0                         |
| 44.100      | 23.286                  | 44.100      | 1.0                         |
| 50.400      | 23.734                  | 50.400      | 1.0                         |
| 56.700      | 24.137                  | 56.700      | 1.0                         |

Turbulencia definida por el usuario

Calcular todo en 2.º plano | Aceptar | Cancelar





■ 4.0 RESULTADOS - RESUMEN

| Descripción                                                                                                   | Valor                                                                            | Unida | Comentario                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Caso de carga CC4 - Viento 0°                                                                                 |                                                                                  |       |                                                                                                |
| Estado del cálculo                                                                                            | ¡Número máximo de iteraciones realizadas sin llegar al criterio de convergencia! |       |                                                                                                |
| La suma de cargas y la suma de esfuerzos en apoyos en dirección X no están equilibrados (desviación 34.35%).  |                                                                                  |       |                                                                                                |
| La suma de cargas y la suma de esfuerzos en apoyos en dirección Y no están equilibrados (desviación 35.96%).  |                                                                                  |       |                                                                                                |
| La suma de cargas y la suma de esfuerzos en apoyos en dirección Z no están equilibrados (desviación -97.64%). |                                                                                  |       |                                                                                                |
| Suma de cargas en X                                                                                           | 655.22                                                                           | kN    |                                                                                                |
| Suma de reacciones en apoyos en X                                                                             | 487.68                                                                           | kN    | Desviación 34.35%                                                                              |
| Suma de cargas en Y                                                                                           | 141.71                                                                           | kN    |                                                                                                |
| Suma de reacciones en apoyos en Y                                                                             | 104.22                                                                           | kN    | Desviación 35.96%                                                                              |
| Suma de cargas en Z                                                                                           | 94.23                                                                            | kN    |                                                                                                |
| Suma de reacciones en apoyos en Z                                                                             | -3990.36                                                                         | kN    | Desviación -97.64%                                                                             |
| Resultante de reacciones respecto a X                                                                         | -3.19E+04                                                                        | kNm   | En el centro de gravedad del modelo (X:7.960, Y:11.511, Z:27.932 m)                            |
| Resultante de reacciones respecto a Y                                                                         | 38339.600                                                                        | kNm   | En el centro de gravedad del modelo                                                            |
| Resultante de reacciones respecto a Z                                                                         | 619.438                                                                          | kNm   | En el centro de gravedad del modelo                                                            |
| Máx. desplazamiento en X                                                                                      | 237818.0                                                                         | mm    | Nudo de malla de EF núm. 2292 (X: 2.000, Y: -1.275, Z: 62.000 m)                               |
| Máx. desplazamiento en Y                                                                                      | 1173.0                                                                           | mm    | Nudo de malla de EF núm. 2306 (X: 16.000, Y: 23.600, Z: 62.000 m)                              |
| Máx. desplazamiento en Z                                                                                      | 67737.9                                                                          | mm    | Nudo de malla de EF núm. 1974 (X: -1.000, Y: -1.000, Z: -1.000 m)                              |
| Máx. desplazamiento del vector                                                                                | 246267.0                                                                         | mm    | Nudo de malla de EF núm. 2294 (X: 0.000, Y: -0.050, Z: 62.000 m)                               |
| Máx. giro respecto a X                                                                                        | -322.9                                                                           | mrad  | Barra núm. 3305, x: 1.391 m                                                                    |
| Máx. giro respecto a Y                                                                                        | 3983.6                                                                           | mrad  | Barra núm. 3305, x: 3.865 m                                                                    |
| Máx. giro respecto a Z                                                                                        | 2.0                                                                              | mrad  | Nudo de malla de EF núm. 56570 (X: 17.000, Y: 25.000, Z: -0.667 m)                             |
| Máxima deformación de barras                                                                                  | 0.000                                                                            | %     | Barra núm. 0, x: 0.000 m                                                                       |
| Máxima deformación de superficies                                                                             | 0.000                                                                            | %     | Nudo de malla de EF núm. 0 (X: 0.000, Y: 0.000, Z: 0.000 m)                                    |
| Máxima deformación de sólidos                                                                                 | 0.000                                                                            | %     | Nudo de malla de EF núm. 0 (X: 0.000, Y: 0.000, Z: 0.000 m)                                    |
| Método de análisis                                                                                            | Lineal                                                                           |       | Análisis geoméricamente lineal                                                                 |
| Número de incrementos de carga                                                                                | 1                                                                                |       |                                                                                                |
| Número de iteraciones                                                                                         | 100                                                                              |       | Atención: ¡Se alcanzó el número máximo de iteraciones sin cumplir el criterio de convergencia! |
| Valor máximo del elemento de la matriz de rigidez en la diagonal                                              | 3.208E+11                                                                        |       |                                                                                                |
| Valor mínimo del elemento de la matriz de rigidez en la diagonal                                              | 1.501E+03                                                                        |       |                                                                                                |
| Norma infinito                                                                                                | 9.31E+11                                                                         |       |                                                                                                |

| Resumen                                                                                            |                                     |   |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---|--|
| Estado del cálculo: Problema en CC4                                                                |                                     |   |  |
| Otra configuración:                                                                                |                                     |   |  |
| Número de elementos finitos 1D                                                                     | 12761                               |   |  |
| Número de elementos finitos 2D                                                                     | 56493                               |   |  |
| Número de elementos finitos 3D                                                                     | 113286                              |   |  |
| Número de nudos de mallas de EF                                                                    | 77883                               |   |  |
| Número de ecuaciones                                                                               | 467298                              |   |  |
| Número máximo de iteraciones                                                                       | 100                                 |   |  |
| Número de divisiones de barra para diagramas de resultados                                         | 10                                  |   |  |
| División de barras tipo cable/con apoyo elástico/de sección variable                               | 10                                  |   |  |
| Número de divisiones de barra para búsqueda de valores máximos                                     | 10                                  |   |  |
| Subdivisiones de malla de EF para resultados gráficos                                              | 0                                   |   |  |
| Porcentaje de iteraciones según el método de Picard en combinación con el método de Newton-Raphson | 5                                   | % |  |
| Activar apoyos ineficaces                                                                          | <input checked="" type="checkbox"/> |   |  |
| Opciones:                                                                                          |                                     |   |  |
| Activar rigidez a cortante de barras (Ay, Az)                                                      | <input checked="" type="checkbox"/> |   |  |
| Activar divisiones de barras para grandes deformaciones o análisis postcrítico                     | <input checked="" type="checkbox"/> |   |  |
| Activar modificaciones de rigideces introducidas                                                   | <input checked="" type="checkbox"/> |   |  |
| Omitir grados de libertad de giro                                                                  | <input type="checkbox"/>            |   |  |
| Comprobación de fuerzas de barras críticas                                                         | <input checked="" type="checkbox"/> |   |  |
| El solucionador directo no simétrico si lo exigiera el modelo no lineal                            | <input type="checkbox"/>            |   |  |
| Método para el sistema de ecuaciones                                                               | Iteración                           |   |  |
| Teoría de flexión de placas                                                                        | Mindlin                             |   |  |
| Versión de solucionador                                                                            | 64-bit                              |   |  |
| Precisión y tolerancia:                                                                            |                                     |   |  |
| Cambiar configuración predeterminada                                                               | <input type="checkbox"/>            |   |  |
| Efectos no lineales - Activar:                                                                     |                                     |   |  |
| Apoyo y apoyos elásticos                                                                           | <input checked="" type="checkbox"/> |   |  |

■ 4.12 SECCIONES - ESFUERZOS INTERNOS

| Barra núm.                         | CC/CO | Nudo núm. | Posición x [m] | Fuerzas [kN] |                |                | Momentos [kNm] |                |                |
|------------------------------------|-------|-----------|----------------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                                    |       |           |                | N            | V <sub>y</sub> | V <sub>z</sub> | M <sub>T</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |
| Sección núm. 1: Rectángulo 800/800 |       |           |                |              |                |                |                |                |                |
| 1                                  | CC4   | 1         | 0.000          | -102.76      | -15.21         | -18.92         | 1.90           | 28.61          | -17.11         |
|                                    |       |           | 0.375          | -102.76      | -15.21         | -18.92         | 1.90           | 21.52          | -11.40         |
|                                    |       |           | 0.375          | -102.76      | -15.32         | -19.02         | 1.90           | 21.52          | -11.40         |
|                                    |       |           | 1.125          | -102.76      | -15.32         | -19.02         | 1.90           | 7.25           | 0.09           |
|                                    |       |           | 1.125          | -102.76      | -15.44         | -19.13         | 1.90           | 7.25           | 0.09           |
| 2                                  | CC4   | 91        | 1.500          | -102.76      | -15.44         | -19.13         | 1.90           | 0.08           | 5.88           |
|                                    |       |           | 0.000          | 46.66        | 3.89           | -31.96         | 1.05           | 61.21          | 8.45           |
|                                    |       |           | 0.375          | 46.66        | 3.89           | -31.96         | 1.05           | 49.22          | 6.99           |
|                                    |       |           | 0.375          | 46.66        | 4.04           | -32.16         | 1.05           | 49.22          | 6.99           |
|                                    |       |           | 1.125          | 46.66        | 4.04           | -32.16         | 1.05           | 25.10          | 3.96           |
|                                    |       |           | 1.125          | 46.66        | 4.20           | -32.37         | 1.05           | 25.10          | 3.96           |



■ 4.12 SECCIONES - ESFUERZOS INTERNOS

| Barra<br>núm. | CC/CO | Nudo<br>núm. | Posición<br>x [m] | Fuerzas [kN] |                |                | Momentos [kNm] |                |                |
|---------------|-------|--------------|-------------------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|               |       |              |                   | N            | V <sub>y</sub> | V <sub>z</sub> | M <sub>T</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |
| 2             | CC4   | 2050         | 1.500             | 46.66        | 4.20           | -32.37         | 1.05           | 12.96          | 2.39           |
|               |       |              | 0.000             | 15.71        | 10.29          | -33.94         | 0.36           | 66.45          | 24.23          |
|               |       |              | 0.375             | 15.71        | 10.29          | -33.94         | 0.36           | 53.73          | 20.37          |
|               |       |              | 0.375             | 15.71        | 10.27          | -34.01         | 0.36           | 53.73          | 20.37          |
|               |       |              | 1.125             | 15.71        | 10.27          | -34.01         | 0.36           | 28.22          | 12.67          |
| 3             | CC4   | 11           | 1.125             | 15.71        | 10.26          | -34.09         | 0.36           | 28.22          | 12.67          |
|               |       |              | 1.125             | 15.71        | 10.26          | -34.09         | 0.36           | 28.22          | 12.67          |
|               |       |              | 1.500             | 15.71        | 10.26          | -34.09         | 0.36           | 15.44          | 8.83           |
|               |       |              | 0.000             | 22.35        | 8.79           | -28.50         | 0.35           | 56.27          | 22.36          |
|               |       |              | 0.375             | 22.35        | 8.79           | -28.50         | 0.35           | 45.59          | 19.06          |
| 4             | CC4   | 16           | 0.375             | 22.35        | 8.85           | -28.57         | 0.35           | 45.58          | 19.06          |
|               |       |              | 0.375             | 22.35        | 8.85           | -28.57         | 0.35           | 45.58          | 19.06          |
|               |       |              | 1.125             | 22.35        | 8.85           | -28.57         | 0.35           | 24.15          | 12.42          |
|               |       |              | 1.125             | 22.35        | 8.92           | -28.67         | 0.35           | 24.15          | 12.42          |
|               |       |              | 1.500             | 22.35        | 8.92           | -28.67         | 0.35           | 13.40          | 9.08           |
| 5             | CC4   | 21           | 0.000             | 35.38        | 3.35           | -19.31         | 0.71           | 37.46          | 12.06          |
|               |       |              | 0.375             | 35.38        | 3.35           | -19.31         | 0.71           | 30.22          | 10.81          |
|               |       |              | 0.375             | 35.38        | 3.62           | -19.35         | 0.71           | 30.22          | 10.81          |
|               |       |              | 1.125             | 35.38        | 3.62           | -19.35         | 0.71           | 15.71          | 8.09           |
|               |       |              | 1.125             | 35.38        | 3.90           | -19.42         | 0.71           | 15.71          | 8.09           |
| 6             | CC4   | 2042         | 1.875             | 35.38        | 3.90           | -19.42         | 0.71           | 1.15           | 5.16           |
|               |       |              | 1.875             | 35.38        | 4.18           | -19.50         | 0.71           | 1.15           | 5.16           |
|               |       |              | 1.875             | 35.38        | 4.18           | -19.50         | 0.71           | -13.47         | 2.02           |
|               |       |              | 2.625             | 35.38        | 4.43           | -19.55         | 0.71           | -13.47         | 2.02           |
|               |       |              | 2.625             | 35.38        | 4.43           | -19.55         | 0.71           | -13.47         | 2.02           |
| 7             | CC4   | 149          | 3.000             | 35.38        | 4.43           | -19.55         | 0.71           | -20.81         | 0.36           |
|               |       |              | 0.000             | 33.10        | 9.33           | -44.39         | 0.12           | 83.79          | 19.44          |
|               |       |              | 0.375             | 33.10        | 9.33           | -44.39         | 0.12           | 67.15          | 15.94          |
|               |       |              | 0.375             | 33.10        | 9.26           | -44.51         | 0.12           | 67.14          | 15.94          |
|               |       |              | 1.125             | 33.10        | 9.26           | -44.51         | 0.12           | 33.77          | 8.99           |
| 8             | CC4   | 55           | 1.125             | 33.10        | 9.19           | -44.62         | 0.12           | 33.76          | 8.99           |
|               |       |              | 1.125             | 33.10        | 9.19           | -44.62         | 0.12           | 33.76          | 8.99           |
|               |       |              | 1.875             | 33.10        | 9.19           | -44.62         | 0.12           | 0.30           | 2.10           |
|               |       |              | 1.875             | 33.10        | 9.09           | -44.73         | 0.12           | 0.30           | 2.10           |
|               |       |              | 2.625             | 33.10        | 9.09           | -44.73         | 0.12           | -33.25         | -4.72          |
| 9             | CC4   | 12           | 2.625             | 33.10        | 9.02           | -44.77         | 0.12           | -33.25         | -4.72          |
|               |       |              | 3.000             | 33.10        | 9.02           | -44.77         | 0.12           | -50.04         | -8.10          |
|               |       |              | 0.000             | -6.61        | 6.15           | -45.24         | 0.30           | 88.88          | 11.83          |
|               |       |              | 0.375             | -6.61        | 6.15           | -45.24         | 0.30           | 71.92          | 9.53           |
|               |       |              | 0.375             | -6.61        | 6.00           | -45.31         | 0.30           | 71.92          | 9.53           |
| 10            | CC4   | 17           | 1.125             | -6.61        | 6.00           | -45.31         | 0.30           | 37.93          | 5.02           |
|               |       |              | 1.125             | -6.61        | 5.86           | -45.40         | 0.30           | 37.93          | 5.02           |
|               |       |              | 1.875             | -6.61        | 5.86           | -45.40         | 0.30           | 3.88           | 0.63           |
|               |       |              | 1.875             | -6.61        | 5.71           | -45.50         | 0.30           | 3.88           | 0.63           |
|               |       |              | 2.625             | -6.61        | 5.71           | -45.50         | 0.30           | -30.24         | -3.66          |
| 11            | CC4   | 140          | 2.625             | -6.61        | 5.61           | -45.56         | 0.30           | -30.24         | -3.66          |
|               |       |              | 3.000             | -6.61        | 5.61           | -45.56         | 0.30           | -47.33         | -5.76          |
|               |       |              | 0.000             | 26.51        | 3.71           | -45.49         | 0.68           | 91.37          | 8.63           |
|               |       |              | 0.375             | 26.51        | 3.71           | -45.49         | 0.68           | 74.32          | 7.24           |
|               |       |              | 0.375             | 26.51        | 3.82           | -45.57         | 0.68           | 74.31          | 7.24           |
| 12            | CC4   | 22           | 1.125             | 26.51        | 3.82           | -45.57         | 0.68           | 40.14          | 4.37           |
|               |       |              | 1.125             | 26.51        | 3.96           | -45.67         | 0.68           | 40.14          | 4.37           |
|               |       |              | 1.875             | 26.51        | 3.96           | -45.67         | 0.68           | 5.88           | 1.40           |
|               |       |              | 1.875             | 26.51        | 4.09           | -45.78         | 0.68           | 5.88           | 1.40           |
|               |       |              | 2.625             | 26.51        | 4.09           | -45.78         | 0.68           | -28.45         | -1.66          |
| 13            | CC4   | 145          | 2.625             | 26.51        | 4.20           | -45.86         | 0.68           | -28.45         | -1.66          |
|               |       |              | 3.000             | 26.51        | 4.20           | -45.86         | 0.68           | -45.65         | -3.24          |
|               |       |              | 0.000             | 1.25         | -1.76          | -30.37         | 0.48           | 57.43          | -3.05          |
|               |       |              | 0.375             | 1.25         | -1.76          | -30.37         | 0.48           | 46.04          | -2.39          |
|               |       |              | 0.375             | 1.25         | -1.77          | -30.48         | 0.48           | 46.04          | -2.39          |
| 14            | CC4   | 2044         | 1.125             | 1.25         | -1.77          | -30.48         | 0.48           | 23.18          | -1.07          |
|               |       |              | 1.125             | 1.25         | -1.79          | -30.59         | 0.48           | 23.18          | -1.07          |
|               |       |              | 1.500             | 1.25         | -1.79          | -30.59         | 0.48           | 11.71          | -0.40          |
|               |       |              | 0.000             | 96.45        | 15.16          | -41.48         | -0.04          | 77.98          | 33.98          |
|               |       |              | 0.375             | 96.45        | 15.16          | -41.48         | -0.04          | 62.42          | 28.29          |
| 15            | CC4   | 3            | 0.375             | 96.45        | 15.13          | -41.50         | -0.04          | 62.42          | 28.29          |
|               |       |              | 0.375             | 96.45        | 15.13          | -41.50         | -0.04          | 62.42          | 28.29          |
|               |       |              | 1.125             | 96.45        | 15.13          | -41.50         | -0.04          | 31.30          | 16.94          |
|               |       |              | 1.125             | 96.45        | 15.11          | -41.50         | -0.04          | 31.30          | 16.94          |
|               |       |              | 1.875             | 96.45        | 15.11          | -41.50         | -0.04          | 0.17           | 5.61           |
| 16            | CC4   | 53           | 1.875             | 96.45        | 15.10          | -41.51         | -0.04          | 0.17           | 5.61           |
|               |       |              | 1.875             | 96.45        | 15.10          | -41.51         | -0.04          | 0.17           | 5.61           |
|               |       |              | 2.625             | 96.45        | 15.10          | -41.51         | -0.04          | -30.96         | -5.72          |
|               |       |              | 2.625             | 96.45        | 15.09          | -41.51         | -0.04          | -30.96         | -5.72          |
|               |       |              | 3.000             | 96.45        | 15.09          | -41.51         | -0.04          | -46.52         | -11.38         |
| 17            | CC4   | 8            | 0.000             | 139.45       | 8.78           | -50.79         | -0.02          | 98.19          | 17.35          |
|               |       |              | 0.375             | 139.45       | 8.78           | -50.79         | -0.02          | 79.14          | 14.06          |
|               |       |              | 0.375             | 139.45       | 8.76           | -50.90         | -0.02          | 79.14          | 14.06          |
|               |       |              | 1.125             | 139.45       | 8.76           | -50.90         | -0.02          | 40.97          | 7.49           |
|               |       |              | 1.125             | 139.45       | 8.74           | -51.04         | -0.02          | 40.97          | 7.49           |
| 18            | CC4   | 13           | 1.875             | 139.45       | 8.74           | -51.04         | -0.02          | 2.69           | 0.94           |
|               |       |              | 1.875             | 139.45       | 8.70           | -51.17         | -0.02          | 2.69           | 0.94           |
|               |       |              | 2.625             | 139.45       | 8.70           | -51.17         | -0.02          | -35.69         | -5.59          |
|               |       |              | 2.625             | 139.45       | 8.66           | -51.25         | -0.02          | -35.69         | -5.59          |
|               |       |              | 3.000             | 139.45       | 8.66           | -51.25         | -0.02          | -54.91         | -8.84          |
| 19            | CC4   | 13           | 0.000             | 107.11       | 4.76           | -52.16         | 1.13           | 105.35         | 8.65           |
|               |       |              | 0.375             | 107.11       | 4.76           | -52.16         | 1.13           | 85.79          | 6.87           |
|               |       |              | 0.375             | 107.11       | 4.70           | -52.14         | 1.13           | 85.79          | 6.87           |
|               |       |              | 1.125             | 107.11       | 4.70           | -52.14         | 1.13           | 46.68          | 3.34           |
|               |       |              | 1.125             | 107.11       | 4.68           | -52.12         | 1.13           | 46.68          | 3.34           |
| 20            | CC4   | 141          | 1.875             | 107.11       | 4.68           | -52.12         | 1.13           | 7.59           | -0.17          |
|               |       |              | 1.875             | 107.11       | 4.67           | -52.10         | 1.13           | 7.59           | -0.17          |
|               |       |              | 2.625             | 107.11       | 4.67           | -52.10         | 1.13           | -31.49         | -3.67          |
|               |       |              | 2.625             | 107.11       | 4.62           | -52.07         | 1.13           | -31.49         | -3.67          |
|               |       |              | 3.000             | 107.11       | 4.62           | -52.07         | 1.13           | -51.02         | -5.41          |
| 21            | CC4   | 18           | 0.000             | 108.22       | 3.00           | -65.19         | 0.27           | 133.81         | 7.15           |
|               |       |              | 0.375             | 108.22       | 3.00           | -65.19         | 0.27           | 109.37         | 6.02           |
|               |       |              | 0.375             | 108.22       | 3.05           | -65.17         | 0.27           | 109.37         | 6.02           |
|               |       |              | 1.125             | 108.22       | 3.05           | -65.17         | 0.27           | 60.49          | 3.73           |
|               |       |              | 1.125             | 108.22       | 3.07           | -65.14         | 0.27           | 60.49          | 3.73           |



RF-CONCRETE Members  
CA1  
Cálculo de barras de  
hormigón

### 1.1 DATOS GENERALES

Cálculo según la norma: ACI 318-19

#### ESTADOS LÍMITES ÚLTIMOS

Casos de carga para el cálculo: CC4 Viento 0 °

### 1.1 CONFIGURACIÓN - CÁLCULO NO LINEAL (ESTADO II)

- Activar el cálculo no lineal para el estado LÍMITE ÚLTIMO:
- Activar el cálculo no lineal para el estado LÍMITE DE SERVICIO:
- Activar el cálculo no lineal para resistencia al fuego:

### 1.2 MATERIALES

| Mat. núm. | Descripción del material           |                 | Comentario |
|-----------|------------------------------------|-----------------|------------|
|           | Clase resistente del hormigón      | Armadura pasiva |            |
| 3         | Concrete f <sub>c</sub> = 4000 psi | Grade 60        |            |
| 5         | Concrete f <sub>c</sub> = 4000 psi | Grade 60        |            |

### 1.2.1 PARÁMETROS DE MATERIAL

| Mat. núm.          | Descripción                                                             | Nombre          | Tamaño    | Unidad            |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------|-------------------|
| 3                  | <b>Clase resistente del hormigón: Concrete f<sub>c</sub> = 4000 psi</b> |                 |           |                   |
|                    | Resistencia a compresión del hormigón                                   | f <sub>c</sub>  | 27.579    | N/mm <sup>2</sup> |
|                    | Módulo de elasticidad                                                   | E <sub>c</sub>  | 24855.000 | N/mm <sup>2</sup> |
|                    | Módulo de rotura                                                        | f <sub>r</sub>  | 3.270     | N/mm <sup>2</sup> |
|                    | Deformaciones para diagrama parabólico-rectangular                      |                 |           |                   |
|                    | Deformación para compresión pura                                        | ε <sub>0</sub>  | -2        | ‰                 |
|                    | Deformación última de rotura                                            | ε <sub>ud</sub> | -3        | ‰                 |
|                    | <b>Armadura pasiva: Grade 60</b>                                        |                 |           |                   |
|                    | Módulo de elasticidad                                                   | E <sub>s</sub>  | 199948    | N/mm <sup>2</sup> |
|                    | Límite elástico especificado                                            | f <sub>y</sub>  | 414       | N/mm <sup>2</sup> |
| Deformación límite | ε <sub>su</sub>                                                         | 50.000          | ‰         |                   |
| 5                  | <b>Clase resistente del hormigón: Concrete f<sub>c</sub> = 4000 psi</b> |                 |           |                   |
|                    | Resistencia a compresión del hormigón                                   | f <sub>c</sub>  | 27.579    | N/mm <sup>2</sup> |
|                    | Módulo de elasticidad                                                   | E <sub>c</sub>  | 24855.000 | N/mm <sup>2</sup> |
|                    | Módulo de rotura                                                        | f <sub>r</sub>  | 3.270     | N/mm <sup>2</sup> |
|                    | Deformaciones para diagrama parabólico-rectangular                      |                 |           |                   |
|                    | Deformación para compresión pura                                        | ε <sub>0</sub>  | -2        | ‰                 |
|                    | Deformación última de rotura                                            | ε <sub>ud</sub> | -3        | ‰                 |
|                    | <b>Armadura pasiva: Grade 60</b>                                        |                 |           |                   |
|                    | Módulo de elasticidad                                                   | E <sub>s</sub>  | 199948    | N/mm <sup>2</sup> |
|                    | Límite elástico especificado                                            | f <sub>y</sub>  | 414       | N/mm <sup>2</sup> |
| Deformación límite | ε <sub>su</sub>                                                         | 50.000          | ‰         |                   |

Rectángulo 2000...Rectángulo 300/600



### 1.3 SECCIONES

| Sección núm. | Mat. núm. | Descripción de la sección | Notas | Comentario |
|--------------|-----------|---------------------------|-------|------------|
| 1            | 3         | Rectángulo 800/800        |       |            |
| 2            | 3         | Rectángulo 300/600        |       |            |
| 5            | 3         | Rectángulo 300/600        |       |            |
| 7            | 5         | Rectángulo 2000/1000      |       |            |



## 1.6 GRUPO DE ARMADURAS NÚM. 1

|                                                                  |                                                         |
|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>ARMADURA LONGITUDINAL</b>                                     |                                                         |
| Barras posibles:                                                 | #8                                                      |
| Número máx. de capas:                                            | 1                                                       |
| Separación mín. de la primera capa:                              | 19.1 mm                                                 |
| Tipo de anclaje:                                                 | Recto                                                   |
| Superficie del acero:                                            | Lisa                                                    |
| Reducción de la armadura:                                        | No                                                      |
| <b>ARMADURA DE CORTANTE</b>                                      |                                                         |
| Barras posibles:                                                 | #3                                                      |
| Núm. de lados por sección:                                       | 2                                                       |
| Inclinación:                                                     | 90°                                                     |
| Tipo de anclaje:                                                 | Gancho                                                  |
| Disposición del tirante/estribo:                                 | Separación uniforme de principio a fin                  |
| <b>DISPOSICIÓN DE LA ARMADURA</b>                                |                                                         |
| Recubrimiento de hormigón c-superior:                            | 38.1 mm                                                 |
| Recubrimiento de hormigón c-Inferior:                            | 38.1 mm                                                 |
| Recubrimiento de hormigón c-Lateral:                             | 38.1 mm                                                 |
| Disposición de la armadura:                                      | -z (superior) - +z (inferior) (distribución optimizada) |
| Armadura de torsión distribuida circunferencialmente:            | <input checked="" type="checkbox"/>                     |
| Esfuerzos internos relevantes:                                   | N, V-y, V-z, M-T, M-y, M-z                              |
| <b>ARMADURA MÍNIMA</b>                                           |                                                         |
| Área de armadura mínima (min. A-s,sup.):                         | 0.00 cm <sup>2</sup>                                    |
| Área de armadura mínima (min. A-s,inferior):                     | 0.00 cm <sup>2</sup>                                    |
| Armadura mínima longitudinal según la norma:                     | <input checked="" type="checkbox"/>                     |
| Armadura mínima de cortante según la norma:                      | <input checked="" type="checkbox"/>                     |
| Armadura longitudinal para el cálculo del esfuerzo cortante:     | Usar armadura longitudinal necesaria                    |
| <b>JUNTA DE HORMIGONADO</b>                                      |                                                         |
| Junta de hormigonado disponible:                                 | <input type="checkbox"/>                                |
| Cálculo de conexiones de alas en secciones segmentadas:          | <input type="checkbox"/>                                |
| <b>OPCIONES PARA ACI 318-19</b>                                  |                                                         |
| Porcentaje máx. de armadura:                                     | 8.00 %                                                  |
| Coef. de reducción de resistencia para resistencia a compresión: | 0.65                                                    |
| Coef. de reducción de resistencia para resistencia a tracción:   | 0.90                                                    |
| Coef. de reducción de resistencia para cortante y torsión:       | 0.75                                                    |
| Resistencia nominal a cortante V-c según la tabla 22.5.5.1:      | <input checked="" type="checkbox"/>                     |
| Inclinación de la biela de hormigón:                             | 45.00 °                                                 |

## 2.3 ARMADURA NECESARIA POR BARRA

| Armadura                                 | Barra núm. | Posición x [m] | Carga | Área de la armadura | Unidad             | Mensaje de error o nota |
|------------------------------------------|------------|----------------|-------|---------------------|--------------------|-------------------------|
| <b>Barra núm. 1 - Rectángulo 800/800</b> |            |                |       |                     |                    |                         |
| A <sub>s,-z</sub> (sup.)                 | 1          | 0.000          | CC4   | 32.00               | cm <sup>2</sup>    | 13) 88)                 |
| A <sub>s,+z</sub> (inf.)                 | 1          | 0.000          | CC4   | 32.00               | cm <sup>2</sup>    | 13) 88)                 |
| A <sub>t</sub>                           | 1          | 0.000          | CC4   | 0.00                | cm <sup>2</sup>    |                         |
| a <sub>v</sub>                           | 1          | 1.500          | CC4   | 6.32                | cm <sup>2</sup> /m | 903)                    |
| a <sub>t</sub>                           | 1          | 0.000          | CC4   | 0.00                | cm <sup>2</sup> /m |                         |
| <b>Barra núm. 2 - Rectángulo 800/800</b> |            |                |       |                     |                    |                         |
| A <sub>s,-z</sub> (sup.)                 | 2          | 1.500          | CC4   | 0.23                | cm <sup>2</sup>    |                         |
| A <sub>s,+z</sub> (inf.)                 | 2          | 0.000          | CC4   | 19.98               | cm <sup>2</sup>    | 901)                    |
| A <sub>t</sub>                           | 2          | 0.000          | CC4   | 0.00                | cm <sup>2</sup>    |                         |
| a <sub>v</sub>                           | 2          | 0.000          | CC4   | 0.00                | cm <sup>2</sup> /m |                         |
| a <sub>t</sub>                           | 2          | 0.000          | CC4   | 0.00                | cm <sup>2</sup> /m |                         |
| <b>Barra núm. 3 - Rectángulo 800/800</b> |            |                |       |                     |                    |                         |
| A <sub>s,-z</sub> (sup.)                 | 3          | 0.000          | CC4   | 0.00                | cm <sup>2</sup>    |                         |
| A <sub>s,+z</sub> (inf.)                 | 3          | 0.000          | CC4   | 19.98               | cm <sup>2</sup>    | 901)                    |
| A <sub>t</sub>                           | 3          | 0.000          | CC4   | 0.00                | cm <sup>2</sup>    |                         |
| a <sub>v</sub>                           | 3          | 0.000          | CC4   | 0.00                | cm <sup>2</sup> /m |                         |
| a <sub>t</sub>                           | 3          | 0.000          | CC4   | 0.00                | cm <sup>2</sup> /m |                         |
| <b>Barra núm. 4 - Rectángulo 800/800</b> |            |                |       |                     |                    |                         |
| A <sub>s,-z</sub> (sup.)                 | 4          | 1.500          | CC4   | 0.06                | cm <sup>2</sup>    |                         |
| A <sub>s,+z</sub> (inf.)                 | 4          | 0.000          | CC4   | 19.98               | cm <sup>2</sup>    | 901)                    |
| A <sub>t</sub>                           | 4          | 0.000          | CC4   | 0.00                | cm <sup>2</sup>    |                         |



### 2.3 ARMADURA NECESARIA POR BARRA

| Armadura                           | Barra<br>núm. | Posición<br>x [m] | Carga | Área de la<br>armadura | Unidad             | Mensaje de error<br>o nota |
|------------------------------------|---------------|-------------------|-------|------------------------|--------------------|----------------------------|
| a <sub>v</sub>                     | 4             | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup> /m |                            |
| a <sub>t</sub>                     | 4             | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup> /m |                            |
| Barra núm. 5 - Rectángulo 800/800  |               |                   |       |                        |                    |                            |
| A <sub>s,-z</sub> (sup.)           | 5             | 2.625             | CC4   | 19.98                  | cm <sup>2</sup>    | 902)                       |
| A <sub>s,+z</sub> (inf.)           | 5             | 0.000             | CC4   | 19.98                  | cm <sup>2</sup>    | 901)                       |
| A <sub>t</sub>                     | 5             | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup>    |                            |
| a <sub>v</sub>                     | 5             | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup> /m |                            |
| a <sub>t</sub>                     | 5             | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup> /m |                            |
| Barra núm. 7 - Rectángulo 800/800  |               |                   |       |                        |                    |                            |
| A <sub>s,-z</sub> (sup.)           | 7             | 2.625             | CC4   | 19.98                  | cm <sup>2</sup>    | 902)                       |
| A <sub>s,+z</sub> (inf.)           | 7             | 0.000             | CC4   | 19.98                  | cm <sup>2</sup>    | 901)                       |
| A <sub>t</sub>                     | 7             | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup>    |                            |
| a <sub>v</sub>                     | 7             | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup> /m |                            |
| a <sub>t</sub>                     | 7             | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup> /m |                            |
| Barra núm. 8 - Rectángulo 800/800  |               |                   |       |                        |                    |                            |
| A <sub>s,-z</sub> (sup.)           | 8             | 1.875             | CC4   | 32.00                  | cm <sup>2</sup>    |                            |
| A <sub>s,+z</sub> (inf.)           | 8             | 1.875             | CC4   | 32.00                  | cm <sup>2</sup>    | 901)                       |
| A <sub>t</sub>                     | 8             | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup>    |                            |
| a <sub>v</sub>                     | 8             | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup> /m |                            |
| a <sub>t</sub>                     | 8             | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup> /m |                            |
| Barra núm. 9 - Rectángulo 800/800  |               |                   |       |                        |                    |                            |
| A <sub>s,-z</sub> (sup.)           | 9             | 2.625             | CC4   | 19.98                  | cm <sup>2</sup>    | 902)                       |
| A <sub>s,+z</sub> (inf.)           | 9             | 0.000             | CC4   | 19.98                  | cm <sup>2</sup>    | 901)                       |
| A <sub>t</sub>                     | 9             | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup>    |                            |
| a <sub>v</sub>                     | 9             | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup> /m |                            |
| a <sub>t</sub>                     | 9             | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup> /m |                            |
| Barra núm. 10 - Rectángulo 800/800 |               |                   |       |                        |                    |                            |
| A <sub>s,-z</sub> (sup.)           | 10            | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup>    |                            |
| A <sub>s,+z</sub> (inf.)           | 10            | 0.000             | CC4   | 19.98                  | cm <sup>2</sup>    | 901)                       |
| A <sub>t</sub>                     | 10            | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup>    |                            |
| a <sub>v</sub>                     | 10            | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup> /m |                            |
| a <sub>t</sub>                     | 10            | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup> /m |                            |
| Barra núm. 11 - Rectángulo 800/800 |               |                   |       |                        |                    |                            |
| A <sub>s,-z</sub> (sup.)           | 11            | 2.625             | CC4   | 19.98                  | cm <sup>2</sup>    | 902)                       |
| A <sub>s,+z</sub> (inf.)           | 11            | 0.000             | CC4   | 19.98                  | cm <sup>2</sup>    | 901)                       |
| A <sub>t</sub>                     | 11            | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup>    |                            |
| a <sub>v</sub>                     | 11            | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup> /m |                            |
| a <sub>t</sub>                     | 11            | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup> /m |                            |
| Barra núm. 12 - Rectángulo 800/800 |               |                   |       |                        |                    |                            |
| A <sub>s,-z</sub> (sup.)           | 12            | 2.625             | CC4   | 19.98                  | cm <sup>2</sup>    | 902)                       |
| A <sub>s,+z</sub> (inf.)           | 12            | 0.000             | CC4   | 19.98                  | cm <sup>2</sup>    | 901)                       |
| A <sub>t</sub>                     | 12            | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup>    |                            |
| a <sub>v</sub>                     | 12            | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup> /m |                            |
| a <sub>t</sub>                     | 12            | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup> /m |                            |
| Barra núm. 13 - Rectángulo 800/800 |               |                   |       |                        |                    |                            |
| A <sub>s,-z</sub> (sup.)           | 13            | 1.875             | CC4   | 19.98                  | cm <sup>2</sup>    | 902)                       |
| A <sub>s,+z</sub> (inf.)           | 13            | 0.000             | CC4   | 19.98                  | cm <sup>2</sup>    | 901)                       |
| A <sub>t</sub>                     | 13            | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup>    |                            |
| a <sub>v</sub>                     | 13            | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup> /m |                            |
| a <sub>t</sub>                     | 13            | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup> /m |                            |
| Barra núm. 14 - Rectángulo 800/800 |               |                   |       |                        |                    |                            |
| A <sub>s,-z</sub> (sup.)           | 14            | 2.625             | CC4   | 19.98                  | cm <sup>2</sup>    | 902)                       |
| A <sub>s,+z</sub> (inf.)           | 14            | 0.000             | CC4   | 19.98                  | cm <sup>2</sup>    | 901)                       |
| A <sub>t</sub>                     | 14            | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup>    |                            |
| a <sub>v</sub>                     | 14            | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup> /m |                            |
| a <sub>t</sub>                     | 14            | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup> /m |                            |
| Barra núm. 15 - Rectángulo 800/800 |               |                   |       |                        |                    |                            |
| A <sub>s,-z</sub> (sup.)           | 15            | 1.500             | CC4   | 0.31                   | cm <sup>2</sup>    |                            |
| A <sub>s,+z</sub> (inf.)           | 15            | 0.000             | CC4   | 19.98                  | cm <sup>2</sup>    | 901)                       |
| A <sub>t</sub>                     | 15            | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup>    |                            |
| a <sub>v</sub>                     | 15            | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup> /m |                            |
| a <sub>t</sub>                     | 15            | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup> /m |                            |
| Barra núm. 16 - Rectángulo 800/800 |               |                   |       |                        |                    |                            |
| A <sub>s,-z</sub> (sup.)           | 16            | 0.375             | CC4   | 4.24                   | cm <sup>2</sup>    |                            |
| A <sub>s,+z</sub> (inf.)           | 16            | 0.000             | CC4   | 19.98                  | cm <sup>2</sup>    | 901)                       |
| A <sub>t</sub>                     | 16            | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup>    |                            |
| a <sub>v</sub>                     | 16            | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup> /m |                            |
| a <sub>t</sub>                     | 16            | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup> /m |                            |
| Barra núm. 17 - Rectángulo 800/800 |               |                   |       |                        |                    |                            |
| A <sub>s,-z</sub> (sup.)           | 17            | 1.875             | CC4   | 19.98                  | cm <sup>2</sup>    | 902)                       |
| A <sub>s,+z</sub> (inf.)           | 17            | 0.000             | CC4   | 19.98                  | cm <sup>2</sup>    | 901)                       |
| A <sub>t</sub>                     | 17            | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup>    |                            |
| a <sub>v</sub>                     | 17            | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup> /m |                            |
| a <sub>t</sub>                     | 17            | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup> /m |                            |
| Barra núm. 18 - Rectángulo 800/800 |               |                   |       |                        |                    |                            |
| A <sub>s,-z</sub> (sup.)           | 18            | 0.000             | CC4   | 19.98                  | cm <sup>2</sup>    | 902)                       |
| A <sub>s,+z</sub> (inf.)           | 18            | 2.625             | CC4   | 19.98                  | cm <sup>2</sup>    | 901)                       |
| A <sub>t</sub>                     | 18            | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup>    |                            |
| a <sub>v</sub>                     | 18            | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup> /m |                            |
| a <sub>t</sub>                     | 18            | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup> /m |                            |
| Barra núm. 19 - Rectángulo 800/800 |               |                   |       |                        |                    |                            |
| A <sub>s,-z</sub> (sup.)           | 19            | 3.000             | CC4   | 19.98                  | cm <sup>2</sup>    | 902)                       |
| A <sub>s,+z</sub> (inf.)           | 19            | 0.000             | CC4   | 19.98                  | cm <sup>2</sup>    | 901)                       |
| A <sub>t</sub>                     | 19            | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup>    |                            |
| a <sub>v</sub>                     | 19            | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup> /m |                            |
| a <sub>t</sub>                     | 19            | 0.000             | CC4   | 0.00                   | cm <sup>2</sup> /m |                            |
| Barra núm. 20 - Rectángulo 800/800 |               |                   |       |                        |                    |                            |



### 3.1 ARMADURA LONGITUDINAL EXISTENTE

| Elem. núm.                        | Posición de la armadura | Núm. de barras | Barra nú [-] | A <sub>s</sub> [cm <sup>2</sup> ] | Longitud [m] | Posición x [m] de a |       | Peso [kg] | Notas |
|-----------------------------------|-------------------------|----------------|--------------|-----------------------------------|--------------|---------------------|-------|-----------|-------|
| Barra núm.1 - Rectángulo 800/800  |                         |                |              |                                   |              |                     |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 7              | 8            | 35.47                             | 1.906        | -0.203              | 1.703 | 53.08     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 7              | 8            | 35.47                             | 2.008        | -0.305              | 1.703 | 55.91     |       |
| Barra núm.2 - Rectángulo 800/800  |                         |                |              |                                   |              |                     |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 1.906        | -0.203              | 1.703 | 15.17     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 4              | 8            | 20.27                             | 2.110        | -0.305              | 1.805 | 33.57     |       |
| Barra núm.3 - Rectángulo 800/800  |                         |                |              |                                   |              |                     |       |           |       |
| 1                                 | +z (inferior)           | 4              | 8            | 20.27                             | 2.110        | -0.305              | 1.805 | 33.57     |       |
| Barra núm.4 - Rectángulo 800/800  |                         |                |              |                                   |              |                     |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 1.906        | -0.203              | 1.703 | 15.17     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 4              | 8            | 20.27                             | 2.110        | -0.305              | 1.805 | 33.57     |       |
| Barra núm.5 - Rectángulo 800/800  |                         |                |              |                                   |              |                     |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 4              | 8            | 20.27                             | 3.406        | -0.203              | 3.203 | 54.20     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 4              | 8            | 20.27                             | 3.610        | -0.305              | 3.305 | 57.43     |       |
| Barra núm.7 - Rectángulo 800/800  |                         |                |              |                                   |              |                     |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 4              | 8            | 20.27                             | 3.406        | -0.203              | 3.203 | 54.20     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 4              | 8            | 20.27                             | 3.610        | -0.305              | 3.305 | 57.43     |       |
| Barra núm.8 - Rectángulo 800/800  |                         |                |              |                                   |              |                     |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 7              | 8            | 35.47                             | 3.406        | -0.203              | 3.203 | 94.85     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 7              | 8            | 35.47                             | 3.610        | -0.305              | 3.305 | 100.50    |       |
| Barra núm.9 - Rectángulo 800/800  |                         |                |              |                                   |              |                     |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 4              | 8            | 20.27                             | 3.406        | -0.203              | 3.203 | 54.20     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 4              | 8            | 20.27                             | 3.610        | -0.305              | 3.305 | 57.43     |       |
| Barra núm.10 - Rectángulo 800/800 |                         |                |              |                                   |              |                     |       |           |       |
| 1                                 | +z (inferior)           | 4              | 8            | 20.27                             | 2.110        | -0.305              | 1.805 | 33.57     |       |
| Barra núm.11 - Rectángulo 800/800 |                         |                |              |                                   |              |                     |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 4              | 8            | 20.27                             | 3.406        | -0.203              | 3.203 | 54.20     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 4              | 8            | 20.27                             | 3.610        | -0.305              | 3.305 | 57.43     |       |
| Barra núm.12 - Rectángulo 800/800 |                         |                |              |                                   |              |                     |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 4              | 8            | 20.27                             | 3.406        | -0.203              | 3.203 | 54.20     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 4              | 8            | 20.27                             | 3.649        | -0.324              | 3.324 | 58.06     |       |
| Barra núm.13 - Rectángulo 800/800 |                         |                |              |                                   |              |                     |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 4              | 8            | 20.27                             | 3.406        | -0.203              | 3.203 | 54.20     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 4              | 8            | 20.27                             | 3.629        | -0.314              | 3.314 | 57.74     |       |
| Barra núm.14 - Rectángulo 800/800 |                         |                |              |                                   |              |                     |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 4              | 8            | 20.27                             | 3.406        | -0.203              | 3.203 | 54.20     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 4              | 8            | 20.27                             | 3.755        | -0.377              | 3.377 | 59.74     |       |
| Barra núm.15 - Rectángulo 800/800 |                         |                |              |                                   |              |                     |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 1.906        | -0.203              | 1.703 | 15.17     |       |



### ■ 3.1 ARMADURA LONGITUDINAL EXISTENTE

| Elem. núm.                        | Posición de la armadura | Núm. de barras | Barra nú [-] | A <sub>s</sub> [cm <sup>2</sup> ] | Longitud [m] | Posición x [m] |       | Peso [kg] | Notas |
|-----------------------------------|-------------------------|----------------|--------------|-----------------------------------|--------------|----------------|-------|-----------|-------|
|                                   |                         |                |              |                                   |              | de             | a     |           |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 4              | 8            | 20.27                             | 2.149        | -0.325         | 1.825 | 34.20     |       |
| Barra núm.16 - Rectángulo 800/800 |                         |                |              |                                   |              |                |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 2.800        | -0.650         | 2.150 | 22.27     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 4              | 8            | 20.27                             | 2.500        | -0.500         | 2.000 | 39.77     |       |
| Barra núm.17 - Rectángulo 800/800 |                         |                |              |                                   |              |                |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 4              | 8            | 20.27                             | 3.909        | -0.454         | 3.454 | 62.19     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 4              | 8            | 20.27                             | 3.699        | -0.350         | 3.350 | 58.86     |       |
| Barra núm.18 - Rectángulo 800/800 |                         |                |              |                                   |              |                |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 4              | 8            | 20.27                             | 4.212        | -0.606         | 3.606 | 67.01     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 4              | 8            | 20.27                             | 3.932        | -0.466         | 3.466 | 62.56     |       |
| Barra núm.19 - Rectángulo 800/800 |                         |                |              |                                   |              |                |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 4              | 8            | 20.27                             | 4.325        | -0.663         | 3.663 | 68.81     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 4              | 8            | 20.27                             | 4.019        | -0.510         | 3.510 | 63.95     |       |
| Barra núm.20 - Rectángulo 800/800 |                         |                |              |                                   |              |                |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 4              | 8            | 20.27                             | 2.994        | -1.142         | 1.851 | 47.63     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 2.730        | -0.879         | 1.851 | 21.72     |       |
| Barra núm.21 - Rectángulo 800/800 |                         |                |              |                                   |              |                |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 4              | 8            | 20.27                             | 2.177        | -0.338         | 1.838 | 34.64     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 3.192        | -0.846         | 2.346 | 25.40     |       |
| Barra núm.22 - Rectángulo 800/800 |                         |                |              |                                   |              |                |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 7              | 8            | 35.47                             | 1.906        | -0.203         | 1.703 | 53.08     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 7              | 8            | 35.47                             | 2.221        | -0.361         | 1.861 | 61.85     |       |
| Barra núm.23 - Rectángulo 800/800 |                         |                |              |                                   |              |                |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 7              | 8            | 35.47                             | 1.919        | -0.210         | 1.710 | 53.44     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 7              | 8            | 35.47                             | 2.548        | -0.524         | 2.024 | 70.95     |       |
| Barra núm.24 - Rectángulo 800/800 |                         |                |              |                                   |              |                |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 7              | 8            | 35.47                             | 2.047        | -0.273         | 1.773 | 56.99     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 7              | 8            | 35.47                             | 2.867        | -0.683         | 2.183 | 79.82     |       |
| Barra núm.25 - Rectángulo 800/800 |                         |                |              |                                   |              |                |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 7              | 8            | 35.47                             | 3.406        | -0.203         | 3.203 | 94.85     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 7              | 8            | 35.47                             | 3.508        | -0.305         | 3.203 | 97.68     |       |
| Barra núm.27 - Rectángulo 300/600 |                         |                |              |                                   |              |                |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 4.406        | -0.203         | 4.203 | 35.05     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 4.610        | -0.305         | 4.305 | 36.67     |       |
| Barra núm.28 - Rectángulo 300/600 |                         |                |              |                                   |              |                |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 4.406        | -0.203         | 4.203 | 35.05     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 4.508        | -0.203         | 4.305 | 35.86     |       |
| Barra núm.30 - Rectángulo 300/600 |                         |                |              |                                   |              |                |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 4.406        | -0.203         | 4.203 | 35.05     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 4.610        | -0.305         | 4.305 | 36.67     |       |
| Barra núm.31 - Rectángulo 300/600 |                         |                |              |                                   |              |                |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 4.508        | -0.203         | 4.305 | 35.86     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 4.610        | -0.305         | 4.305 | 36.67     |       |
| Barra núm.32 - Rectángulo 300/600 |                         |                |              |                                   |              |                |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 4.508        | -0.203         | 4.305 | 35.86     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 4.508        | -0.203         | 4.305 | 35.86     |       |
| Barra núm.33 - Rectángulo 300/600 |                         |                |              |                                   |              |                |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 4.823        | -0.619         | 4.203 | 38.36     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 4.953        | -0.476         | 4.476 | 39.40     |       |
| Barra núm.34 - Rectángulo 300/600 |                         |                |              |                                   |              |                |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 4.406        | -0.203         | 4.203 | 35.05     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 4.610        | -0.305         | 4.305 | 36.67     |       |
| Barra núm.35 - Rectángulo 300/600 |                         |                |              |                                   |              |                |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 4.406        | -0.203         | 4.203 | 35.05     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 4.610        | -0.305         | 4.305 | 36.67     |       |
| Barra núm.36 - Rectángulo 300/600 |                         |                |              |                                   |              |                |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 4.508        | -0.203         | 4.305 | 35.86     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 4.508        | -0.203         | 4.305 | 35.86     |       |
| Barra núm.37 - Rectángulo 300/600 |                         |                |              |                                   |              |                |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 5.463        | -1.119         | 4.344 | 43.46     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 5.722        | -0.861         | 4.861 | 45.52     |       |
| Barra núm.38 - Rectángulo 300/600 |                         |                |              |                                   |              |                |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 4.406        | -0.203         | 4.203 | 35.05     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 4.610        | -0.305         | 4.305 | 36.67     |       |
| Barra núm.39 - Rectángulo 300/600 |                         |                |              |                                   |              |                |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 4.406        | -0.203         | 4.203 | 35.05     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 4.610        | -0.305         | 4.305 | 36.67     |       |
| Barra núm.40 - Rectángulo 300/600 |                         |                |              |                                   |              |                |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 4.508        | -0.203         | 4.305 | 35.86     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 4.610        | -0.305         | 4.305 | 36.67     |       |
| Barra núm.41 - Rectángulo 300/600 |                         |                |              |                                   |              |                |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 5.235        | -0.944         | 4.291 | 41.64     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 5.453        | -0.726         | 4.726 | 43.38     |       |
| Barra núm.42 - Rectángulo 300/600 |                         |                |              |                                   |              |                |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 0.806        | -0.203         | 0.603 | 6.42      |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 1.010        | -0.305         | 0.705 | 8.03      |       |
| Barra núm.43 - Rectángulo 300/600 |                         |                |              |                                   |              |                |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 4.406        | -0.203         | 4.203 | 35.05     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 4.508        | -0.203         | 4.305 | 35.86     |       |
| Barra núm.44 - Rectángulo 300/600 |                         |                |              |                                   |              |                |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 4.406        | -0.203         | 4.203 | 35.05     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 4.508        | -0.203         | 4.305 | 35.86     |       |
| Barra núm.45 - Rectángulo 300/600 |                         |                |              |                                   |              |                |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 0.806        | -0.203         | 0.603 | 6.42      |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 1.010        | -0.305         | 0.705 | 8.03      |       |
| Barra núm.46 - Rectángulo 300/600 |                         |                |              |                                   |              |                |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 0.806        | -0.203         | 0.603 | 6.42      |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 1.010        | -0.305         | 0.705 | 8.03      |       |
| Barra núm.47 - Rectángulo 300/600 |                         |                |              |                                   |              |                |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 6.406        | -0.203         | 6.203 | 50.96     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 6.508        | -0.203         | 6.305 | 51.77     |       |
| Barra núm.48 - Rectángulo 300/600 |                         |                |              |                                   |              |                |       |           |       |
| 1                                 | -z (superior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 6.406        | -0.203         | 6.203 | 50.96     |       |
| 2                                 | +z (inferior)           | 2              | 8            | 10.13                             | 6.610        | -0.305         | 6.305 | 52.58     |       |



■ 3.1.1 ARMADURA LONGITUDINAL EXISTENTE - ANCLAJE

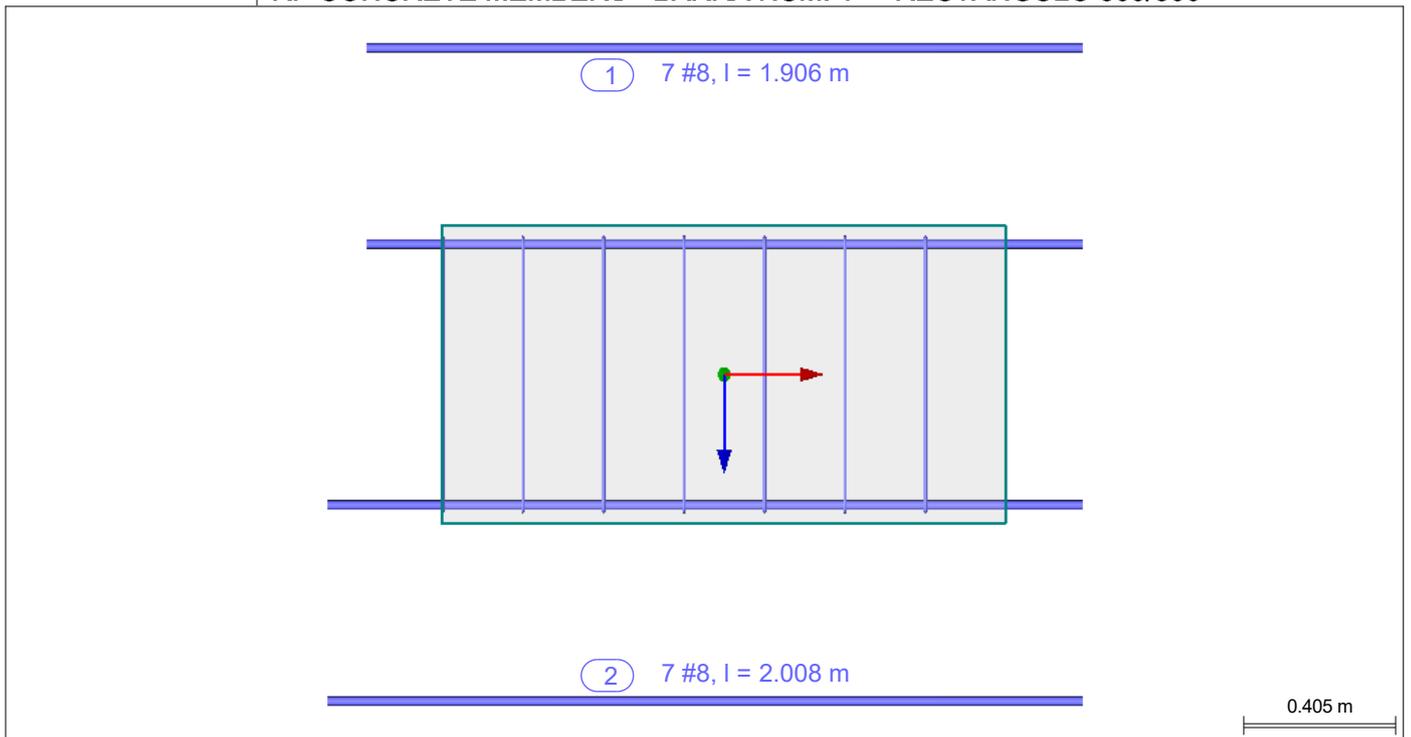
| Elem. núm.                        | Tipo de anclaje | Adherencia | l <sub>d</sub> [m] | l <sub>1</sub> [m] | l <sub>2</sub> [m] | Total [m] | d <sub>br</sub> [m] |
|-----------------------------------|-----------------|------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------|---------------------|
| 1 Inicio                          | Recto           | deficiente | 0.203              | 0.203              | -                  | 0.203     | -                   |
| 1 Fin                             | Recto           | deficiente | 0.203              | 0.203              | -                  | 0.203     | -                   |
| 2 Inicio                          | Recto           | buena      | 0.305              | 0.305              | -                  | 0.305     | -                   |
| 2 Fin                             | Recto           | buena      | 0.305              | 0.305              | -                  | 0.305     | -                   |
| Barra núm.5 - Rectángulo 800/800  |                 |            |                    |                    |                    |           |                     |
| 1 Inicio                          | Recto           | deficiente | 0.203              | 0.203              | -                  | 0.203     | -                   |
| 1 Fin                             | Recto           | deficiente | 0.203              | 0.203              | -                  | 0.203     | -                   |
| 2 Inicio                          | Recto           | buena      | 0.305              | 0.305              | -                  | 0.305     | -                   |
| 2 Fin                             | Recto           | buena      | 0.305              | 0.305              | -                  | 0.305     | -                   |
| Barra núm.7 - Rectángulo 800/800  |                 |            |                    |                    |                    |           |                     |
| 1 Inicio                          | Recto           | deficiente | 0.203              | 0.203              | -                  | 0.203     | -                   |
| 1 Fin                             | Recto           | deficiente | 0.203              | 0.203              | -                  | 0.203     | -                   |
| 2 Inicio                          | Recto           | buena      | 0.305              | 0.305              | -                  | 0.305     | -                   |
| 2 Fin                             | Recto           | buena      | 0.305              | 0.305              | -                  | 0.305     | -                   |
| Barra núm.8 - Rectángulo 800/800  |                 |            |                    |                    |                    |           |                     |
| 1 Inicio                          | Recto           | deficiente | 0.203              | 0.203              | -                  | 0.203     | -                   |
| 1 Fin                             | Recto           | deficiente | 0.203              | 0.203              | -                  | 0.203     | -                   |
| 2 Inicio                          | Recto           | buena      | 0.305              | 0.305              | -                  | 0.305     | -                   |
| 2 Fin                             | Recto           | buena      | 0.305              | 0.305              | -                  | 0.305     | -                   |
| Barra núm.9 - Rectángulo 800/800  |                 |            |                    |                    |                    |           |                     |
| 1 Inicio                          | Recto           | deficiente | 0.203              | 0.203              | -                  | 0.203     | -                   |
| 1 Fin                             | Recto           | deficiente | 0.203              | 0.203              | -                  | 0.203     | -                   |
| 2 Inicio                          | Recto           | buena      | 0.305              | 0.305              | -                  | 0.305     | -                   |
| 2 Fin                             | Recto           | buena      | 0.305              | 0.305              | -                  | 0.305     | -                   |
| Barra núm.10 - Rectángulo 800/800 |                 |            |                    |                    |                    |           |                     |
| 1 Inicio                          | Recto           | buena      | 0.305              | 0.305              | -                  | 0.305     | -                   |
| 1 Fin                             | Recto           | buena      | 0.305              | 0.305              | -                  | 0.305     | -                   |
| Barra núm.11 - Rectángulo 800/800 |                 |            |                    |                    |                    |           |                     |
| 1 Inicio                          | Recto           | deficiente | 0.203              | 0.203              | -                  | 0.203     | -                   |
| 1 Fin                             | Recto           | deficiente | 0.203              | 0.203              | -                  | 0.203     | -                   |
| 2 Inicio                          | Recto           | buena      | 0.305              | 0.305              | -                  | 0.305     | -                   |
| 2 Fin                             | Recto           | buena      | 0.305              | 0.305              | -                  | 0.305     | -                   |
| Barra núm.12 - Rectángulo 800/800 |                 |            |                    |                    |                    |           |                     |
| 1 Inicio                          | Recto           | deficiente | 0.203              | 0.203              | -                  | 0.203     | -                   |
| 1 Fin                             | Recto           | deficiente | 0.203              | 0.203              | -                  | 0.203     | -                   |
| 2 Inicio                          | Recto           | buena      | 0.324              | 0.324              | -                  | 0.324     | -                   |
| 2 Fin                             | Recto           | buena      | 0.324              | 0.324              | -                  | 0.324     | -                   |
| Barra núm.13 - Rectángulo 800/800 |                 |            |                    |                    |                    |           |                     |
| 1 Inicio                          | Recto           | deficiente | 0.203              | 0.203              | -                  | 0.203     | -                   |
| 1 Fin                             | Recto           | deficiente | 0.203              | 0.203              | -                  | 0.203     | -                   |
| 2 Inicio                          | Recto           | buena      | 0.314              | 0.314              | -                  | 0.314     | -                   |
| 2 Fin                             | Recto           | buena      | 0.314              | 0.314              | -                  | 0.314     | -                   |
| Barra núm.14 - Rectángulo 800/800 |                 |            |                    |                    |                    |           |                     |
| 1 Inicio                          | Recto           | deficiente | 0.203              | 0.203              | -                  | 0.203     | -                   |
| 1 Fin                             | Recto           | deficiente | 0.203              | 0.203              | -                  | 0.203     | -                   |
| 2 Inicio                          | Recto           | buena      | 0.377              | 0.377              | -                  | 0.377     | -                   |
| 2 Fin                             | Recto           | buena      | 0.377              | 0.377              | -                  | 0.377     | -                   |
| Barra núm.15 - Rectángulo 800/800 |                 |            |                    |                    |                    |           |                     |
| 1 Inicio                          | Recto           | deficiente | 0.203              | 0.203              | -                  | 0.203     | -                   |
| 1 Fin                             | Recto           | deficiente | 0.203              | 0.203              | -                  | 0.203     | -                   |
| 2 Inicio                          | Recto           | buena      | 0.325              | 0.325              | -                  | 0.325     | -                   |
| 2 Fin                             | Recto           | buena      | 0.325              | 0.325              | -                  | 0.325     | -                   |
| Barra núm.16 - Rectángulo 800/800 |                 |            |                    |                    |                    |           |                     |
| 1 Inicio                          | Recto           | deficiente | 0.650              | 0.650              | -                  | 0.650     | -                   |
| 1 Fin                             | Recto           | deficiente | 0.650              | 0.650              | -                  | 0.650     | -                   |
| 2 Inicio                          | Recto           | buena      | 0.500              | 0.500              | -                  | 0.500     | -                   |
| 2 Fin                             | Recto           | buena      | 0.500              | 0.500              | -                  | 0.500     | -                   |
| Barra núm.17 - Rectángulo 800/800 |                 |            |                    |                    |                    |           |                     |
| 1 Inicio                          | Recto           | deficiente | 0.454              | 0.454              | -                  | 0.454     | -                   |
| 1 Fin                             | Recto           | deficiente | 0.454              | 0.454              | -                  | 0.454     | -                   |
| 2 Inicio                          | Recto           | buena      | 0.350              | 0.350              | -                  | 0.350     | -                   |
| 2 Fin                             | Recto           | buena      | 0.350              | 0.350              | -                  | 0.350     | -                   |
| Barra núm.18 - Rectángulo 800/800 |                 |            |                    |                    |                    |           |                     |
| 1 Inicio                          | Recto           | deficiente | 0.606              | 0.606              | -                  | 0.606     | -                   |
| 1 Fin                             | Recto           | deficiente | 0.606              | 0.606              | -                  | 0.606     | -                   |
| 2 Inicio                          | Recto           | buena      | 0.466              | 0.466              | -                  | 0.466     | -                   |
| 2 Fin                             | Recto           | buena      | 0.466              | 0.466              | -                  | 0.466     | -                   |
| Barra núm.19 - Rectángulo 800/800 |                 |            |                    |                    |                    |           |                     |
| 1 Inicio                          | Recto           | deficiente | 0.663              | 0.663              | -                  | 0.663     | -                   |
| 1 Fin                             | Recto           | deficiente | 0.663              | 0.663              | -                  | 0.663     | -                   |
| 2 Inicio                          | Recto           | buena      | 0.510              | 0.510              | -                  | 0.510     | -                   |
| 2 Fin                             | Recto           | buena      | 0.510              | 0.510              | -                  | 0.510     | -                   |
| Barra núm.20 - Rectángulo 800/800 |                 |            |                    |                    |                    |           |                     |
| 1 Inicio                          | Recto           | deficiente | 1.142              | 1.142              | -                  | 1.142     | -                   |
| 1 Fin                             | Recto           | deficiente | 0.351              | 0.351              | -                  | 0.351     | -                   |
| 2 Inicio                          | Recto           | buena      | 0.879              | 0.879              | -                  | 0.879     | -                   |
| 2 Fin                             | Recto           | buena      | 0.351              | 0.351              | -                  | 0.351     | -                   |
| Barra núm.21 - Rectángulo 800/800 |                 |            |                    |                    |                    |           |                     |
| 1 Inicio                          | Recto           | deficiente | 0.338              | 0.338              | -                  | 0.338     | -                   |
| 1 Fin                             | Recto           | deficiente | 0.338              | 0.338              | -                  | 0.338     | -                   |
| 2 Inicio                          | Recto           | buena      | 0.846              | 0.846              | -                  | 0.846     | -                   |
| 2 Fin                             | Recto           | buena      | 0.846              | 0.846              | -                  | 0.846     | -                   |
| Barra núm.22 - Rectángulo 800/800 |                 |            |                    |                    |                    |           |                     |
| 1 Inicio                          | Recto           | deficiente | 0.203              | 0.203              | -                  | 0.203     | -                   |
| 1 Fin                             | Recto           | deficiente | 0.203              | 0.203              | -                  | 0.203     | -                   |
| 2 Inicio                          | Recto           | buena      | 0.361              | 0.361              | -                  | 0.361     | -                   |
| 2 Fin                             | Recto           | buena      | 0.361              | 0.361              | -                  | 0.361     | -                   |
| Barra núm.23 - Rectángulo 800/800 |                 |            |                    |                    |                    |           |                     |
| 1 Inicio                          | Recto           | deficiente | 0.210              | 0.210              | -                  | 0.210     | -                   |
| 1 Fin                             | Recto           | deficiente | 0.210              | 0.210              | -                  | 0.210     | -                   |
| 2 Inicio                          | Recto           | buena      | 0.524              | 0.524              | -                  | 0.524     | -                   |
| 2 Fin                             | Recto           | buena      | 0.524              | 0.524              | -                  | 0.524     | -                   |
| Barra núm.24 - Rectángulo 800/800 |                 |            |                    |                    |                    |           |                     |
| 1 Inicio                          | Recto           | deficiente | 0.273              | 0.273              | -                  | 0.273     | -                   |



3.1.1 ARMADURA LONGITUDINAL EXISTENTE - ANCLAJE

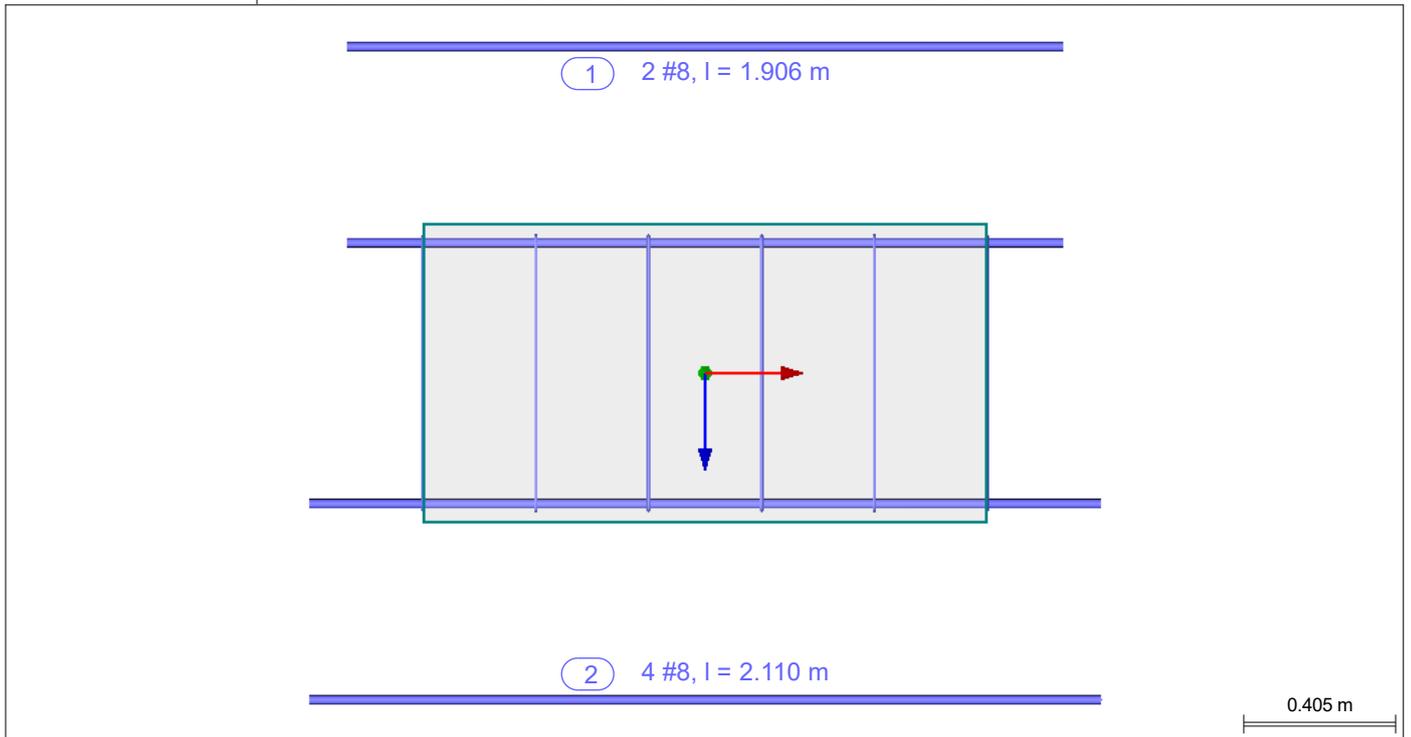
| Elem. núm.                            | Tipo de anclaje | Adherencia | $l_d$ [m] | $l_1$ [m] | $l_2$ [m] | Total [m] | $d_{br}$ [m] |
|---------------------------------------|-----------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| 1 Fin                                 | Sin anclaje     | -          | 0.000     | 0.000     | -         | 0.000     | -            |
| 3 Inicio                              | Recto           | deficiente | 0.305     | 0.305     | -         | 0.305     | -            |
| 3 Fin                                 | Recto           | deficiente | 0.305     | 0.305     | -         | 0.305     | -            |
| Barra núm.3410 - Rectángulo 2000/1000 |                 |            |           |           |           |           |              |
| 1 Inicio                              | Sin anclaje     | -          | 0.000     | 0.000     | -         | 0.000     | -            |
| 1 Fin                                 | Sin anclaje     | -          | 0.000     | 0.000     | -         | 0.000     | -            |
| Barra núm.3411 - Rectángulo 2000/1000 |                 |            |           |           |           |           |              |
| 1 Inicio                              | Sin anclaje     | -          | 0.000     | 0.000     | -         | 0.000     | -            |
| 1 Fin                                 | Sin anclaje     | -          | 0.000     | 0.000     | -         | 0.000     | -            |
| Barra núm.3412 - Rectángulo 2000/1000 |                 |            |           |           |           |           |              |
| 1 Inicio                              | Sin anclaje     | -          | 0.000     | 0.000     | -         | 0.000     | -            |
| 1 Fin                                 | Sin anclaje     | -          | 0.000     | 0.000     | -         | 0.000     | -            |
| Barra núm.3413 - Rectángulo 2000/1000 |                 |            |           |           |           |           |              |
| 1 Inicio                              | Sin anclaje     | -          | 0.000     | 0.000     | -         | 0.000     | -            |
| 1 Fin                                 | Sin anclaje     | -          | 0.000     | 0.000     | -         | 0.000     | -            |
| Barra núm.3414 - Rectángulo 2000/1000 |                 |            |           |           |           |           |              |
| 1 Inicio                              | Sin anclaje     | -          | 0.000     | 0.000     | -         | 0.000     | -            |
| 1 Fin                                 | Sin anclaje     | -          | 0.000     | 0.000     | -         | 0.000     | -            |
| Barra núm.3415 - Rectángulo 2000/1000 |                 |            |           |           |           |           |              |
| 1 Inicio                              | Sin anclaje     | -          | 0.000     | 0.000     | -         | 0.000     | -            |
| 1 Fin                                 | Sin anclaje     | -          | 0.000     | 0.000     | -         | 0.000     | -            |
| Barra núm.3416 - Rectángulo 2000/1000 |                 |            |           |           |           |           |              |
| 1 Inicio                              | Sin anclaje     | -          | 0.000     | 0.000     | -         | 0.000     | -            |
| 1 Fin                                 | Sin anclaje     | -          | 0.000     | 0.000     | -         | 0.000     | -            |
| Barra núm.3417 - Rectángulo 2000/1000 |                 |            |           |           |           |           |              |
| 1 Inicio                              | Sin anclaje     | -          | 0.000     | 0.000     | -         | 0.000     | -            |
| 1 Fin                                 | Sin anclaje     | -          | 0.000     | 0.000     | -         | 0.000     | -            |

RF-CONCRETE MEMBERS - BARRA NÚM. 1 - RECTÁNGULO 800/800

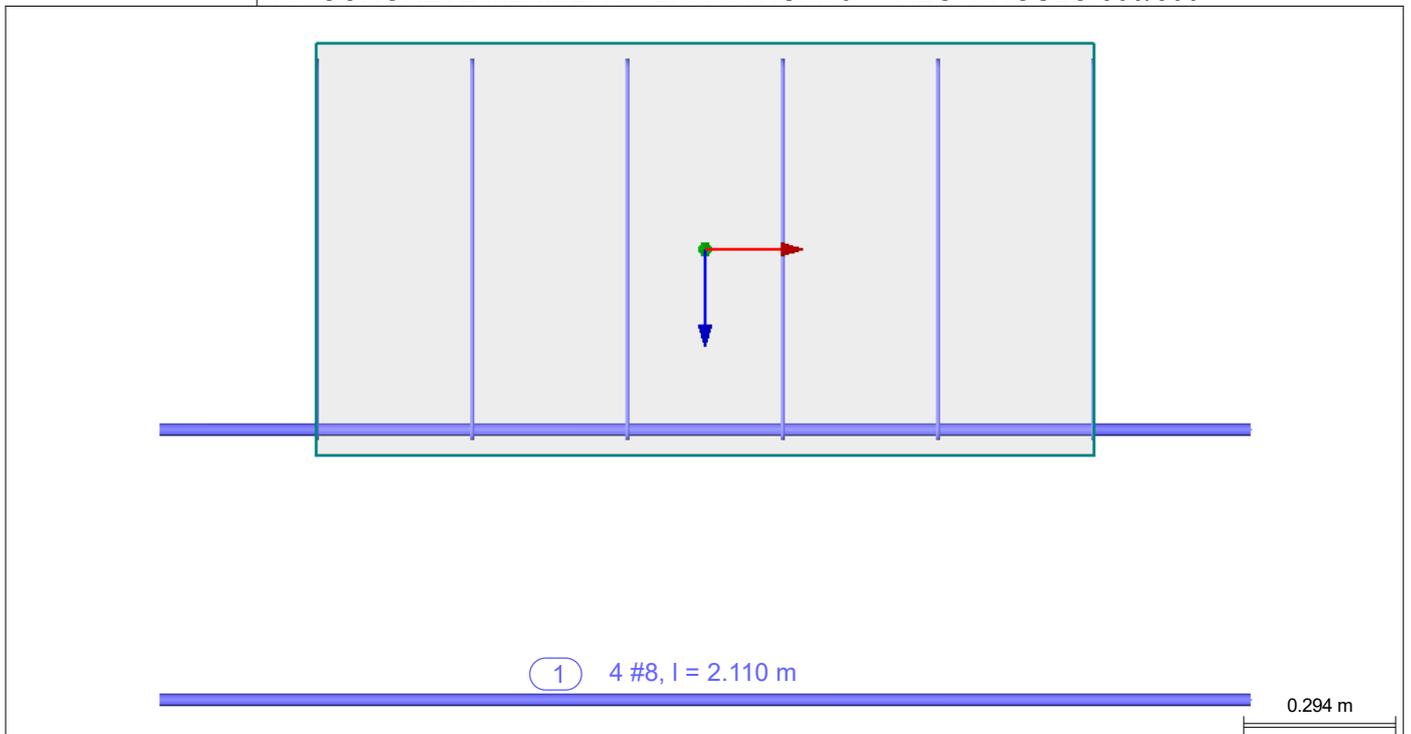




■ RF-CONCRETE MEMBERS - BARRA NÚM. 2 - RECTÁNGULO 800/800

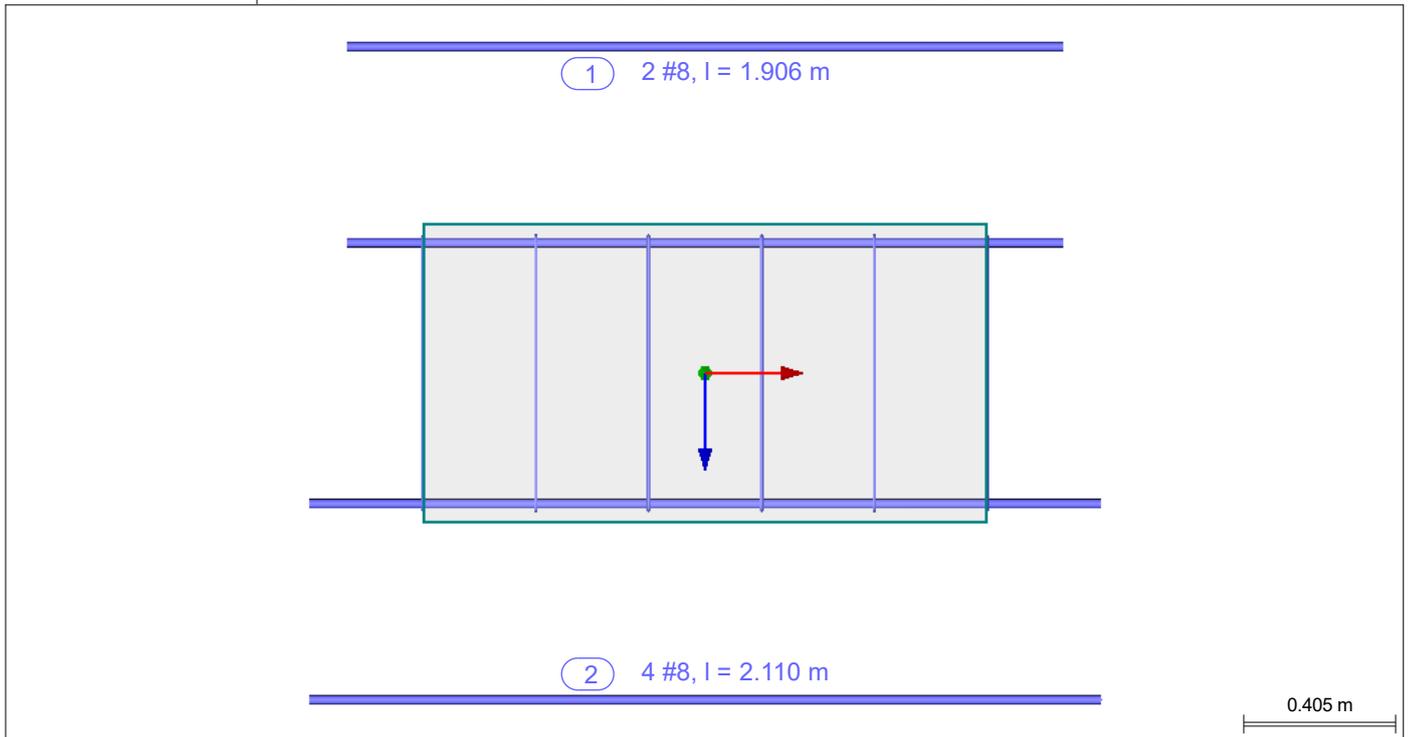


■ RF-CONCRETE MEMBERS - BARRA NÚM. 3 - RECTÁNGULO 800/800

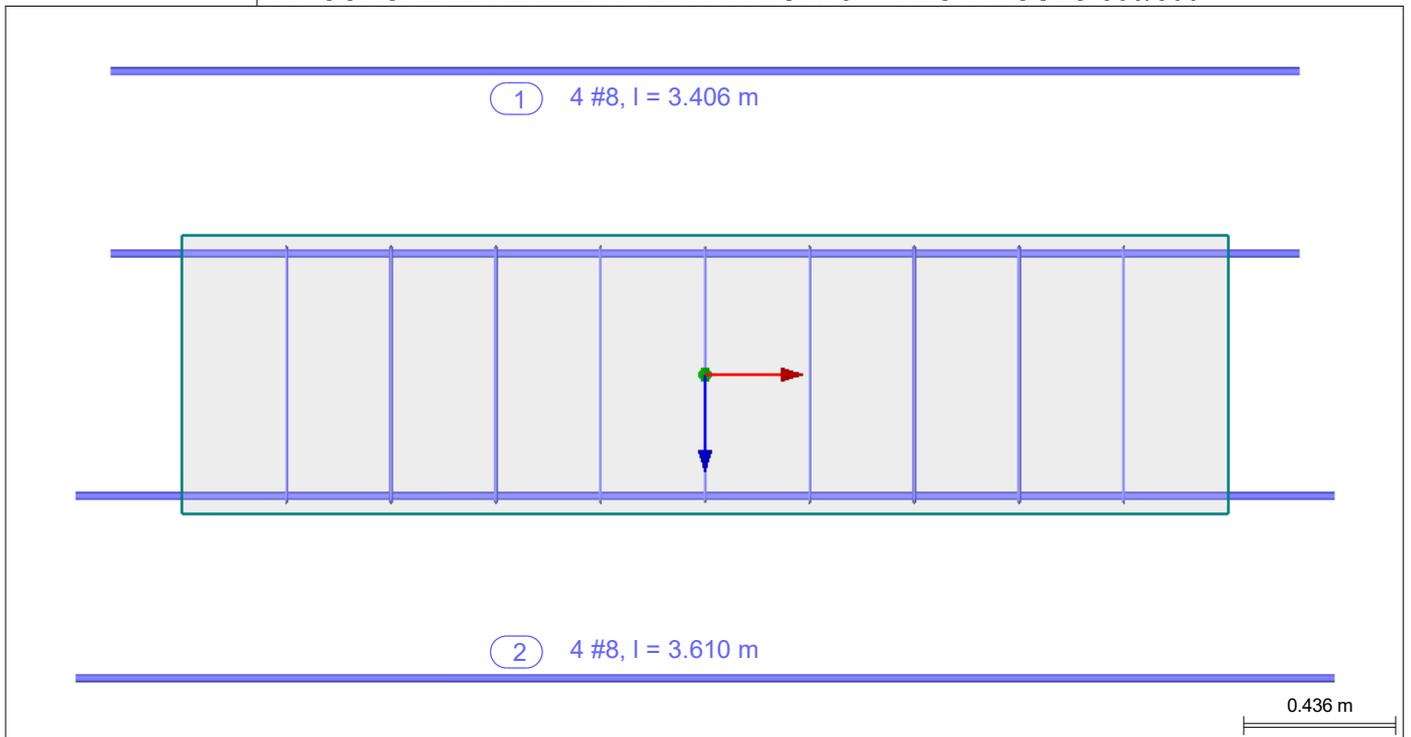




■ RF-CONCRETE MEMBERS - BARRA NÚM. 4 - RECTÁNGULO 800/800

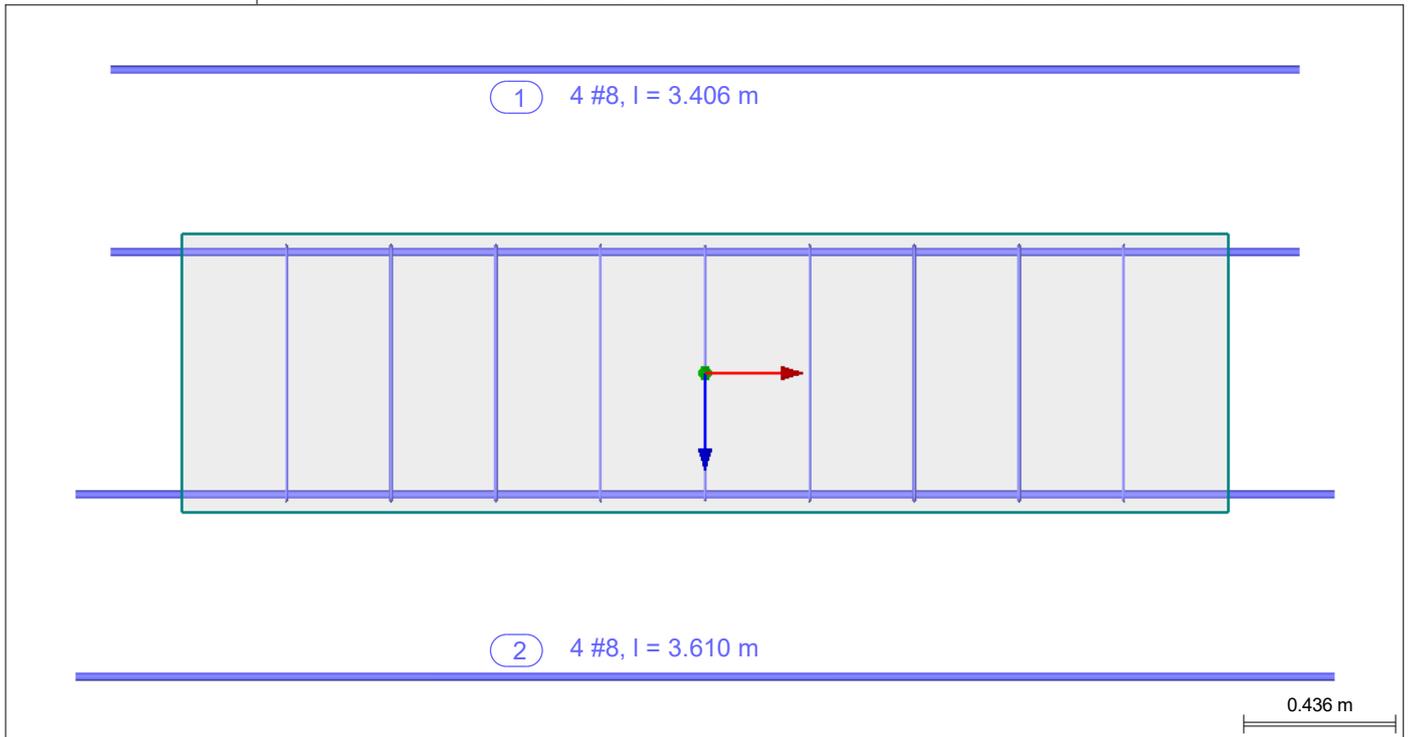


■ RF-CONCRETE MEMBERS - BARRA NÚM. 5 - RECTÁNGULO 800/800

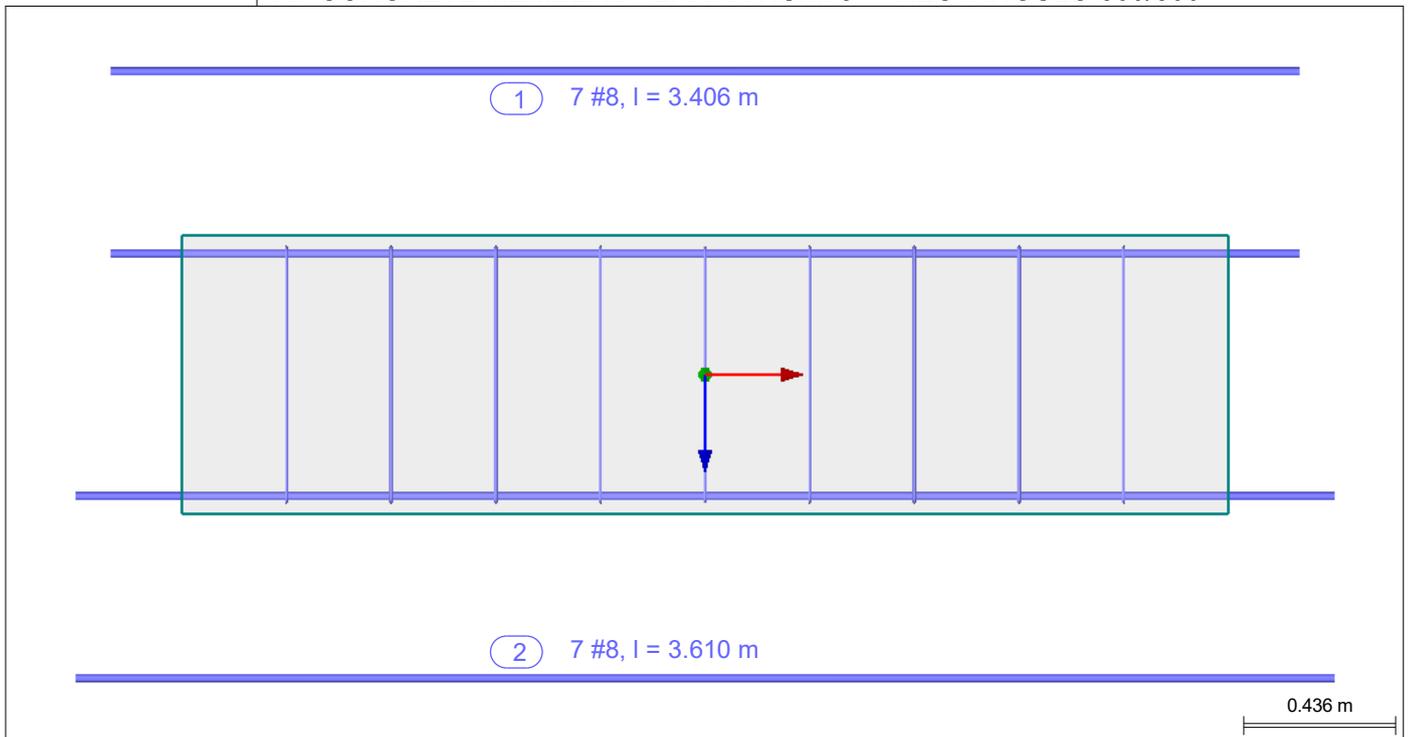




■ RF-CONCRETE MEMBERS - BARRA NÚM. 7 - RECTÁNGULO 800/800

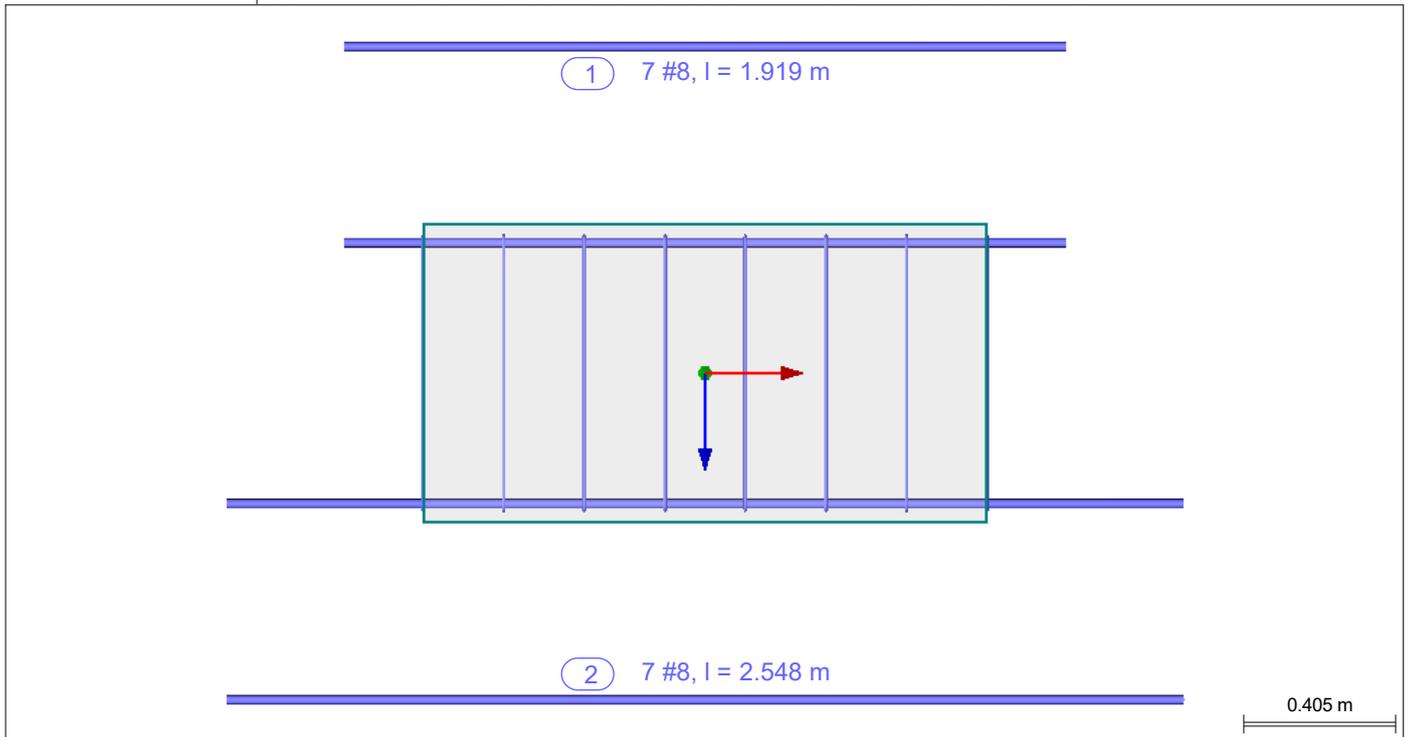


■ RF-CONCRETE MEMBERS - BARRA NÚM. 8 - RECTÁNGULO 800/800

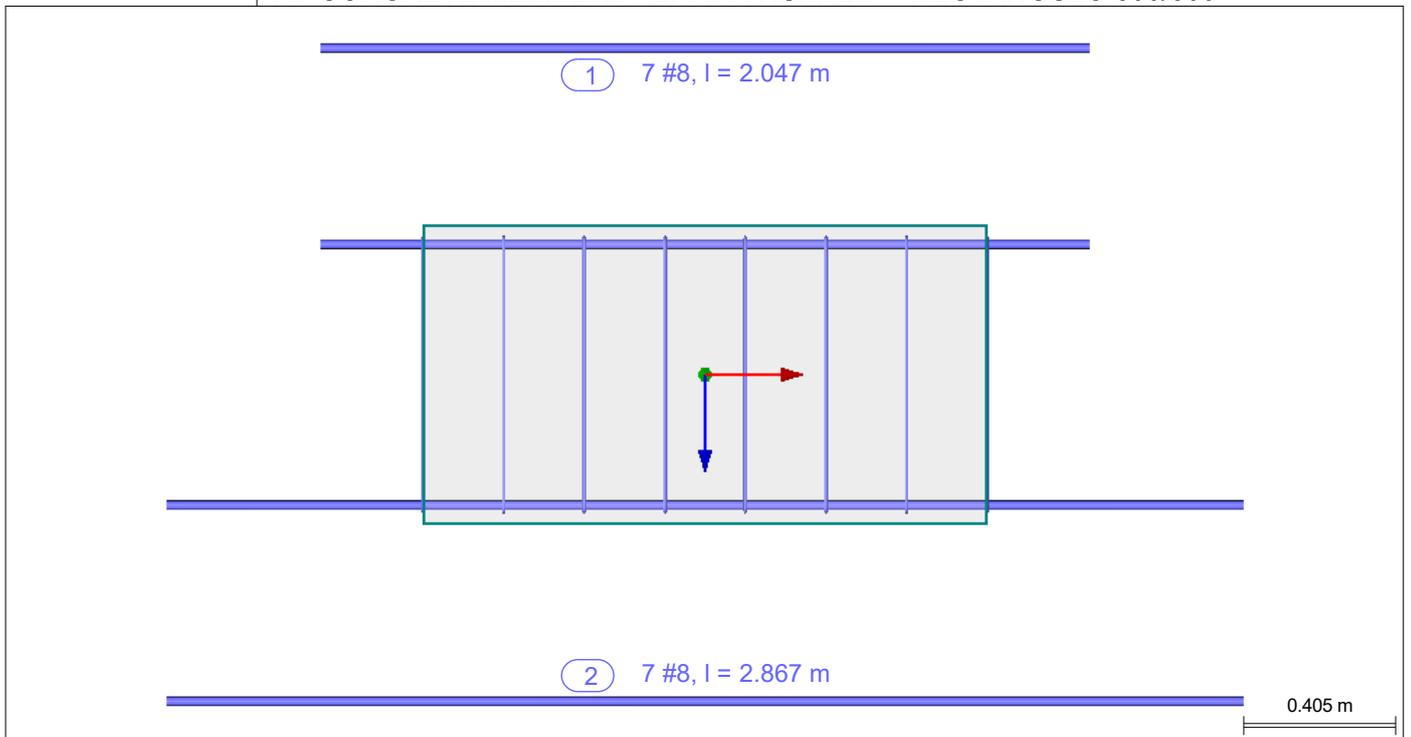




■ RF-CONCRETE MEMBERS - BARRA NÚM. 23 - RECTÁNGULO 800/800

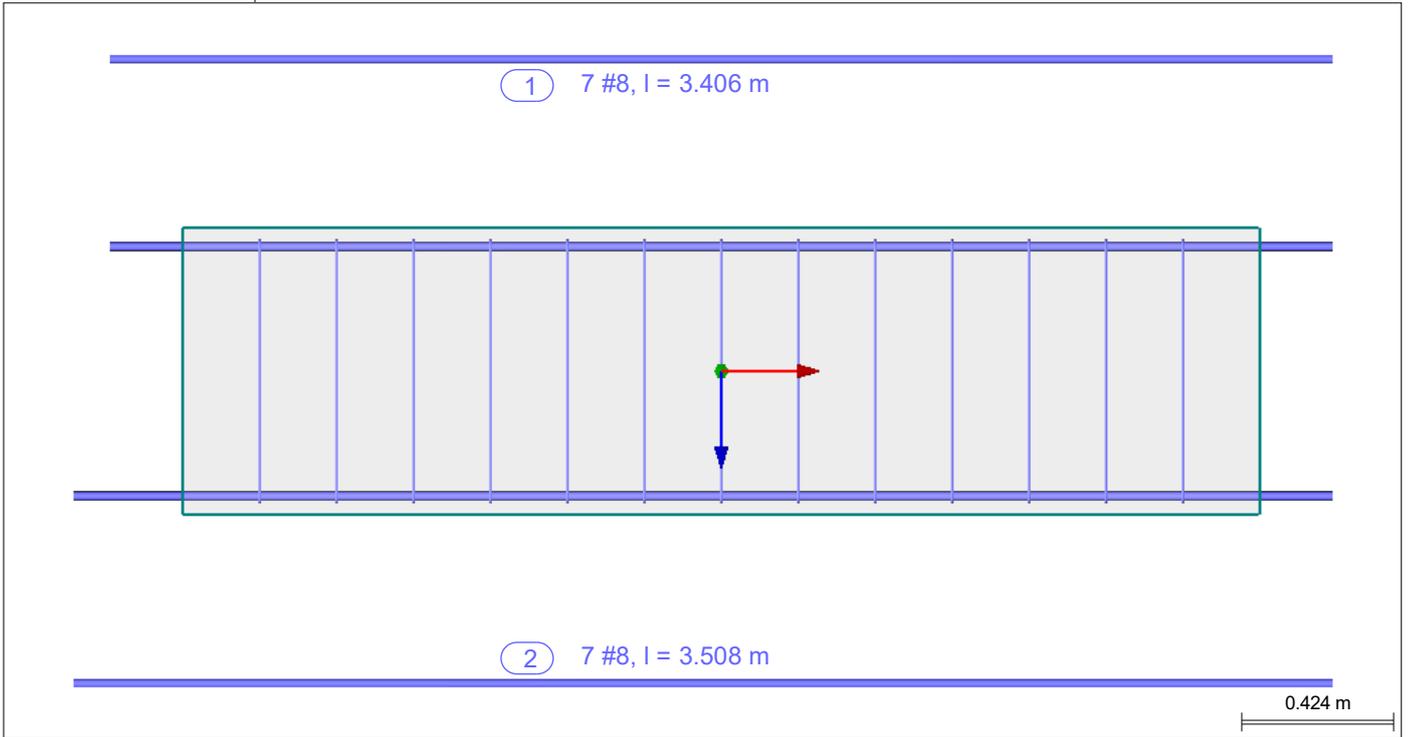


■ RF-CONCRETE MEMBERS - BARRA NÚM. 24 - RECTÁNGULO 800/800

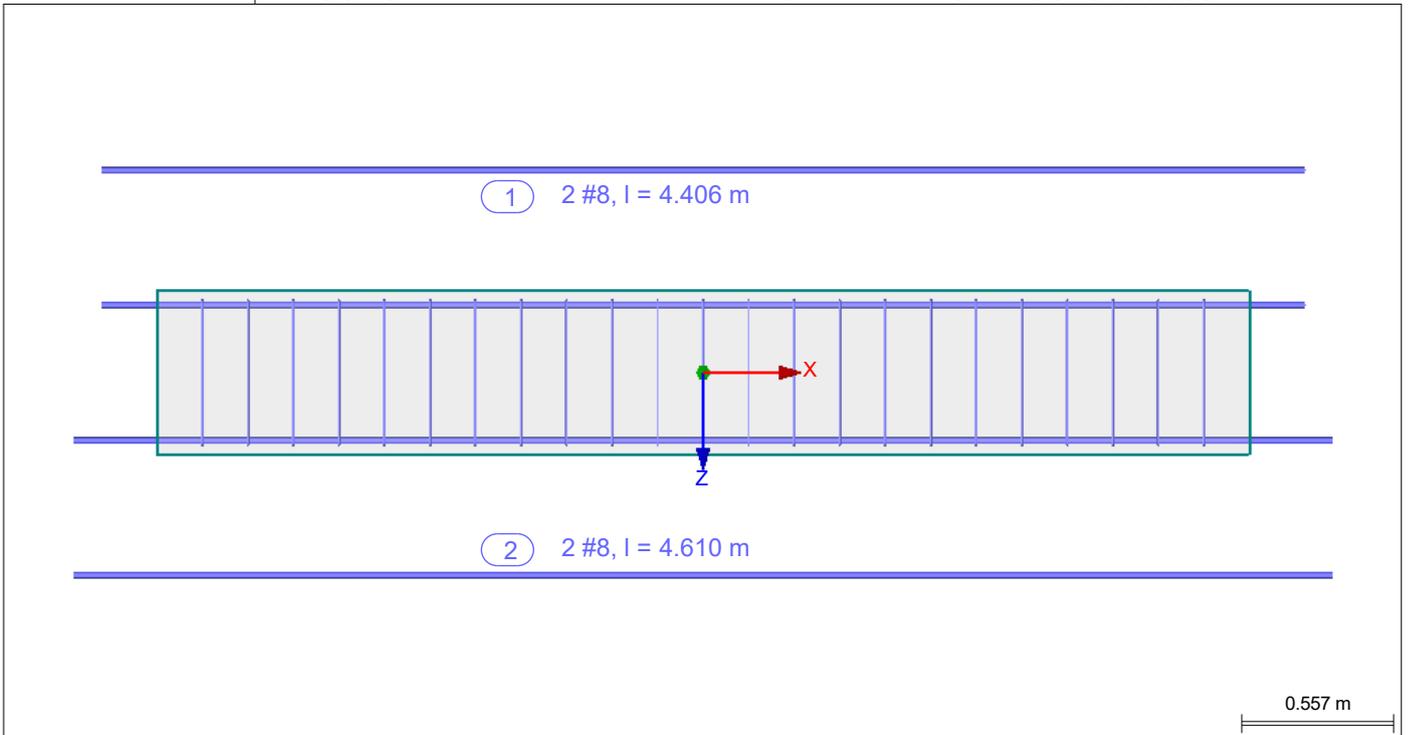




■ RF-CONCRETE MEMBERS - BARRA NÚM. 25 - RECTÁNGULO 800/800

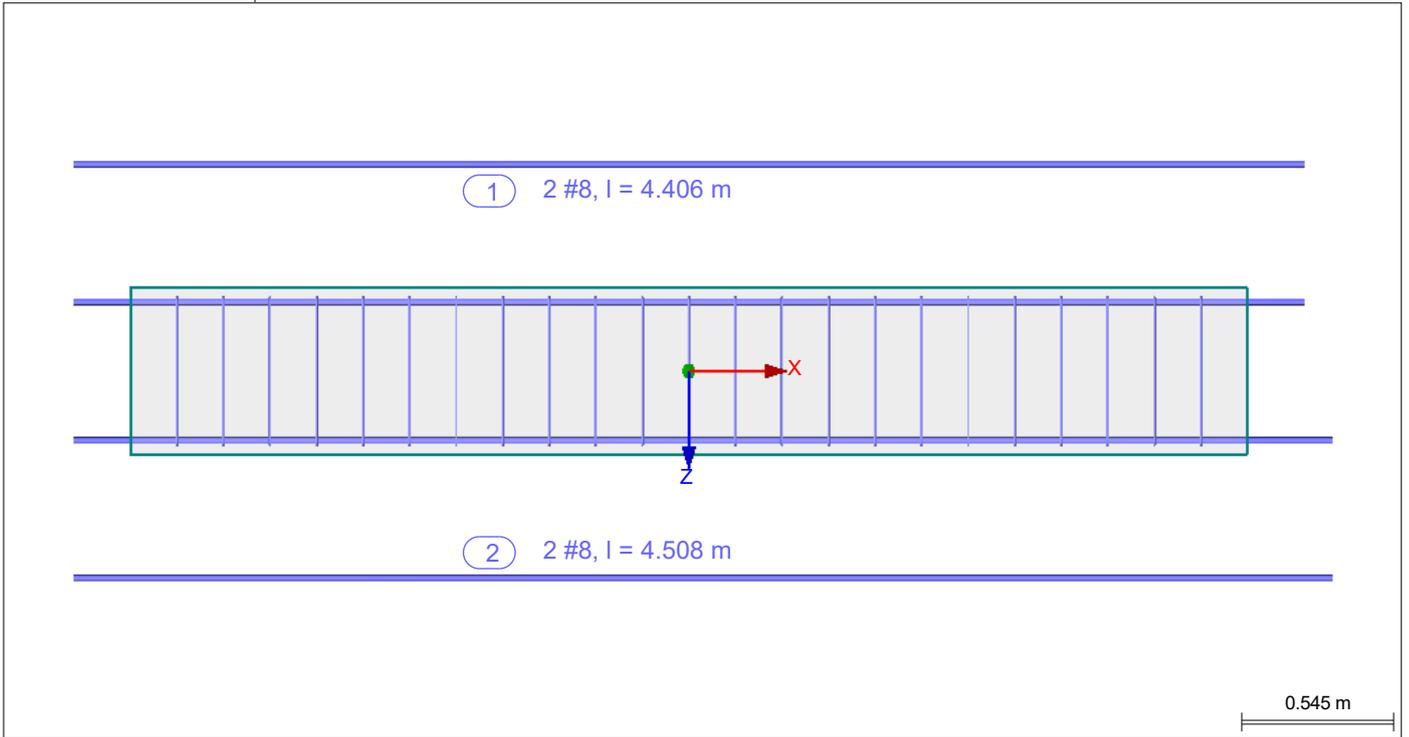


■ RF-CONCRETE MEMBERS - BARRA NÚM. 27 - RECTÁNGULO 300/600

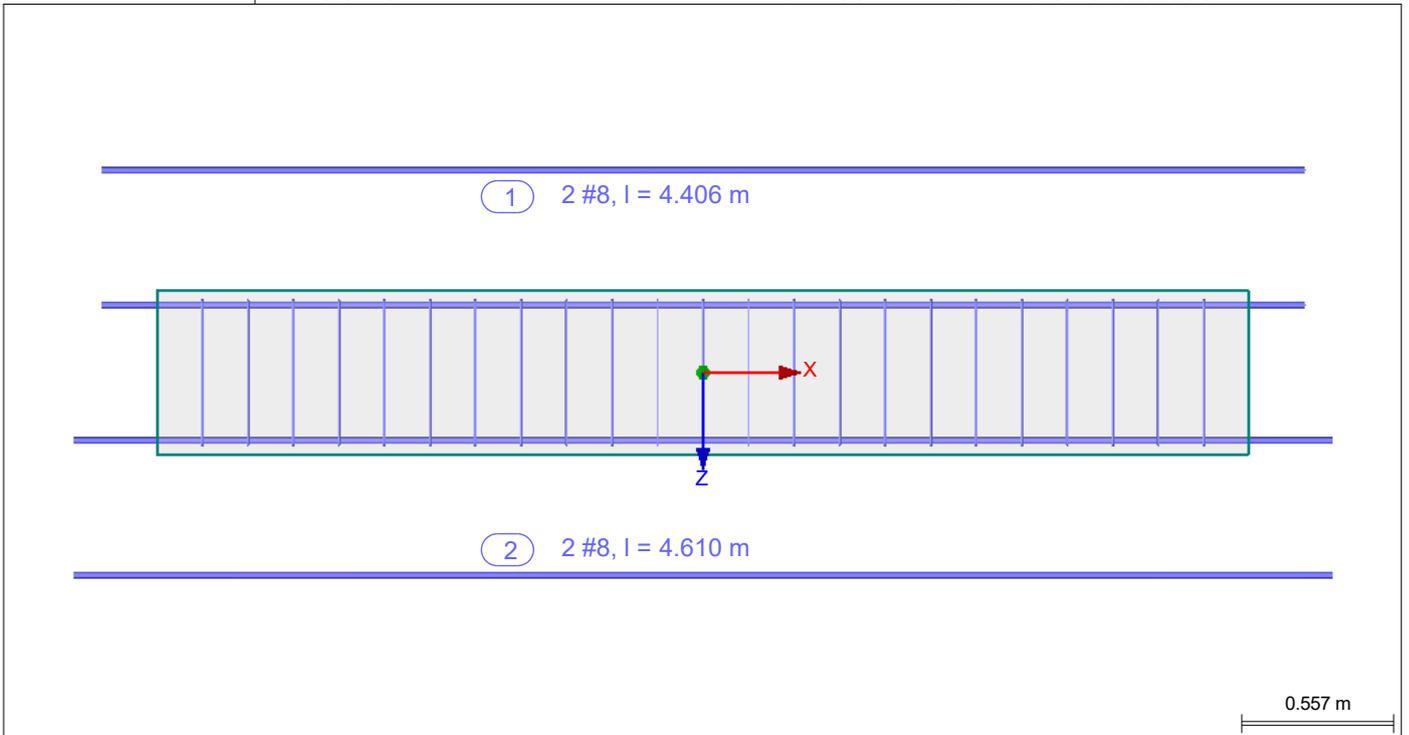


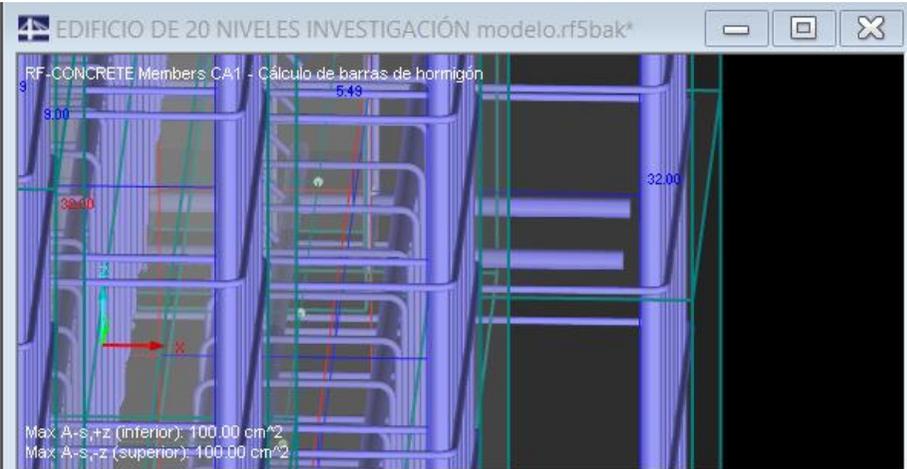


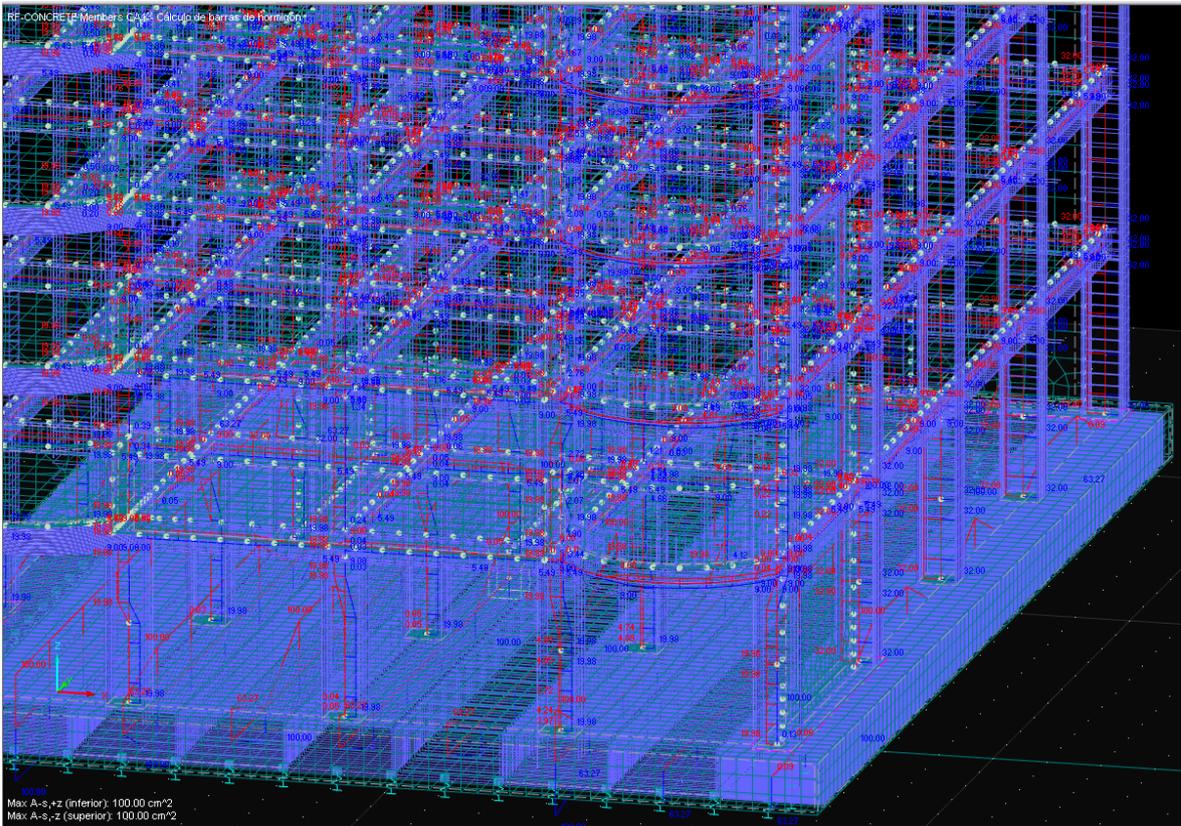
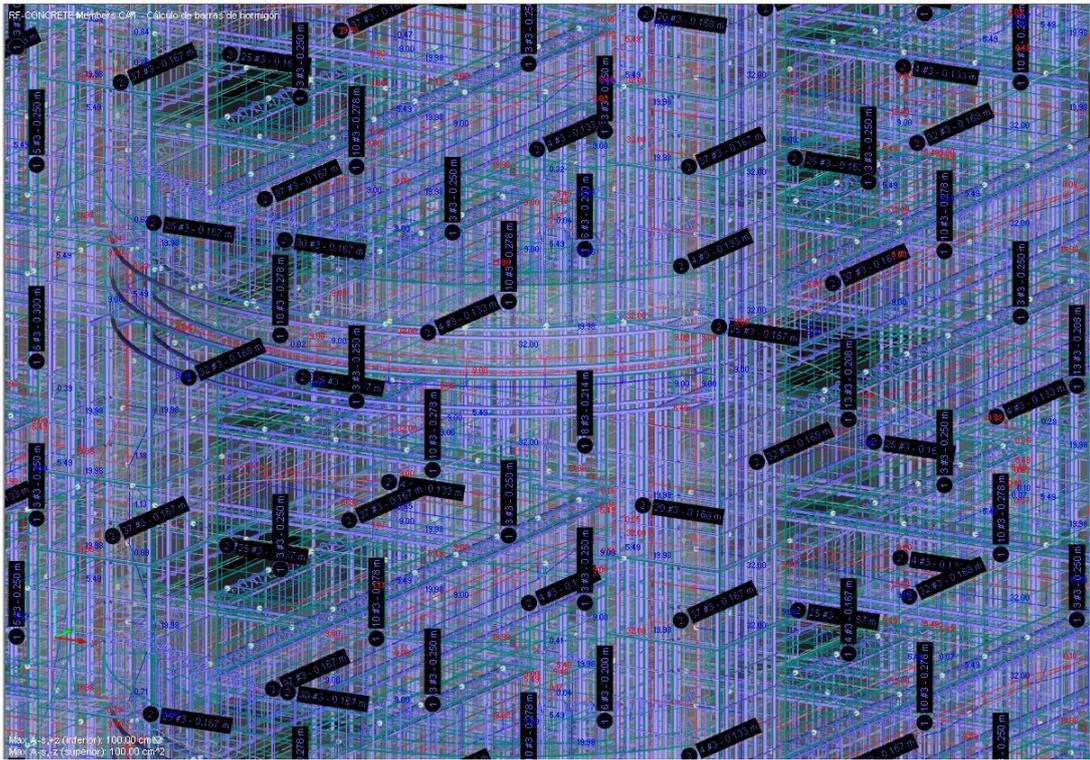
■ RF-CONCRETE MEMBERS - BARRA NÚM. 28 - RECTÁNGULO 300/600

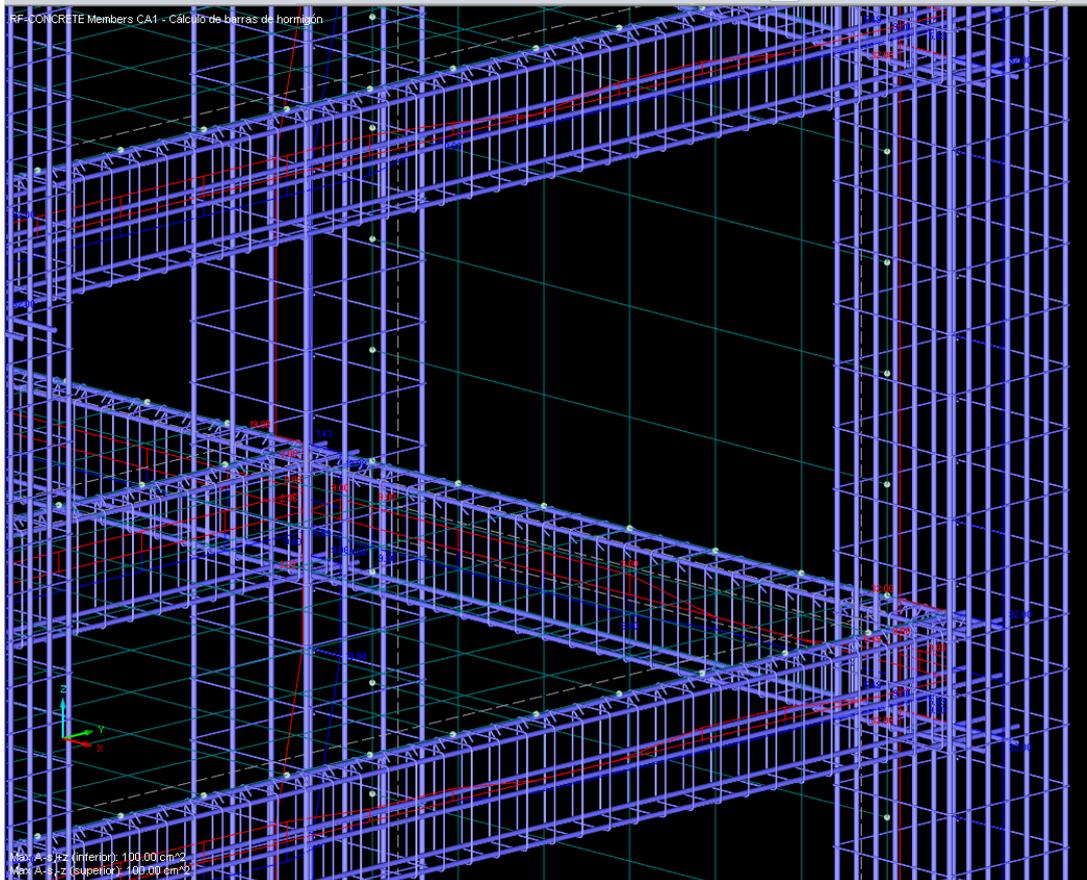
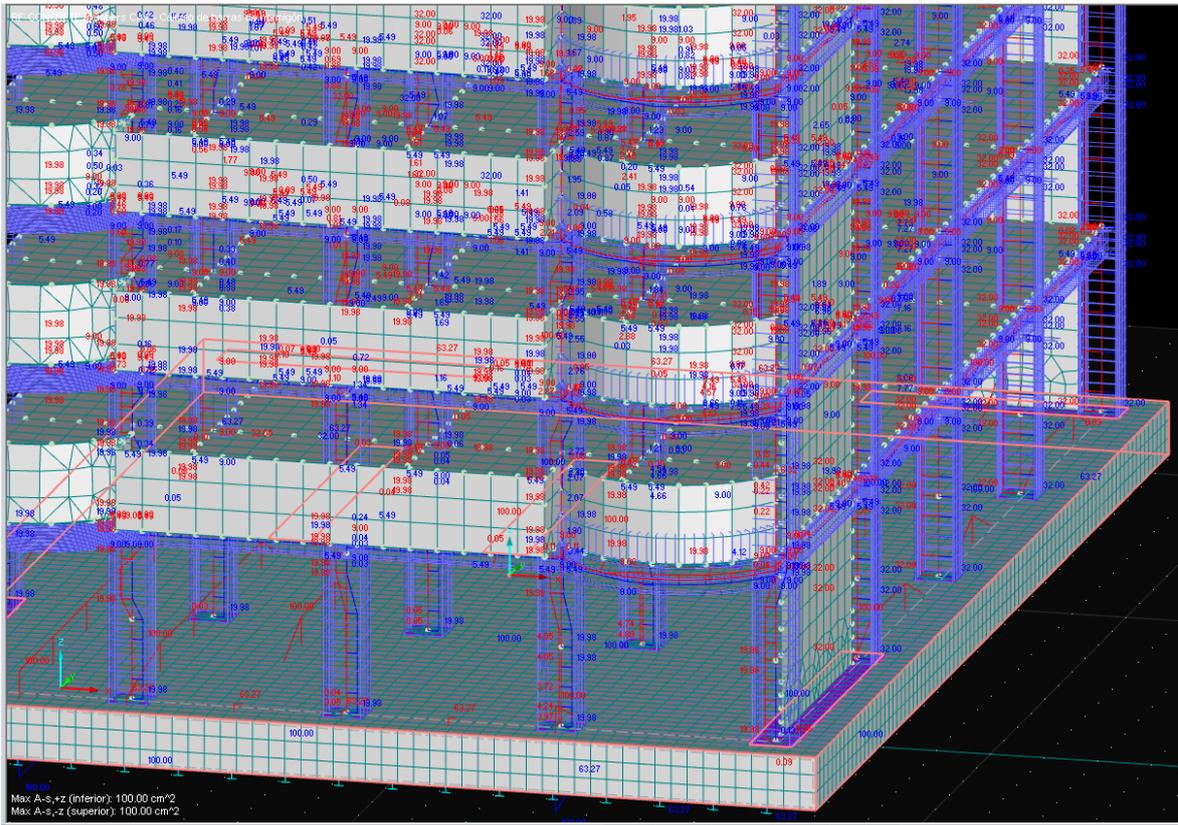


■ RF-CONCRETE MEMBERS - BARRA NÚM. 30 - RECTÁNGULO 300/600











**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, NORIEGA VIDAL EDUARDO MANUEL, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Simulación por elementos finitos de túnel del viento en una estructura de hormigón armado de 20 pisos, Trujillo 2022", cuyos autores son HUAMAN ESCOBAR ERLIN, MENDOZA GUEVARA UBALDO REINERIO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

TRUJILLO, 24 de Julio del 2023

| <b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>                                                    | <b>Firma</b>                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| NORIEGA VIDAL EDUARDO MANUEL<br><b>DNI:</b> 43236142<br><b>ORCID:</b> 0000-0001-7674-7125 | Firmado electrónicamente<br>por: ENORIEGAVI el 24-<br>07-2023 10:34:57 |

Código documento Trilce: TRI - 0613807