

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“DETERMINACIÓN DEL GRADO DE  
VULNERABILIDAD Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL  
DE LAS CUBIERTAS DE BAMBÚ PARA EL  
CUIDADO DE MONUMENTOS HISTÓRICOS,  
TRUJILLO – 2022”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autores:**

Victor Enrique Gallo Montoya  
Jose Carlos Amaranto Gonzalez

**Asesor:**

Mg. Ing. Gonzalo Hugo Diaz García  
<https://orcid.org/0000-0002-3441-8005>

Trujillo - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Nixon Brayan Peche Melo</b>	<b>70615775</b>
	Nombre y Apellidos	N.º DNI

Jurado 2	<b>German Sagastegui Vasquez</b>	<b>45373822</b>
	Nombre y Apellidos	N.º DNI

Jurado 3	<b>Cinthy Alvarado Ruiz</b>	<b>71412783</b>
	Nombre y Apellidos	N.º DNI

## INFORME DE SIMILITUD

### INFORME DE TESIS FINAL

#### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>16%</b>	<b>16%</b>	<b>2%</b>	<b>5%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>2</b>	<b>es.scribd.com</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.upn.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>www.mmda.gov.ph</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>Submitted to Universidad Privada del Norte</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorioacademico.upc.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	<b>repositorio.urp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

## DEDICATORIA

### *A Dios*

*Por habernos permitido llegar hasta este punto, así como brindarnos la sabiduría, entendimiento y fortaleza necesaria para continuar en la lucha constante de alcanzar nuestros objetivos.*

### *A nuestros padres*

*Por ser los pilares fundamentales en nuestro desarrollo tanto personal como profesional, por su apoyo incondicional en cada etapa de nuestras vidas, por todo su amor y sacrificio; y al mismo tiempo, por siempre encaminarnos por el buen sendero, siendo nuestros indiscutibles ejemplos a seguir.*

### *A nuestros familiares y amigos*

*Quienes, con sus consejos, enseñanzas y palabras de aliento, siempre nos motivaron a no desistir en este camino, impulsándonos a superarnos día a día.*



## **AGRADECIMIENTO**

### ***A nuestro asesor***

*Mg. Ing. Gonzalo Diaz García, por el tiempo dedicado, compartir sus conocimientos y guiarnos durante el proceso de elaboración de este trabajo de investigación.*

### ***Al grupo ACIMAT***

*Y especialmente a su director, Mg. Ing. Iván Vásquez Alfaro, quienes nos brindaron todo su apoyo, asesoría, instalaciones e instrumentación necesaria para concluir satisfactoriamente con nuestra investigación.*

### ***Al Complejo Arqueológico Huacas del Sol y de la Luna***

*Especialmente a su director Ricardo Morales Gamarra y a su residente Miguel Asmat Valverde, por brindarnos el acceso, documentación; así como todas las facilidades necesarias dentro de la Huaca para poder desarrollar con éxito el presente estudio.*

## TABLA DE CONTENIDO

<b>JURADO EVALUADOR .....</b>	<b>2</b>
<b>INFORME DE SIMILITUD .....</b>	<b>3</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>4</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO .....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>9</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>11</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>14</b>
1.1. Realidad problemática .....	14
1.2. Formulación del problema .....	16
1.3. Objetivos .....	16
1.3.1. Objetivo general .....	16
1.3.2. Objetivos específicos.....	16
1.4. Antecedentes teóricos .....	17
<b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA .....</b>	<b>21</b>
2.1. Tipo de investigación .....	21
2.2. Nivel de investigación .....	21
2.3. Enfoque de investigación .....	21
2.4. Diseño de investigación .....	21
2.5. Población y muestra .....	22
2.5.1. Población.....	22
2.5.2. Muestra.....	22
2.6. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos .....	23
2.6.1. Técnicas de recolección de datos .....	23
2.6.2. Instrumentos de recolección de datos.....	23
2.6.3. Análisis de datos.....	23
2.7. Procedimiento .....	24
2.7.1. Aplicación y adaptación del método Benedetti-Petrini.....	25
2.7.2. Ejecución de ensayos de laboratorio .....	29
2.7.3. Elaboración de propuestas de mejora.....	30
2.8. Aspectos éticos .....	41
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS .....</b>	<b>42</b>
3.1. Vulnerabilidad de cubiertas de bambú .....	42
3.1.1. Organización del sistema resistente .....	42

3.1.2.	Calidad del sistema resistente .....	42
3.1.3.	Resistencia convencional .....	42
3.1.4.	Posición del edificio y cimentación .....	43
3.1.5.	Diafragmas horizontales.....	44
3.1.6.	Configuración en planta .....	44
3.1.7.	Configuración en elevación.....	44
3.1.8.	Conexión entre elementos críticos .....	45
3.1.9.	Elementos de baja ductilidad.....	45
3.1.10.	Elementos no estructurales .....	46
3.1.11.	Estado de conservación .....	47
3.1.12.	Índice de vulnerabilidad sísmica .....	47
3.2.	Propiedades físicas y mecánicas de los bambúes .....	49
3.2.1.	Contenido de humedad.....	50
3.2.2.	Resistencia a la compresión paralela.....	50
3.2.3.	Resistencia a la flexión.....	50
3.3.	Estructuración de propuestas de mejora .....	50
3.4.	Análisis sísmico de propuestas de mejora .....	52
3.4.1.	Modos de vibración.....	52
3.4.2.	Distorsiones de entrepiso .....	53
3.4.3.	Fuerzas internas de diseño.....	54
3.5.	Diseño estructural de propuestas de mejora .....	64
3.5.1.	Diseño de vigas .....	64
3.5.2.	Diseño de columnas .....	67
3.5.3.	Diseño de columnas inclinadas .....	71
3.5.4.	Diseño de arriostres.....	76
3.5.5.	Diseño de elementos de armadura solicitados a compresión .....	79
3.5.6.	Diseño de elementos de armadura solicitados a tensión .....	81
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>		<b>84</b>
4.1.	Limitaciones.....	84
4.2.	Discusión .....	84
4.3.	Implicancias .....	84
4.4.	Conclusiones .....	86
<b>REFERENCIAS .....</b>		<b>88</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>91</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 01:</b> <i>Descripción de parámetros del método Benedetti-Petrini</i> .....	25
<b>Tabla 02:</b> <i>Escala de vulnerabilidad Benedetti-Petrini</i> .....	27
<b>Tabla 03:</b> <i>Rangos de vulnerabilidad Benedetti-Petrini</i> .....	28
<b>Tabla 04:</b> <i>Parámetros sísmicos de la norma E.030</i> .....	31
<b>Tabla 05:</b> <i>Estimación de cargas gravitacionales</i> .....	31
<b>Tabla 06:</b> <i>Combinaciones de carga para diseño</i> .....	33
<b>Tabla 07:</b> <i>Propiedades estructurales del bambú</i> .....	34
<b>Tabla 08:</b> <i>Coeficientes <math>C_L</math> para vigas de sección compuesta</i> .....	35
<b>Tabla 09:</b> <i>Módulo de sección <math>S</math> para secciones simples y compuestas</i> .....	36
<b>Tabla 10:</b> <i>Radio de giro de la sección para secciones simples y compuestas</i> .....	38
<b>Tabla 11:</b> <i>Clasificación de columnas según su esbeltez</i> .....	39
<b>Tabla 12:</b> <i>Cargas admisibles en elementos sometidos a compresión paralela</i> .....	39
<b>Tabla 13:</b> <i>Organización del sistema resistente</i> .....	42
<b>Tabla 14:</b> <i>Calidad del sistema resistente</i> .....	42
<b>Tabla 15:</b> <i>Resistencia convencional - Distorsiones</i> .....	43
<b>Tabla 16:</b> <i>Posición del edificio y cimentación</i> .....	44
<b>Tabla 17:</b> <i>Diafragmas horizontales</i> .....	44
<b>Tabla 18:</b> <i>Configuración en planta</i> .....	44
<b>Tabla 19:</b> <i>Configuración en elevación</i> .....	45
<b>Tabla 20:</b> <i>Conexión entre elementos críticos</i> .....	45
<b>Tabla 21:</b> <i>Elementos de baja ductilidad - Distorsiones</i> .....	46
<b>Tabla 22:</b> <i>Elementos no estructurales</i> .....	47
<b>Tabla 23:</b> <i>Estado de conservación</i> .....	47
<b>Tabla 24:</b> <i>Índice de vulnerabilidad - Terraza 1</i> .....	48
<b>Tabla 25:</b> <i>Índice de vulnerabilidad - Plataforma III</i> .....	48
<b>Tabla 26:</b> <i>Índice de vulnerabilidad – Unidad 8</i> .....	48
<b>Tabla 27:</b> <i>Grados de vulnerabilidad sísmica actuales de las cubiertas</i> .....	49
<b>Tabla 28:</b> <i>Contenido de humedad</i> .....	50

<b>Tabla 29:</b> Resistencia a la compresión paralela .....	50
<b>Tabla 30:</b> Resistencia a la flexión.....	50
<b>Tabla 31:</b> Factor de masa participativa corregido - Terraza 1 .....	52
<b>Tabla 32:</b> Factor de masa participativa corregido – Plataforma III .....	52
<b>Tabla 33:</b> Factor de masa participativa corregido – Unidad 8 .....	53
<b>Tabla 34:</b> Distorsiones – Terraza 1 .....	54
<b>Tabla 35:</b> Distorsiones – Plataforma III.....	54
<b>Tabla 36:</b> Distorsiones – Unidad 8.....	54
<b>Tabla 37:</b> Diseño de vigas preliminares por flexión.....	64
<b>Tabla 38:</b> Diseño de vigas preliminares por corte .....	64
<b>Tabla 39:</b> Diseño de vigas propuestas con sección compuesta por flexión.....	66
<b>Tabla 40:</b> Diseño de vigas propuestas con sección compuesta por corte .....	67
<b>Tabla 41:</b> Diseño de columnas preliminares por flexocompresión .....	68
<b>Tabla 42:</b> Diseño de columnas propuestas con sección compuesta por flexocompresión .....	69
<b>Tabla 43:</b> Diseño de columnas propuestas con sección compuesta por corte .....	71
<b>Tabla 44:</b> Diseño de columnas inclinadas preliminares por flexocompresión .....	72
<b>Tabla 45:</b> Diseño de columnas inclinadas propuestas con longitud reducida por flexocompresión .....	73
<b>Tabla 46:</b> Diseño de columnas inclinadas propuestas con longitud reducida por corte.....	74
<b>Tabla 47:</b> Diseño de arriostres preliminares por flexocompresión.....	76
<b>Tabla 48:</b> Diseño de arriostres propuestos con longitud reducida por flexocompresión .....	77
<b>Tabla 49:</b> Diseño de arriostres propuestas con longitud reducida por corte .....	78
<b>Tabla 50:</b> Diseño de elementos de armadura solicitados a compresión por flexocompresión .....	80
<b>Tabla 51:</b> Diseño de elementos de armadura solicitados a compresión por corte	81
<b>Tabla 52:</b> Diseño de elementos de armadura solicitados a tensión por flexotensión .....	82
<b>Tabla 53:</b> Diseño de elementos de armadura solicitados a tensión por corte .....	82

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 01:</b> <i>Diseño de investigación</i> .....	22
<b>Figura 02:</b> <i>Diagrama del proceso de investigación</i> .....	24
<b>Figura 03:</b> <i>Modelo de situación actual de cubierta realizado en ETABS</i> .....	43
<b>Figura 04:</b> <i>Modelo de situación actual de cubierta realizado en ETABS</i> .....	46
<b>Figura 05:</b> <i>Índices de vulnerabilidad actuales</i> .....	49
<b>Figura 06:</b> <i>Estructuración preliminar de la propuesta de mejora para la Terraza 1</i> .....	51
<b>Figura 07:</b> <i>Estructuración preliminar de la propuesta de mejora para la Plataforma III</i> .....	51
<b>Figura 08:</b> <i>Estructuración preliminar de la propuesta de mejora para la Unidad 8</i> .....	51
<b>Figura 09:</b> <i>Esfuerzos máximos en viga más solicitada de Terraza 1, de acuerdo a envolvente de diseño</i> .....	55
<b>Figura 10:</b> <i>Esfuerzos máximos en viga más solicitada de Plataforma III, de acuerdo a envolvente de diseño</i> .....	55
<b>Figura 11:</b> <i>Esfuerzos máximos en viga más solicitada de Unidad 8, de acuerdo a envolvente de diseño</i> .....	56
<b>Figura 12:</b> <i>Esfuerzos máximos en columna más solicitada de Terraza 1, de acuerdo a envolvente de diseño</i> .....	56
<b>Figura 13:</b> <i>Esfuerzos máximos en columna más solicitada de Plataforma III, de acuerdo a envolvente de diseño</i> .....	57
<b>Figura 14:</b> <i>Esfuerzos máximos en columna más solicitada de Unidad 8, de acuerdo a envolvente de diseño</i> .....	57
<b>Figura 15:</b> <i>Esfuerzos máximos en columna inclinada más solicitada de Terraza 1, de acuerdo a envolvente de diseño</i> .....	58

<b>Figura 16:</b> <i>Esfuerzos máximos en columna inclinada más solicitada de Plataforma III, de acuerdo a envolvente de diseño .....</i>	58
<b>Figura 17:</b> <i>Esfuerzos máximos en columna inclinada más solicitada de Unidad 8, de acuerdo a envolvente de diseño .....</i>	59
<b>Figura 18:</b> <i>Esfuerzos máximos en arriostre más solicitado de Terraza 1, de acuerdo a envolvente de diseño .....</i>	59
<b>Figura 19:</b> <i>Esfuerzos máximos en arriostre más solicitado de Plataforma III, de acuerdo a envolvente de diseño .....</i>	60
<b>Figura 20:</b> <i>Esfuerzos máximos en arriostre más solicitado de Unidad 8, de acuerdo a envolvente de diseño .....</i>	60
<b>Figura 21:</b> <i>Esfuerzos máximos en elemento de armadura más solicitado a compresión de Terraza 1, de acuerdo a envolvente de diseño .....</i>	61
<b>Figura 22:</b> <i>Esfuerzos máximos en elemento de armadura más solicitado a compresión de Plataforma III, de acuerdo a envolvente de diseño.....</i>	61
<b>Figura 23:</b> <i>Esfuerzos máximos en elemento de armadura más solicitado a compresión de Unidad 8, de acuerdo a envolvente de diseño.....</i>	62
<b>Figura 24:</b> <i>Esfuerzos máximos en elemento de armadura más solicitado a tensión de Terraza 1, de acuerdo a envolvente de diseño .....</i>	62
<b>Figura 25:</b> <i>Esfuerzos máximos en elemento de armadura más solicitado a tensión de Plataforma III, de acuerdo a envolvente de diseño.....</i>	63
<b>Figura 26:</b> <i>Esfuerzos máximos en elemento de armadura más solicitado a tensión de Unidad 8, de acuerdo a envolvente de diseño .....</i>	63
<b>Figura 27:</b> <i>Secciones transversales de vigas propuestas.....</i>	66
<b>Figura 28:</b> <i>Secciones transversales de vigas propuestas.....</i>	69

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 01:</b> <i>Índice de vulnerabilidad Benedetti-Petrini</i> .....	27
<b>Ecuación 02:</b> <i>Índice de vulnerabilidad Benedetti-Petrini normalizado</i> .....	28
<b>Ecuación 03:</b> <i>Contenido de humedad (NTC 5525)</i> .....	29
<b>Ecuación 04:</b> <i>Resistencia a la compresión paralela (NTC 5525)</i> .....	29
<b>Ecuación 05:</b> <i>Resistencia a la flexión (DIN EN 52 186)</i> .....	30
<b>Ecuación 06:</b> <i>Velocidad de diseño</i> .....	32
<b>Ecuación 07:</b> <i>Presión del viento</i> .....	32
<b>Ecuación 08:</b> <i>Esfuerzos admisibles modificados</i> .....	34
<b>Ecuación 09:</b> <i>Verificación por esfuerzo a flexión</i> .....	35
<b>Ecuación 10:</b> <i>Verificación por esfuerzo a corte</i> .....	37
<b>Ecuación 11:</b> <i>Longitud efectiva de una columna</i> .....	37
<b>Ecuación 12:</b> <i>Esbeltez <math>C_k</math></i> .....	37
<b>Ecuación 13:</b> <i>Relación de esbeltez de una columna</i> .....	37
<b>Ecuación 14:</b> <i>Inercia de la sección para secciones compuestas</i> .....	38
<b>Ecuación 15:</b> <i>Verificación por esfuerzo a compresión paralela</i> .....	39
<b>Ecuación 16:</b> <i>Carga crítica de Euler</i> .....	40
<b>Ecuación 17:</b> <i>Factor de magnificación de momentos <math>K_m</math></i> .....	40
<b>Ecuación 18:</b> <i>Verificación por esfuerzo a flexocompresión</i> .....	40
<b>Ecuación 19:</b> <i>Verificación por esfuerzo a tensión axial</i> .....	41
<b>Ecuación 20:</b> <i>Verificación por esfuerzo a flexotensión</i> .....	41



## RESUMEN

La presente investigación aborda la problemática de la vulnerabilidad estructural de las cubiertas de bambú utilizadas en la protección de monumentos históricos de Trujillo, basándose en la necesidad de preservarlos como parte valiosa de nuestro patrimonio cultural.

Empleando el método Benedetti-Petrini, se determinó el grado de vulnerabilidad de las cubiertas de la Terraza 1, Plataforma III y Unidad 8 del Complejo Arqueológico Huacas de Moche; se realizó el análisis y diseño estructural de estas y se obtuvieron las principales propiedades estructurales de los bambúes usados para su construcción.

La metodología utilizada involucró la observación y revisión bibliográfica, empleando fichas, tablas y hojas de cálculo para analizar la información recolectada. Además, para la elaboración de planos, análisis y modelado estructural se utilizaron los programas AutoCAD y ETABS.

Los resultados revelaron un alto grado de vulnerabilidad en todas las cubiertas debido a la falta de asesoría técnica y mantenimiento. Sin embargo, se demostró que es posible mejorar su resistencia utilizando refuerzos estructurales; concluyendo así, que siguiendo procesos constructivos y criterios adecuados se puede reducir esta vulnerabilidad y por otra parte, que el bambú es idóneo, por sus propiedades, para la construcción de este tipo de estructuras, ya que satisface los requisitos de las normas de diseño correspondientes.

**PALABRAS CLAVES:** Vulnerabilidad sísmica, análisis estructural, construcción con bambú, conservación del patrimonio cultural.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

La preservación del patrimonio histórico-cultural de un país es esencial para mantener su historia y su identidad nacional, ya que además de ser una fuente de orgullo colectivo y cohesión social, forma parte de la memoria de la nación.

En el Perú, existen numerosos monumentos históricos que abarcan construcciones, ruinas, lugares de interés y objetos de propiedad estatal o privada. Estos han sido declarados oficialmente como monumentos debido a su calidad, valor histórico, artístico o antigüedad, a través de un decreto supremo aprobado por el poder ejecutivo. (Juárez, 2019, p.23)

Algunas expresiones del patrimonio histórico son tan significativas que se consideran patrimonio mundial, lo que significa que pertenecen a toda la humanidad. La preservación de este patrimonio no solo es importante para la protección de la historia y la cultura, sino también para el cuidado del medio ambiente, ya que son manifestaciones de las realizaciones humanas a lo largo de la historia en un ambiente específico. (Barreto y Poicón, 2020, p.44)

Como se ha mencionado, los monumentos históricos son edificaciones que han sido considerados intangibles debido a su belleza y valor histórico, lo que significa que no deben ser modificados o destruidos. No obstante, la ausencia de regulaciones, control y supervisión ha llevado a la destrucción de muchos de estos monumentos con el paso del tiempo. (Sapaico, 2019, p.35)

En el Perú, es común encontrar problemas ilegales de saqueo de restos históricos, conocidos como huaqueo, y personas que se dedican a esta práctica, llamados huaqueros. Además, muchos de los tesoros que se encuentran son vendidos de manera ilegal y terminan en colecciones extranjeras. Es crucial contar con la cooperación del Estado y de la población

para implementar un control más riguroso que permita proteger estos monumentos y objetos históricos. Es fundamental involucrar a las comunidades locales en la responsabilidad de su conservación y en la obtención de beneficios resultantes. (Paredes, 2017, p.57)

En la ciudad de Trujillo y en otras ciudades de nuestro país, es muy común encontrar monumentos históricos cuyo mantenimiento y cuidado han sido descuidados por las autoridades municipales, regionales y nacionales. En caso de que se realice alguna reparación, suele hacerse sin criterios técnicos adecuados o quedando inconclusa la mayoría de las veces. Por consiguiente, es esencial llevar a cabo un análisis adecuado de las condiciones actuales de estos monumentos para poder tomar decisiones informadas sobre su infraestructura en el futuro. (Navarro, 2021, p.67)

Por lo expuesto, la presente investigación, después de reconocer el enorme valor que tienen estos bienes muebles e inmuebles como construcciones, ruinas y restos arqueológicos, busca determinar el grado de vulnerabilidad actual de las cubiertas, que precisamente son las encargadas de proteger estos monumentos históricos, para posteriormente; de acuerdo a los resultados obtenidos, y valiéndonos también de algunos ensayos de laboratorio, elaborar propuestas de mejora que sean estructuralmente óptimas para cada una de las cubiertas evaluadas. Sin dejar de tener en cuenta el contexto arquitectónico y arqueológico del entorno, continuando por lo tanto, con la utilización del bambú como elemento de construcción, debido a sus ya conocidos múltiples beneficios, tanto en el ámbito eco-ambiental, como en el ámbito estructural, lo que lo convierte en un material sostenible, eficaz e idóneo para la construcción de este tipo de cubiertas; consiguiendo así, que los monumentos históricos de la ciudad de Trujillo puedan ser conservados y permanezcan atractivos, reconocidos, así como, continúen siendo del disfrute de las generaciones venideras.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el grado de vulnerabilidad y cómo realizar el análisis estructural de las cubiertas de bambú para el cuidado de monumentos históricos, Trujillo – 2022?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

- Determinar el grado de vulnerabilidad y realizar el análisis estructural de las cubiertas de bambú para el cuidado de monumentos históricos, Trujillo – 2022.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Encontrar el índice de vulnerabilidad sísmica de las cubiertas de bambú ubicadas en la Terraza 1, Plataforma III y Unidad 8, empleando el método Benedetti-Petrini.
- Determinar las principales propiedades físicas y mecánicas de los bambúes utilizados para la construcción de las cubiertas ubicadas en la Terraza 1, Plataforma III y Unidad 8, mediante ensayos de laboratorio.
- Desarrollar la estructuración de las propuestas de mejora para las cubiertas de bambú existentes, ubicadas en la Terraza 1, Plataforma III y Unidad 8.
- Realizar el análisis sísmico de las propuestas de mejora para las cubiertas de bambú existentes, ubicadas en la Terraza 1, Plataforma III y Unidad 8.
- Elaborar el diseño estructural de las propuestas de mejora para las cubiertas de bambú existentes, ubicadas en la Terraza 1, Plataforma III y Unidad 8.

#### **1.4. Antecedentes teóricos**

##### **“Uso y Rentabilidad del Bambú como Material Estructural de Construcción”**

El principal objetivo de esta tesis de tipo básico o teórica y diseño no experimental – transversal – descriptivo consistió en investigar acerca del uso y la viabilidad del bambú como elemento de construcción. Se concluyó que, debido a su ligereza, durante un sismo en la costa peruana, el riesgo de daño sería mínimo en comparación con las estructuras de adobe o albañilería, las cuales, al tener un peso mayor, generan fuerzas más intensas en la estructura. Por lo tanto, las casas construidas con bambú serían una opción más segura y fácil de reparar en caso de sufrir daños, lo que resultaría en menores costos y pérdidas económicas. Además, los ensayos llevados a cabo en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Bogotá mostraron que la caña de guadua, una especie de bambú, presenta propiedades mecánicas favorables, como una resistencia a la tracción entre 1660 y 1940 (kg/cm<sup>2</sup>); una resistencia a la compresión entre 230 y 700 (kg/cm<sup>2</sup>); y un módulo de elasticidad entre 107000 y 170000 (kg/cm<sup>2</sup>). Juárez (2019)

##### **“Diseño estructural de una cubierta ecológica de Bambú para losas deportivas multiusos en la ciudad de Piura”**

En este estudio de tipo básico o teórico, diseño no experimental – transversal – descriptivo y de enfoque cuantitativo, se elaboró el diseño de una cubierta sostenible hecha a base de bambú para una cancha deportiva en el distrito de Piura. El propósito principal de este trabajo de investigación fue diseñar la estructura de la cubierta sostenible de bambú y también se incluyó una descripción general del proceso de construcción, así como las implicancias del diseño estructural. Tras realizar análisis estáticos y dinámicos, se llegó a la conclusión de que la cubierta de bambú puede soportar las fuerzas gravitacionales y

sísmicas, obteniendo periodos de 0.338 segundos en Y e 0.285 segundos en X para el análisis estático, los cuales son menores a 1 segundo, del mismo modo la cortante basal obtenida es de 89.9908 Tn obtenida en el software ETABS. Para el análisis dinámico se comprobó que el porcentaje de masas participativas sea mayor al 90 % de la masa total y además se verificó que los desplazamientos cumplan con el límite máximo establecido en la norma de diseño sismorresistente E.030, obteniendo derivas máximas de 0.006 en X y 0.008 en Y, cumpliendo con los criterios de diseño por esfuerzos admisibles. Se llegó a la conclusión de que el bambú es un material idóneo que satisface los requisitos de las normas, y que los datos obtenidos en esta investigación podrán ser útiles para futuros estudios sobre el uso del bambú en la construcción de proyectos. Barreto y Poicón (2020)

#### **“Análisis y diseño estructural de los elementos en bambú de una edificación de la municipalidad provincial de Satipo – 2018”**

La investigación de tipo aplicada o práctica y diseño experimental – cuasiexperimental abordó el proceso de análisis y diseño de elementos estructurales a base de bambú para evaluar su desempeño sísmico en una construcción en el distrito de Satipo. Los resultados indicaron la presencia de desplazamientos inelásticos significativos en caso de eventos sísmicos, sin embargo, se concluyó que el bambú es un material óptimo para la resistencia sísmica, debido a que su generación de desplazamientos inelásticos se mantiene por debajo del 1% obteniendo derivas máximas de 0.005 en Y y 0.001 en X, cumpliendo con lo estipulado en las normas de diseño E.030 y E.100 del Reglamento Nacional de Edificaciones, produciendo así estructuras livianas. Además, se determinó que las cargas soportadas por la estructura influyen significativamente dependiendo de las propiedades físicas y mecánicas que presenta el material y de su localización dentro de la estructura. Sapaico (2019)

## **“Uso del Bambú como material estructural: caso vivienda ecológica en Tarapoto – 2017”**

El estudio de tipo aplicado o práctico, diseño no experimental – transversal – correlacional y de enfoque cuantitativo, presentó una alternativa viable y sostenible para la edificación y construcción de viviendas haciendo uso del bambú como principal elemento estructural. Además de su capacidad de resistencia y durabilidad, producto de sus excelentes propiedades físicas y mecánicas, el bambú es un recurso renovable que contribuye a la no deforestación de los bosques y a la conservación del medio ambiente, lo que lo convierte en una opción ideal para el impulso y desarrollo de la construcción sostenible. Se realizaron pruebas y análisis detallados para dimensionar cada uno de los elementos estructurales de la edificación, asegurando que cumplieran con las normas de diseño E.030 y E.100 dispuestas por el Reglamento Nacional de Edificaciones y estuvieran diseñados para soportar las cargas aplicadas y resistir eventuales movimientos sísmicos. De este modo, se obtuvieron vigas con cargas de 487.27 kg/m, 757.27 kg/m, 543.97 kg/m y 257.27 kg/m para las cuales se usaron culmos de bambú con sección compuesta de 2 cm de espesor cada uno. Además, se destacó la importancia y el beneficio de utilizar el bambú como material estructural para la construcción, debido a que se pueden lograr edificaciones más ligeras y resistentes a la vez, lo que reduce significativamente los posibles riesgos de colapso en caso de un movimiento telúrico. Asimismo, este estudio demuestra que es posible construir edificaciones seguras, sostenibles y resistentes a los eventos sísmicos utilizando materiales renovables y de producción local como el bambú. Concluyendo así, que la utilización del bambú como material estructural podría ser una alternativa atractiva para el desarrollo de la construcción sostenible. Paredes (2017)

## **“Vulnerabilidad Sísmica con el Método Benedetti-Petrini en Viviendas Informales en las Lomas I de Huanchaco – Trujillo”**

La investigación llevada a cabo por los autores Lázaro y Zamora (2021) presenta una tipología aplicada o práctica, así como un diseño de investigación no experimental – transversal – descriptivo, desarrollando la problemática de la vulnerabilidad sísmica presente en las viviendas de Las Lomas I del distrito de Huanchaco construidas sin la asesoría técnica adecuada y de manera informal. Para lo cual, se tuvieron en cuenta criterios tales como la antigüedad de construcción y los principales parámetros de construcción seguidos en la edificación de estas viviendas que no cumplen con las normas de diseño vigentes estipuladas en el Reglamento Nacional de Edificaciones, además de ser construidas con materiales de reducida calidad y sin el asesoramiento de un profesional o técnico especializado, lo que resulta en un proceso constructivo incorrecto. Haciendo uso del método Benedetti-Petrini, se obtuvieron resultados de índices de vulnerabilidad de 3%, 30% y 67% que indicaron un riesgo bajo, medio y alto respectivamente. Asimismo, es importante destacar que esta investigación permite comprender la importancia de la asesoría técnica y cumplimiento de las normativas de construcción de viviendas para disminuir la vulnerabilidad ante posibles movimientos sísmicos.



---

## **CAPÍTULO II: METODOLOGÍA**

### **2.1. Tipo de investigación**

La presente investigación de tipo aplicada o práctica dado que, se tiene como objetivo aplicar los conocimientos teóricos en la realidad, así como el estudio y ejecución de la investigación a problemas concretos, en circunstancias y características concretas. (Quezada, 2010, p. 40).

### **2.2. Nivel de investigación**

Este estudio se clasifica dentro del nivel de investigación descriptivo, dado que su objetivo principal es recolectar y analizar datos reales con la finalidad de determinar, caracterizar y describir el comportamiento de las variables estudiadas. En este tipo de investigación no se manipulan variables, sino que se observan y miden de la manera en que se presentan en su entorno natural.

### **2.3. Enfoque de investigación**

Esta investigación adopta un enfoque cuantitativo, el cual está basado en la recopilación y análisis de datos numéricos de las variables de interés. Para lograrlo, se emplearon diversos cálculos y se tuvo en cuenta la teoría previamente establecida para la interpretación de los datos obtenidos.

### **2.4. Diseño de investigación**

El diseño seguido por la presente investigación se cataloga como no experimental – transversal – descriptivo. No experimental debido a que no existió manipulación ni alteración de las variables de interés, transversal dado que la recopilación de información se llevó a cabo en un único período de tiempo determinado y descriptivo porque el objetivo principal de la investigación es analizar y describir estos datos obtenidos. (Hernández, 2014, p. 92 y 152)

**Figura 01:** *Diseño de investigación*



*Nota.* En esta figura se muestra el diseño de investigación seguido en el desarrollo metodológico del presente proyecto de investigación

## **2.5. Población y muestra**

### **2.5.1. Población**

De acuerdo con Carrasco (2007), la población es el grupo total de elementos o individuos que pertenecen a un universo específico y comparten características comunes que son objeto de estudio o análisis (p.238). Para esta situación, la población analizada se compone de todas las cubiertas de los monumentos históricos situados en la ciudad de Trujillo, departamento de La Libertad.

### **2.5.2. Muestra**

Según Bernal (2010), la muestra es un grupo seleccionado de la población, que debe tener características similares al problema que se va a evaluar para poder ser considerada como representativa del universo en estudio. Es un subconjunto que se utiliza para hacer inferencias sobre la población completa (p.161). En este informe, la muestra seleccionada está compuesta por las cubiertas que se encuentran en el Conjunto Arquitectónico 8, en la Plataforma III y en la Terraza 1 del complejo arqueológico Huacas del Sol y de la Luna.

Asimismo, se ha utilizado un método de selección de muestra no probabilístico por conveniencia, ya que se ha seleccionado aquellos elementos o individuos que estaban disponibles en el momento del estudio y que satisfacían los criterios de inclusión establecidos, que en nuestro caso estuvieron basados principalmente en la accesibilidad que se tenía de las cubiertas.

## **2.6. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

### **2.6.1. Técnicas de recolección de datos**

Las técnicas, son los métodos empleados para obtener información, tales como la observación, las entrevistas, las encuestas y los cuestionarios. (Rodríguez, 2010). Para esta investigación se empleó la observación estructurada y la revisión documental mediante el análisis de documentos ya elaborados; complementándose con la utilización de fuentes primarias y secundarias.

### **2.6.2. Instrumentos de recolección de datos**

Para Sánchez y Reyes (2006), los instrumentos son los medios específicos empleados en la recopilación de información, las cuales deben estar en concordancia con las técnicas que se emplean (p. 153).

Se utilizaron diversos instrumentos para recolectar la información necesaria para esta investigación. Para la técnica de observación estructurada y la recolección de datos sobre vulnerabilidad sísmica, se utilizaron fichas de observación en las cubiertas seleccionadas, que incluyen información detallada sobre la ubicación, área del terreno, año de construcción y otros datos relevantes. Se examinaron las estructuras en detalle y se registraron las fallas y grietas en los elementos resistentes. Para el análisis y diseño estructural, se consultó una bibliografía de estudios y reglamentaciones existentes. Con respecto a la estructuración del plano, se utilizó el software AutoCAD, y para el modelado geométrico, se utilizó el programa ETABS como instrumento.

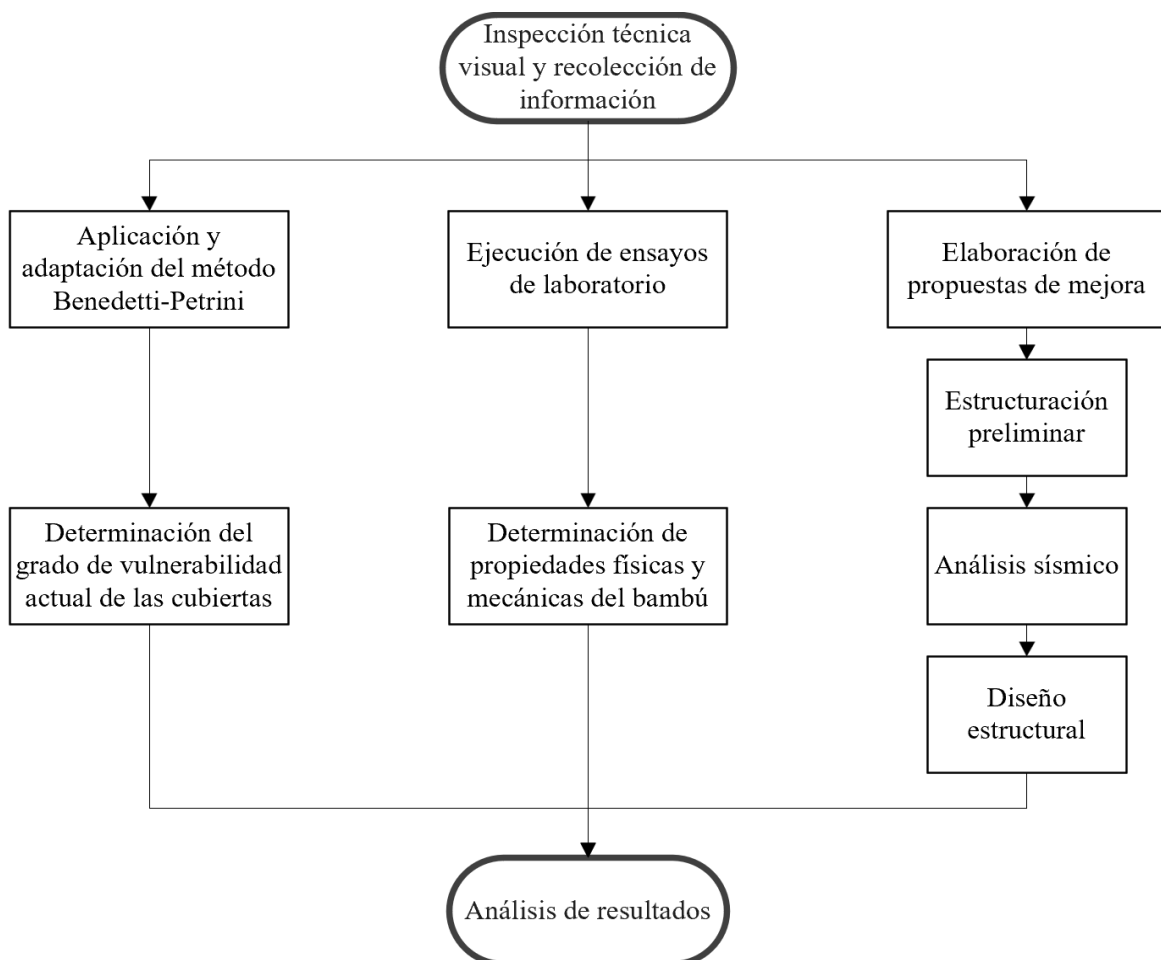
### **2.6.3. Análisis de datos**

De acuerdo con López (2000), es necesario establecer un proceso metodológico que permita realizar un análisis de datos adecuado y preciso, para poder alcanzar los objetivos previamente indicados en el estudio de forma efectiva. (p.167).

En esta investigación, se utilizó la estadística descriptiva para presentar los parámetros del método Benedetti-Petrini de cada una de las cubiertas analizadas en el complejo arqueológico Huacas del Sol y la Luna en cuadros de doble entrada. Para el análisis de datos en el análisis estructural, se realizaron cálculos en Excel y se utilizaron algunos programas para el almacenamiento de la información. Además, se hizo uso de la norma técnica de diseño en Bambú E.100 para seguir las pautas necesarias y alcanzar los resultados deseados. El diseño de los planos fue realizado mediante el software AutoCAD, mientras que para el análisis estructural y modelado geométrico en 3D se utilizó el programa ETABS.

## 2.7. Procedimiento

**Figura 02:** Diagrama del proceso de investigación



**Nota.** En esta figura, se representa el diagrama de flujo correspondiente al proceso seguido por el presente estudio.

La parte inicial de la presente investigación comprendió el análisis preliminar y recolección de información, lo cual consistió en el reconocimiento in situ de las cubiertas de bambú seleccionadas, las cuales fueron medidas, inspeccionadas y caracterizadas, empleando para ello, guías de observación previamente elaboradas, además del acopio de los registros de los factores ambientales más relevantes que afectan el comportamiento estructural de estas cubiertas.

### 2.7.1. Aplicación y adaptación del método Benedetti-Petrini

Con los datos obtenidos, se procedió aplicar el método Benedetti-Petrini, escogiendo la metodología empleada para evaluar estructuras de concreto armado, puesto a que se adapta mejor a la configuración estructural de las cubiertas analizadas, la cual es aporticada. Este método implica la evaluación de 11 parámetros estructurales, asociándole respectivamente una de las tres clases A, B y C, a las cuales les corresponde un valor que puede variar entre -1 y 3; asimismo, a cada parámetro se le asigna un coeficiente de peso que se encuentra en un rango de 1 a 4. Dichos parámetros se detallan a continuación:

**Tabla 01:** Descripción de parámetros del método Benedetti-Petrini

N°	PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN
01	Organización del sistema resistente	Se evalúa si la estructura recibió orientación técnica durante su diseño y/o construcción, si está en conformidad con las respectivas normas de diseño (E.030 y E.100), así como el comportamiento de sus elementos estructurales.
02	Calidad del sistema resistente	Se determina teniendo en cuenta el tipo de bambú, la uniformidad, verticalidad y dimensiones de este (diámetro y espesor), además de la presencia de fallas estructurales en los elementos resistentes.
03	Resistencia convencional	Se verifica la capacidad de la estructura para soportar cargas horizontales, es por ello que, se analizó el comportamiento sísmico a partir de un modelado en el software ETABS, realizando la verificación de los máximos desplazamientos relativos aceptables.

04	Posición de construcción y cimentación	Se determina cómo la pendiente y las características del terreno afectan la cimentación de la estructura. La clasificación se llevó a cabo según el tipo de suelo y la pendiente del mismo.
05	Diafragmas horizontales	Se evalúa la calidad del diafragma horizontal de la estructura, es decir si presenta deformaciones considerables, la existencia de planos en desnivel y también el tipo de cobertura utilizada.
06	Configuración en planta	Se analiza la respuesta sísmica de la estructura en función de su forma en planta, teniendo en cuenta su regularidad, la existencia de discontinuidades importantes en el diafragma horizontal y que los sistemas resistentes sean ortogonales entre sí.
07	Configuración en elevación	Se determina analizando el comportamiento sísmico de la estructura según su forma en altura, para lo cual se consideró la relación de esbeltez de los soportes, definida en la norma E.100.
08	Conexión entre elementos críticos	Se determina mediante la evaluación de las conexiones existentes entre los principales elementos estructurales, siendo este un punto crítico para que se dé una correcta transferencia de cargas.
09	Elementos de baja ductilidad	Se evalúa la presencia de elementos de baja ductilidad, la cual se define como la propiedad de un material para deformarse cuando se le aplica una fuerza, pero sin alcanzar la falla; para lo cual, mediante el análisis estructural realizado en ETABS, se analizaron las deformaciones de las cubiertas, así como los máximos desplazamientos relativos aceptables.
10	Elementos no estructurales	Se determina a partir de la existencia y estado en el que se encuentran los elementos que no pertenezcan al sistema resistente, es decir, elementos que puedan separarse y soltarse fácilmente frente a la acción de un sismo; por lo tanto, sería ideal que no estuvieran presentes.
11	Estado de conservación	Se evalúa la estructura de manera general, el estado actual en el que se encuentra, si ha recibido el mantenimiento adecuado, así como la integridad de los elementos que la conforman.

---

*Nota.* En esta tabla se describen los distintos parámetros que sigue el método de Benedetti-Petrini, los cuales deben ser considerados para una correcta evaluación de la estructura

---

**Tabla 02:** *Escala de vulnerabilidad Benedetti-Petrini*

i	PARÁMETROS	KiA	KiB	KiC	Wi
01	Organización del sistema resistente	0	1	2	4.0
02	Calidad del sistema resistente	0	1	2	1.0
03	Resistencia convencional	-1	0	1	1.0
04	Posición del edificio y cimentación	0	1	2	1.0
05	Diafragmas horizontales	0	1	2	1.0
06	Configuración en planta	0	1	2	1.0
07	Configuración en elevación	0	1	3	2.0
08	Conexión entre elementos críticos	0	1	2	1.0
09	Elementos de baja ductilidad	0	1	2	1.0
10	Elementos no estructurales	0	1	2	1.0
11	Estado de conservación	0	1	2	1.0

*Nota.* En esta tabla se muestran los distintos valores que toma cada parámetro del método de Benedetti-Petrini, de acuerdo a su clase y coeficiente de peso para el cálculo del índice de vulnerabilidad. Tomado de *Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad y riesgo sísmico de estructuras aplicando técnicas de simulación* (p.58), por F. Yépez, 1996, Universidad Politécnica de Cataluña.

La suma ponderada de los valores resultantes de estos parámetros nos permitió obtener los respectivos índices de vulnerabilidad, determinando de esta manera, el grado de vulnerabilidad actual de las cubiertas. La ecuación empleada es la siguiente:

**Ecuación 01:** *Índice de vulnerabilidad Benedetti-Petrini*

$$I_v = 100 \cdot \frac{\left( \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i \right) + 1}{34}$$

Con la finalidad de que la evaluación resulte más práctica y sencilla, se llevó a cabo la normalización del índice de vulnerabilidad, estableciéndose dentro de un rango de valores de 0 a 100 mediante la siguiente ecuación:

**Ecuación 02:** *Índice de vulnerabilidad Benedetti-Petrini normalizado*

$$I_{vn} = \frac{I_v \cdot 100}{94.12}$$

Quedando expresados, los rangos de vulnerabilidad, de la siguiente manera:

**Tabla 03:** *Rangos de vulnerabilidad Benedetti-Petrini*

VULNERABILIDAD	GRADO DE VULNERABILIDAD
$0 \leq I_{vn} \leq 20$	Bajo
$20 \leq I_{vn} \leq 40$	Medio
$40 \leq I_{vn} \leq 100$	Alto

*Nota.* En esta tabla se observan los distintos grados de vulnerabilidad, los cuales están directamente relacionados con el valor del índice de vulnerabilidad normalizado. Tomado de *Estudio de riesgo sísmico, en la ciudad de Chiclayo, zona este (av. Sáenz Peña, av. Castañeda Iparraguirre, av. Nicolás de Piérola, av. Jorge Chávez, y av. Bolognesi)* (p.40), por C. Quesquén y M. Silva, 2020, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Cabe mencionar que, debido a la naturaleza del método Benedetti-Petrini, el cual fue inicialmente concebido sólo para evaluar estructuras de albañilería y concreto armado, y sustentado además, en uno de los múltiples estudios donde se le realizan modificaciones al método con el fin de mejorarlo, el cual fue realizado por Barboza y Hondermann (2018), quienes hacen lo propio para una edificación de adobe, obteniendo resultados más confiables; se optó por adaptar y adecuar este método para la evaluación de estructuras de bambú. En nuestro caso, se modificó el desarrollo de los parámetros 03 y 09 por un análisis sísmico de las estructuras existentes a través del programa ETABS, determinando las clases de dichos parámetros en función de los resultados que presentan las cubiertas ante este análisis; complementando e implementando así, la metodología cualitativa de Benedetti-Petrini con la adición de un análisis cuantitativo y objetivo, permitiéndonos obtener resultados más fieles a la realidad.



### 2.7.2. Ejecución de ensayos de laboratorio

El siguiente paso de la investigación fue determinar las principales propiedades físicas y mecánicas que presentan los bambúes que han sido empleados para la construcción de cubiertas en el complejo arqueológico Huacas del Sol y de la Luna, para lo cual se ejecutaron ensayos de laboratorio, en concordancia con los procedimientos establecidos en las correspondientes normas técnicas, los cuales nos permitieron obtener, de manera objetiva y cuantitativa, el contenido de humedad, la resistencia frente a esfuerzos de compresión paralela y la resistencia frente a esfuerzos de flexión que presenta este material, empleando para ello las siguientes ecuaciones:

**Ecuación 03:** *Contenido de humedad (NTC 5525)*

$$C.H. = \frac{w_h - w_s}{w_s} \cdot 100$$

Donde:

$C.H$  = Contenido de humedad

$w_h$  = Peso del espécimen húmedo

$w_s$  = Peso del espécimen seco

**Ecuación 04:** *Resistencia a la compresión paralela (NTC 5525)*

$$\sigma = \frac{4F}{\pi(D_e^2 - (D_e - 2e)^2)}$$

Donde:

$\sigma$  = Esfuerzo de compresión último

$F$  = Carga máxima a la que el espécimen falla

$D_e$  = Diámetro exterior promedio

$e$  = Espesor promedio

**Ecuación 05: Resistencia a la flexión (DIN EN 52 186)**

$$\sigma_{ult} = \frac{3}{2} x \frac{Fxsep}{b_{var} x h_{var}^2}$$

Donde:

$\sigma_{ult}$  = Esfuerzo de rotura en flexión

F = Carga máxima de rotura aplicada

sep = Longitud entre apoyos de la probeta

$b_{var}$  = Ancho de la varilla

$h_{var}$  = Altura de la varilla

**2.7.3. Elaboración de propuestas de mejora****A. Estructuración preliminar**

Considerando los datos e información recolectada, se procedió a elaborar una propuesta de mejora óptima para cada cubierta evaluada, la cual comprende la estructuración preliminar, que fue desarrollada teniendo en cuenta un sistema estructural aporticado existente, así como, considerando las medidas tomadas en campo al igual que las que Barreto y Poicón (2020) nos recomiendan, optando finalmente por un diámetro estándar de 12 cm con espesor de 2 cm para las columnas y de 11 cm con espesor de 1.3 cm para las vigas, proponiendo además, refuerzos con elementos de arriostre, armaduras y columnas inclinadas; el modelamiento estructural mediante el programa ETABS, para el que se consideró un peso específico del bambú de 800 kgf/m<sup>3</sup>, así como los distintos parámetros y cargas establecidas por las normas de diseño del RNE; las cuales, para nuestro caso, se precisan a continuación:

**Tabla 04:** *Parámetros sísmicos de la norma E.030*

PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN	VALOR
<b>Z</b>	Factor de zona (Zona 4: Moche)	0.45
<b>U</b>	Factor de uso (Categoría C: Edificación común)	1
<b>C</b>	Factor de amplificación sísmica ( $T < T_p$ )	2.5
<b>S</b>	Factor de suelo (Perfil S <sub>3</sub> )	1.1
<b>T<sub>p</sub></b>	Periodo que define la plataforma del factor C	1
<b>T<sub>L</sub></b>	Periodo que define la zona del factor C constante	1.6
<b>I</b>	Factor de irregularidad	1
<b>R</b>	Coficiente de reducción de fuerzas sísmicas (Madera)	7
<b>P</b>	Peso sísmico (Edificación común)	CM+0.25CV

*Nota.* En esta tabla se presentan los distintos valores tomados para el análisis sísmico de acuerdo a la normativa sismorresistente E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, para los casos estudiados.

**Tabla 05:** *Estimación de cargas gravitacionales*

	MATERIAL	CARGA REPARTIDA (KGF/M <sup>2</sup> )
<b>Carga Muerta</b>	Cañabrava (Esterilla)	Despreciable, se consideró: 20
	Polipropileno (Calamina)	
<b>Carga Viva</b>	Cobertura liviana (E.020)	30

*Nota.* En esta tabla se observan los distintos tipos de carga de acuerdo al material presente en las cubiertas estudiadas, así como los respectivos valores utilizados para el modelado estructural.

Además, debido a la naturaleza liviana de las cubiertas y a su esbeltez, las cuales las vuelven estructuras sensibles a las ráfagas y efectos del viento, se hace necesario agregar este tipo de cargas a nuestro análisis, tomando en cuenta para ello, la carga de viento actuante y el mapa eólico del Perú, determinando la velocidad de diseño mediante la siguiente ecuación estipulada en la norma E.020:

**Ecuación 06:** *Velocidad de diseño*

$$V_h = V \left( \frac{h}{10} \right)^{0.22}$$

Donde:

$V_h$  = Velocidad de diseño en la altura  $h$

$V$  = Velocidad de diseño hasta 10 m de altura

$h$  = Altura sobre el terreno

Asimismo, las presiones ejercidas por el viento hacia la estructura fueron calculadas mediante la siguiente ecuación:

**Ecuación 07:** *Presión del viento*

$$P_h = 0.005 \cdot C \cdot (V_h)^{0.22}$$

Donde:

$P_h$  = Presión o succión del viento a una altura  $h$

$C$  = Factor de forma adimensional indicado en la norma E.020

$V_h$  = Velocidad de diseño a la altura  $h$

**B. Análisis sísmico**

El análisis sísmico tanto estático (cargas verticales) como dinámico (cargas horizontales) se realizó utilizando un espectro inelástico de pseudoaceleraciones, para determinar la respuesta máxima elástica esperada que corresponda al efecto producido de los diferentes modos de vibración, considerando la combinación cuadrática completa y la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados como dirección de esta para estimar dicha respuesta, los modos de vibración cuya suma de masas participantes representara al menos el 90% del total de la masa. Este análisis permitió evaluar el comportamiento de la estructura frente a las cargas verticales y horizontales, incluyendo los efectos del movimiento sísmico.

Se verificó que la fuerza cortante en la base obtenida a través del análisis dinámico modal-espectral sea mayor al 80% de la fuerza obtenida mediante el análisis sísmico estático. Asimismo, se determinaron los desplazamientos laterales relativos o distorsiones mediante la multiplicación por 0.75R de los resultados obtenidos del análisis lineal-elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas, verificando así que se cumpla con el límite estipulado en la norma de diseño sismorresistente E.030, el cual es de 0.010 para el caso de maderas.

Posteriormente, y habiendo determinado todas las cargas que afectan el comportamiento estructural de las cubiertas (carga muerta, carga viva, carga de sismo y carga de viento), se definieron las combinaciones de carga mediante las cuales, se encontraron las máximas fuerzas internas de diseño (momento flector, fuerza cortante, fuerza axial de compresión y tensión) para cada tipo de elemento estructural (vigas, columnas, columnas inclinadas, arriostres y armaduras) presentes en las cubiertas planteadas preliminarmente en esta propuesta de mejora, dichas combinaciones de carga se detallan a continuación:

**Tabla 06:** *Combinaciones de carga para diseño*

<b>COMBINACIONES DE CARGA</b>	
(1)	$U = D$
(2)	$U = D + CV$
(3)	$U = D + (W \text{ ó } 0,70 S)$
(4)	$U = [D + CV + (W \text{ ó } 0,70 S)] \cdot \alpha$
(5)	$U = [D + (W \text{ ó } 0,70 S)] \cdot \alpha$
(6)	$U = [D + CV + (W \text{ ó } 0,70 S) + T] \cdot \alpha$

**Nota.** En esta tabla se enumeran las posibles combinaciones de carga a utilizar en el software ETABS para el diseño estructural.

### C. Diseño estructural

Finalmente, se realizó la verificación de las estructuras propuestas, procediendo con el diseño estructural, para lo cual los valores que corresponden a las propiedades estructurales del bambú, necesarios para los cálculos, se tomaron de los resultados que se obtuvieron en los ensayos llevados a cabo en el laboratorio, así como, de la norma E.100.

**Tabla 07:** *Propiedades estructurales del bambú*

PROPIEDADES ESTRUCTURALES DEL BAMBÚ	
Módulo de elasticidad promedio	9500 Mpa
Módulo de elasticidad mínimo	7300 Mpa
Esfuerzo admisible a flexión ( $f_m$ )	108.18 Mpa
Esfuerzo admisible a tracción paralela ( $f_t$ )	16 Mpa
Esfuerzo admisible a compresión paralela ( $f_c$ )	41.18 Mpa
Esfuerzo admisible a corte ( $f_v$ )	1 Mpa

*Nota.* En esta tabla se muestran los valores de las principales propiedades estructurales del bambú.

Con base en los valores de esfuerzos admisibles de la tabla 07, se determinaron los esfuerzos o solicitaciones admisibles modificadas de los elementos estructurales de acuerdo con la siguiente ecuación:

**Ecuación 08:** *Esfuerzos admisibles modificados*

$$f'_i = f_i \cdot C_D \cdot C_L \cdot C_r$$

Donde:

$f'_i$  = Esfuerzo admisible modificado para la solicitud  $i$

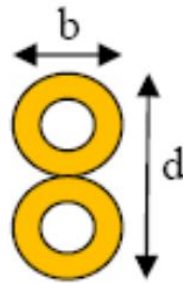
$f_i$  = Esfuerzo admisible en la solicitud  $i$

$C_D$  = Coeficiente de modificación por duración de carga

$C_L$  = Coeficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas

$C_r$  = Coeficiente de modificación por redistribución de cargas

**Tabla 08:** *Coefficientes  $C_L$  para vigas de sección compuesta*



$d/b$	$C_L$
1	1.00
2	0.98
3	0.95
4	0.91
5	0.87

*Nota.* En esta tabla se observan los diferentes valores que puede tomar el coeficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas ( $C_L$ ) de acuerdo a la relación de esbeltez del elemento. Tomado de *Norma Técnica E.100 Bambú* (p.10), por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2012, Reglamento Nacional de Edificaciones.

Como último paso, y habiendo obtenido los esfuerzos admisibles modificados, se procedió a realizar la verificación por esfuerzos a flexión, corte, compresión paralela, flexocompresión y tensión axial de las columnas, vigas, columnas inclinadas, arriostres y armaduras sometidas a las máximas sollicitaciones sísmicas de cada una de las propuestas de mejora, buscando que cumplan con el diseño por esfuerzos admisibles establecido en la norma de diseño en bambú E.100, para lo cual se empleó la siguiente metodología:

**Ecuación 09:** *Verificación por esfuerzo a flexión*

$$f_m = \frac{M}{S} \leq f'_m$$

Donde:


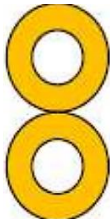

$f_m$  = Esfuerzo a flexión actuante

$f'_m$  = Esfuerzo admisible modificado

$M$  = Momento actuante sobre el elemento

$S$  = Módulo de sección

**Tabla 09:** *Módulo de sección S para secciones simples y compuestas*

SECCIÓN	S (mm <sup>3</sup> )
	$S = \frac{\pi \cdot (D_e^4 - (D_e - 2t)^4)}{32D_e}$
	$S = \frac{\pi \cdot (5D_e^4 - 4D_e^2[D_e - 2t]^2 - [D_e - 2t]^4)}{32D_e}$
	$S = \frac{\pi \cdot (35D_e^4 - 4D_e^2[D_e - 2t]^2 - [D_e - 2t]^4)}{96D_e}$

*Nota.* En esta tabla se presentan las diferentes ecuaciones utilizadas para el cálculo del módulo de sección del elemento de acuerdo al número de culmos que presenta el elemento. Tomado de *Norma Técnica E.100 Bambú* (p.33), por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2012, Reglamento Nacional de Edificaciones.

Donde:

$S$  = Módulo de sección

$D_e$  = Diámetro promedio exterior del bambú

$t$  = Espesor promedio de la pared del bambú



**Ecuación 10:** Verificación por esfuerzo a corte

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right) \leq f'_v$$

Donde:

$f_v$  = Esfuerzo cortante paralelo a las fibras actuante

$V$  = Fuerza cortante en la sección considerada

$A$  = Área de la sección transversal

$D_e$  = Diámetro externo promedio de la sección

$t$  = Espesor promedio de la sección

$f'_v$  = Esfuerzo admisible para corte paralelo a las fibras modificado

**Ecuación 11:** Longitud efectiva de una columna

$$l_e = l_u \cdot k$$

Donde:

$l_e$  = Longitud efectiva

$l_u$  = Longitud no soportada lateralmente del elemento

$K$  = Coeficiente de longitud efectiva según las restricciones en los apoyos

**Ecuación 12:** Esbeltez  $C_k$ 

$$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{f'_c}}$$

Donde:

$C_k$  = Límite entre las columnas intermedias y largas

$f'_c$  = Esfuerzo admisible en compresión paralela a las fibras modificado

$E_{0.05}$  = Módulo de elasticidad percentil 5 del bambú

**Ecuación 13:** Relación de esbeltez de una columna

$$\lambda = \frac{l_e}{r}$$

Donde:

$\lambda$  = Relación de esbeltez del elemento

$l_e$  = Longitud efectiva del elemento

$r$  = Radio de giro de la sección

**Tabla 10:** Radio de giro de la sección para secciones simples y compuestas

SECCIÓN	r
Simple	$r = \frac{\sqrt{(D_e^2 + (D_e - 2t)^2)}}{4}$
Compuesta	$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$

**Nota.** En esta tabla se muestran las ecuaciones utilizadas para realizar el cálculo del radio de giro teniendo en cuenta el tipo de sección del elemento analizado. Tomado de *Norma Técnica E.100 Bambú* (p.35-36), por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2012, Reglamento Nacional de Edificaciones.

Donde:

$r$  = Radio de giro de la sección.

$D_e$  = Diámetro externo promedio de la sección

$t$  = Espesor promedio de la sección

$I$  = Inercia de la sección

$A$  = Área de la sección transversal

**Ecuación 14:** Inercia de la sección para secciones compuestas

$$I = \sum (A_i d_i^2) + \sum I_i$$

Donde:

$I$  = Momento de inercia de la sección compuesta

$A_i$  = Área para el i-ésimo bambú

$D_i$  = Distancia entre el centroide del conjunto de bambúes y el centroide de i-ésimo bambú

$I_i$  = Inercia individual de cada bambú

**Tabla 11:** *Clasificación de columnas según su esbeltez*

<b>COLUMNA</b>	<b>ESBELTEZ</b>
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

*Nota.* En esta tabla se presentan los distintos tipos de columna existentes de acuerdo a su valor de esbeltez calculado. Tomado de *Norma Técnica E.100 Bambú* (p.12), por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2012, Reglamento Nacional de Edificaciones.

**Tabla 12:** *Cargas admisibles en elementos sometidos a compresión paralela*

<b>COLUMNAS CORTAS</b>	<b>COLUMNAS INTERMEDIAS</b>	<b>COLUMNAS LARGAS</b>
$N_{adm} = f_c \cdot A$	$N_{adm} = f_c \cdot A \left[ 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{\lambda}{C_k} \right)^4 \right]$	$N_{adm} = 0.2467 \frac{EA}{(\lambda)^2}$

*Nota.* En esta tabla se observan las fórmulas a utilizar las cargas admisibles en elementos a compresión teniendo en cuenta el tipo de columna. Tomado de *Norma Técnica E.100 Bambú* (p.14), por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2012, Reglamento Nacional de Edificaciones.

Donde:

$N_{adm}$  = Carga admisible a compresión

$f_c$  = Esfuerzo admisible en compresión paralela a las fibras

$A$  = Área de la sección transversal

$E$  = Módulo de elasticidad del bambú

**Ecuación 15:** *Verificación por esfuerzo a compresión paralela*

$$N \leq N_{adm}$$

Donde:

$N$  = Esfuerzo a compresión paralela actuante

$N_{adm}$  = Carga admisible a compresión

**Ecuación 16:** *Carga crítica de Euler*

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E_{0.05} I}{l_e^2}$$

Donde:

$N_{cr}$  = Carga crítica de Euler

$E_{0.05}$  = Módulo de elasticidad percentil 5 del bambú

**Ecuación 17:** *Factor de magnificación de momentos  $K_m$* 

$$K_m = \frac{1}{1 - 1.5 \frac{N}{N_{cr}}}$$

Donde:

$K_m$  = Factor de magnificación de momentos

$N_{cr}$  = Carga crítica de Euler

**Ecuación 18:** *Verificación por esfuerzo a flexocompresión*

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{K_m |M|}{Z f_m} < 1$$

Donde:

$N$  = Esfuerzo a compresión paralela actuante

$N_{adm}$  = Carga admisible a compresión

$K_m$  = Factor de magnificación de momentos

$|M|$  = Valor absoluto del momento flector máximo

$Z$  = Módulo de sección con respecto al eje alrededor del cual se produce la flexión

$f_m$  = Esfuerzo admisible en flexión

**Ecuación 19:** *Verificación por esfuerzo a tensión axial*

$$f_t = \frac{T}{A_n} \leq f'_t$$

Donde:

$f_t$  = Esfuerzo a tensión axial actuante

$T$  = Fuerza de tensión axial aplicada

$A_n$  = Área neta del elemento

$f'_t$  = Esfuerzo a tensión axial admisible modificado

**Ecuación 20:** *Verificación por esfuerzo a flexotensión*

$$\frac{f_t}{f'_t} + \frac{f_m}{f'_m} \leq 1$$

Donde:

$f_t$  = Esfuerzo a tensión axial actuante

$f'_t$  = Esfuerzo a tensión axial admisible modificado

$f_m$  = Esfuerzo a flexión actuante

$f'_m$  = Esfuerzo a flexión admisible modificado

**2.8. Aspectos éticos**

El desarrollo de la presente investigación ha sido llevado a cabo respetando los lineamientos de privacidad y confidencialidad del proyecto arqueológico Huacas de Moche, habiendo obtenido la respectiva autorización para el uso de sus instalaciones y la recolección de datos, los cuales han sido analizados y procesados siguiendo una metodología ya validada y utilizada en múltiples investigaciones previas, lo cual respalda su confiabilidad. Asimismo, con respecto al cumplimiento de los derechos de autor y de propiedad intelectual, se ha seguido las normas APA 7ma edición, para la correcta citación de todas las fuentes utilizadas, garantizando así el respeto a los principios de integridad de la investigación científica.

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

### 3.1. Vulnerabilidad de cubiertas de bambú

#### 3.1.1. Organización del sistema resistente

**Tabla 13:** Organización del sistema resistente

CUBIERTA	COMPORTAMIENTO TIPO PÓRTICO	ASESORÍA PROFESIONAL	CUMPLE NORMAS	CLASIFICACIÓN
TERRAZA 1	Sí	No	No	B
PLATAFORMA III	Sí	No	No	B
UNIDAD 8	Sí	No	No	B

*Nota.* En esta tabla se muestra la clasificación de cada cubierta estudiada, teniendo en cuenta los criterios evaluados para el parámetro organización del sistema resistente.

#### 3.1.2. Calidad del sistema resistente

**Tabla 14:** Calidad del sistema resistente

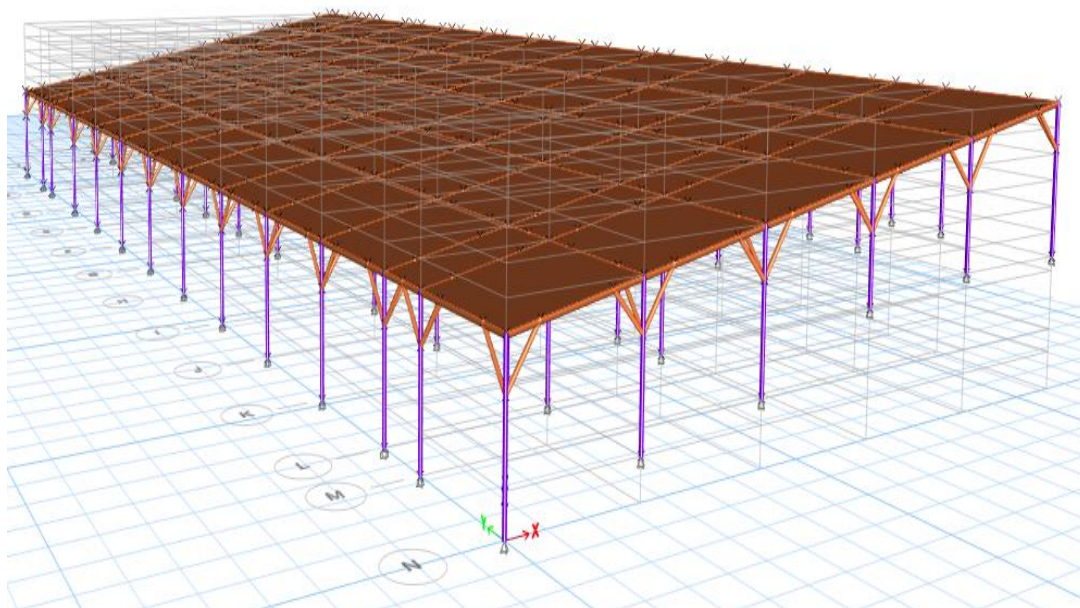
CUBIERTA	FALLAS ESTRUCTURALES	DIMENSIONES ÓPTIMAS	VERTICALIDAD DE SOPORTES	CLASIFICACIÓN
TERRAZA 1	No	Sí	Total	A
PLATAFORMA III	Sí	Sí	Total	B
UNIDAD 8	No	Sí	Total	A

*Nota.* En esta tabla se observa la clasificación de cada cubierta estudiada, teniendo en cuenta los criterios evaluados para el parámetro calidad del sistema resistente.

#### 3.1.3. Resistencia convencional

Este parámetro se evaluó a partir de los resultados obtenidos del comportamiento sísmico de las cubiertas existentes en el análisis estructural realizado mediante ETABS, habiéndose enfocado sobre todo en la resistencia de estas frente a fuerzas laterales; dado que, como indican Abanto y Cárdenas (2016), este parámetro evalúa principalmente la capacidad de una estructura para soportar cargas horizontales con seguridad y resistencia, la cual fue determinada verificando los máximos desplazamientos relativos o distorsiones.

**Figura 03:** *Modelo de situación actual de cubierta realizado en ETABS*



*Nota.* En esta figura, se muestra a través del modelado estructural realizado en el software ETABS la situación actual de una de las cubiertas estudiadas (Terraza 1) para su posterior análisis por resistencia convencional.

**Tabla 15:** *Resistencia convencional - Distorsiones*

CUBIERTA	SENTIDO	d (m)	h (m)	Distorsión	< 0.01	CLASIFICACIÓN
<b>TERRAZA 1</b>	X	0.360	3.26	0.110	No cumple	C
	Y	0.327	3.09	0.106	No cumple	
<b>PLATAFORMA III</b>	X	0.423	2.30	0.184	No cumple	C
	Y	0.217	2.73	0.079	No cumple	
<b>UNIDAD 8</b>	X	0.300	5.26	0.057	No cumple	C
	Y	0.210	2.91	0.072	No cumple	

*Nota.* En esta tabla se muestra la clasificación de cada cubierta estudiada, de acuerdo con la relación existente entre resistencia frente a esfuerzos laterales y la verificación de los máximos desplazamientos relativos.

### 3.1.4. Posición del edificio y cimentación

**Tabla 16:** *Posición del edificio y cimentación*

CUBIERTAS	PENDIENTE DEL TERRENO	TIPO DE SUELO	CLASIFICACIÓN
TERRAZA 1	10 - 30%	SM	B
PLATAFORMA III	> 30%	SM	C
UNIDAD 8	10 - 30%	SM	B

*Nota.* En esta tabla se exhibe la clasificación de cada cubierta estudiada, teniendo en cuenta los criterios evaluados para el parámetro posición del edificio y cimentación.

### 3.1.5. Diafragmas horizontales

**Tabla 17:** *Diafragmas horizontales*

CUBIERTAS	PLANOS EN DESNIVEL	DEFORMIDAD EN DIAFRAGMA	TIPO DE COBERTURA	CLASIFICACIÓN
TERRAZA 1	Sí	No	Liviana	B
PLATAFORMA III	Sí	No	Liviana	B
UNIDAD 8	Sí	No	Liviana	B

*Nota.* En esta tabla se presenta la clasificación de cada cubierta estudiada, teniendo en cuenta los criterios evaluados para el parámetro diafragmas horizontales.

### 3.1.6. Configuración en planta

**Tabla 18:** *Configuración en planta*

CUBIERTAS	DISCONTINUIDAD EN DIAFRAGMA	SISTEMAS ORTOGONALES	FORMA REGULAR	CLASIFICACIÓN
TERRAZA 1	No	No	Sí	B
PLATAFORMA III	No	No	Sí	B
UNIDAD 8	No	No	Sí	B

*Nota.* En esta tabla se muestra la clasificación de cada cubierta estudiada, teniendo en cuenta los criterios evaluados para el parámetro configuración en planta.



### 3.1.7. Configuración en elevación

**Tabla 19:** Configuración en elevación

CUBIERTAS	ESBELTEZ DE SOPORTES	CLASIFICACIÓN
<b>TERRAZA 1</b>	Columna larga	C
<b>PLATAFORMA III</b>	Columna larga	C
<b>UNIDAD 8</b>	Columna larga	C

*Nota.* En esta tabla se muestra la clasificación de cada cubierta estudiada, teniendo en cuenta los criterios evaluados para el parámetro configuración en elevación.

### 3.1.8. Conexión entre elementos críticos

**Tabla 20:** Conexión entre elementos críticos

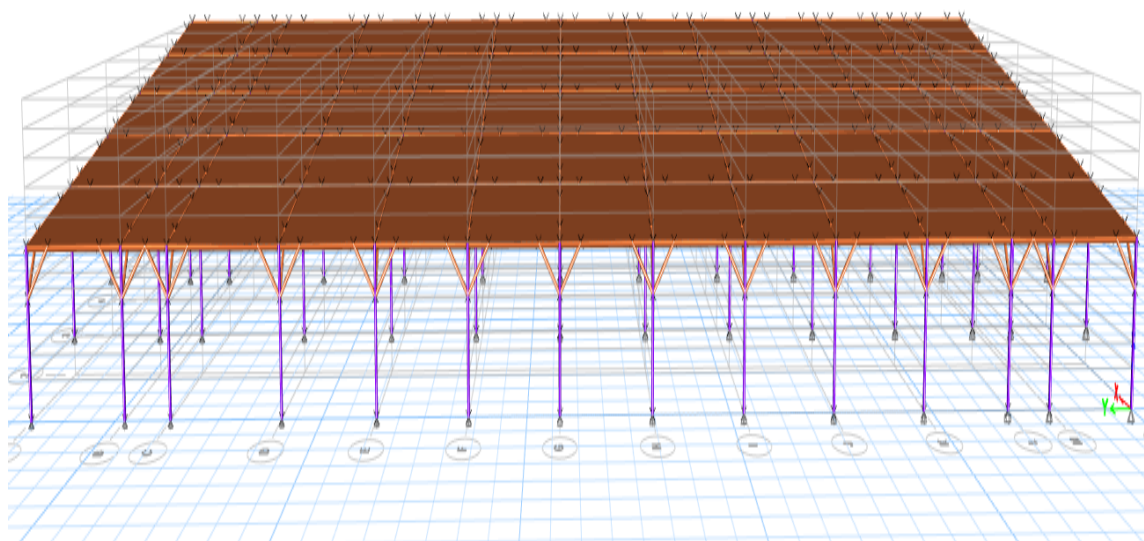
CUBIERTAS	CONEXIÓN ENTRE	CONEXIÓN ENTRE	CALIDAD	
	DIAFRAGMA Y APOYOS	COLUMNAS Y VIGAS	DE LAS UNIONES	CLASIFICACIÓN
<b>TERRAZA 1</b>	Correcta	Correcta	Intermedia	B
<b>PLATAFORMA III</b>	Correcta	Correcta	Intermedia	B
<b>UNIDAD 8</b>	Correcta	Correcta	Intermedia	B

*Nota.* En esta tabla se muestra la clasificación de cada cubierta estudiada, teniendo en cuenta los criterios evaluados para el parámetro conexión entre elementos críticos.

### 3.1.9. Elementos de baja ductilidad

Este parámetro evalúa la presencia de elementos de baja ductilidad, para lo cual, del mismo modo que para la resistencia convencional, fue analizado a partir de los resultados obtenidos del comportamiento sísmico presentado por las cubiertas existentes en el modelamiento estructural realizado en el programa ETABS, habiéndose tomado en cuenta la relación entre ductilidad y deformaciones, por lo que se analizó la presencia de estas en las cubiertas, así como los máximos desplazamientos relativos aceptables.

**Figura 04:** *Modelo de situación actual de cubierta realizado en ETABS*



*Nota.* En esta figura, se observa a través del modelado estructural realizado en ETABS la situación actual de una de las cubiertas (Terraza 1) para su posterior análisis por elementos de baja ductilidad.

**Tabla 21:** *Elementos de baja ductilidad - Distorsiones*

CUBIERTA	SENTIDO	d (m)	h (m)	Distorsión	< 0.01	CLASIFICACIÓN
<b>TERRAZA 1</b>	X	0.360	3.26	0.110	No cumple	C
	Y	0.327	3.09	0.106	No cumple	
<b>PLATAFORMA III</b>	X	0.423	2.30	0.184	No cumple	C
	Y	0.217	2.73	0.079	No cumple	
<b>UNIDAD 8</b>	X	0.300	5.26	0.057	No cumple	C
	Y	0.210	2.91	0.072	No cumple	

*Nota.* En esta tabla se muestra la clasificación de cada cubierta estudiada, de acuerdo con la relación existente entre la presencia de elementos de ductilidad reducida y la verificación de los máximos desplazamientos relativos.

### 3.1.10. Elementos no estructurales

**Tabla 22:** *Elementos no estructurales*

CUBIERTAS	ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	ESTADO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	CLASIFICACIÓN
TERRAZA 1	Sí	Bueno	A
PLATAFORMA III	Sí	Malo	C
UNIDAD 8	Sí	Regular	B

*Nota.* En la presente tabla se muestra la clasificación correspondiente a cada una de las tres cubiertas estudiadas, teniendo en cuenta los criterios evaluados para el parámetro concerniente a elementos no estructurales.

### 3.1.11. Estado de conservación

**Tabla 23:** *Estado de conservación*

CUBIERTAS	PRESENCIA DE IMPERFECCIONES	ESTADO DE CONSERVACIÓN	CLASIFICACIÓN
TERRAZA 1	No	Bueno	A
PLATAFORMA III	Sí	Malo	C
UNIDAD 8	No	Regular	B

*Nota.* En la presente tabla se muestra la clasificación correspondiente a cada una de las tres cubiertas estudiadas, teniendo en cuenta los criterios evaluados para el parámetro concerniente al estado actual de conservación.

### 3.1.12. Índice de vulnerabilidad sísmica

**Tabla 24:** *Índice de vulnerabilidad - Terraza 1*

i	PARÁMETROS	Clase $K_i$			Peso ( $W_i$ )	$K_i * W_i$
		A	B	C		
01	Organización del sistema resistente	-	1	-	4.0	4.00
02	Calidad del sistema resistente	0	-	-	1.0	0.00
03	Resistencia convencional	-	-	1	1.0	1.00
04	Posición del edificio y cimentación	-	1	-	1.0	1.00
05	Diafragmas horizontales	-	1	-	1.0	1.00
06	Configuración en planta	-	1	-	1.0	1.00
07	Configuración en elevación	-	-	3	2.0	6.00
08	Conexión entre elementos críticos	-	1	-	1.0	1.00
09	Elementos de baja ductilidad	-	-	2	1.0	2.00
10	Elementos no estructurales	-	1	-	1.0	1.00
11	Estado de conservación	0	-	-	1.0	0.00
$\sum K_i * W_i$						<b>55.88</b>

*Nota.* En esta tabla se muestra el cálculo realizado para la obtención del índice de vulnerabilidad en la cubierta de bambú de la Terraza 1, de acuerdo a su clase y peso.

**Tabla 25:** *Índice de vulnerabilidad - Plataforma III*

i	PARÁMETROS	Clase $K_i$			Peso ( $W_i$ )	$K_i * W_i$
		A	B	C		
01	Organización del sistema resistente	-	1	-	4.0	4.00
02	Calidad del sistema resistente	-	1	-	1.0	1.00
03	Resistencia convencional	-	-	1	1.0	1.00
04	Posición del edificio y cimentación	-	-	2	1.0	2.00
05	Diafragmas horizontales	-	1	-	1.0	1.00
06	Configuración en planta	-	1	-	1.0	1.00
07	Configuración en elevación	-	-	3	2.0	6.00
08	Conexión entre elementos críticos	-	1	-	1.0	1.00
09	Elementos de baja ductilidad	-	-	2	1.0	2.00
10	Elementos no estructurales	-	-	2	1.0	2.00
11	Estado de conservación	-	-	2	1.0	2.00
$\sum K_i * W_i$						<b>70.59</b>

*Nota.* En esta tabla se presenta el cálculo realizado para la obtención del índice de vulnerabilidad en la cubierta de bambú de la Plataforma III, de acuerdo a su clase y peso.

**Tabla 26:** Índice de vulnerabilidad – Unidad 8

i	PARÁMETROS	Clase $K_i$			Peso ( $W_i$ )	$K_i * W_i$
		A	B	C		
01	Organización del sistema resistente	-	1	-	4.0	4.00
02	Calidad del sistema resistente	0	-	-	1.0	0.00
03	Resistencia convencional	-	-	1	1.0	1.00
04	Posición del edificio y cimentación	-	1	-	1.0	1.00
05	Diafragmas horizontales	-	1	-	1.0	1.00
06	Configuración en planta	-	1	-	1.0	1.00
07	Configuración en elevación	-	-	3	2.0	6.00
08	Conexión entre elementos críticos	-	1	-	1.0	1.00
09	Elementos de baja ductilidad	-	-	2	1.0	2.00
10	Elementos no estructurales	-	1	-	1.0	1.00
11	Estado de conservación	-	1	-	1.0	1.00
$\sum K_i * W_i$						<b>58.62</b>

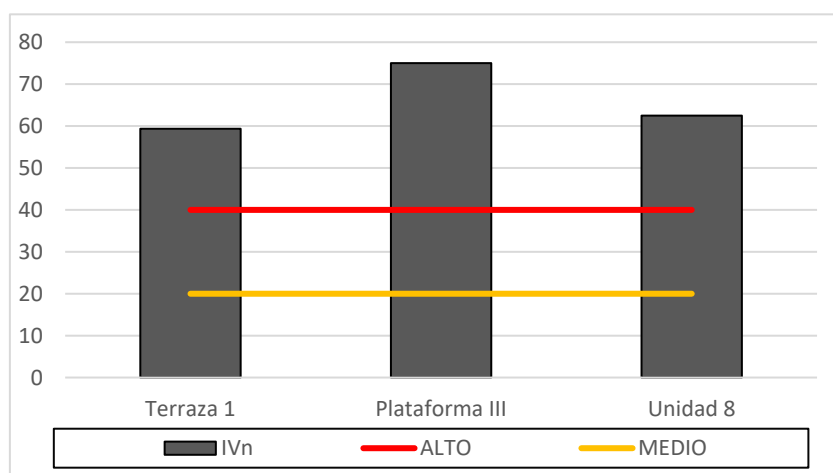
*Nota.* En esta tabla se muestra el cálculo realizado para la obtención del índice de vulnerabilidad en la cubierta de bambú de la Unidad 8, de acuerdo a su clase y peso.

**Tabla 27:** Grados de vulnerabilidad sísmica actuales de las cubiertas

CUBIERTAS	$I_v$	$I_{vn}$	VULNERABILIDAD
TERRAZA 1	55.88	59.37	Vulnerabilidad Alta
PLATAFORMA III	70.59	75.00	Vulnerabilidad Alta
UNIDAD 8	58.62	62.50	Vulnerabilidad Alta

*Nota.* En esta tabla se señala grado de vulnerabilidad para cada cubierta de bambú analizada, de acuerdo al valor del índice normalizado obtenido.

**Figura 05:** Índices de vulnerabilidad actuales



*Nota.* En esta figura, se representa empleando un gráfico de barras los respectivos índices de vulnerabilidad sísmica normalizado para cada cubierta de bambú.

### 3.2. Propiedades físicas y mecánicas de los bambúes

#### 3.2.1. Contenido de humedad

**Tabla 28:** *Contenido de humedad*

	<b>M1 (Con nudo)</b>	<b>M2 (Con nudo)</b>	<b>M3 (Con nudo)</b>	<b>M1 (Sin nudo)</b>	<b>M2 (Sin nudo)</b>	<b>M3 (Sin nudo)</b>
$P_h$	105 g	111 g	86 g	81 g	77 g	72 g
$P_s$	90 g	96 g	74 g	70 g	66 g	62 g
<b>%W</b>	16.66%	15.63%	16.22%	15.71%	16.66%	16.13%

*Nota.* En esta tabla se indican los resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad realizado en laboratorio de cada muestra analizada.

#### 3.2.2. Resistencia a la compresión paralela

**Tabla 29:** *Resistencia a la compresión paralela*

	<b>M1 (Con nudo)</b>	<b>M2 (Con nudo)</b>	<b>M1 (Sin nudo)</b>	<b>M2 (Sin nudo)</b>
$F$	11338 kgf	11353 kgf	11680 kgf	8897 kgf
$D_e$	11 cm	11.5 cm	11.5 cm	11 cm
$e$	0.7 cm	0.7 cm	1 cm	0.8 cm
$\sigma$	500.55 kgf/cm <sup>2</sup>	478.01 kgf/cm <sup>2</sup>	354.08 kgf/cm <sup>2</sup>	347.06 kgf/cm <sup>2</sup>

*Nota.* En esta tabla se muestran los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión realizado en laboratorio de cada muestra analizada.

#### 3.2.3. Resistencia a la flexión

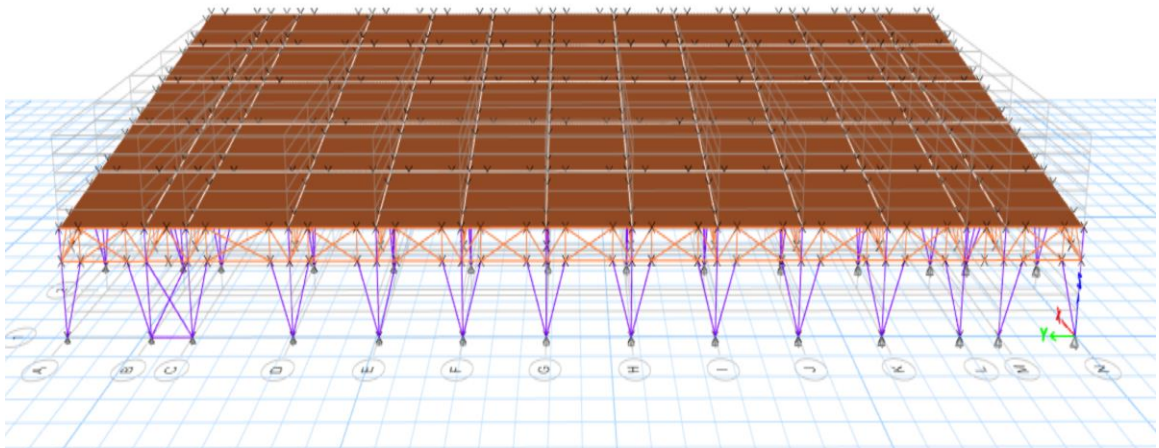
**Tabla 30:** *Resistencia a la flexión*

	<b>M1 (Separación a 10 cm)</b>	<b>M2 (Separación a 15 cm)</b>
$F$	63.73 kgf	28.45 kgf
$s$	10 cm	15 cm
$b_{var}$	1 cm	0.8 cm
$h_{var}$	1 cm	0.8 cm
$\sigma_{ult}$	955.97 kgf/cm <sup>2</sup>	1250.23 kgf/cm <sup>2</sup>

*Nota.* En esta tabla se observan los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la flexión realizado en laboratorio de cada muestra analizada.

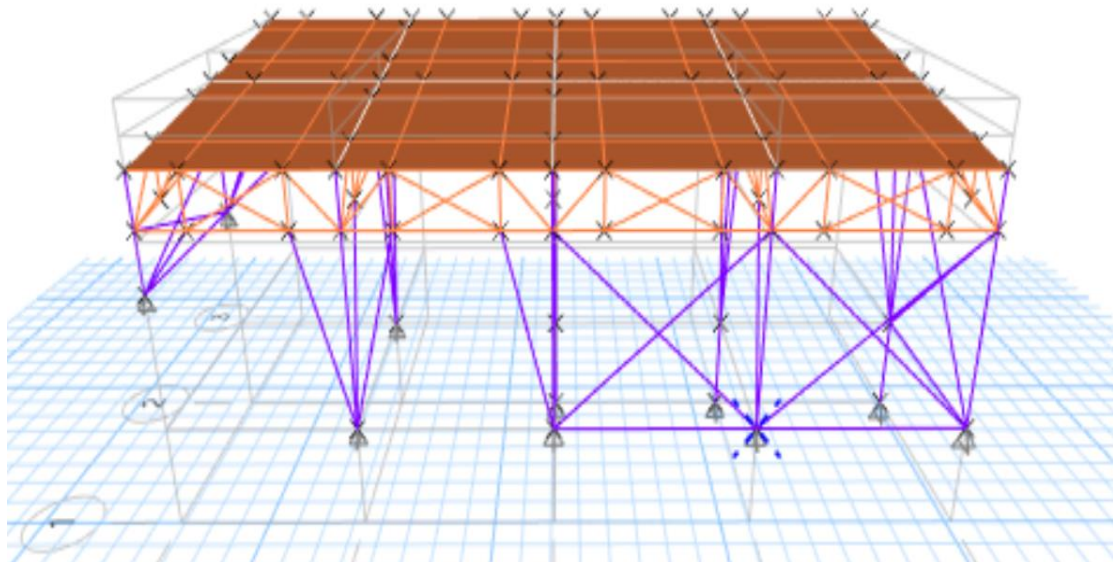
### 3.3. Estructuración de propuestas de mejora

**Figura 06:** Estructuración preliminar de la propuesta de mejora para la Terraza 1



*Nota.* En esta figura, se observa el modelo estructural realizado en el software ETABS de la propuesta de mejora de la Terraza 1.

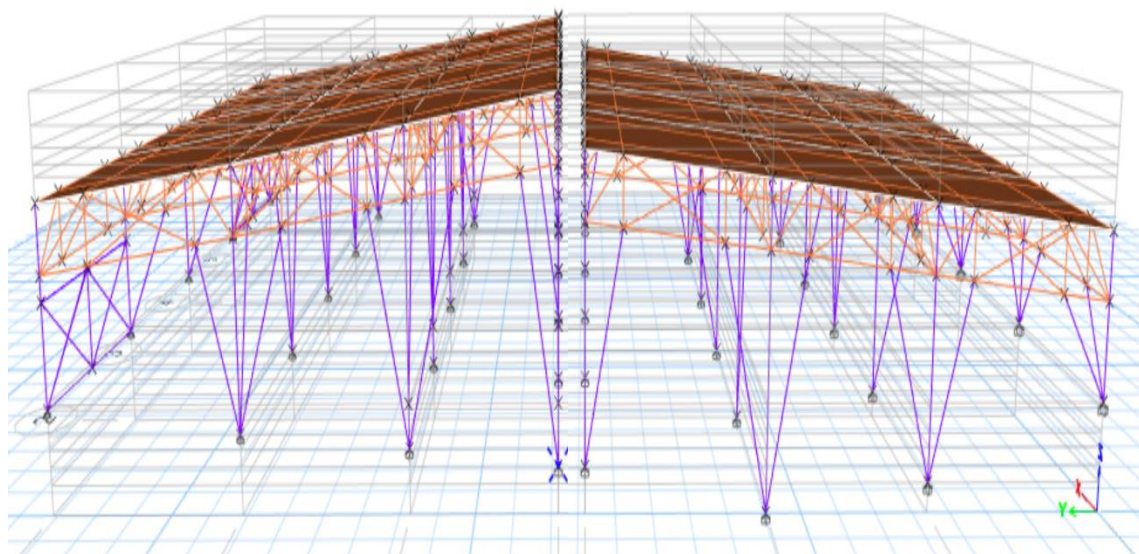
**Figura 07:** Estructuración preliminar de la propuesta de mejora para la Plataforma III



*Nota.* En esta figura, se muestra el modelo estructural realizado en el software ETABS de la propuesta de mejora de la Plataforma III.



**Figura 08:** Estructuración preliminar de la propuesta de mejora para la Unidad 8



*Nota.* En esta figura, se presenta el modelo estructural realizado en el software ETABS de la propuesta de mejora de la Unidad 8.

### 3.4. Análisis sísmico de propuestas de mejora

#### 3.4.1. Modos de vibración

**Tabla 31:** Factor de masa participativa corregido - Terraza 1

CASE	MODE	PERIOD (seg)	UX	UY	RZ
Modal	1	0.308	0.000	0.206	0.032
Modal	2	0.229	0.000	0.000	0.001
Modal	3	0.212	0.000	0.215	0.003

*Nota.* En esta tabla se observan los periodos y factores de masa participativo en los principales sentidos en los primeros tres modos de vibración en la Terraza 1.



**Tabla 32:** *Factor de masa participativa corregido – Plataforma III*

CASE	MODE	PERIOD (seg)	UX	UY	RZ
Modal	1	0.231	0.000	0.514	0.000
Modal	2	0.168	0.565	0.000	0.043
Modal	3	0.151	0.012	0.000	0.092

*Nota.* En esta tabla se señalan los periodos y factores de masa participativo en los principales sentidos en los primeros tres modos de vibración en la Plataforma III.

**Tabla 33:** *Factor de masa participativa corregido – Unidad 8*

CUBIERTA	CASE	MODE	PERIOD (seg)	UX	UY	RZ
	Modal	1	0.252	0.000	0.754	0.000
Izquierda	Modal	2	0.219	0.008	0.001	0.284
	Modal	3	0.208	0.526	0.000	0.114
	Modal	1	0.326	0.668	0.000	0.007
Derecha	Modal	2	0.268	0.000	0.707	0.002
	Modal	3	0.25	0.000	0.010	0.209

*Nota.* En esta tabla se indican los periodos y factores de masa participativo en los principales sentidos en los primeros tres modos de vibración en la Unidad 8.

### 3.4.2. Distorsiones de entrepiso

**Tabla 34:** *Distorsiones – Terraza 1*

SENTIDO	d (m)	h (m)	DISTORSIÓN	< 0.01
X	0.0093	3.26	0.003	Cumple
Y	0.022	3.15	0.007	Cumple

*Nota.* En esta tabla se presentan las derivas en ambos sentidos, asimismo su verificación con el límite establecido por la norma E.030 en la Terraza 1.

**Tabla 35:** *Distorsiones – Plataforma III*

SENTIDO	d (m)	h (m)	DISTORSIÓN	< 0.01
X	0.0073	2.3	0.003	Cumple
Y	0.0125	2.73	0.005	Cumple

*Nota.* En esta tabla se señalan las derivas en ambos sentidos, asimismo su verificación con el límite establecido por la norma E.030 en la Plataforma III.

**Tabla 36:** *Distorsiones – Unidad 8*

CUBIERTA	SENTIDO	d (m)	h (m)	DISTORSIÓN	< 0.01
Izquierda	X	0.013	5.26	0.002	Cumple
	Y	0.016	2.91	0.005	Cumple
Derecha	X	0.029	4.8	0.006	Cumple
	Y	0.02	2.45	0.008	Cumple

*Nota.* En esta tabla se observan las derivas en ambos sentidos, asimismo su verificación con el límite establecido por la norma E.030 en la Unidad 8.

### 3.4.3. Fuerzas internas de diseño

#### A. Vigas

**Figura 09:** Esfuerzos máximos en viga más solicitada de Terraza 1, de acuerdo a envoltente de diseño

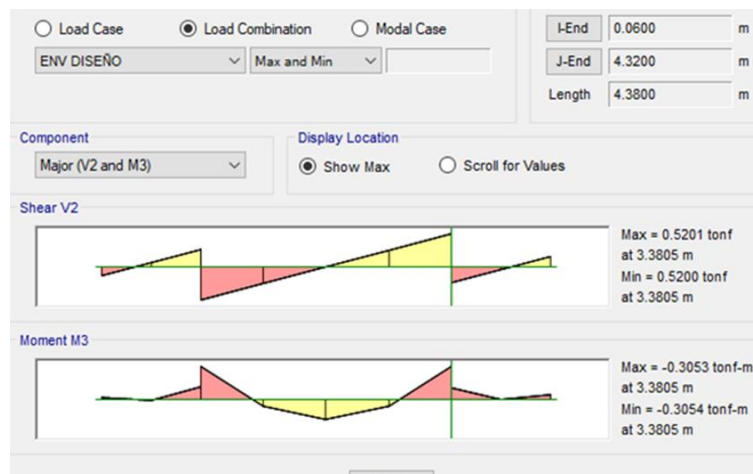


*Nota.* En esta figura, se señalan los valores correspondientes a los máximos esfuerzos (momento y cortante) actuantes en la viga más desfavorable de la Terraza 1.

#### Resultados máximos:

- $M = 0.28 \text{ Tnf.m}$
- $V = 0.54 \text{ Tnf}$

**Figura 10:** Esfuerzos máximos en viga más solicitada de Plataforma III, de acuerdo a envoltente de diseño

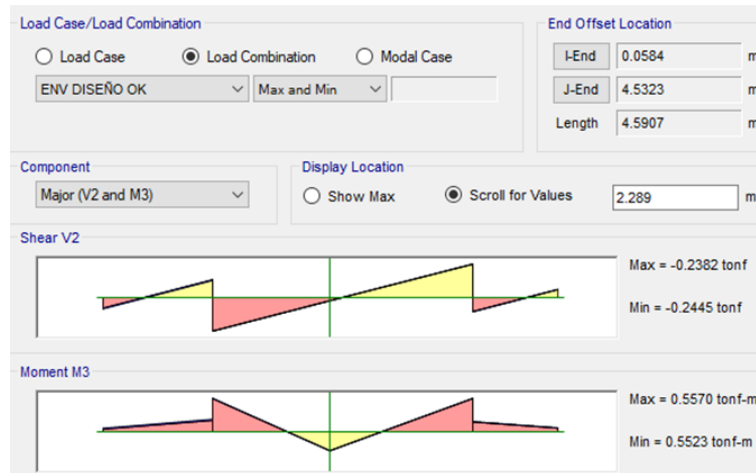


*Nota.* En esta figura, se observan los valores correspondientes a los máximos esfuerzos (momento y cortante) actuantes en la viga más desfavorable de la Plataforma III.

#### Resultados máximos:

- $M = 0.31 \text{ Tnf.m}$
- $V = 0.52 \text{ Tnf}$

**Figura 11:** Esfuerzos máximos en viga más solicitada de Unidad 8, de acuerdo a envoltente de diseño



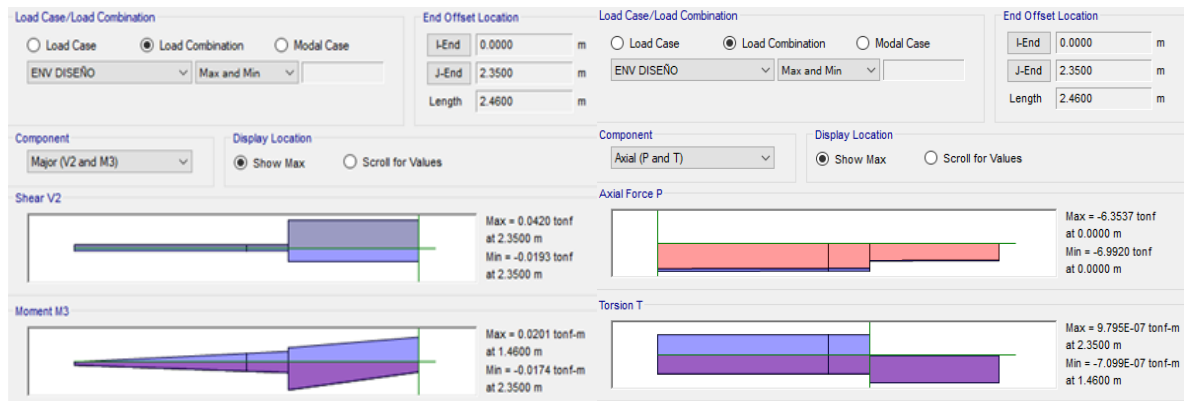
*Nota.* En esta figura, se presentan los valores correspondientes a los máximos esfuerzos (momento y cortante) actuantes en la viga más desfavorable de la Unidad 8.

**Resultados máximos:**

- $M = 0.56 \text{ Tnf.m}$
- $V = 0.24 \text{ Tnf}$

**B. Columnas**

**Figura 12:** Esfuerzos máximos en columna más solicitada de Terraza 1, de acuerdo a envoltente de diseño

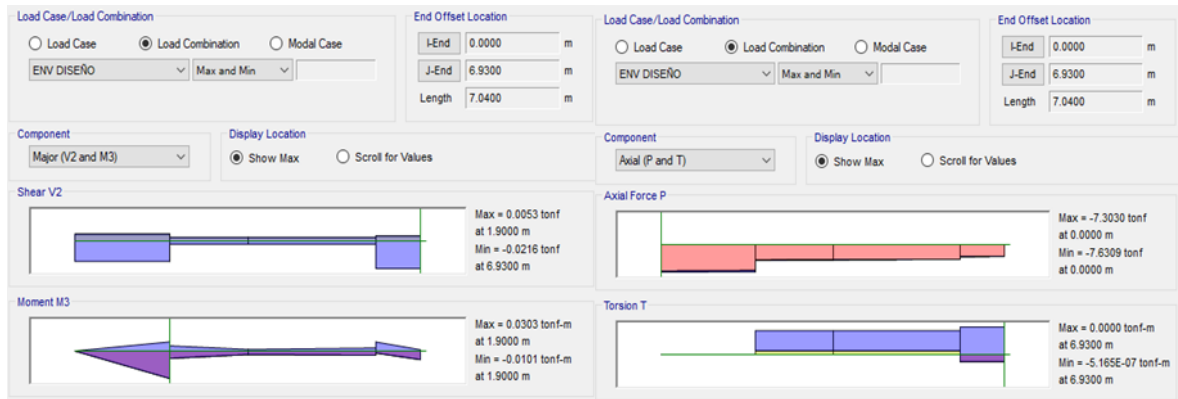


*Nota.* En esta figura, se muestran los valores correspondientes a los máximos esfuerzos (momento, cortante y axial) actuantes en la columna más desfavorable de la Terraza 1.

**Resultados máximos:**

- $M = 0.02 \text{ Tnf.m}$
- $V = 0.04 \text{ Tnf}$
- $N = 7.00 \text{ Tnf}$
- No presenta solicitaciones a tensión

**Figura 13:** Esfuerzos máximos en columna más solicitada de Plataforma III, de acuerdo a envolvente de diseño

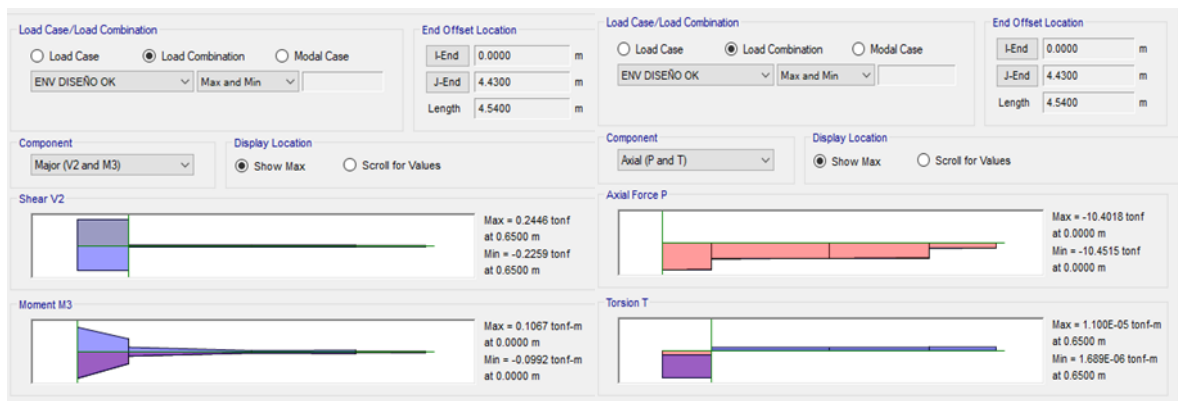


*Nota.* En esta figura, se aprecian los valores correspondientes a los máximos esfuerzos (momento, cortante y axial) actuantes en la columna más desfavorable de la Plataforma III.

**Resultados máximos:**

- $M = 0.03 \text{ Tnf.m}$
- $V = 0.02 \text{ Tnf}$
- $N = 7.63 \text{ Tnf}$
- No presenta solicitaciones a tensión

**Figura 14:** Esfuerzos máximos en columna más solicitada de Unidad 8, de acuerdo a envolvente de diseño



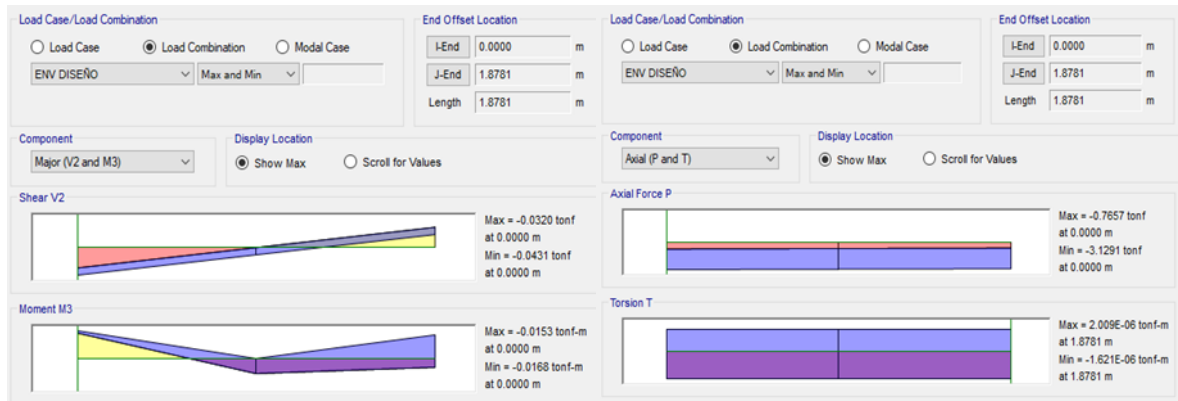
*Nota.* En esta figura, se aprecian los valores correspondientes a los máximos esfuerzos (momento, cortante y axial) actuantes en la columna más desfavorable de la Unidad 8.

**Resultados máximos:**

- $M = 0.11 \text{ Tnf.m}$
- $V = 0.24 \text{ Tnf}$
- $N = 10.45 \text{ Tnf}$
- No presenta solicitaciones a tensión

### C. Columnas inclinadas

**Figura 15:** Esfuerzos máximos en columna inclinada más solicitada de Terraza 1, de acuerdo a envoltorio de diseño

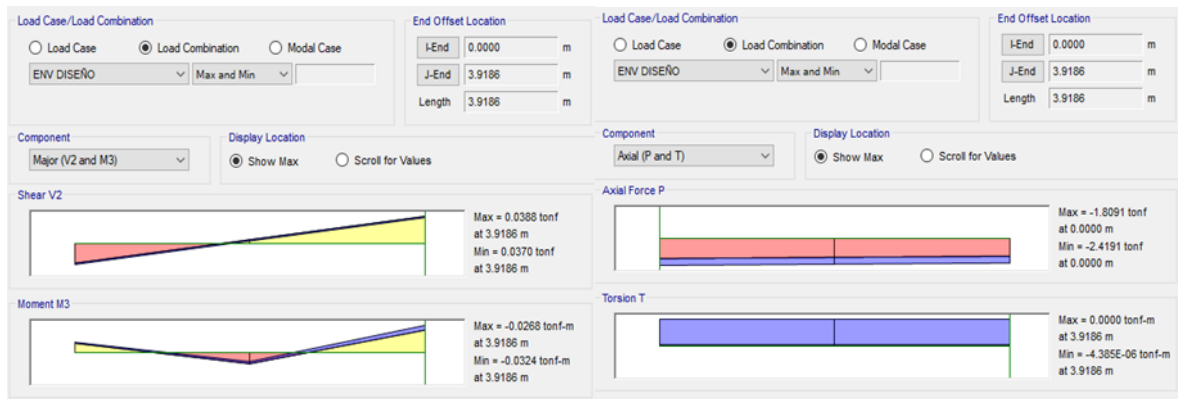


*Nota.* En esta figura, se indican los valores correspondientes a los máximos esfuerzos (momento, cortante y axial) actuantes en la columna inclinada más desfavorable de la Terraza 1.

#### Resultados máximos:

- $M = 0.02 \text{ Tnf.m}$
- $V = 0.04 \text{ Tnf}$
- $N = 3.13 \text{ Tnf}$
- No presenta solicitaciones a tensión

**Figura 16:** Esfuerzos máximos en columna inclinada más solicitada de Plataforma III, de acuerdo a envoltorio de diseño

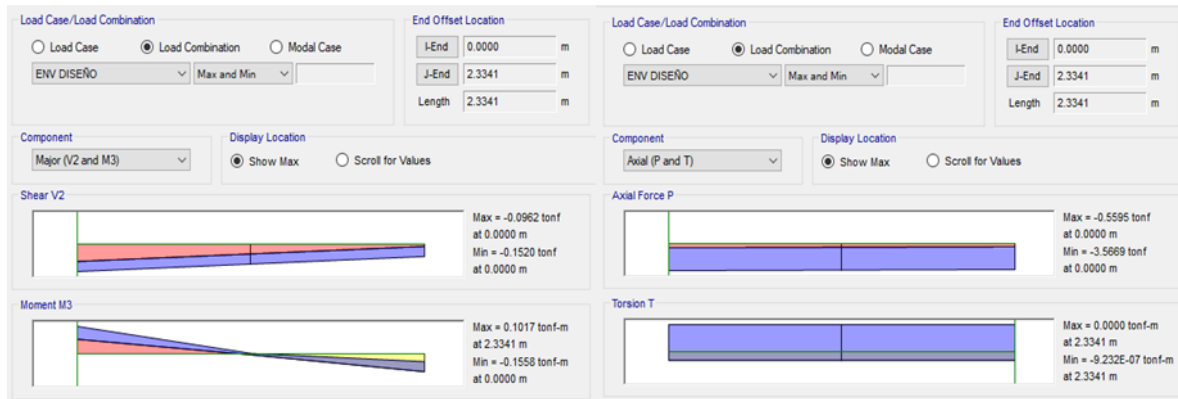


*Nota.* En esta figura, se señalan los valores correspondientes a los máximos esfuerzos (momento, cortante y axial) actuantes en la columna inclinada más desfavorable de la Plataforma III.

#### Resultados máximos:

- $M = 0.03 \text{ Tnf.m}$
- $V = 0.04 \text{ Tnf}$
- $N = 2.42 \text{ Tnf}$
- No presenta solicitaciones a tensión

**Figura 17:** Esfuerzos máximos en columna inclinada más solicitada de Unidad 8, de acuerdo a envolvente de diseño



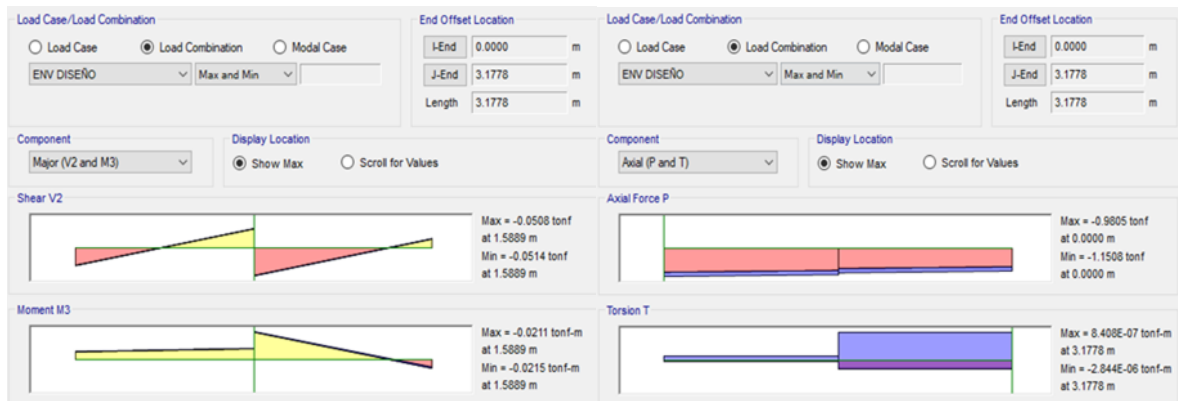
*Nota.* En esta figura, se observan los valores correspondientes a los máximos esfuerzos (momento, cortante y axial) actuantes en la columna inclinada más desfavorable de la Unidad 8.

**Resultados máximos:**

- $M = 0.16 \text{ Tnf.m}$
- $V = 0.15 \text{ Tnf}$
- $N = 3.57 \text{ Tnf}$
- No presenta solicitaciones a tensión

**D. Arriostres**

**Figura 18:** Esfuerzos máximos en arriostre más solicitado de Terraza 1, de acuerdo a envolvente de diseño

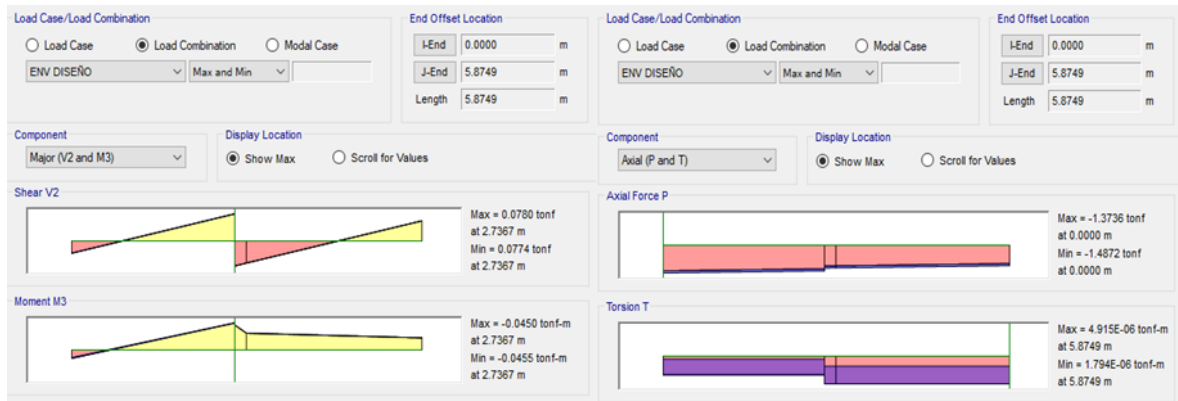


*Nota.* En esta figura, se presentan los valores correspondientes a los máximos esfuerzos (momento, cortante y axial) actuantes en el arriostre más desfavorable de la Terraza 1.

**Resultados máximos:**

- $M = 0.02 \text{ Tnf.m}$
- $V = 0.05 \text{ Tnf}$
- $N = 1.15 \text{ Tnf}$
- No presenta solicitaciones a tensión

**Figura 19:** Esfuerzos máximos en arriostre más solicitado de Plataforma III, de acuerdo a envoltorio de diseño

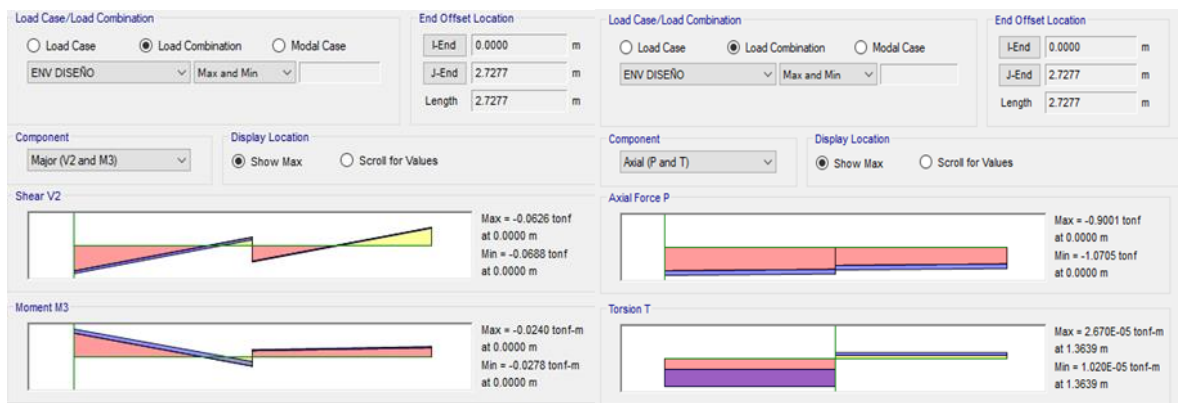


*Nota.* En esta figura, se muestran los valores correspondientes a los máximos esfuerzos (momento, cortante y axial) actuantes en el arriostre más desfavorable de la Plataforma III.

**Resultados máximos:**

- $M = 0.05 \text{ Tnf.m}$
- $V = 0.08 \text{ Tnf}$
- $N = 1.48 \text{ Tnf}$
- No presenta solicitaciones a tensión

**Figura 20:** Esfuerzos máximos en arriostre más solicitado de Unidad 8, de acuerdo a envoltorio de diseño



*Nota.* En esta figura, se aprecian los valores correspondientes a los máximos esfuerzos (momento, cortante y axial) actuantes en el arriostre más desfavorable de la Unidad 8.

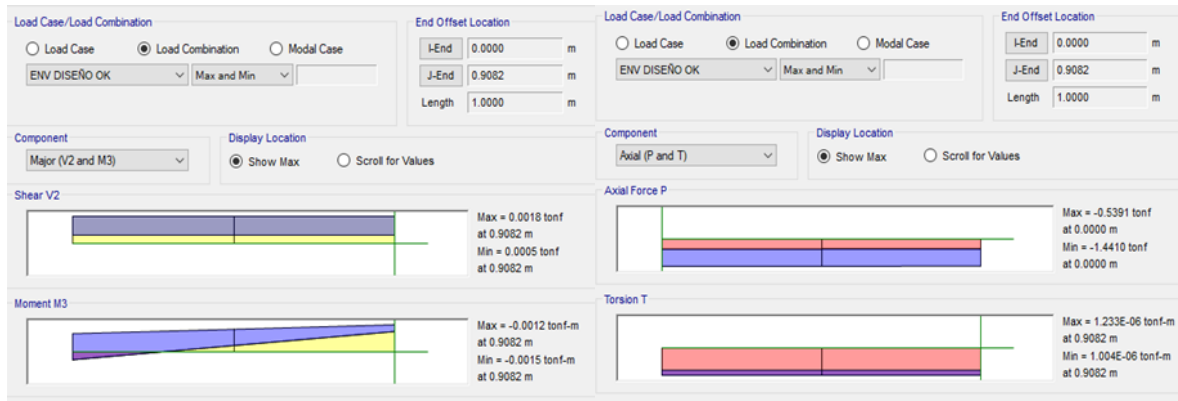
**Resultados máximos:**

- $M = 0.03 \text{ Tnf.m}$
- $V = 0.07 \text{ Tnf}$
- $N = 1.07 \text{ Tnf}$
- No presenta solicitaciones a tensión



## E. Elementos de armadura a compresión

**Figura 21:** Esfuerzos máximos en elemento de armadura más solicitado a compresión de Terraza 1, de acuerdo a envolvente de diseño

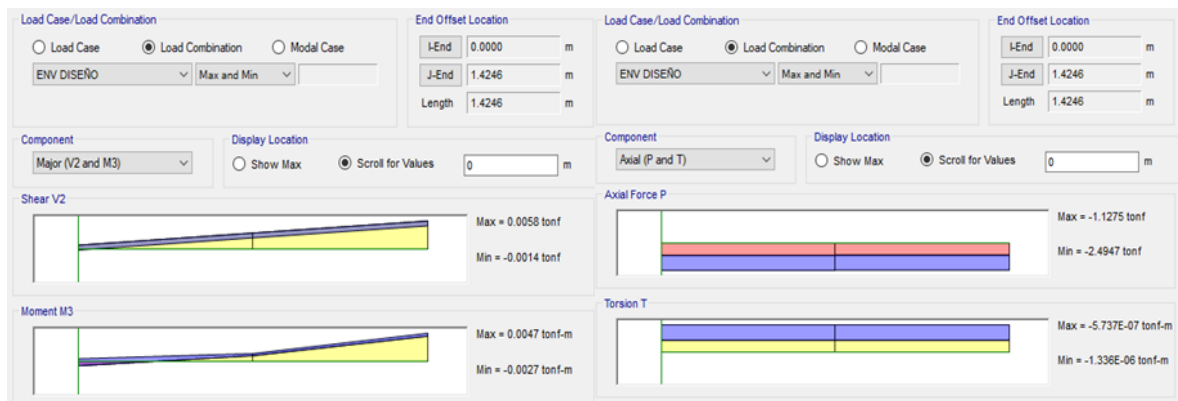


*Nota.* En esta figura, se indican los valores de los máximos esfuerzos (momento, cortante y axial) actuantes en el elemento de la armadura más desfavorable sometida a compresión de la Terraza 1.

### Resultados máximos:

- $M = 0.002 \text{ Tnf.m}$
- $V = 0.002 \text{ Tnf}$
- $N = 1.45 \text{ Tnf}$
- No presenta solicitaciones a tensión

**Figura 22:** Esfuerzos máximos en elemento de armadura más solicitado a compresión de Plataforma III, de acuerdo a envolvente de diseño

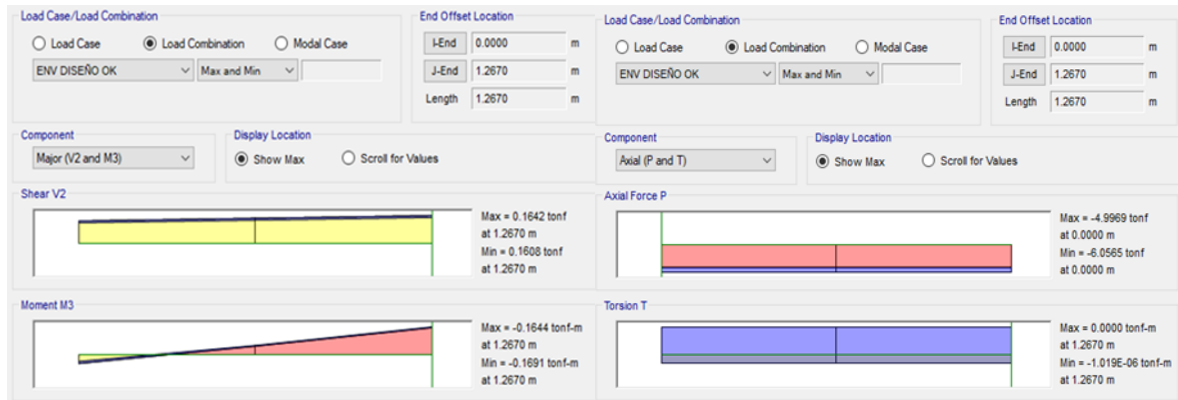


*Nota.* En esta figura, se señalan los valores de los máximos esfuerzos (momento, cortante y axial) actuantes en el elemento de la armadura más desfavorable sometida a compresión de la Plataforma III.

### Resultados máximos:

- $M = 0.005 \text{ Tnf.m}$
- $V = 0.006 \text{ Tnf}$
- $N = 2.50 \text{ Tnf}$
- No presenta solicitaciones a tensión

**Figura 23:** Esfuerzos máximos en elemento de armadura más solicitado a compresión de Unidad 8, de acuerdo a envoltorio de diseño



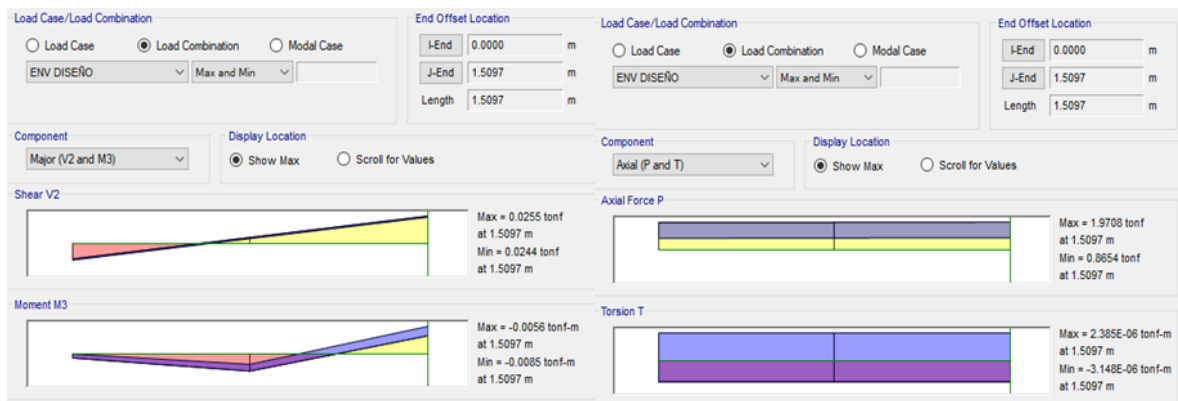
*Nota.* En esta figura, se muestran los valores de los máximos esfuerzos (momento, cortante y axial) actuantes en el elemento de la armadura más desfavorable sometida a compresión de la Unidad 8.

**Resultados máximos:**

- $M = 0.17 \text{ Tnf} \cdot \text{m}$
- $V = 0.16 \text{ Tnf}$
- $N = 6.10 \text{ Tnf}$
- No presenta solicitaciones a tensión

**F. Elementos de armadura a tensión**

**Figura 24:** Esfuerzos máximos en elemento de armadura más solicitado a tensión de Terraza 1, de acuerdo a envoltorio de diseño

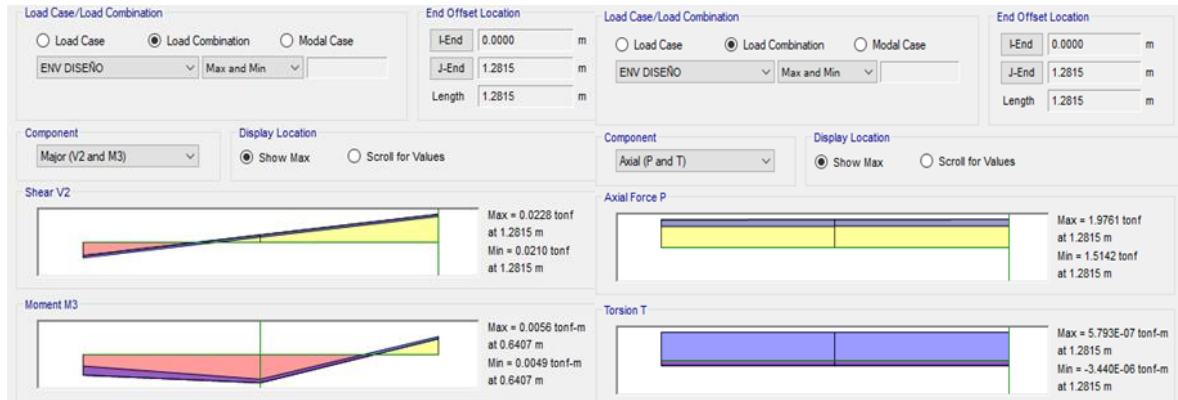


*Nota.* En esta figura, se aprecian los valores correspondientes a los máximos esfuerzos (momento, cortante y axial) actuantes en el elemento de la armadura más desfavorable sometida a tensión de la Terraza 1.

**Resultados máximos:**

- $M = 0.01 \text{ Tnf} \cdot \text{m}$
- $V = 0.03 \text{ Tnf}$
- $N = 1.97 \text{ Tnf}$
- No presenta solicitaciones a compresión

**Figura 25:** Esfuerzos máximos en elemento de armadura más solicitado a tensión de Plataforma III, de acuerdo a envolvente de diseño

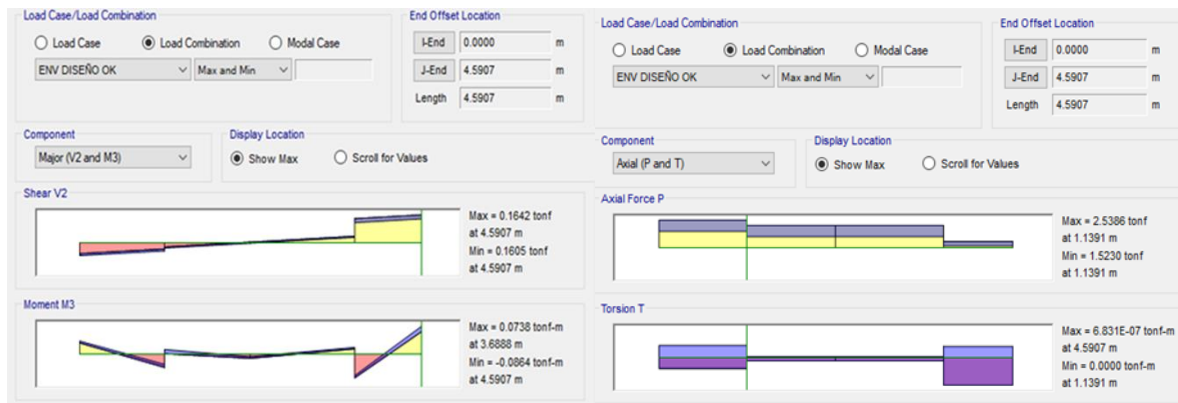


*Nota.* En esta figura, se aprecian los valores de los máximos esfuerzos (momento, cortante y axial) actuantes en el elemento de la armadura más desfavorable sometida a tensión de la Plataforma III.

**Resultados máximos:**

- $M = 0.006 Tnf.m$
- $V = 0.02 Tnf$
- $N = 1.97 Tnf$
- No presenta solicitaciones a compresión

**Figura 26:** Esfuerzos máximos en elemento de armadura más solicitado a tensión de Unidad 8, de acuerdo a envolvente de diseño



*Nota.* En esta figura, se aprecian los valores correspondientes a los máximos esfuerzos (momento, cortante y axial) actuantes en el elemento de la armadura más desfavorable sometida a tensión de la Unidad 8.

**Resultados máximos:**

- $M = 0.09 Tnf.m$
- $V = 0.16 Tnf$
- $N = 2.54 Tnf$
- No presenta solicitaciones a compresión

### 3.5. Diseño estructural de propuestas de mejora

#### 3.5.1. Diseño de vigas

**Tabla 37:** *Diseño de vigas preliminares por flexión*

	TERRAZA 1	PLATAFORMA III	UNIDAD 8
$L$	5.25 m	4.32 m	4.59 m
$D_e$	11 cm	11 cm	11 cm
$t$	1.30 cm	1.30 cm	1.30 cm
$A$	3961.55 mm <sup>2</sup>	3961.55 mm <sup>2</sup>	3961.55 mm <sup>2</sup>
$f_m$	108.18 Mpa	108.18 Mpa	108.18 Mpa
$C_D$	1	1	1
$C_L$	1	1	1
$C_r$	1	1	1
$f'_m = f_m * C_D * C_L * C_r$	108.18 Mpa	108.18 Mpa	108.18 Mpa
$V_h$	75 km/h	75 km/h	75 km/h
$P_h = 0.005 * C * (V_h)^{0.22}$	$P_{h1} = 8$ (Presión)	$P_{h1} = 8$ (Presión)	$P_{h1} = 8$ (Presión)
	$P_{h2} = 20$ (Succión)	$P_{h2} = 20$ (Succión)	$P_{h2} = 20$ (Succión)
	$P_{h3} = 17$ (Succión)	$P_{h3} = 17$ (Succión)	$P_{h3} = 17$ (Succión)
$M$	0.28 Tnf. m (ETABS)	0.31 Tnf. m (ETABS)	0.56 Tnf. m (ETABS)
$S = \frac{\pi * (D_e^4 - (D_e - 2t)^4)}{32D_e}$	86235.70 mm <sup>3</sup>	86235.70 mm <sup>3</sup>	86235.70 mm <sup>3</sup>
$f_m = \frac{M}{S}$	31.84 Mpa	35.25 Mpa	63.34 Mpa
$f_m \leq f'_m$	<b>Cumple</b>	<b>Cumple</b>	<b>Cumple</b>

**Nota.** En esta tabla se observan los parámetros y ecuaciones empleadas de acuerdo a la E.100 para el diseño preliminar de vigas por flexión, así como su respectiva verificación en las cubiertas analizadas.

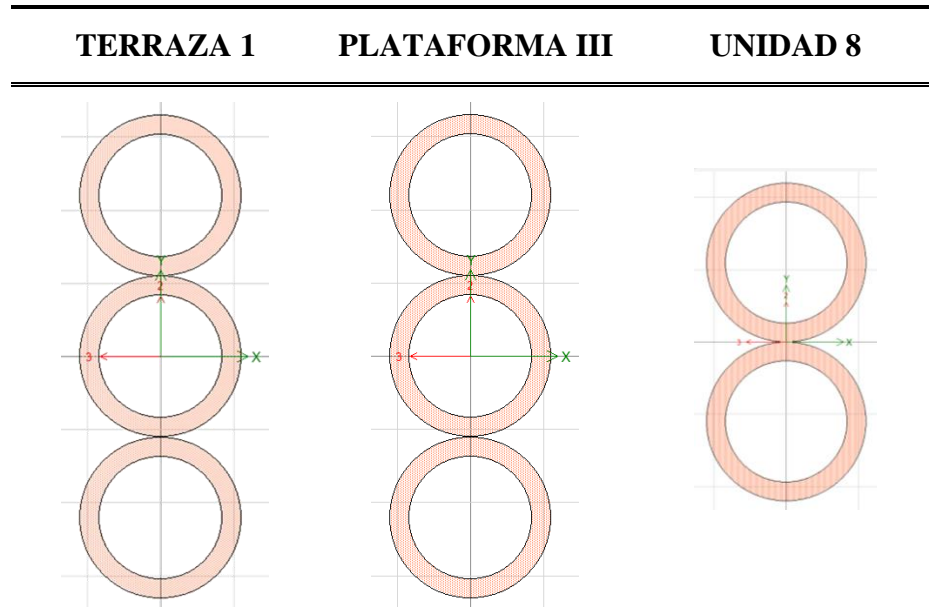
**Tabla 38: Diseño de vigas preliminares por corte**

	TERRAZA 1	PLATAFORMA III	UNIDAD 8
$L$	5.25 m	4.32 m	4.59 m
$D_e$	11 cm	11 cm	11 cm
$t$	1.30 cm	1.30 cm	1.30 cm
$A$	3961.55 mm <sup>2</sup>	3961.55 mm <sup>2</sup>	3961.55 mm <sup>2</sup>
$f_v$	1 Mpa	1 Mpa	1 Mpa
$C_D$	1	1	1
$C_L$	1	1	1
$C_r$	1	1	1
$f'_v = f_v * C_D * C_L * C_r$	1 Mpa	1 Mpa	1 Mpa
$V_h$	75 km/h	75 km/h	75 km/h
	$P_h1= 8$ (Presión)	$P_h1= 8$ (Presión)	$P_h1= 8$ (Presión)
$P_h = 0.005 * C * (V_h)^{0.22}$	$P_h2= 20$ (Succión)	$P_h2= 20$ (Succión)	$P_h2= 20$ (Succión)
	$P_h3= 17$ (Succión)	$P_h3= 17$ (Succión)	$P_h3= 17$ (Succión)
$V$	0.54 Tnf (ETABS)	0.52 Tnf (ETABS)	0.24 Tnf (ETABS)
$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right)$	2.91 Mpa	2.80 Mpa	1.29 Mpa
$f_v \leq f'_v$	<b>No cumple</b>	<b>No cumple</b>	<b>No cumple</b>

**Nota.** En esta tabla se muestran los parámetros y ecuaciones empleadas de acuerdo a la E.100 para el diseño preliminar de vigas por corte, así como su respectiva verificación en las cubiertas analizadas.

Debido a que, en ninguna de las 3 cubiertas, las vigas más desfavorables cumplieron con la verificación por esfuerzo a corte, se propusieron nuevas secciones compuestas, tal y como se presentan a continuación:

**Figura 27:** Secciones transversales de vigas propuestas



*Nota.* En esta figura, se observan los distintos cortes transversales de las secciones compuestas empleadas en las vigas de las 3 cubiertas.

**Tabla 39:** Diseño de vigas propuestas con sección compuesta por flexión

	TERRAZA 1	PLATAFORMA III	UNIDAD 8
$L$	5.25 m	4.32 m	4.59 m
$D_e$	11 cm	11 cm	11 cm
$t$	1.30 cm	1.30 cm	1.30 cm
$A$	0.0118 m <sup>2</sup>	0.0118 m <sup>2</sup>	0.0079 m <sup>2</sup>
$f_m$	108.18 Mpa	108.18 Mpa	108.18 Mpa
$C_D$	1	1	1
$C_L$	0.95	0.95	0.98
$C_r$	1	1	1
$f'_m = f_m * C_D * C_L * C_r$	102.77 Mpa	102.77 Mpa	106.02 Mpa
$V_h$	75 km/h	75 km/h	75 km/h
$P_h = 0.005 * C * (V_h)^{0.22}$	$P_{h1} = 8$ (Presión)	$P_{h1} = 8$ (Presión)	$P_{h1} = 8$ (Presión)
	$P_{h2} = 20$ (Succión)	$P_{h2} = 20$ (Succión)	$P_{h2} = 20$ (Succión)
	$P_{h3} = 17$ (Succión)	$P_{h3} = 17$ (Succión)	$P_{h3} = 17$ (Succión)

$M$	0.28 Tnf. m (ETABS)	0.31Tnf. m (ETABS)	0.56 Tnf. m (ETABS)
$S$ (Sección compuesta)	1408079.82 mm <sup>3</sup>	1408079.82 mm <sup>3</sup>	304120.86 mm <sup>3</sup>
$f_m = \frac{M}{S}$	1.95 Mpa	2.16 Mpa	17.96 Mpa
$f_m \leq f'm$	<b>Cumple</b>	<b>Cumple</b>	<b>Cumple</b>

*Nota.* En esta tabla se observan los parámetros y ecuaciones empleadas de acuerdo a la E.100 para el diseño final de vigas por flexión con secciones compuestas, así como su verificación en las cubiertas analizadas.

**Tabla 40:** Diseño de vigas propuestas con sección compuesta por corte

	TERRAZA 1	PLATAFORMA III	UNIDAD 8
$L$	5.25 m	4.32 m	4.59 m
$D_e$	11 cm	11 cm	11 cm
$t$	1.30 cm	1.30 cm	1.30 cm
$A$	0.0118 m <sup>2</sup>	0.0118 m <sup>2</sup>	0.0079 m <sup>2</sup>
$f_v$	1 Mpa	1 Mpa	1 Mpa
$C_D$	1	1	1
$C_L$	0.95	0.95	0.95
$C_r$	1	1	1
$f'_v = f_v * C_D * C_L * C_r$	0.95 Mpa	0.95 Mpa	0.95 Mpa
$V_h$	75 km/h	75 km/h	75 km/h
	$P_h1= 8$ (Presión)	$P_h1= 8$ (Presión)	$P_h1= 8$ (Presión)
$P_h = 0.005 * C * (V_h)^{0.22}$	$P_h2= 20$ (Succión)	$P_h2= 20$ (Succión)	$P_h2= 20$ (Succión)
	$P_h3= 17$ (Succión)	$P_h3= 17$ (Succión)	$P_h3= 17$ (Succión)
$V$	0.54 Tnf (ETABS)	0.57 Tnf (ETABS)	0.24 Tnf (ETABS)
$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right)$	0.90 Mpa	0.94 Mpa	0.65 Mpa
$f_v \leq f'_v$	<b>Cumple</b>	<b>Cumple</b>	<b>Cumple</b>

*Nota.* En esta tabla se observan los parámetros y ecuaciones empleadas de acuerdo a la E.100 para el diseño final de vigas por corte con secciones compuestas, así como su verificación en las cubiertas analizadas.

### 3.5.2. Diseño de columnas

**Tabla 41:** *Diseño de columnas preliminares por flexocompresión*

	TERRAZA 1	PLATAFORMA III	UNIDAD 8
$L$	2.50 m	6.93 m	4.43 m
$D_e$	12 cm	12 cm	12 cm
$t$	2 cm	2 cm	2 cm
$A$	6283.19 mm <sup>2</sup>	6283.19 mm <sup>2</sup>	6283.19 mm <sup>2</sup>
$E$	9500 Mpa	9500 Mpa	9500 Mpa
$E_{0.05}$	7300 Mpa	7300 Mpa	7300 Mpa
$I$	8168140.90 mm <sup>4</sup>	8168140.90 mm <sup>4</sup>	8168140.90 mm <sup>4</sup>
$f_c$	41.18 Mpa	41.18 Mpa	41.18 Mpa
$C_D$	1	1	1
$C_L$	1	1	1
$C_r$	1	1	1
$f'_c = f_c * C_D * C_L * C_r$	41.18 Mpa	41.18 Mpa	41.18 Mpa
$M$	0.02 Tnf. m (ETABS)	0.03 Tnf. m (ETABS)	0.11 Tnf. m (ETABS)
$N$	7.00 Tnf (ETBAS)	7.63 Tnf (ETBAS)	10.45 Tnf (ETBAS)
$V_h$	75 km/h	75 km/h	75 km/h
$P_h = 0.005 * C * (V_h)^{0.22}$	$P_h1= 8$ (Presión)	$P_h1= 8$ (Presión)	$P_h1= 8$ (Presión)
	$P_h2= 20$ (Succión)	$P_h2= 20$ (Succión)	$P_h2= 20$ (Succión)
	$P_h3= 17$ (Succión)	$P_h3= 17$ (Succión)	$P_h3= 17$ (Succión)
$l_u$	2.50 m	6.93 m	4.43 m
$k$	1	1	1
$l_e = l_u . k$	2.50 m	6.93 m	4.43 m

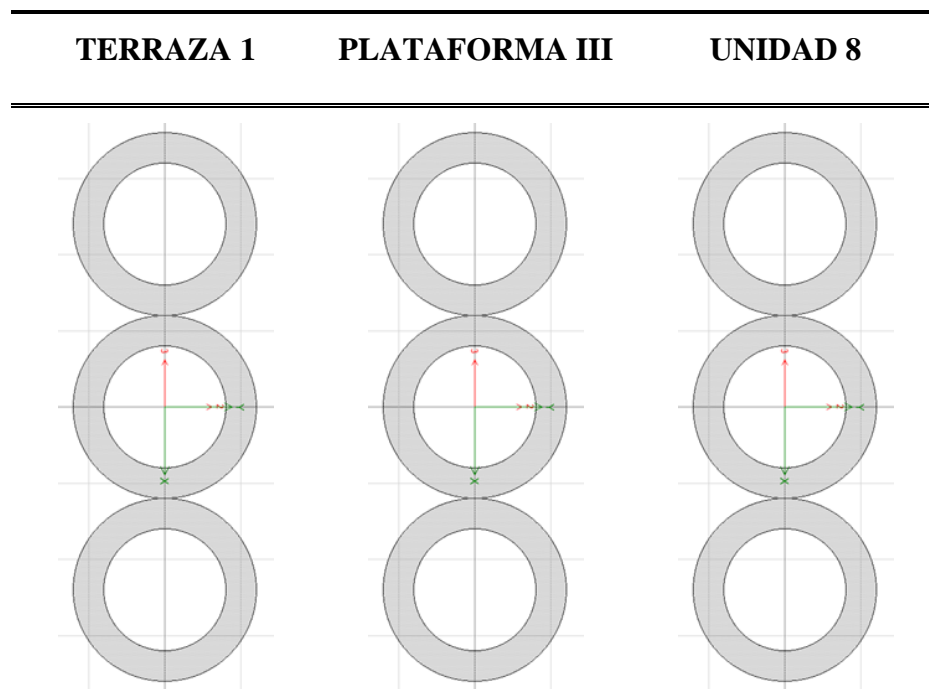


$r = \frac{\sqrt{(D_e^2 + (D_e - 2t)^2)}}{4}$	36.06 mm	36.06 mm	36.06 mm
$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{f'_c}}$	60.78	60.78	60.78
$\lambda = \frac{l_e}{r} < 150$	69.33 (Columna larga)	192.18 ( <b>No cumple</b> )	122.85 (Columna larga)
$N_{adm} = 0.2467 \frac{EA}{(\lambda)^2}$	0.31 Tnf	–	0.10 Tnf
$N \leq N_{adm}$	<b>No cumple</b>	–	<b>No cumple</b>

*Nota.* En esta tabla se muestran los parámetros y ecuaciones empleadas de acuerdo a la E.100 para el diseño preliminar de columnas por flexocompresión, así como su verificación en las cubiertas analizadas.

Debido a que, en ninguna de las 3 cubiertas, las columnas más desfavorables cumplieron con la verificación por esfuerzo a flexocompresión, se propusieron nuevas secciones compuestas, tal y como se presentan a continuación:

**Figura 28:** Secciones transversales de columnas propuestas



*Nota.* En esta figura, se presentan los distintos cortes transversales de las secciones compuestas empleadas en las columnas de las 3 cubiertas.

**Tabla 42:** *Diseño de columnas propuestas con sección compuesta por flexocompresión*

	TERRAZA 1	PLATAFORMA III	UNIDAD 8
$L$	2.50 m	5.93 m	4.43 m
$D_e$	12 cm	12 cm	12 cm
$t$	2 cm	2 cm	2 cm
$A$	0.0187 m <sup>2</sup>	0.0187 m <sup>2</sup>	0.0187 m <sup>2</sup>
$E$	9500 Mpa	9500 Mpa	9500 Mpa
$E_{0.05}$	7300 Mpa	7300 Mpa	7300 Mpa
$I$	0.000204 m <sup>4</sup>	0.000204 m <sup>4</sup>	0.000204 m <sup>4</sup>
$f_c$	41.18 Mpa	41.18 Mpa	41.18 Mpa
$C_D$	1	1	1
$C_L$	0.95	0.95	0.95
$C_r$	1	1	1
$f'_c = f_c * C_D * C_L * C_r$	39.12 Mpa	39.12 Mpa	39.12 Mpa
$M$	0.02 Tnf. m (ETABS)	0.03 Tnf. m (ETABS)	0.11 Tnf. m (ETABS)
$N$	7.00 Tnf (ETBAS)	7.63 Tnf (ETBAS)	10.45 Tnf (ETBAS)
$V_h$	75 km/h	75 km/h	75 km/h
$P_h = 0.005 * C * (V_h)^{0.22}$	$P_{h1} = 8$ (Presión)	$P_{h1} = 8$ (Presión)	$P_{h1} = 8$ (Presión)
	$P_{h2} = 20$ (Succión)	$P_{h2} = 20$ (Succión)	$P_{h2} = 20$ (Succión)
	$P_{h3} = 17$ (Succión)	$P_{h3} = 17$ (Succión)	$P_{h3} = 17$ (Succión)
$l_u$	2.50 m	5.93 m	4.43 m
$k$	1	1	1
$l_e = l_u * k$	2.50 m	5.93 m	4.43 m
$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$	0.10 m	0.10 m	0.10 m
$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{f'_c}}$	62.36	62.36	62.36
$\lambda = \frac{l_e}{r} < 150$	23.94 (Columna corta)	56.78 (Columna intermedia)	42.41 (Columna intermedia)
$N_{adm} = f'_c * A$	74.60 Tnf	—	—

$N_{adm} = f_c \cdot A \left[ 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{\lambda}{C_k} \right)^4 \right]$	–	57.51 Tnf	69.28 Tnf
$N \leq N_{adm}$	<b>Cumple</b>	<b>Cumple</b>	<b>Cumple</b>
$N_{cr} = \frac{\pi^2 E_{0.05} I}{l_e^2}$	2351650.38 N	306045.72 N	748937.06 N
$K_m = \frac{1}{1 - 1.5 \frac{N}{N_{cr}}}$	1.05	1.58	1.26
$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{K_m  M }{Z f_m} < 1$	0.09 ( <b>Cumple</b> )	0.14 ( <b>Cumple</b> )	0.16 ( <b>Cumple</b> )

**Nota.** En esta tabla se muestran los parámetros y ecuaciones empleadas según la E.100 para el diseño final de columnas por flexocompresión con secciones compuestas y su verificación en las cubiertas analizadas.

**Tabla 43:** *Diseño de columnas propuestas con sección compuesta por corte*

	TERRAZA 1	PLATAFORMA III	UNIDAD 8
$L$	2.50 m	5.93 m	4.43 m
$D_e$	12 cm	12 cm	12 cm
$t$	2 cm	2 cm	2 cm
$A$	0.0187 m <sup>2</sup>	0.0187 m <sup>2</sup>	0.0187 m <sup>2</sup>
$f_v$	1 Mpa	1 Mpa	1 Mpa
$C_D$	1	1	1
$C_L$	0.95	0.95	0.95
$C_r$	1	1	1
$f'_v = f_v * C_D * C_L * C_r$	0.95 Mpa	0.95 Mpa	0.95 Mpa
$V_h$	75 km/h	75 km/h	75 km/h
$P_h = 0.005 * C * (V_h)^{0.22}$	P <sub>h</sub> 1= 8 (Presión)	P <sub>h</sub> 1= 8 (Presión)	P <sub>h</sub> 1= 8 (Presión)
	P <sub>h</sub> 2= 20 (Succión)	P <sub>h</sub> 2= 20 (Succión)	P <sub>h</sub> 2= 20 (Succión)
	P <sub>h</sub> 3= 17 (Succión)	P <sub>h</sub> 3= 17 (Succión)	P <sub>h</sub> 3= 17 (Succión)
$V$	0.04 Tnf (ETABS)	0.02 Tnf (ETABS)	0.24 Tnf (ETABS)
$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right)$	0.05 Mpa	0.02 Mpa	0.29 Mpa
$f_v \leq f'_v$	<b>Cumple</b>	<b>Cumple</b>	<b>Cumple</b>

**Nota.** En esta tabla se muestran los parámetros y ecuaciones empleadas según la E.100 para el diseño final por corte de columnas con secciones compuestas., así como su verificación en las cubiertas analizadas.

### 3.5.3. Diseño de columnas inclinadas

**Tabla 44:** *Diseño de columnas inclinadas preliminares por flexocompresión*

	TERRAZA 1	PLATAFORMA III	UNIDAD 8
$L$	1.87 m	3.91 m	2.33 m
$D_e$	12 cm	12 cm	12 cm
$t$	2 cm	2 cm	2 cm
$A$	6283.19 mm <sup>2</sup>	6283.19 mm <sup>2</sup>	6283.19 mm <sup>2</sup>
$E$	9500 Mpa	9500 Mpa	9500 Mpa
$E_{0.05}$	7300 Mpa	7300 Mpa	7300 Mpa
$I$	8168140.90 mm <sup>4</sup>	8168140.90 mm <sup>4</sup>	8168140.90 mm <sup>4</sup>
$f_c$	41.18 Mpa	41.18 Mpa	41.18 Mpa
$C_D$	1	1	1
$C_L$	1	1	1
$C_r$	1	1	1
$f'_c = f_c * C_D * C_L * C_r$	41.18 Mpa	41.18 Mpa	41.18 Mpa
$M$	0.02 Tnf. m (ETABS)	0.03 Tnf. m (ETABS)	0.16 Tnf. m (ETABS)
$N$	3.13 Tnf (ETBAS)	2.42 Tnf (ETBAS)	3.57 Tnf (ETBAS)
$V_h$	75 km/h	75 km/h	75 km/h
$P_h = 0.005 * C * (V_h)^{0.22}$	$P_{h1} = 8$ (Presión)	$P_{h1} = 8$ (Presión)	$P_{h1} = 8$ (Presión)
	$P_{h2} = 20$ (Succión)	$P_{h2} = 20$ (Succión)	$P_{h2} = 20$ (Succión)
	$P_{h3} = 17$ (Succión)	$P_{h3} = 17$ (Succión)	$P_{h3} = 17$ (Succión)
$l_u$	1.87 m	3.91 m	2.33 m
$k$	1	1	1
$l_e = l_u * k$	1.87 m	3.91 m	2.33 m
$r = \frac{\sqrt{(D_e^2 + (D_e - 2t)^2)}}{4}$	36.06 mm	36.06 mm	36.06 mm
$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{f'_c}}$	60.78	60.78	60.78
$\lambda = \frac{l_e}{r} < 150$	51.86 (Columna intermedia)	108.43 (Columna larga)	64.61 (Columna larga)

$N_{adm} = f_c \cdot A \left[ 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{\lambda}{C_k} \right)^4 \right]$	23.90 Tnf	–	–
$N_{adm} = 0.2467 \frac{EA}{(\lambda)^2}$	–	0.13 Tnf	0.36 Tnf
$N \leq N_{adm}$	<b>Cumple</b>	<b>No cumple</b>	<b>No cumple</b>
$N_{cr} = \frac{\pi^2 E_{0.05} I}{l_e^2}$	168291.67 N	–	–
$K_m = \frac{1}{1 - 1.5 \frac{N}{N_{cr}}}$	1.38	–	–
$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{K_m  M }{Z f_m} < 1$	0.15 ( <b>Cumple</b> )	–	–

**Nota.** En esta tabla se señalan los parámetros y ecuaciones empleadas según la E.100 para el diseño preliminar de columnas inclinadas por flexocompresión, así como su verificación en las cubiertas analizadas.

De acuerdo con lo analizado, las columnas inclinadas más desfavorables de la Plataforma III y de la Unidad 8 no cumplieron con la verificación por flexocompresión debido a su gran esbeltez, por lo que se procedió a disminuir su longitud efectiva.

**Tabla 45:** *Diseño de columnas inclinadas propuestas con longitud reducida por flexocompresión*

	PLATAFORMA III	UNIDAD 8
$L$	2.10 m	2.00 m
$D_e$	12 cm	12 cm
$t$	2 cm	2 cm
$A$	6283.19 mm <sup>2</sup>	6283.19 mm <sup>2</sup>
$E$	9500 Mpa	9500 Mpa
$E_{0.05}$	7300 Mpa	7300 Mpa
$I$	8168140.90 mm <sup>4</sup>	8168140.90 mm <sup>4</sup>
$f_c$	41.18 Mpa	41.18 Mpa
$C_D$	1	1
$C_L$	1	1

$C_r$	1	1
$f'_c = f_c * C_D * C_L * C_r$	41.18 Mpa	41.18 Mpa
$M$	0.03 Tnf. m (ETABS)	0.16 Tnf. m (ETABS)
$N$	2.42 Tnf (ETBAS)	3.57 Tnf (ETBAS)
$V_h$	75 km/h	75 km/h
$P_h = 0.005 * C * (V_h)^{0.22}$	$P_{h1} = 8$ (Presión)	$P_{h1} = 8$ (Presión)
	$P_{h2} = 20$ (Succión)	$P_{h2} = 20$ (Succión)
	$P_{h3} = 17$ (Succión)	$P_{h3} = 17$ (Succión)
$l_u$	2.10 m	2.00 m
$k$	1	1
$l_e = l_u * k$	2.10 m	2.00 m
$r = \frac{\sqrt{(D_e^2 + (D_e - 2t)^2)}}{4}$	36.06 mm	36.06 mm
$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{f'_c}}$	60.78	60.78
$\lambda = \frac{l_e}{r} < 150$	58.24 (Columna intermedia)	55.46 (Columna intermedia)
$N_{adm} = f_c * A \left[ 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{\lambda}{C_k} \right)^4 \right]$	18.97 Tnf	20.29 Tnf
$N \leq N_{adm}$	<b>Cumple</b>	<b>Cumple</b>
$N_{cr} = \frac{\pi^2 E_{0.05} I}{l_e^2}$	133446.52 N	147124.78 N
$K_m = \frac{1}{1 - 1.5 \frac{N}{N_{cr}}}$	1.36	1.55
$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{K_m  M }{Z f_m} < 1$	0.15 ( <b>Cumple</b> )	0.34 ( <b>Cumple</b> )

**Nota.** En esta tabla se indican los parámetros y ecuaciones empleadas según la E.100 para el diseño final de columnas inclinadas por flexocompresión con longitud reducida y su respectiva verificación.

**Tabla 46:** *Diseño de columnas inclinadas propuestas con longitud reducida por corte*

	TERRAZA 1	PLATAFORMA III	UNIDAD 8
$L$	1.87 m	2.10 m	2.00 m
$D_e$	12 cm	12 cm	12 cm
$t$	2 cm	2 cm	2 cm
$A$	6283.19 mm <sup>2</sup>	6283.19 mm <sup>2</sup>	6283.19 mm <sup>2</sup>
$f_v$	1 Mpa	1 Mpa	1 Mpa
$C_D$	1	1	1
$C_L$	1	1	1
$C_r$	1	1	1
$f'_v = f_v * C_D * C_L * C_r$	1 Mpa	1 Mpa	1 Mpa
$V_h$	75 km/h	75 km/h	75 km/h
	$P_h 1= 8$ (Presión)	$P_h 1= 8$ (Presión)	$P_h 1= 8$ (Presión)
$P_h = 0.005 * C * (V_h)^{0.22}$	$P_h 2= 20$ (Succión)	$P_h 2= 20$ (Succión)	$P_h 2= 20$ (Succión)
	$P_h 3= 17$ (Succión)	$P_h 3= 17$ (Succión)	$P_h 3= 17$ (Succión)
$V$	0.04 Tnf (ETABS)	0.04 Tnf (ETABS)	0.15 Tnf (ETABS)
$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right)$	0.14 Mpa	0.14 Mpa	0.54 Mpa
$f_v \leq f'_v$	<b>Cumple</b>	<b>Cumple</b>	<b>Cumple</b>

**Nota.** En esta tabla se muestran los parámetros y ecuaciones empleadas de acuerdo a la E.100 para el diseño final de columnas inclinadas por corte, así como su respectiva verificación en las cubiertas analizadas.

### 3.5.4. Diseño de arriostres

**Tabla 47:** *Diseño de arriostres preliminares por flexocompresión*

	TERRAZA 1	PLATAFORMA III	UNIDAD 8
$L$	3.18 m	5.85 m	2.70 m
$D_e$	12 cm	12 cm	12 cm
$t$	2 cm	2 cm	2 cm
$A$	6283.19 mm <sup>2</sup>	6283.19 mm <sup>2</sup>	6283.19 mm <sup>2</sup>
$E$	9500 Mpa	9500 Mpa	9500 Mpa
$E_{0.05}$	7300 Mpa	7300 Mpa	7300 Mpa
$I$	8168140.90 mm <sup>4</sup>	8168140.90 mm <sup>4</sup>	8168140.90 mm <sup>4</sup>
$f_c$	41.18 Mpa	41.18 Mpa	41.18 Mpa
$C_D$	1	1	1
$C_L$	1	1	1
$C_r$	1	1	1
$f'_c = f_c * C_D * C_L * C_r$	41.18 Mpa	41.18 Mpa	41.18 Mpa
$M$	0.02 Tnf. m (ETABS)	0.05 Tnf. m (ETABS)	0.03 Tnf. m (ETABS)
$N$	1.15 Tnf (ETBAS)	1.48 Tnf (ETBAS)	1.07 Tnf (ETBAS)
$V_h$	75 km/h	75 km/h	75 km/h
$P_h = 0.005 * C * (V_h)^{0.22}$	$P_{h1} = 8$ (Presión)	$P_{h1} = 8$ (Presión)	$P_{h1} = 8$ (Presión)
	$P_{h2} = 20$ (Succión)	$P_{h2} = 20$ (Succión)	$P_{h2} = 20$ (Succión)
	$P_{h3} = 17$ (Succión)	$P_{h3} = 17$ (Succión)	$P_{h3} = 17$ (Succión)
$l_u$	3.18 m	5.85 m	2.70 m
$k$	1	1	1
$l_e = l_u * k$	3.18 m	5.85 m	2.70 m
$r = \frac{\sqrt{(D_e^2 + (D_e - 2t)^2)}}{4}$	36.06 mm	36.06 mm	36.06 mm
$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{f'_c}}$	60.78	60.78	60.78
$\lambda = \frac{l_e}{r} < 150$	88.19 (Columna larga)	162.23 (No cumple)	74.88 (Columna larga)



$N_{adm} = 0.2467 \frac{EA}{(\lambda)^2}$	0.19 Tnf	–	0.27 Tnf
$N \leq N_{adm}$	<b>No cumple</b>	–	<b>No cumple</b>
$N_{cr} = \frac{\pi^2 E_{0.05} I}{l_e^2}$	–	–	–
$K_m = \frac{1}{1 - 1.5 \frac{N}{N_{cr}}}$	–	–	–
$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{K_m  M }{Z f_m} < 1$	–	–	–

**Nota.** En esta tabla se muestran los parámetros y ecuaciones empleadas según la E.100 para el diseño preliminar de arriostres por flexocompresión, así como su respectiva verificación en las cubiertas analizadas.

De acuerdo con lo analizado, los arriostres más desfavorables de las 3 cubiertas no cumplieron con la verificación por esfuerzo a flexocompresión debido a su gran esbeltez, es por ello que se procedió a disminuir la longitud efectiva de estos elementos.

**Tabla 48:** *Diseño de arriostres propuestos con longitud reducida por flexocompresión*

	TERRAZA 1	PLATAFORMA III	UNIDAD 8
$L$	2.10 m	2.10 m	2.10 m
$D_e$	12 cm	12 cm	12 cm
$t$	2 cm	2 cm	2 cm
$A$	6283.19 mm <sup>2</sup>	6283.19 mm <sup>2</sup>	6283.19 mm <sup>2</sup>
$E$	9500 Mpa	9500 Mpa	9500 Mpa
$E_{0.05}$	7300 Mpa	7300 Mpa	7300 Mpa
$I$	8168140.90 mm <sup>4</sup>	8168140.90 mm <sup>4</sup>	8168140.90 mm <sup>4</sup>
$f_c$	41.18 Mpa	41.18 Mpa	41.18 Mpa
$C_D$	1	1	1
$C_L$	1	1	1

$C_r$	1	1	1
$f'_c = f_c * C_D * C_L * C_r$	41.18 Mpa	41.18 Mpa	41.18 Mpa
$M$	0.02 Tnf. m (ETABS)	0.05 Tnf. m (ETABS)	0.03 Tnf. m (ETABS)
$N$	1.15 Tnf (ETBAS)	1.48 Tnf (ETBAS)	1.07 Tnf (ETBAS)
$V_h$	75 km/h	75 km/h	75 km/h
$P_h = 0.005 * C * (V_h)^{0.22}$	$P_{h1} = 8$ (Presión)	$P_{h1} = 8$ (Presión)	$P_{h1} = 8$ (Presión)
	$P_{h2} = 20$ (Succión)	$P_{h2} = 20$ (Succión)	$P_{h2} = 20$ (Succión)
	$P_{h3} = 17$ (Succión)	$P_{h3} = 17$ (Succión)	$P_{h3} = 17$ (Succión)
$l_u$	2.10 m	2.10 m	2.10 m
$k$	1	1	1
$l_e = l_u * k$	2.10 m	2.10 m	2.10 m
$r = \frac{\sqrt{(D_e^2 + (D_e - 2t)^2)}}{4}$	36.06 mm	36.06 mm	36.06 mm
$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{f'_c}}$	60.78	60.78	60.78
$\lambda = \frac{l_e}{r} < 150$	58.24 (Columna intermedia)	58.24 (Columna intermedia)	58.24 (Columna intermedia)
$N_{adm} = f_c * A \left[ 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{\lambda}{C_k} \right)^4 \right]$	18.97 Tnf	18.97 Tnf	18.97 Tnf
$N \leq N_{adm}$	<b>Cumple</b>	<b>Cumple</b>	<b>Cumple</b>
$N_{cr} = \frac{\pi^2 E_{0.05} I}{l_e^2}$	133446.52 N	133446.52 N	133446.52 N
$K_m = \frac{1}{1 - 1.5 \frac{N}{N_{cr}}}$	1.15	1.19	1.13
$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{K_m  M }{Z f_m} < 1$	0.08 ( <b>Cumple</b> )	0.12 ( <b>Cumple</b> )	0.08 ( <b>Cumple</b> )

**Nota.** En esta tabla se observan los parámetros y ecuaciones empleadas según la E.100 para el diseño final de arriostres por flexocompresión con longitud reducida y su verificación en las cubiertas analizadas.

**Tabla 49:** *Diseño de arriostres propuestas con longitud reducida por corte*

	TERRAZA 1	PLATAFORMA III	UNIDAD 8
$L$	2.10 m	2.10 m	2.10 m
$D_e$	12 cm	12 cm	12 cm
$t$	2 cm	2 cm	2 cm
$A$	6283.19 mm <sup>2</sup>	6283.19 mm <sup>2</sup>	6283.19 mm <sup>2</sup>
$f_v$	1 Mpa	1 Mpa	1 Mpa
$C_D$	1	1	1
$C_L$	1	1	1
$C_r$	1	1	1
$f'_v = f_v * C_D * C_L * C_r$	1 Mpa	1 Mpa	1 Mpa
$V_h$	75 km/h	75 km/h	75 km/h
$P_h = 0.005 * C * (V_h)^{0.22}$	$P_h 1= 8$ (Presión)	$P_h 1= 8$ (Presión)	$P_h 1= 8$ (Presión)
	$P_h 2= 20$ (Succión)	$P_h 2= 20$ (Succión)	$P_h 2= 20$ (Succión)
	$P_h 3= 17$ (Succión)	$P_h 3= 17$ (Succión)	$P_h 3= 17$ (Succión)
$V$	0.05 Tnf (ETABS)	0.08 Tnf (ETABS)	0.07 Tnf (ETABS)
$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right)$	0.18 Mpa	0.28 Mpa	0.25 Mpa
$f_v \leq f'_v$	<b>Cumple</b>	<b>Cumple</b>	<b>Cumple</b>

**Nota.** En esta tabla se presentan los parámetros y ecuaciones empleadas de acuerdo a la E.100 para el diseño final por corte de arriostres con longitud reducida, así como su respectiva verificación en las cubiertas analizadas.

### 3.5.5. Diseño de elementos de armadura solicitados a compresión

**Tabla 50:** *Diseño de elementos de armadura solicitados a compresión por flexocompresión*

	TERRAZA 1	PLATAFORMA III	UNIDAD 8
$L$	0.90 m	1.45 m	1.27 m
$D_e$	11 cm	12 cm	11 cm
$t$	1.3 cm	2 cm	1.3 cm
$A$	3961.55 mm <sup>2</sup>	6283.19 mm <sup>2</sup>	3961.55 mm <sup>2</sup>
$E$	9500 Mpa	9500 Mpa	9500 Mpa
$E_{0.05}$	7300 Mpa	7300 Mpa	7300 Mpa
$I$	4742963.75 mm <sup>4</sup>	8168140.90 mm <sup>4</sup>	4742963.75 mm <sup>4</sup>
$f_c$	41.18 Mpa	41.18 Mpa	41.18 Mpa
$C_D$	1	1	1
$C_L$	1	1	1
$C_r$	1	1	1
$f'_c = f_c * C_D * C_L * C_r$	41.18 Mpa	41.18 Mpa	41.18 Mpa
$M$	0.002 Tnf. m (ETABS)	0.005 Tnf. m (ETABS)	0.17 Tnf. m (ETABS)
$N$	1.45 Tnf (ETBAS)	2.50 Tnf (ETBAS)	6.10 Tnf (ETBAS)
$V_h$	75 km/h	75 km/h	75 km/h
$P_h = 0.005 * C * (V_h)^{0.22}$	P <sub>h1</sub> = 8 (Presión) P <sub>h2</sub> = 20 (Succión) P <sub>h3</sub> = 17 (Succión)	P <sub>h1</sub> = 8 (Presión) P <sub>h2</sub> = 20 (Succión) P <sub>h3</sub> = 17 (Succión)	P <sub>h1</sub> = 8 (Presión) P <sub>h2</sub> = 20 (Succión) P <sub>h3</sub> = 17 (Succión)
$l_u$	0.90 m	1.45 m	1.27 m
$k$	1	1	1
$l_e = l_u \cdot k$	0.90 m	1.45 m	1.27 m
$r = \frac{\sqrt{(D_e^2 + (D_e - 2t)^2)}}{4}$	34.60 mm	36.06 mm	34.60 mm
$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{f'_c}}$	60.78	60.78	60.78
$\lambda = \frac{l_e}{r} < 150$	26.01 (Columna corta)	40.22 (Columna intermedia)	36.70 (Columna intermedia)
$N_{adm} = f'_c \cdot A$	16.64	—	—
$N_{adm} = f_c \cdot A \left[ 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{\lambda}{C_k} \right)^4 \right]$	—	24.70 Tnf	15.90 Tnf

$N \leq N_{adm}$	<b>Cumple</b>	<b>Cumple</b>	<b>Cumple</b>
$N_{cr} = \frac{\pi^2 E_{0.05} I}{l_e^2}$	421878.50 N	279904.46 N	211867.81 N
$K_m = \frac{1}{1 - 1.5 \frac{N}{N_{cr}}}$	1.05	1.15	1.73
$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{K_m  M }{Z f_m} < 1$	0.09 ( <b>Cumple</b> )	0.11 ( <b>Cumple</b> )	0.69 ( <b>Cumple</b> )

*Nota.* En esta tabla se indican los parámetros y ecuaciones empleadas según la E.100 para el diseño final por flexocompresión de los elementos sometidos a compresión de las armaduras y su respectiva verificación.

**Tabla 51: Diseño de elementos de armadura solicitados a compresión por corte**

	<b>TERRAZA 1</b>	<b>PLATAFORMA III</b>	<b>UNIDAD 8</b>
$L$	0.90 m	1.45 m	1.27 m
$D_e$	11 cm	12 cm	11 cm
$t$	1.3 cm	2 cm	1.3 cm
$A$	3961.55 mm <sup>2</sup>	6283.19 mm <sup>2</sup>	3961.55 mm <sup>2</sup>
$f_v$	1 Mpa	1 Mpa	1 Mpa
$C_D$	1	1	1
$C_L$	1	1	1
$C_r$	1	1	1
$f'_v = f_v * C_D * C_L * C_r$	1 Mpa	1 Mpa	1 Mpa
$V_h$	75 km/h	75 km/h	75 km/h
$P_h = 0.005 * C * (V_h)^{0.22}$	$P_{h1} = 8$ (Presión)	$P_{h1} = 8$ (Presión)	$P_{h1} = 8$ (Presión)
	$P_{h2} = 20$ (Succión)	$P_{h2} = 20$ (Succión)	$P_{h2} = 20$ (Succión)
	$P_{h3} = 17$ (Succión)	$P_{h3} = 17$ (Succión)	$P_{h3} = 17$ (Succión)
$V$	0.002 Tnf (ETABS)	0.006 Tnf (ETABS)	0.16 Tnf (ETABS)
$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right)$	0.011 Mpa	0.021 Mpa	0.86 Mpa
$f_v \leq f'_v$	<b>Cumple</b>	<b>Cumple</b>	<b>Cumple</b>

*Nota.* En esta tabla se muestran los parámetros y ecuaciones empleadas según la E.100 para el diseño final por corte de los elementos sometidos a compresión de las armaduras y su respectiva verificación.

### 3.5.6. Diseño de elementos de armadura solicitados a tensión

**Tabla 52:** *Diseño de elementos de armadura solicitados a tensión por flexotensión*

	TERRAZA 1	PLATAFORMA III	UNIDAD 8
$L$	1.50 m	1.30 m	4.50 m
$D_e$	11 cm	11 cm	11 cm
$t$	1.3 cm	1.3 cm	1.3 cm
$A_n$	3961.55 mm <sup>2</sup>	3961.55 mm <sup>2</sup>	3961.55 mm <sup>2</sup>
$f_t$	16 Mpa	16 Mpa	16 Mpa
$C_D$	1	1	1
$C_L$	1	1	1
$C_r$	1	1	1
$f'_t = f_t * C_D * C_L * C_r$	16 Mpa	16 Mpa	16 Mpa
$M (f_m)$	0.01 Tnf. m (ETABS)	0.006 Tnf. m (ETABS)	0.09 Tnf. m (ETABS)
$f'_m$	108.18 Mpa	108.18 Mpa	108.18 Mpa
$V_h$	75 km/h	75 km/h	75 km/h
$P_h = 0.005 * C * (V_h)^{0.22}$	$P_{h1} = 8$ (Presión)	$P_{h1} = 8$ (Presión)	$P_{h1} = 8$ (Presión)
	$P_{h2} = 20$ (Succión)	$P_{h2} = 20$ (Succión)	$P_{h2} = 20$ (Succión)
	$P_{h3} = 17$ (Succión)	$P_{h3} = 17$ (Succión)	$P_{h3} = 17$ (Succión)
$T$	1.97 Tnf (ETBAS)	1.97 Tnf (ETBAS)	2.54 Tnf (ETBAS)
$f_t = \frac{T}{A_n}$	4.88 Tnf	4.88 Tnf	6.28 Tnf
$f_t \leq f'_t$	<b>Cumple</b>	<b>Cumple</b>	<b>Cumple</b>
$\frac{f_t}{f'_t} + \frac{f_m}{f'_m} \leq 1$	0.32 ( <b>Cumple</b> )	0.31 ( <b>Cumple</b> )	0.48 ( <b>Cumple</b> )

*Nota.* En esta tabla se presentan los parámetros y ecuaciones empleadas según la E.100 para el diseño final por flexotensión de los elementos sometidos a flexión de las armaduras y su respectiva verificación.

**Tabla 53: Diseño de elementos de armadura solicitados a tensión por corte**

	TERRAZA 1	PLATAFORMA III	UNIDAD 8
$L$	1.50 m	1.30 m	4.50 m
$D_e$	11 cm	11 cm	11 cm
$t$	1.3 cm	1.3 cm	1.3 cm
$A$	3961.55 mm <sup>2</sup>	3961.55 mm <sup>2</sup>	3961.55 mm <sup>2</sup>
$f_v$	1 Mpa	1 Mpa	1 Mpa
$C_D$	1	1	1
$C_L$	1	1	1
$C_r$	1	1	1
$f'_v = f_v * C_D * C_L * C_r$	1 Mpa	1 Mpa	1 Mpa
$V_h$	75 km/h	75 km/h	75 km/h
$P_h = 0.005 * C * (V_h)^{0.22}$	$P_{h1} = 8$ (Presión)	$P_{h1} = 8$ (Presión)	$P_{h1} = 8$ (Presión)
	$P_{h2} = 20$ (Succión)	$P_{h2} = 20$ (Succión)	$P_{h2} = 20$ (Succión)
	$P_{h3} = 17$ (Succión)	$P_{h3} = 17$ (Succión)	$P_{h3} = 17$ (Succión)
$V$	0.03 Tnf (ETABS)	0.02 Tnf (ETABS)	0.16 Tnf (ETABS)
$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right)$	0.16 Mpa	0.11 Mpa	0.88 Mpa
$f_v \leq f'_v$	<b>Cumple</b>	<b>Cumple</b>	<b>Cumple</b>

**Nota.** En esta tabla se observan los parámetros y ecuaciones empleadas de acuerdo a la E.100 para el diseño final por corte de los elementos sometidos a flexión de las armaduras, así como su respectiva verificación en las cubiertas analizadas.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Limitaciones

Con respecto a los resultados obtenidos, es importante señalar que existieron algunas limitaciones que dificultaron su obtención, siendo la principal a nuestro criterio, la inaccesibilidad de algunas zonas debido a la topografía del lugar o al peligro que representaba el hecho de ingresar a áreas específicas, principalmente de la cubierta presente en la Plataforma III, lo cual nos restringió de cierta manera al momento de tomar las mediciones.

Por otro lado, cabe mencionar que la inexistencia de planos detallados de las cubiertas analizadas, la escasez de antecedentes locales, así como la de antecedentes referidos específicamente a la aplicación del método Benedetti-Petrini en bambú, también fueron factores que complicaron el desarrollo de la presente investigación.

### 4.2. Discusión

- De acuerdo al primer objetivo, se obtuvo el índice de vulnerabilidad de las 3 cubiertas en estudio, encontrando el no cumplimiento de normativas para elementos de bambú, siendo similar a lo analizado por Lázaro y Zamora, (Trujillo 2021), cuyo estudio muestra construcciones informales, ejecutados con materiales de reducida calidad, y sin asesoramiento técnico o profesional. Sin embargo, el 67% de las construcciones analizados por los autores presentan un índice de vulnerabilidad baja, a diferencia de nuestra población cuyo índice de vulnerabilidad en su totalidad es alto.
- Con respecto al siguiente objetivo, se realizó los ensayos de laboratorio a los especímenes de bambú para obtener sus propiedades físicas y mecánicas; sin embargo, para el diseño también se consideró los valores estipulados en la RNE



(E-100), para realizar las verificaciones a esfuerzos sometidos de los elementos de bambú. Juárez (2019) presento las propiedades mecánicas del bambú, tales como su resistencia a la tracción entre 1660 y 1940 (kg/cm<sup>2</sup>); la resistencia a la compresión entre 230 y 700 (kg/cm<sup>2</sup>); la flexión no se determinó y el módulo de elasticidad entre 107000 y 170000 (kg/cm<sup>2</sup>), siendo valores diferentes a nuestros resultados obtenidos en laboratorio.

- Como tercer objetivo, se realizó la estructuración y una mejora mediante refuerzos a los pórticos de bambú con elementos adicionales como: columnas inclinadas, arriostres y armaduras, empleando dimensiones de 12 cm de diámetro y 2 cm de espesor para elementos tipo columna y 11 cm de diámetro y 1.3 cm de espesor para elementos tipo viga. De manera similar, Paredes (2017) utilizó un sistema estructural de tipo aporticado, obteniendo buenos resultados frente a fuerzas sísmicas.
- En relación al cuarto objetivo, se llevó a cabo el análisis sísmico dinámico de las cubiertas de bambú, arrojándonos, los sistemas propuestos, derivas menores a las permisibles estipulados en el RNE (E.030). Asimismo, Sapaico (2019) presento en su investigación resultados de desplazamientos inelásticos inferiores al 1%, lo que cumple con lo indicado por la RNE, mostrando en ambos casos la eficiencia del correcto uso del bambú.
- Para el objetivo final de diseño estructural, se buscó que los elementos estructurales aporten resistencia y rigidez, al ser sometidos a cargas de gravedad, eventos sísmicos, vientos y otros. Por tanto, los elementos fueron diseñados y verificados de acuerdo a la norma E.100, cumpliendo con lo requerido.

Verificando lo investigado por Barreto y Poicón (2020) quienes realizaron el diseño estructural de una cubierta sostenible construida con bambú en una losa deportiva, dando como resultado el cumplimiento de los elementos estructurales, concluyendo y recomendando la excelencia del bambú como material que satisface los lineamientos de la normativa vigente en nuestro país.

#### **4.3. Implicancias**

Gracias a los hallazgos obtenidos, es pertinente considerar que este estudio puede aportar datos e información relevante en el ámbito de la seguridad estructural de construcciones a base de bambú, pudiendo servir como una guía para futuras evaluaciones de este tipo de estructuras, al haber adaptado la metodología Bendetti-Petrini para su uso con este material y debido también a la escasa literatura referida al tema.

Asimismo, al tratarse de un tema poco referenciado, nuestra investigación puede inspirar a más investigadores a enfocarse en esta problemática, generando futuras investigaciones que complementen nuestros hallazgos y poder así aplicarlos en favor de la comunidad.

#### **4.4. Conclusiones**

- Se determinó el Índice de Vulnerabilidad empleando el método de Benedetti-Petrini, habiendo obtenido como resultados en la escala normalizada para la Terraza 1, un grado de vulnerabilidad alto con un valor de 59.37; para la Plataforma III, un grado de vulnerabilidad alto con un valor de 75.00 y en la Unidad 8, un grado de vulnerabilidad alto con un valor de 62.50, siendo la cubierta que se encuentra en mayor riesgo, la ubicada en la Plataforma III.

- Se determino las propiedades físicas y mecánicas de los bambúes en laboratorio obteniendo los siguientes resultados:  $W\% = 16.17 \%$ , Resistencia a la compresión paralela  $419.93 \text{ kgf/cm}^2$  y resistencia a la flexión  $1103.10 \text{ kgf/cm}^2$ .
- Se realizo la estructuración preliminar de las 3 cubiertas de bambú, tomando en cuenta las dimensiones en planta, corte y elevación; habiendo propuesto la implementación de columnas inclinadas, arriostres y armaduras de modo que se incrementó la resistencia a esfuerzos laterales de la estructura.
- El resultado del análisis dinámico espectral de las 3 cubiertas obtuvo periodos de vibración inferiores a un segundo en el eje X e Y. Por otro lado, se logró obtener derivas inelásticas menores al límite de distorsiones que exige la norma E.030.
- El diseño de los elementos estructurales para las 3 cubiertas cumplió con los requisitos solicitados en la norma de diseño de Bambú E.100, habiendo propuesto para los casos necesarios, el uso de secciones compuestas de hasta 3 culmos y la reducción de la longitud efectiva, verificando finalmente que sean resistentes frente a las máximas sollicitaciones actuantes por flexión, corte, flexocompresión y flexotensión respectivamente.

---

## REFERENCIAS

- Abanto Valdivia, S., & Cárdenas Cruz, D. J. (2016). *Determinación de la vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti - Petrini en las instituciones educativas del Centro Histórico de Trujillo, Provincia de Trujillo, Región La Libertad* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio institucional UPAO <https://hdl.handle.net/20.500.12759/2056>
- Barboza, G., & Hondermann, R. (2018). *Propuesta de mejora de método Benedetti Petrini caso: índice de vulnerabilidad sísmica de la iglesia Nuestra señora del Rosario, Rímac - Lima*. [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN <https://hdl.handle.net/11537/15250>
- Barreto, I., & Poicón, E. (2020). *Diseño estructural de una cubierta ecológica de Bambú para losas deportivas multiusos en la ciudad de Piura*. [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV <https://hdl.handle.net/20.500.12692/54409>
- Bernal Torres, C. A. (2010). *Metodología de la Investigación*. Tercera edición. Pearson Educación.
- Carrasco Diaz, S. (2019). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA. Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación*. Editorial San Marcos.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mcgraw-Hill / Interamericana Editores.

Juárez, D. (2019). *Uso y rentabilidad del bambú como material estructural de construcción.*

[Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio

Institucional PUCP <http://hdl.handle.net/20.500.12404/15946>

Lázaro Y., & Zamora C. (2021), *Vulnerabilidad Sísmica con el Método Benedetti-Petrini en*

*Viviendas Informales en las Lomas I de Huanchaco – Trujillo.* [Tesis de licenciatura,

Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV

<https://hdl.handle.net/20.500.12692/84761>

López Schwerter, A. M. (2000). *Metodología de la Investigación.* Universidad de Playa

Ancha de Ciencias de la Educación.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Norma Técnica E.020 Cargas.*

Reglamento Nacional de Edificaciones.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2016). *Norma Técnica E.030 Diseño*

*Sismorresistente.* Reglamento Nacional de Edificaciones.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2012). *Norma Técnica E.100 Bambú.*

Reglamento Nacional de Edificaciones.

Paredes, V. (2017). *Uso del Bambú como material estructural caso vivienda ecológica en*

*Tarapoto - 2017.* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio

Institucional UCV <https://hdl.handle.net/20.500.12692/20063>

Quesquén Isique, C., & Silva Torres, M. (2020). *Estudio de riesgo sísmico, en la ciudad de Chiclayo, zona este (av. Sáenz Peña, av. Castañeda Iparraguirre, av. Nicolás de Piérola, av. Jorge Chávez, y av. Bolognesi)*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional UNPRG  
<https://hdl.handle.net/20.500.12893/8115>

Rodriguez Velásquez, J. (2010). *Proceso de investigación científica*. Disco Compacto.

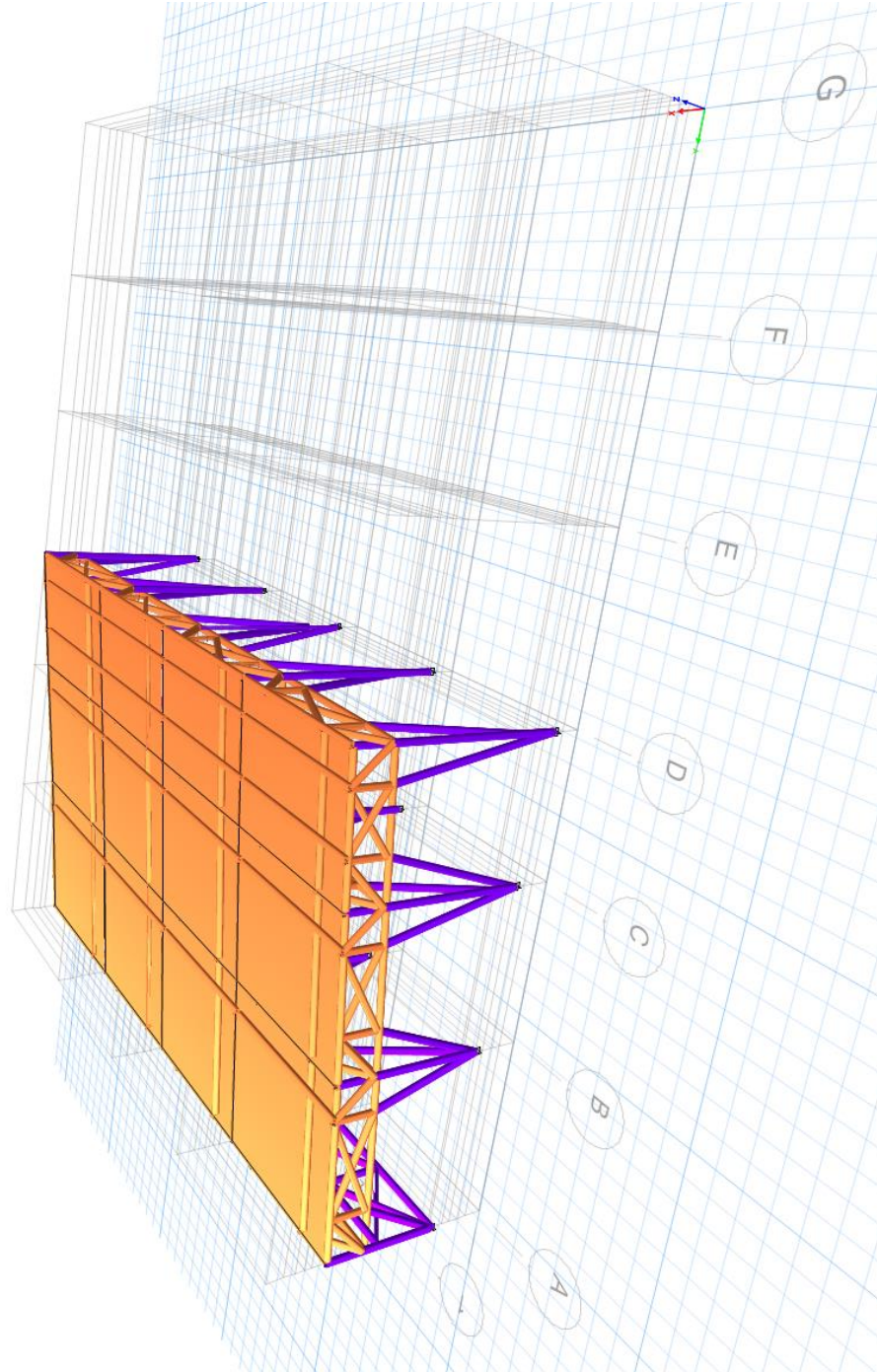
Sánchez Carlessi, H., Reyes Romero, C., & Mejía Sáenz, K. (2006). *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística*. Universidad Ricardo Palma.

Sapaico, E. (2019). *Análisis y diseño estructural de los elementos en bambú de una edificación de la Municipalidad Provincial de Satipo - 2018*. [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana Los Andes]. Repositorio Institucional UPLA  
<https://hdl.handle.net/20.500.12848/930>

Yépez Moya, F. (1996). *Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad y riesgo sísmico de estructuras aplicando técnicas de simulación*. [Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya]. Repositorio Institucional Dialnet  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=243849>

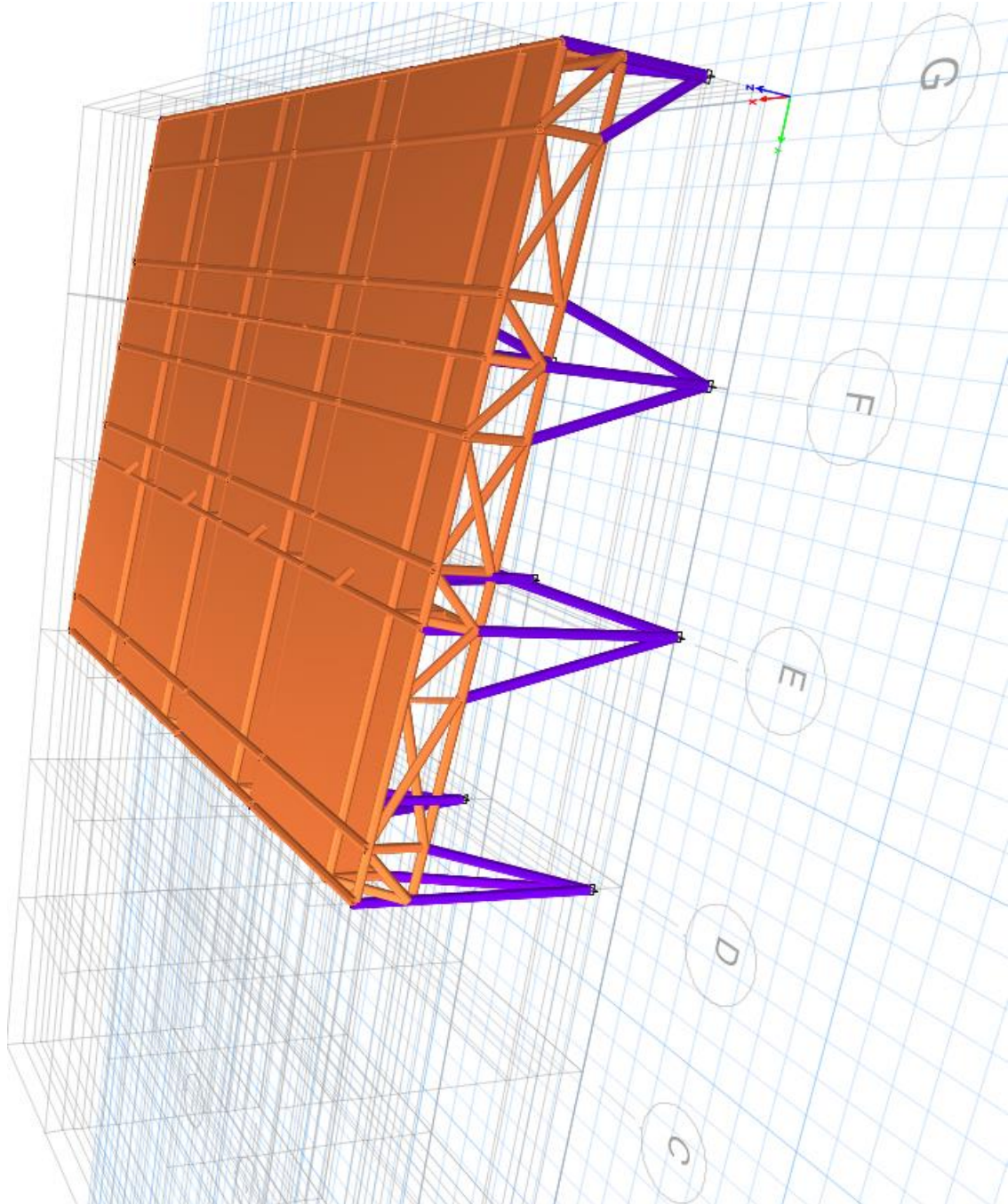
## ANEXOS

### ANEXO N° 01. *Modelo tridimensional de Cubierta 8*



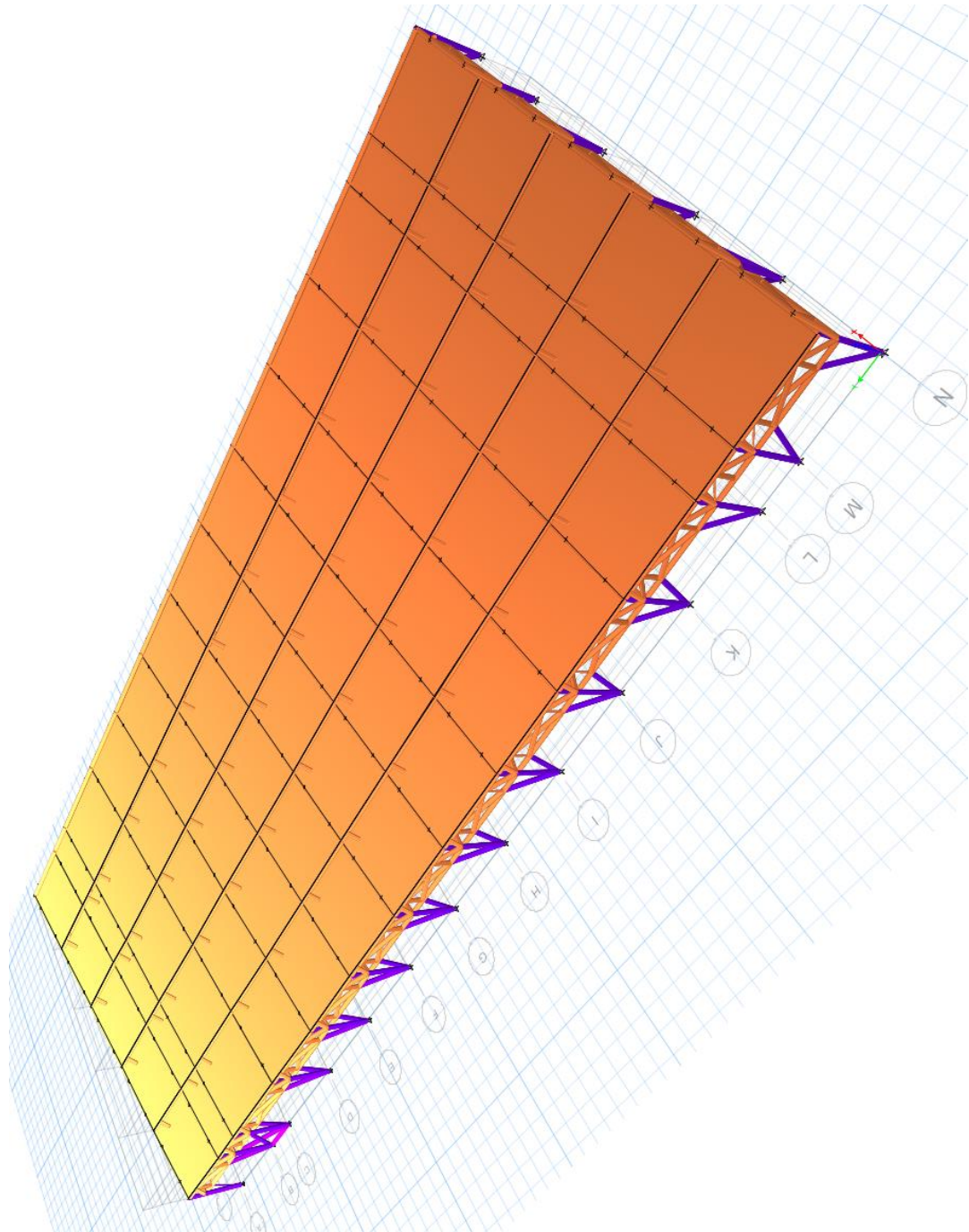


**ANEXO N° 02. Modelo tridimensional de Cubierta 8**

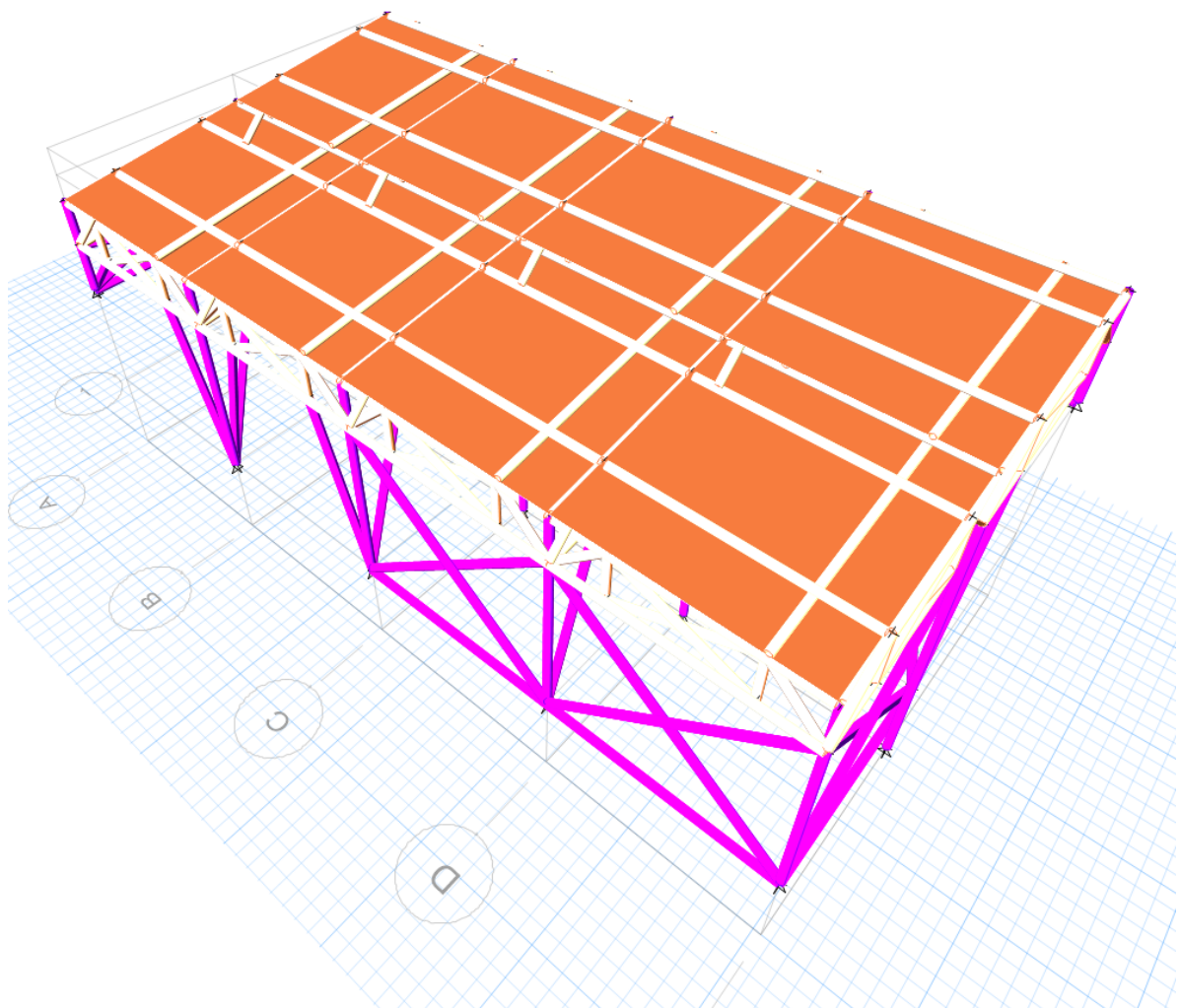




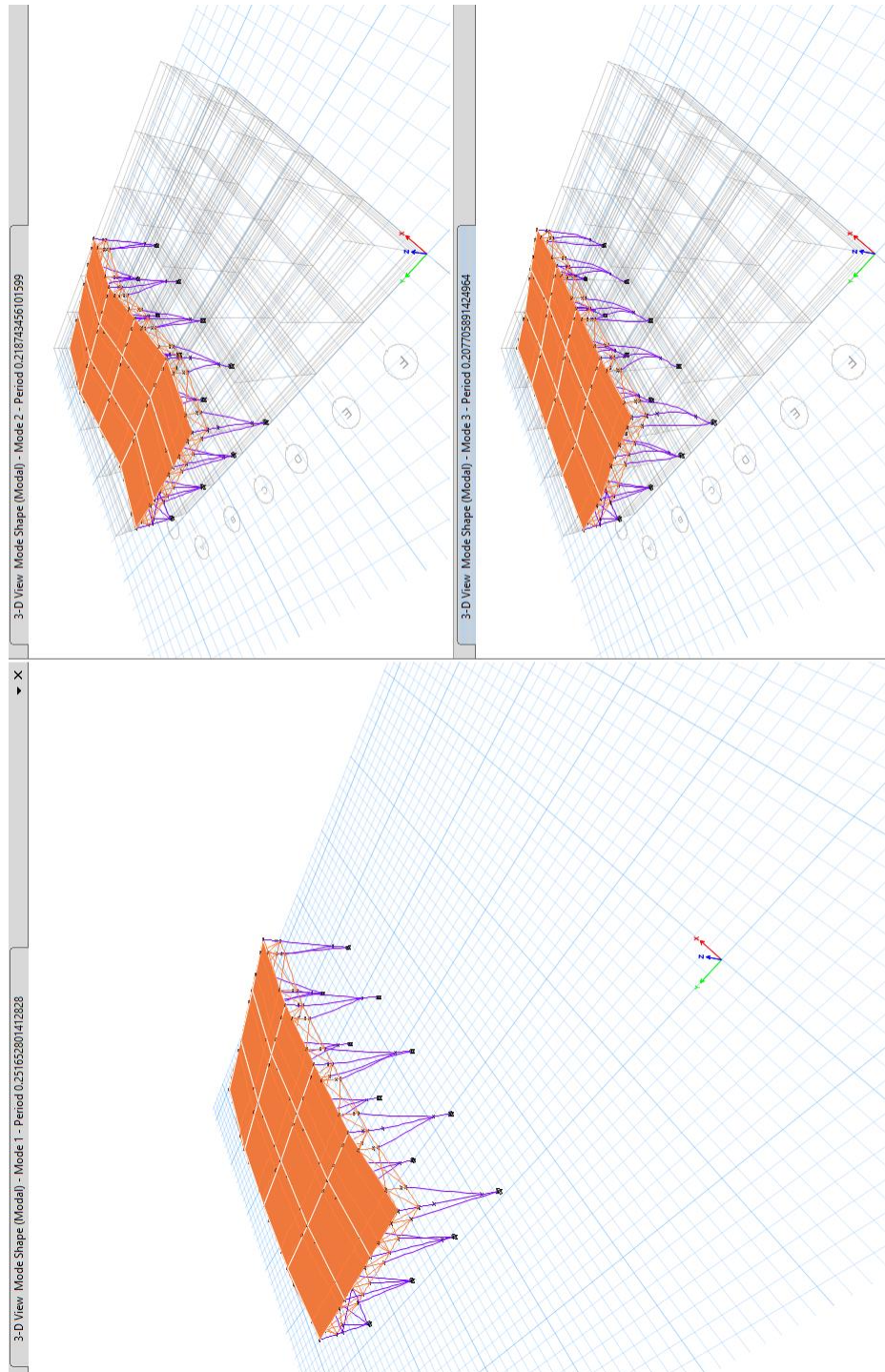
**ANEXO N° 03. Modelo tridimensional de Terraza 1**



**ANEXO N° 04.** *Modelo tridimensional de Plataforma III*

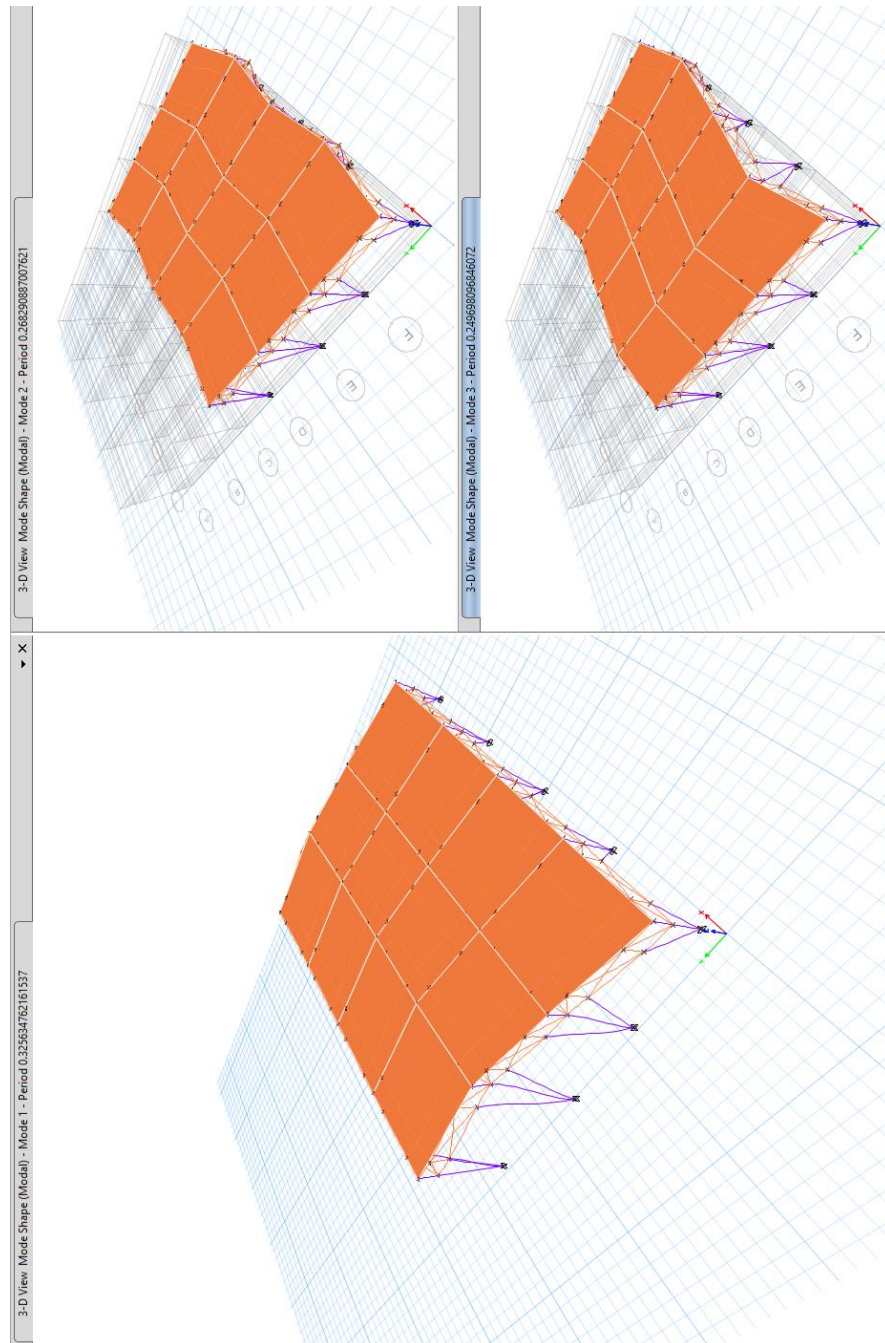


**ANEXO N° 05. Resultados modos de vibración Unidad 8**

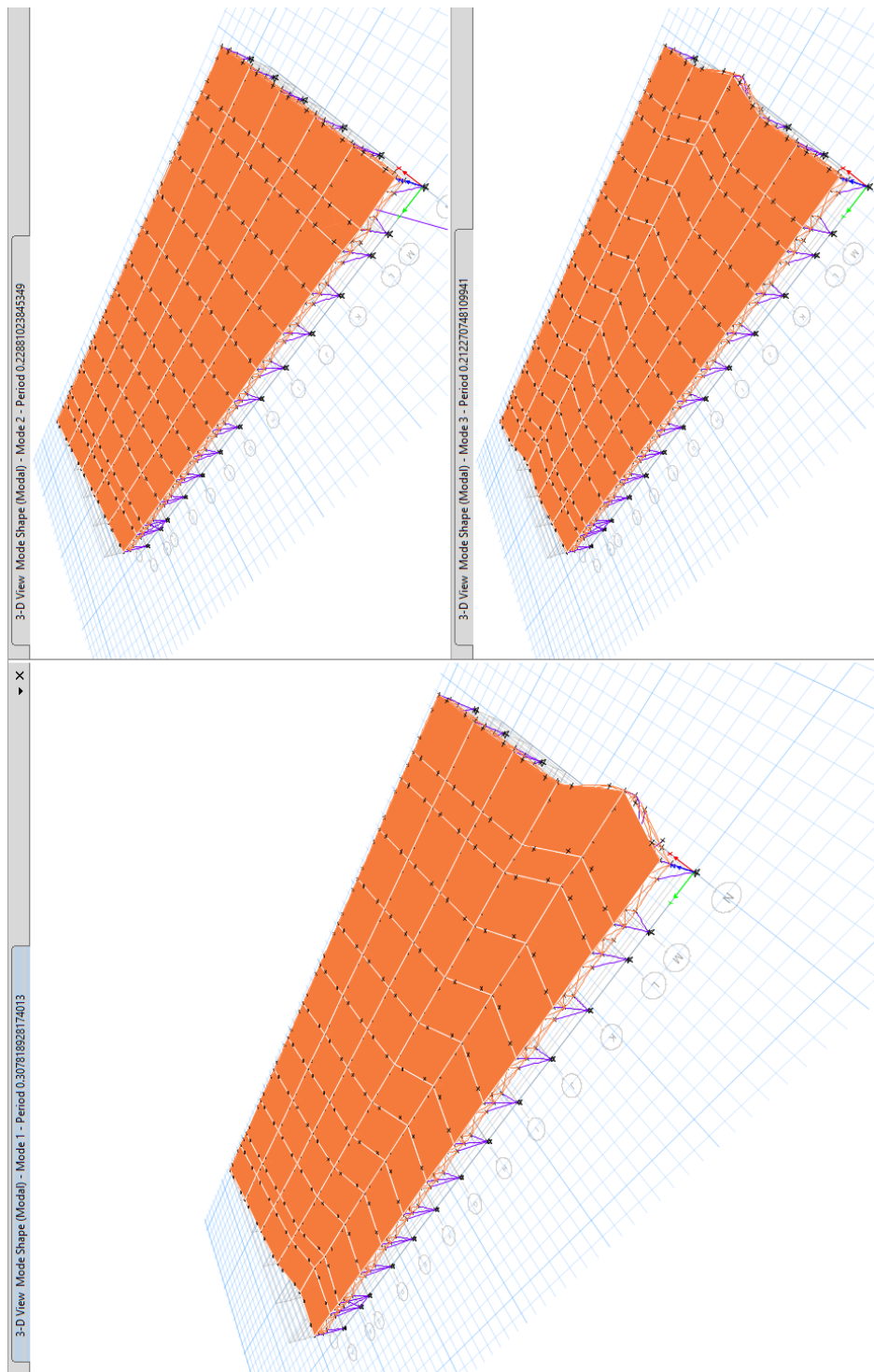




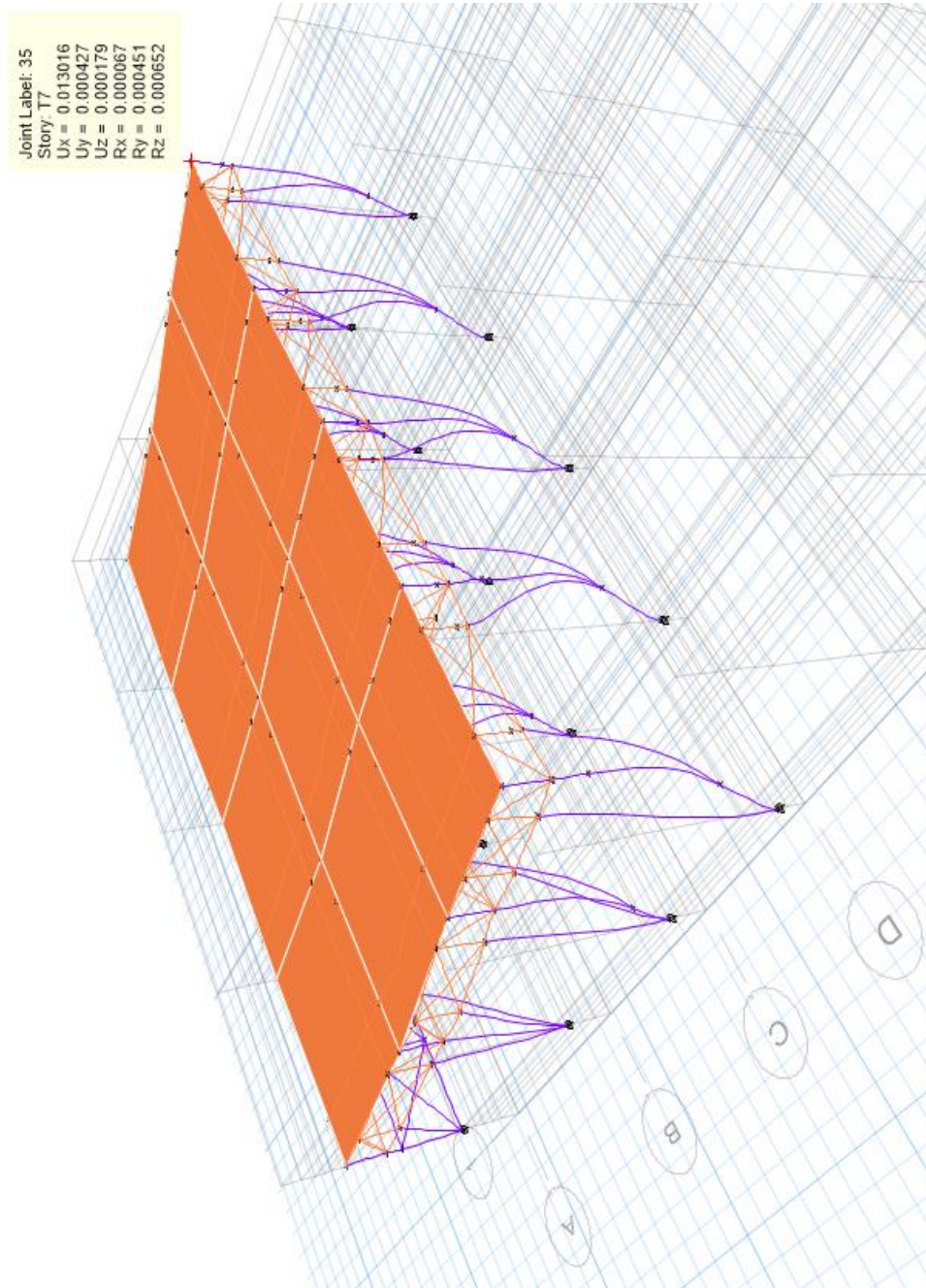
**ANEXO N° 06. Resultados modos de vibración Unidad 8**



**ANEXO N° 07. Resultados modos de vibración Unidad 8**

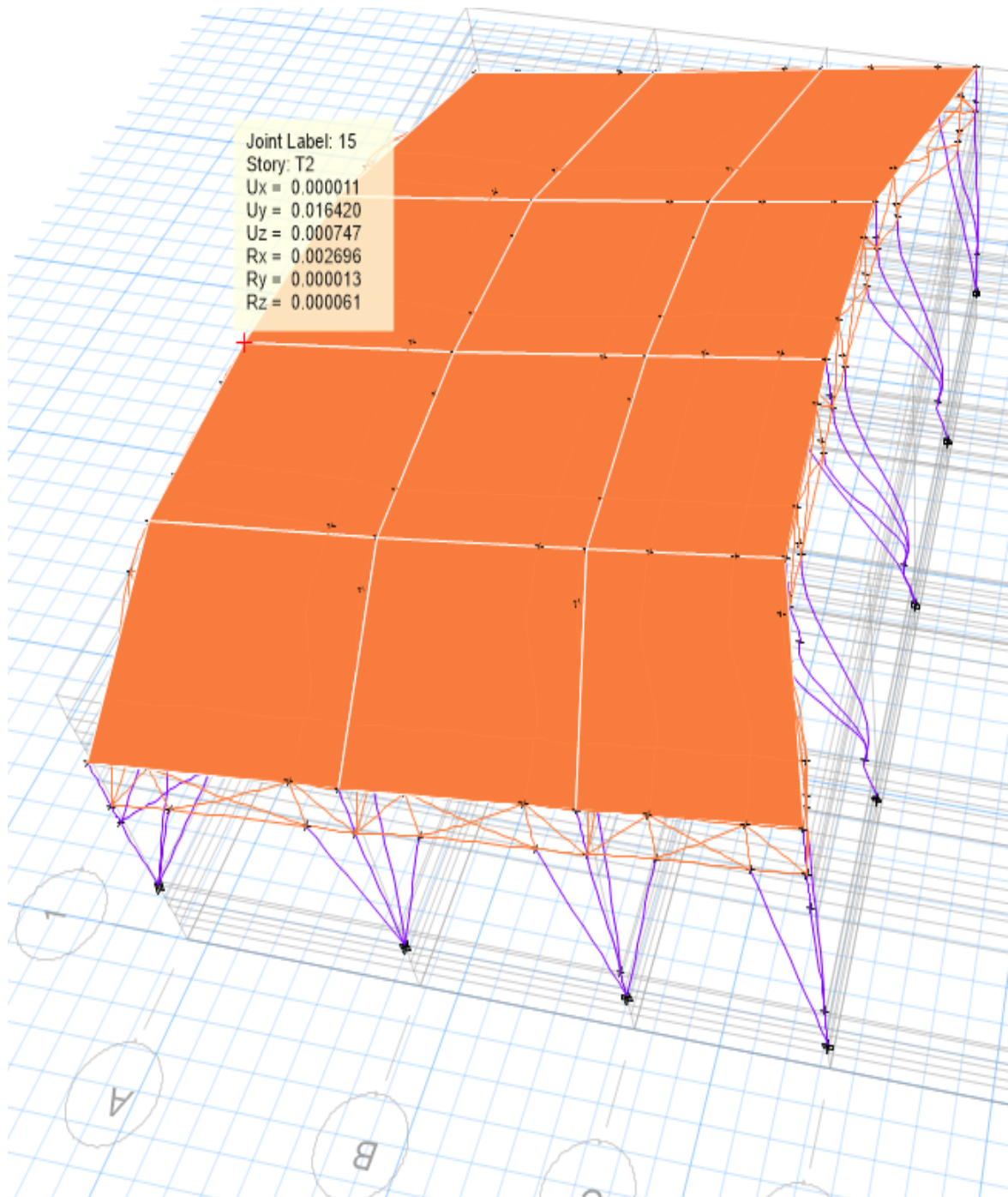


**ANEXO N° 08.** *Desplazamientos de Unidad 8 sentido X Primer modulo*

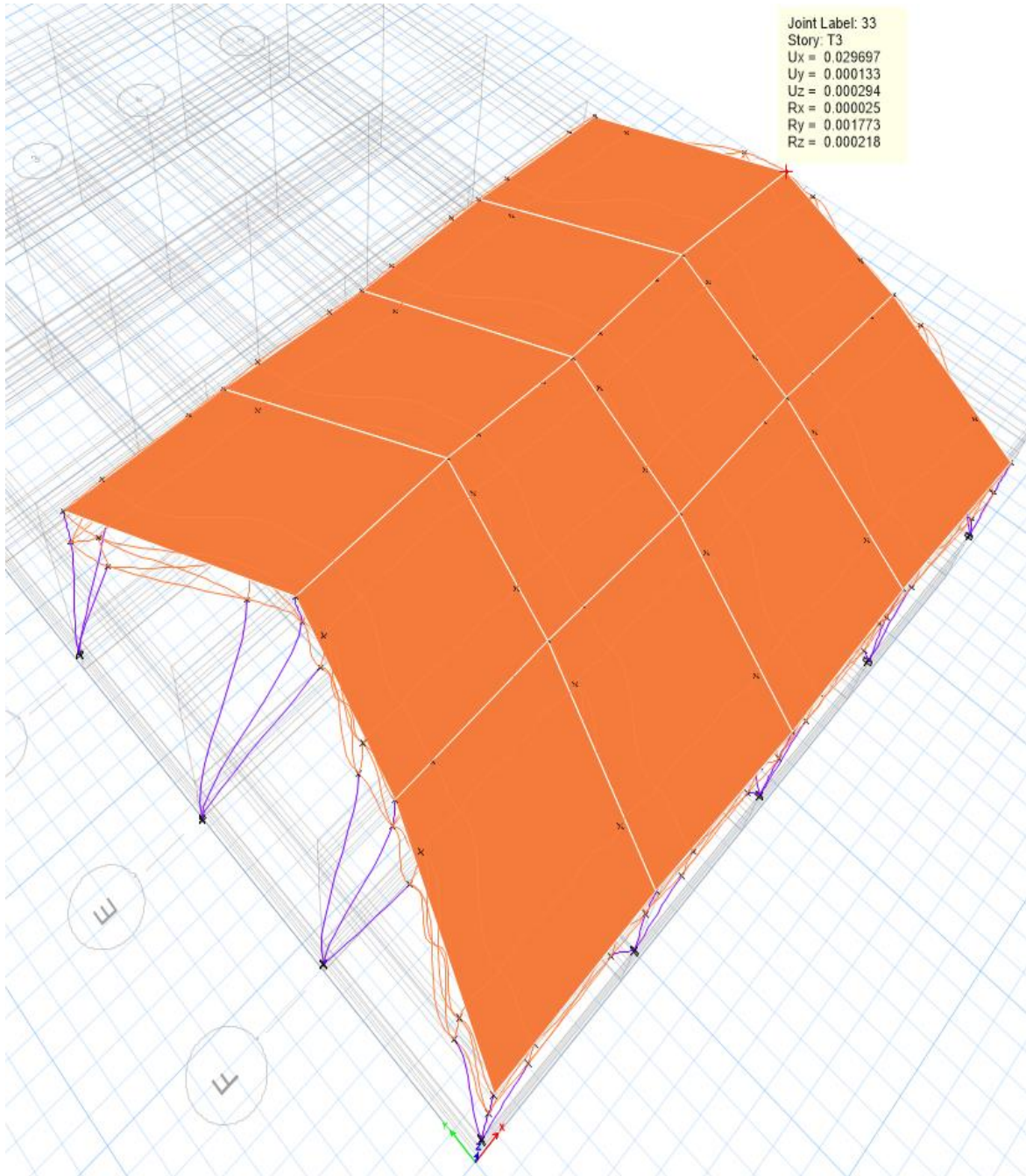




**ANEXO N° 09.** *Desplazamientos de Unidad 8 sentido Y Primer modulo*

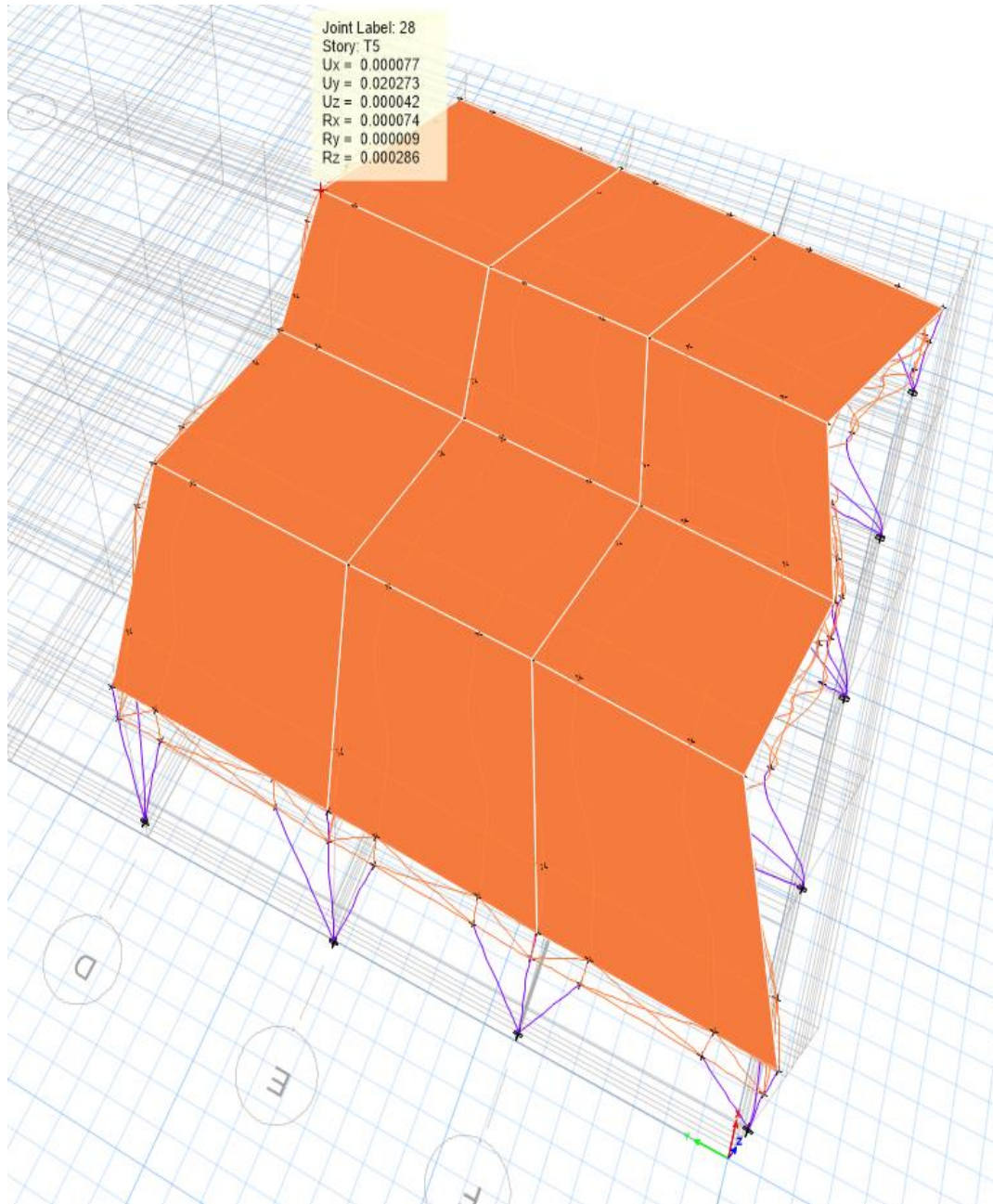


**ANEXO N° 10.** *Desplazamientos de Unidad 8 sentido X Segundo modulo*

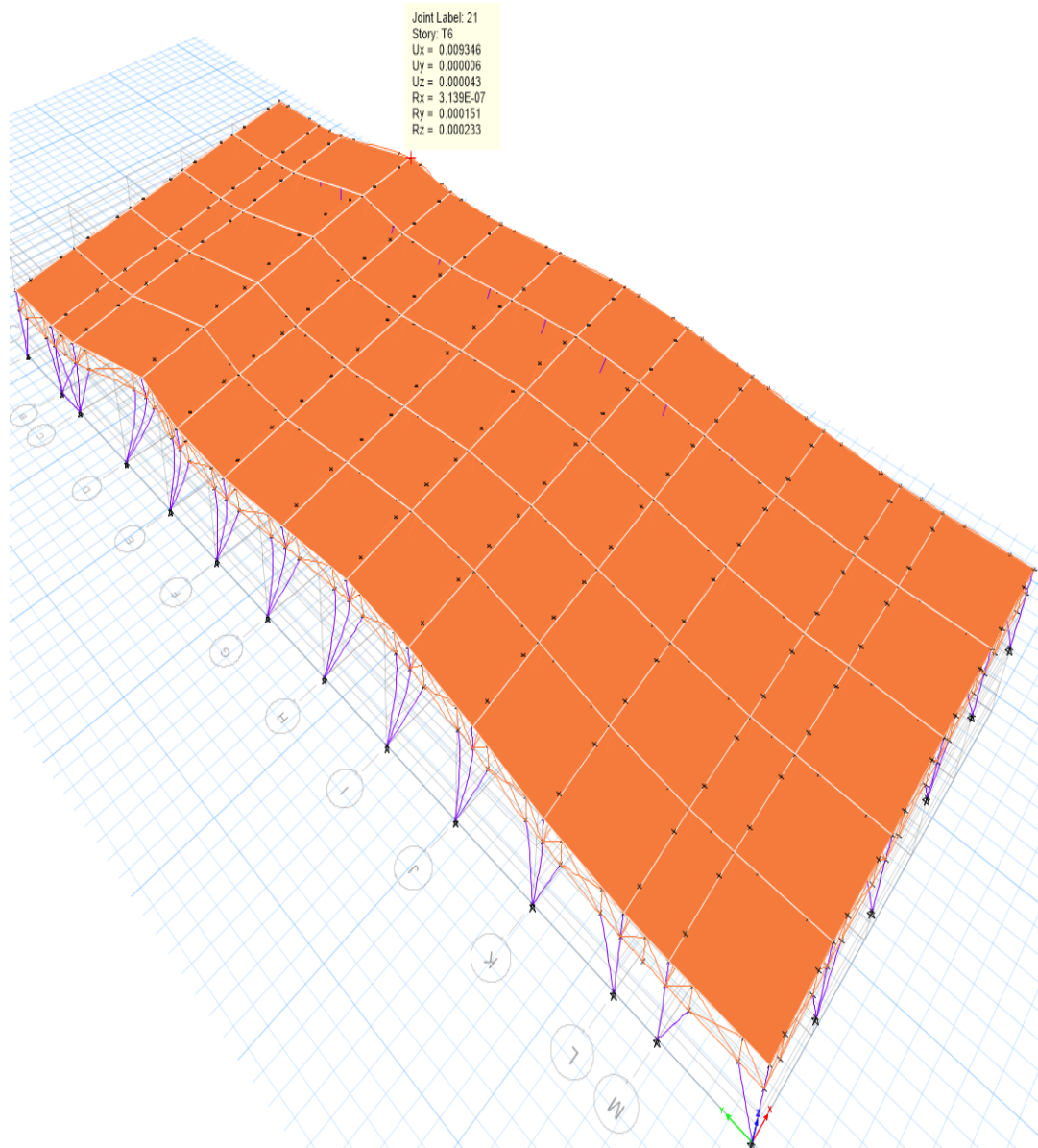




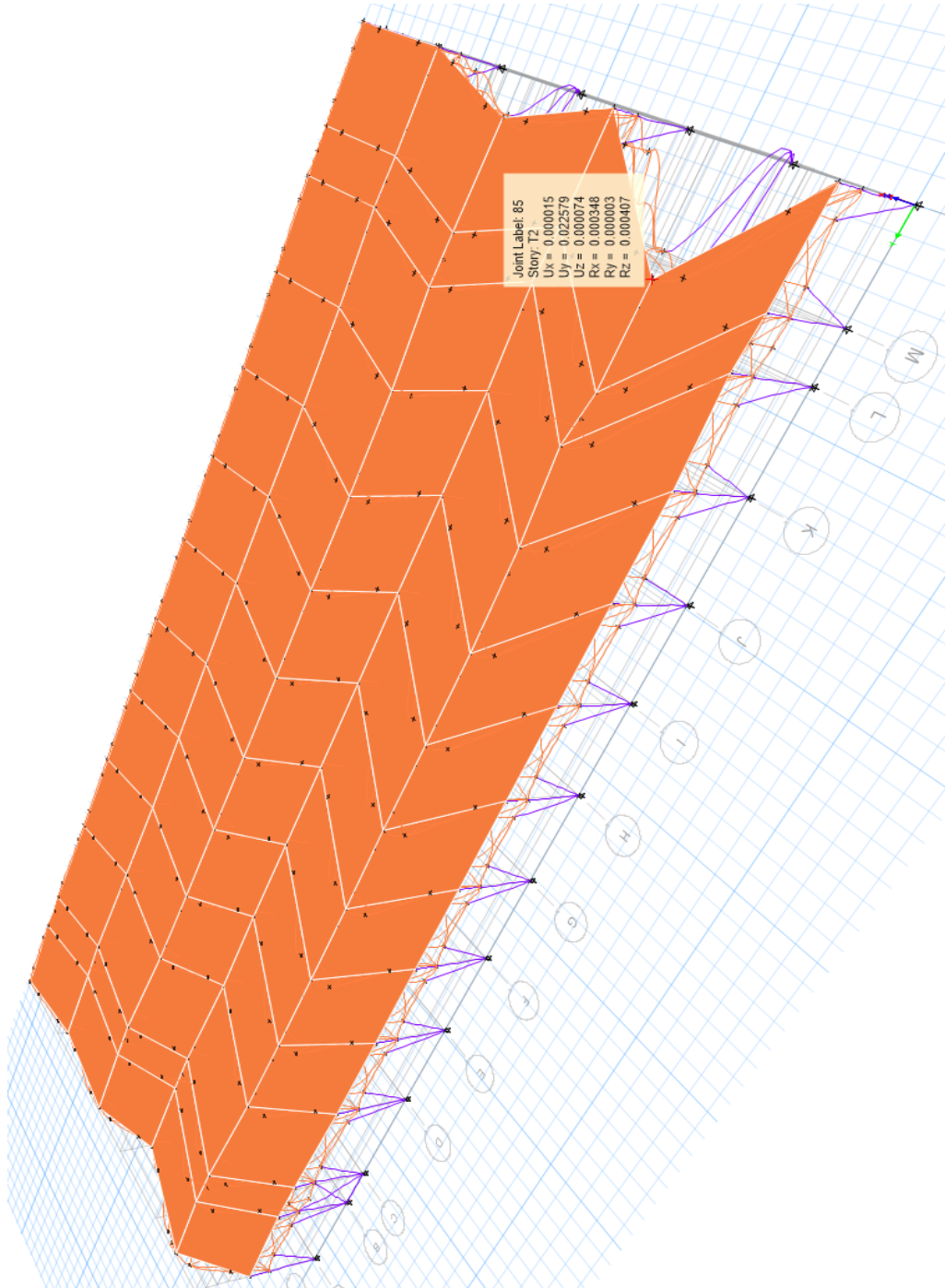
**ANEXO N° 11.** *Desplazamientos de Unidad 8 sentido Y Segundo modulo*



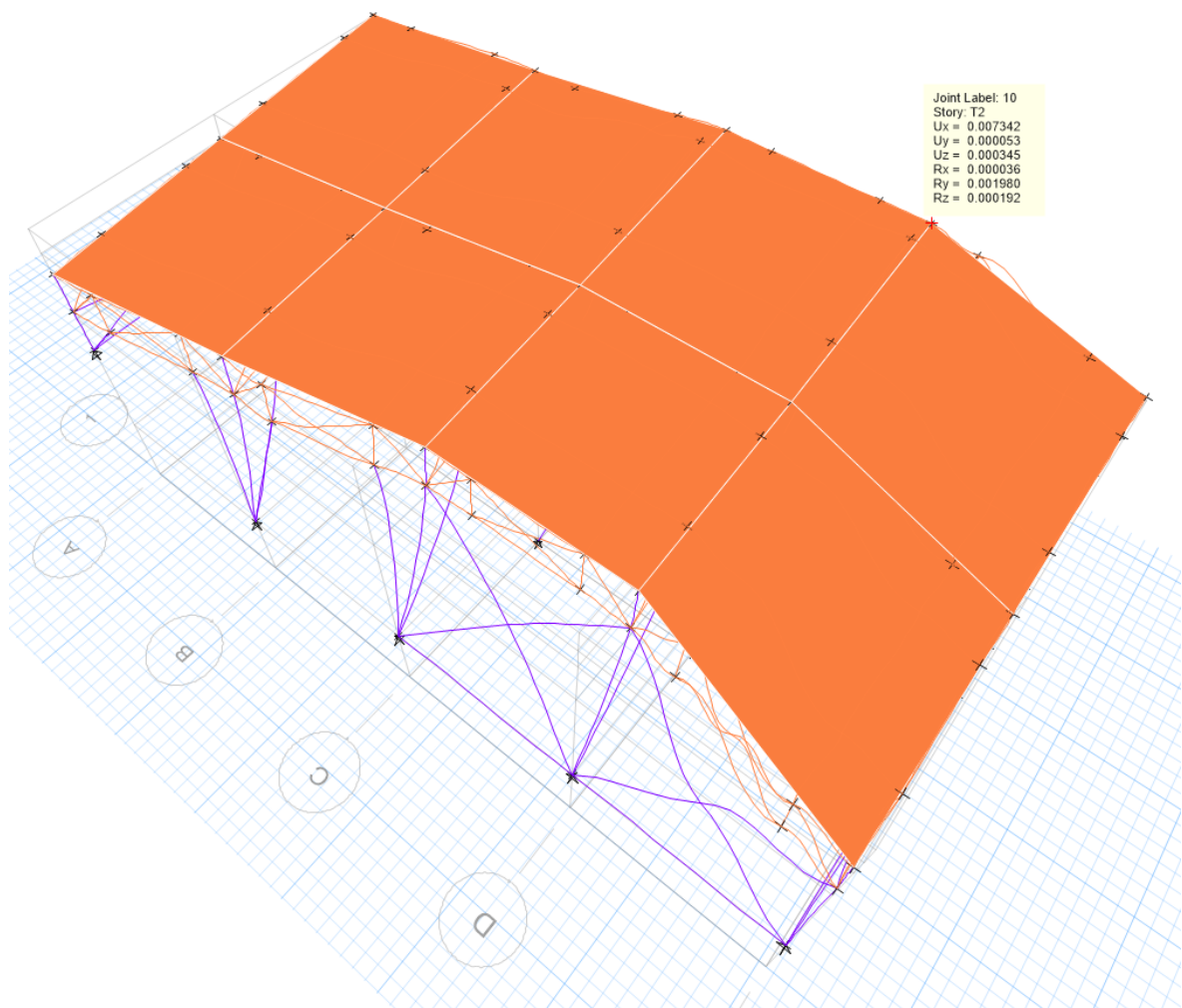
**ANEXO N° 12. Desplazamientos de Terraza 1 en sentido X**



**ANEXO N° 13.** *Desplazamientos de Terraza 1 en sentido X*

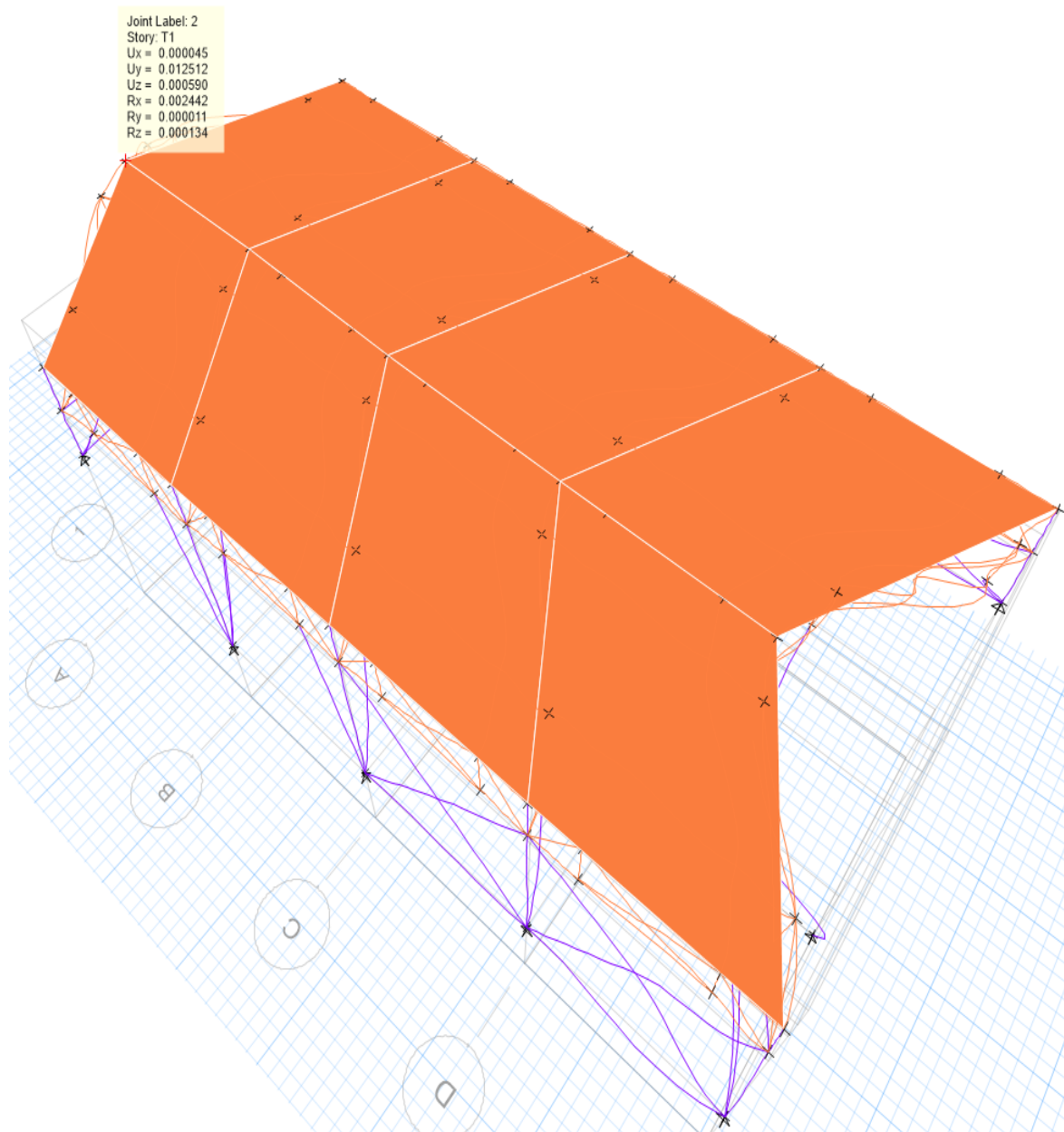


**ANEXO N° 14.** *Desplazamientos de Plataforma III en sentido X*

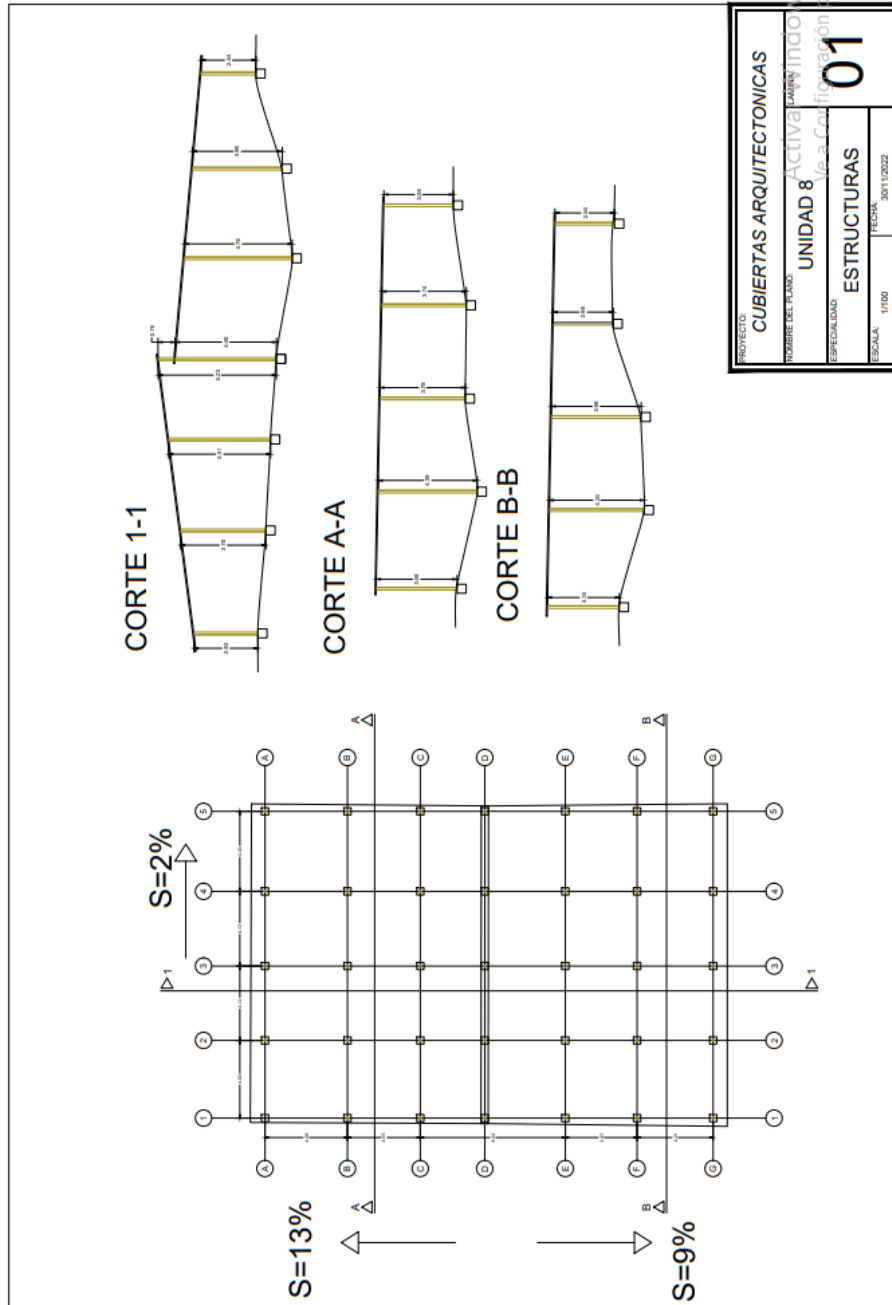




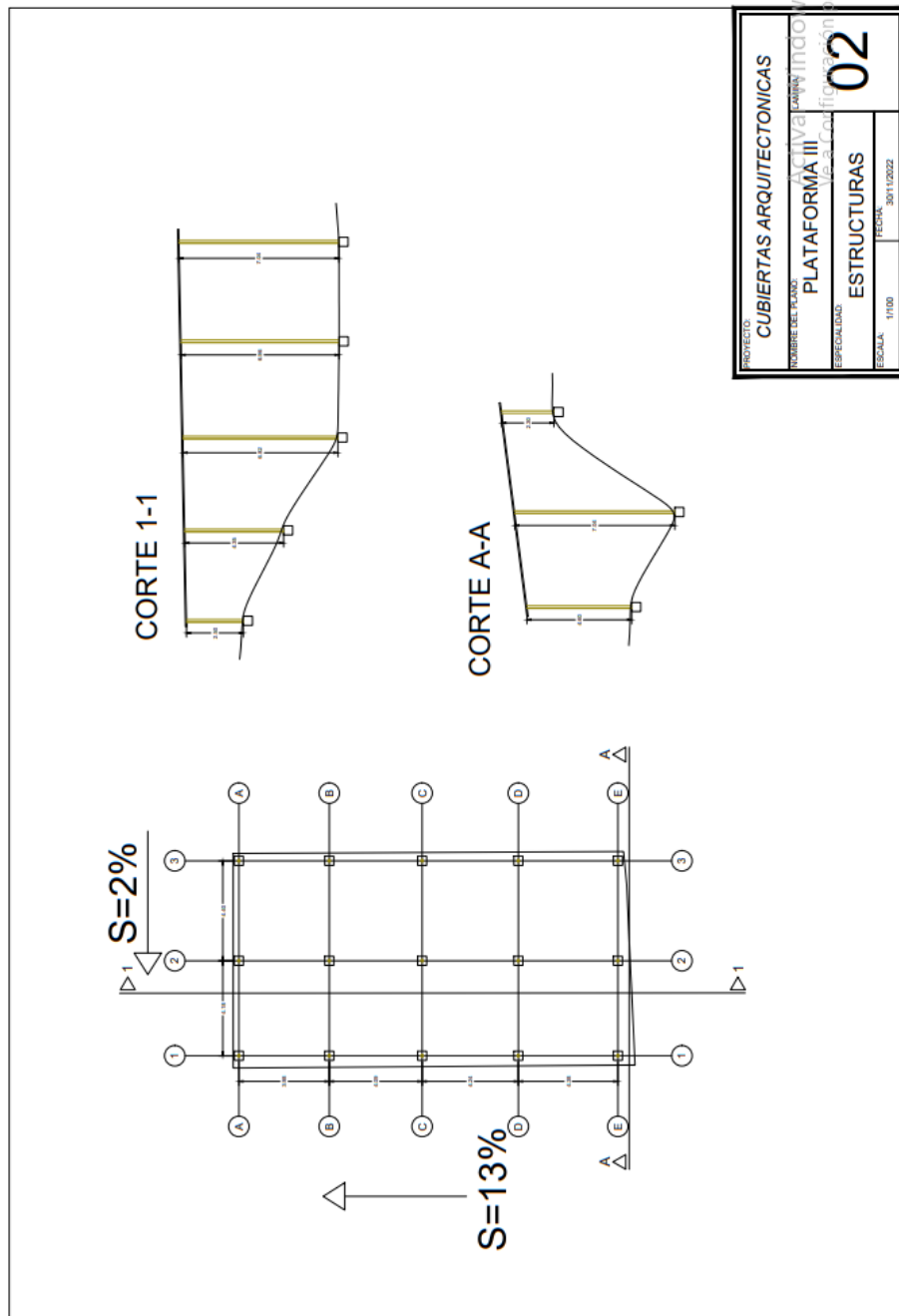
**ANEXO N° 15.** *Desplazamientos de Plataforma III en sentido Y*



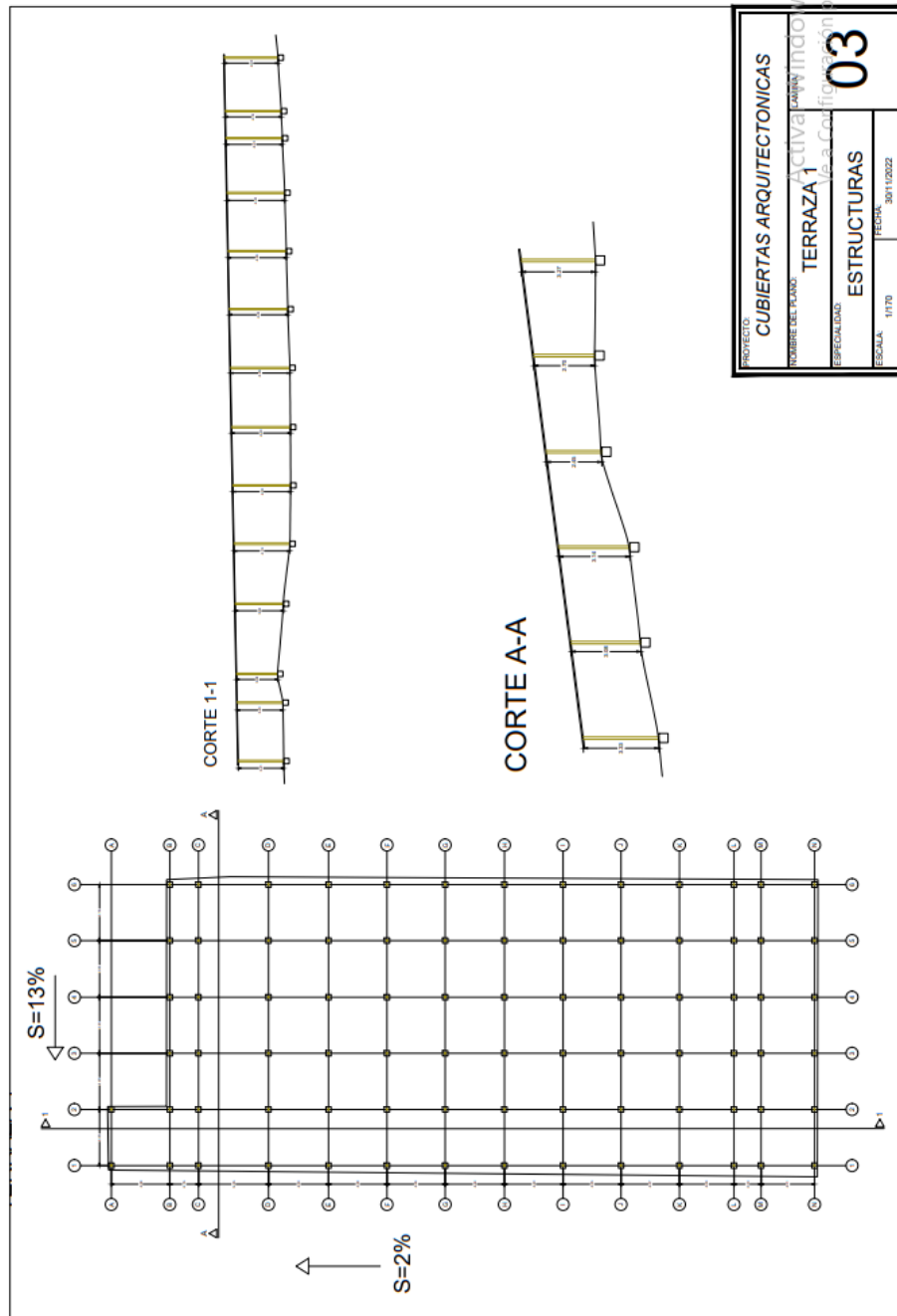
ANEXO N° 16. Plano distribución y cortes Unidad 8



**ANEXO N° 17. Plano distribución y cortes Plataforma III**



**ANEXO N° 18. Plano distribución y cortes Terraza 1**






ANEXO N° 19. Ficha de observación Unidad 8

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LAS CUBIERTAS DE BAMBÚ PARA EL CUIDADO DE MONUMENTOS HISTÓRICOS, TRUJILLO - 2022		FICHA DE OBSERVACIÓN N° 03	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA
<b>DATOS GENERALES</b>			
Ubicación:	LA LIBERTAD - TRUJILLO - MOCHE		
Monumento Histórico:	HUACA DEL SOL Y LA LUNA		
Nombre de cubierta:	UNIDAD 8		
Clasificación de Parámetros	A	SATISFACE FAVORABLEMENTE TODAS LAS CONDICIONES	
	B	SOLO SATISFACE FAVORABLEMENTE CON ALGUNA DE LAS CONDICIONES	
	C	NO SATISFACE FAVORABLEMENTE CON NINGUNA DE LAS CONDICIONES	
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>			
Tipología	Cubierta a dos aguas	Largo	17.63 m
Material	Caña guayaquil (bambú), caña brava, esteras de carrizo, clavos, fibroplast y dados de concreto	Ancho	26.39 m
		Área contruida	465.44 m <sup>2</sup>
Elementos protegidos	(X) Muros (X) Pisos (X) Enlucidos (X) Pintura		
<b>PARAMETROS DEL METODO</b>			
<b>Parámetro 1: Organización del sistema resistente</b>			
Comportamiento tipo pórtico	(X) SI ( ) NO	B	
Asesoría profesional	( ) SI (X) NO		
Cumple norma RNE E.030 y E.100	( ) SI (X) NO		
<b>Parámetro 2: Calidad del sistema resistente</b>			
Fallas estructurales	( ) EXISTE (X) NO EXISTE	A	
Dimensiones de los elementos óptimas (diámetro y espesor)	(X) SI ( ) NO		
Verticalidad de elementos, sin presencia de curvaturas	(X) TOTAL ( ) PARCIAL		
<b>Parámetro 3: Resistencia Convencional</b>			
Este parámetro se evaluará, a partir del comportamiento sísmico que presenta la estructura existente, de modo que se examinó la seguridad de la resistencia que tiene la estructura frente a cargas horizontales a través del software ETABS		C	
Derivas <0.01			
<b>Parámetro 4: Posición del edificio y cimentación</b>			
Pendiente del terreno	10 - 30%	B	
Tipo de suelo	Arenas eólicas - SM (Carranza y Garibay, 2020)		
<b>Parámetro 5: Diafragmas horizontal</b>			
Planos en desnivel	(X) SI ( ) NO	B	
Deformidad en diafragma	( ) SI (X) NO		
Tipo de cobertura	Liviana		
<b>Parámetro 6: Configuración en planta</b>			
Discontinuidad en diafragma	( ) SI (X) NO	B	
Sistemas ortogonales	( ) SI (X) NO		
Forma regular	(X) SI ( ) NO		
<b>Parámetro 7: Configuración de la elevación</b>			
Esbeltez de los soportes		Columna corta	C
		Columna intermedia	
	X	Columna larga	
<b>Parámetro 8: Conexión entre elementos críticos</b>			
Correcta conexión entre diafragma y apoyos	(X) SI ( ) NO	B	
Correcta conexión entre columnas y vigas	(X) SI ( ) NO		
Calidad de las uniones	( ) BUENO (X) INTERMEDIO ( ) MALA		
<b>Parámetro 9: Elementos de baja ductilidad</b>			
Se evaluó la existencia de elementos de baja ductilidad, y debido a la relación entre ductilidad y deformaciones, se analizó la presencia de estas en las cubiertas, así como los máximos desplazamientos relativos aceptables mediante el modelamiento estructural realizado en ETABS.		C	
Derivas <0.01			

<b>Parámetro 10: Elementos no estructurales (caña brava @ 25 cm)</b>			
		( X ) SI PRESENTA ( ) NO PRESENTA	
Elementos no estructurales		Elementos no estructurales en buen estado	
	X	Elementos no estructurales en regular estado	
		Elementos no estructurales en mal estado	
<b>B</b>			
<b>Parámetro 11: Estado de conservación</b>			
Presencia de imperfecciones (huecos y/o enfermedad)		( ) SI ( X ) NO	
Estado de conservación	Buen estado		Regular estado
	Mal estado	X	
<b>B</b>			
<b>REGISTRO GRÁFICO</b>			
			

**ANEXO N° 20. Ficha de observación Plataforma III**

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LAS CUBIERTAS DE BAMBÚ PARA EL CUIDADO DE MONUMENTOS HISTÓRICOS, TRUJILLO – 2022		FICHA DE OBSERVACIÓN N° 02	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA
<b>DATOS GENERALES</b>			
Ubicación:	LA LIBERTAD - TRUJILLO - MOCHE		
Monumento Histórico:	HUACA DEL SOL Y LA LUNA		
Nombre de cubierta:	PLATAFORMA III		
Clasificación de Parámetros	A	SATISFACE FAVORABLEMENTE TODAS LAS CONDICIONES	
	B	SOLO SATISFACE FAVORABLEMENTE CON ALGUNA DE LAS CONDICIONES	
	C	NO SATISFACE FAVORABLEMENTE CON NINGUNA DE LAS CONDICIONES	
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>			
Tipología	Cubierta a un agua	Largo	9.44 m
Material	Caña guayaquil (bambú), caña brava, esterres de carrizo, clavos, fibroplast y dados de concreto	Ancho	17.68 m
		Área contruida	164.45 m <sup>2</sup>
Elementos protegidos	(X) Muros (X) Pisos (X) Enlucidos (X) Pintura		
<b>PARAMETROS DEL METODO</b>			
<b>Parámetro 1: Organización del sistema resistente</b>			
Comportamiento tipo pórtico	(X) SI ( ) NO	B	
Asesoría profesional	( ) SI (X) NO		
Cumple norma RNE E.030 y E.100	( ) SI (X) NO		
<b>Parámetro 2: Calidad del sistema resistente</b>			
Fallas estructurales	(X) EXISTE ( ) NO EXISTE	B	
Dimensiones de los elementos óptimas (diámetro y espesor)	(X) SI ( ) NO		
Verticalidad de elementos, sin presencia de curvaturas	(X) TOTAL ( ) PARCIAL		
<b>Parámetro 3: Resistencia Convencional</b>			
Este parámetro se evaluará, a partir del comportamiento sísmico que presenta la estructuras existente, de modo que se examinó la seguridad de la resistencia que tiene la estructura frente a cargas horizontales a través del software ETABS		C	
Derivas <0.01	( ) CUMPLE (X) NO CUMPLE		
<b>Parámetro 4: Posición del edificio y cimentación</b>			
Pendiente del terreno	> 30%	C	
Tipo de suelo	Arenas eólicas - SM (Carranza y Garibay, 2020)		
<b>Parámetro 5: Diafragmas horizontal</b>			
Pisos en desnivel	(X) SI ( ) NO	B	
Deformidad en diafragma	( ) SI (X) NO		
Tipo de cobertura	Liviana		
<b>Parámetro 6: Configuración en planta</b>			
Discontinuidad en diafragma	( ) SI (X) NO	B	
Sistemas ortogonales	( ) SI (X) NO		
Forma regular	(X) SI ( ) NO		
<b>Parámetro 7: Configuración de la elevación</b>			
Esbeltez de los soportes		Columna corta	C
		Columna intermedia	
	X	Columna larga	
<b>Parámetro 8: Conexión entre elementos críticos</b>			
Correcta conexión entre diafragma y apoyos	(X) SI ( ) NO	B	
Correcta conexión entre columnas y vigas	(X) SI ( ) NO		
Calidad de las uniones	( ) BUENO (X) INTERMEDIO ( ) MALA		
<b>Parámetro 9: Elementos de baja ductilidad</b>			
Se evaluó la existencia de elementos de baja ductilidad, y debido a la relación entre ductilidad y deformaciones, se analizó la presencia de estas en las cubiertas, así como los máximos desplazamientos relativos aceptables mediante el modelamiento estructural realizado en ETABS.		C	
Derivas <0.01	( ) CUMPLE (X) NO CUMPLE		

Parámetro 10: Elementos no estructurales (caña brava @ 25 cm)				
Elementos no estructurales	( X ) SI PRESENTA ( ) NO PRESENTA			<b>C</b>
		Elementos no estructurales en buen estado		
		Elementos no estructurales en regular estado		
	X	Elementos no estructurales en mal estado		
Parámetro 11: Estado de conservación				
Presencia de imperfecciones (huecos y/o enfermedad)			( X ) SI ( ) NO	
Estado de conservación		Buen estado		<b>C</b>
	X	Mal estado		
REGISTRO GRÁFICO				
				

**ANEXO N° 21. Ficha de observación Terraza 1**

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LAS CUBIERTAS DE BAMBÚ PARA EL CUIDADO DE MONUMENTOS HISTÓRICOS, TRUJILLO – 2022		FICHA DE OBSERVACIÓN N° 01	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA
<b>DATOS GENERALES</b>			
Ubicación:	LA LIBERTAD - TRUJILLO - MOCHE		
Monumento Histórico:	HUACA DEL SOL Y LA LUNA		
Nombre de cubierta:	TERRAZA 1		
Clasificación de Parámetros	A	SATISFACE FAVORABLEMENTE TODAS LAS CONDICIONES	
	B	SOLO SATISFACE FAVORABLEMENTE CON ALGUNA DE LAS CONDICIONES	
	C	NO SATISFACE FAVORABLEMENTE CON NINGUNA DE LAS CONDICIONES	
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>			
Tipología	Cubierta a un agua	Largo	21.76 m
Material	Caña guayaquil (bambú), caña brava, esteras de carrizo, davos, fibroplast y dados de concreto	Ancho	53.13 m
		Area contruida	1101.47 m <sup>2</sup>
Elementos protegidos	( X ) Muros ( X ) Pisos ( X ) Enlucidos ( X ) Pintura		
<b>PARAMETROS DEL METODO</b>			
<b>Parámetro 1: Organización del sistema resistente</b>			
Comportamiento tipo pórtico	( X ) SI ( ) NO	B	
Asesoría profesional	( ) SI ( X ) NO		
Cumple norma RNE E.030 y E.100	( ) SI ( X ) NO		
<b>Parámetro 2: Calidad del sistema resistente</b>			
Fallas estructurales	( ) EXISTE ( X ) NO EXISTE	A	
Dimensiones de los elementos óptimas (diámetro y espesor)	( X ) SI ( ) NO		
Veracidad de elementos, sin presencia de curvaturas	( X ) TOTAL ( ) PARCIAL		
<b>Parámetro 3: Resistencia Convencional</b>			
Se evaluó la resistencia de la estructura frente a cargas horizontales, la cual fue determinada mediante la verificación de los máximos desplazamientos relativos aceptables, a partir de un modelado en el software ETABS		C	
Derivas <0.01	( ) CUMPLE ( X ) NO CUMPLE		
<b>Parámetro 4: Posición del edificio y cimentación</b>			
Pendiente del terreno	10 - 30%	B	
Tipo de suelo	Arenas eólicas - SM (Carranza y Garibay, 2020)		
<b>Parámetro 5: Diafragmas horizontal</b>			
Planos en desnivel	( X ) SI ( ) NO	B	
Deformidad en diafragma	( ) SI ( X ) NO		
Tipo de cobertura	Liviana		
<b>Parámetro 6: Configuración en planta</b>			
Discontinuidad en diafragma	( ) SI ( X ) NO	B	
Sistemas ortogonales	( ) SI ( X ) NO		
Forma regular	( X ) SI ( ) NO		
<b>Parámetro 7: Configuración de la elevación</b>			
Esbeltez de los soportes		Columna corta	C
		Columna intermedia	
	X	Columna larga	
<b>Parámetro 8: Conexión entre elementos críticos</b>			
Correcta conexión entre diafragma y apoyos	( X ) SI ( ) NO	B	
Correcta conexión entre columnas y vigas	( X ) SI ( ) NO		
Calidad de las uniones	( ) BUENO ( X ) INTERMEDIO ( ) MALA		
<b>Parámetro 9: Elementos de baja ductilidad</b>			
Se evaluó la existencia de elementos de baja ductilidad, y debido a la relación entre ductilidad y deformaciones, se analizó la presencia de estas en las cubiertas, así como los máximos desplazamientos relativos aceptables mediante el modelamiento estructural realizado en ETABS.		C	
Derivas <0.01	( ) CUMPLE ( X ) NO CUMPLE		

Parámetro 10: Elementos no estructurales (caña brava @ 25 cm)				
Elementos no estructurales	( X ) SI PRESENTA ( ) NO PRESENTA			<b>B</b>
		Elementos no estructurales en buen estado		
	X	Elementos no estructurales en regular estado		
		Elementos no estructurales en mal estado		
Parámetro 11: Estado de conservación				
Presencia de imperfecciones (huecos y/o enfermedad)		( ) SI ( X ) NO		<b>A</b>
Estado de conservación	X	Buen estado		
		Mal estado		
		Regular estado		
REGISTRO GRAFICO				
				



## ANEXO N° 22. Memoria de cálculo Terraza 1 – Viga

### TERRAZA 1

#### DISEÑO DE VIGAS

##### DATOS

MOMENTO (M)	0.28 Tnf.m	2745862.00 N.m
CORTANTE (V)	0.54 Tnf	5295.59 N

ESFUERZOS	Adm Fi	Mod Fi'
Fm Corte	108.18 MPa	102.77 MPa
Fv corte	1 MPa	0.95 MPa

LONGITUD	5.25 m	
Dext	110 mm	
Dint	84 mm	
Espesor (T)	13 mm	
Asecc	3961.5483 mm <sup>2</sup>	
Inercia	4742963.70 mm <sup>4</sup>	
Rgiro	36.06 mm	0.036 m
Clongefec K	1	
Lef	5.25 m	
Mod elast (E)	9500 MPa	
E 0.005	7300 MPa	

$$f'_i = f_i * C_D * C_L * C_r$$

##### VERIFICACIÓN POR FLEXIÓN

$$f_m = \frac{M}{S} \leq f'_m \quad f_m \quad 31.84 \text{ MPa} \quad S = \frac{\pi * (D_e^4 - (D_e - 2t)^4)}{32D_e} \quad S \quad 86235.70 \text{ mm}^3$$

$$f_m \quad 108.18 \text{ MPa}$$

CUMPLE

##### VERIFICACIÓN POR CORTE

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right) \leq F'_v \quad f_v \quad 2.91 \text{ MPa}$$

$$f_v \quad 1 \text{ MPa}$$

NO CUMPLE

NO CUMPLE POR LO TANTO SE PROPONE UNA NUEVA SECCIÓN COMPUESTA PARA ELEMENTOS VIGA Y CAMBIAR LOS COEFICIENTES DE MODIFICACION



Asecc 0.0118 m<sup>2</sup> 11800 mm<sup>2</sup>

Item	Value
Area, m <sup>2</sup>	0.0118
AS2, m <sup>2</sup>	0.0079

##### VERIFICACIÓN POR FLEXIÓN

$$f_m = \frac{M}{S} \leq f'_m \quad f_m \quad 1.95 \text{ MPa} \quad S = \frac{\pi * (35D_e^4 - 4D_e^2[D_e - 2t]^2 - [D_e - 2t]^4)}{96D_e} \quad S \quad 1408079.82 \text{ mm}^3$$

$$f_m \quad 102.77 \text{ MPa}$$

CUMPLE

##### VERIFICACIÓN POR CORTE

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right) \leq F'_v \quad f_v \quad 0.90 \text{ MPa}$$

$$f_v \quad 0.95 \text{ MPa}$$

CUMPLE

ANEXO N° 23. Memoria de cálculo Terraza 1 – Columna

TERRAZA 1

DISEÑO DE COLUMNAS

DATOS

MOMENTO (M)	0.02 Tnf.m	196133.00 N.mm
CORTANTE (V)	0.042 Tnf	411.88 N
AXIAL (N)	7.00 Tnf	68646.55 N
LONGITUD	2.50 m	
Dext	120 mm	
Dint	80 mm	
Espesor (T)	20 mm	
Asecc	6283.19 mm <sup>2</sup>	
Inercia	8168140.90 mm <sup>4</sup>	
Rgiro	36.06 mm	0.036 m
Clongitac K	1	
Laf	2.50 m	
Mod elast (E)	9500 MPa	
E 0.005	7300 MPa	

ESFUERZOS	Adm Fi	Mod Fi
Fm Corte	108 MPa	102.60 MPa
Fc compresion	13 MPa	12.35 MPa
Fc lab compresion	41.18 MPa	39.12 MPa
Fv corte	1 MPa	0.95 MPa

$$f'_i = f_i + C_D + C_L + C_r$$

VERIFICACIÓN POR FLEXIÓN

$$f_m = \frac{M}{S} \leq f'_m \quad f'_m = \frac{\pi \cdot (D_o^4 - (D_o - 2t)^4)}{32D_o} \quad S = 136135.68 \text{ mm}^3$$

1.44 MPa

103 MPa

CUMPLE

VERIFICACIÓN POR CORTE

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_o^2 - 4D_o t + 4t^2}{D_o^2 - 2D_o t + 2t^2} \right) \leq F'_v \quad f'_v = 1 \text{ MPa}$$

0.15 MPa

CUMPLE

VERIFICACION POR COMPRESION AXIAL

$$N \leq N_{adm} \quad N_{adm} = 0.31 \text{ Tnf} \quad \lambda = 69.33 \text{ COLUMNA LARGA}$$

COLUMNA	ESBELTEZ
Corta	$\lambda < 38$
Intermedia	$38 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

$$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{f'_c}} \quad Ok$$

COLUMNAS LARGAS
$N_{adm} = 0.2467 \frac{EA}{(\lambda)^2}$

NO CUMPLE POR LO TANTO SE PROPONE UNA NUEVA SECCIÓN COMPUESTA PARA ELEMENTOS VIGA Y CAMBIAR LOS COEFICIENTES DE MODIFICACION



Item	Value
Asecc	0.0187
Inercia	0.000204
Rgiro	0.10 m

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad Asecc = 0.0187 \text{ m}^2 \quad 18700 \text{ mm}^2$$

$$Inercia = 0.000204 \text{ m}^4 \quad 204000000 \text{ mm}^4$$

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

VERIFICACIÓN POR FLEXIÓN

$$f_m = \frac{M}{S} \leq f'_m \quad f'_m = \frac{\pi \cdot (35D_o^4 - 4D_o^2[D_o - 2t]^2 - [D_o - 2t]^4)}{96D_o} \quad S = 1867502.30 \text{ mm}^3$$

0.11 MPa

102.60 MPa

CUMPLE

VERIFICACIÓN POR CORTE

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_o^2 - 4D_o t + 4t^2}{D_o^2 - 2D_o t + 2t^2} \right) \leq F'_v \quad f'_v = 0.95 \text{ MPa}$$

0.05 MPa

CUMPLE

VERIFICACION POR COMPRESION AXIAL

$$N \leq N_{adm} \quad N_{adm} = 74.60 \text{ Tnf} \quad \lambda = 23.94 \text{ COLUMNA CORTA}$$

COLUMNA	ESBELTEZ
Corta	$\lambda < 38$
Intermedia	$38 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

$$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{f'_c}} \quad Ok$$

COLUMNAS CORTAS
$N_{adm} = f_c \cdot A$

VERIFICACION POR FLEXOCOMPRESIÓN

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{K_m \cdot |M|}{Z \cdot F_m} \leq 1 \quad CUMPLE \quad 0.09$$

$$K_{se} = \frac{1}{1 - 1.5 \left( \frac{N}{N_{cr}} \right)} \quad K_m = 1.05$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E_{0.05} I}{l^2} \quad N_{cr} = 2351650.38 \text{ N}$$



ANEXO N° 24. Memoria de cálculo Terraza 1 – Columna Inclinada

**TERRAZA 1**

**DISEÑO DE COLUMNAS INCLINADAS**

DATOS

MOMENTO (M)	0.02 Tnf.m	196133.00 N.mm
CORTANTE (V)	0.04 Tnf	392.27 N
AXIAL (N)	3.13 Tnf	30694.81 N
LONGITUD	1.87 m	
Dext	120 mm	
Dint	80 mm	
Espesor (T)	20 mm	
Asecc	6283.18531 mm <sup>2</sup>	
Inercia	8168140.90 mm <sup>4</sup>	
Rgiro	36.06 mm	0.036 m
Clongefec K	1	
Lef	1.87 m	1870 mm
Mod elast (E)	9500 MPa	
E 0.005	7300 MPa	

ESFUERZOS	Adm Fi	Mod Fi'
Fm Corte	108 MPa	108 MPa
Fc compresion	13 MPa	13 MPa
Fc lab compresion	41.18 MPa	45.30 MPa
Fv corte	1 MPa	1 MPa

$$f'_i = f_i * C_D * C_L * C_r$$

VERIFICACIÓN POR FLEXIÓN

$$f_m = \frac{M}{S} \leq f'_m \quad f_m = 1.44 \text{ MPa} \quad S = \frac{\pi * (D_e^4 - (D_e - 2t)^4)}{32D_e} \quad S = 136135.68 \text{ mm}^3$$

CUMPLE

VERIFICACIÓN POR CORTE

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right) \leq F'_v \quad f_v = 0.14 \text{ MPa}$$

CUMPLE

VERIFICACION POR COMPRESION AXIAL

$$N \leq N_{adm} \quad N_{adm} = 3.13 \text{ Tnf} \quad N = 23.90 \text{ Tnf}$$

COLUMNA	ESBELTEZ
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

$$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{f'_c}} \quad C_k = 60.78$$

CUMPLE

$\lambda$

51.86 COLUMNA INTERMEDIA

COLUMNAS INTERMEDIAS
$N_{adm} = f_c \cdot A \left[ 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{\lambda}{C_k} \right)^4 \right]$

VERIFICACION POR FLEXOCOMPRESIÓN

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{K_m * |M|}{Z * F_m} \leq 1 \quad \text{CUMPLE} \quad 0.15$$

$$K_m = \frac{1}{1 - 1.5 \left( \frac{N}{N_{cr}} \right)} \quad K_m = 1.38$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E_{0.05} I}{l^2} \quad N_{cr} = 168291.67 \text{ N}$$

ANEXO N° 25. Memoria de cálculo Terraza 1 – Arriostre

**TERRAZA 1**

**DISEÑO DE ARRIOSTRES**

DATOS

MOMENTO (M)	0.02 Tnf.m	215746.30 N.mm
CORTANTE (V)	0.05 Tnf	490.33 N
AXIAL (N)	1.15 Tnf	11277.65 N
LONGITUD	3.18 m	
Dext	120 mm	
Dint	80 mm	
Espesor (T)	20 mm	
Asecc	6283.19 mm <sup>2</sup>	
Inercia	8168140.90 mm <sup>4</sup>	
Rgiro	36.06 mm	0.036 m
Coef Lef K	1	
Lef	3.18 m	
Mod elast (E)	9500 MPa	
E 0.005	7300 MPa	

ESFUERZOS	Adm Fi	Mod Fi'
Fm Corte	108 MPa	108 MPa
Fc compresion	13 MPa	13 MPa
Fc lab compresion	41.18 MPa	41.18 MPa
Fv corte	1 MPa	1 MPa

$$f'_i = f_i * C_D * C_L * C_r$$

VERIFICACIÓN POR FLEXIÓN

$$f_m = \frac{M}{S} \leq f'_m \quad f_m = 1.58 \text{ MPa} \quad S = \frac{\pi * (D_o^4 - (D_e - 2t)^4)}{32D_e} \quad S = 136135.68 \text{ mm}^3$$

$f'_m = 108 \text{ MPa}$

CUMPLE

VERIFICACIÓN POR CORTE

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_o^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_o^2 - 2D_e t + 2t^2} \right) \leq F'_v \quad f_v = 0.18 \text{ MPa}$$

$F'_v = 1 \text{ MPa}$

CUMPLE

VERIFICACION POR COMPRESION AXIAL

$$N \leq N_{adm} \quad N = 1.15 \text{ Tnf} \quad N_{adm} = 0.19 \text{ Tnf}$$

COLUMNA	ESBELTEZ
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

$$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{f'_c}} \quad C_k = 60.78$$

NO CUMPLE  $\lambda = 88.19$  COLUMNA LARGA

NO CUMPLE POR LO TANTO SE PROCEDE A CAMBIAR LA LONGITUD Y LOS COEFICIENTES DE MODIFICACION

$$L = 2.10 \text{ m} \quad 2100 \text{ mm}$$

$$N \leq N_{adm} \quad N = 1.15 \text{ Tnf} \quad N_{adm} = 18.97 \text{ Tnf}$$

COLUMNA	ESBELTEZ
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

$$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{f'_c}} \quad C_k = 60.78$$

CUMPLE  $\lambda = 58.24$  COLUMNA INTERMEDIA

VERIFICACION POR FLEXOCOMPRESIÓN

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{K_m * |M|}{Z * F_m} \leq 1 \quad \text{CUMPLE} \quad 0.08$$

$$K_m = \frac{1}{1 - 1.5 \left( \frac{N}{N_{cr}} \right)} \quad K_m = 1.15$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E_{0.05} I}{l^2} \quad N_{cr} = 133446.52 \text{ N}$$

ANEXO N° 26. Memoria de cálculo Terraza 1 – Armadura a compresión

**TERRAZA 1**

**DISEÑO DE ARMADURA A COMPRESION**

DATOS

MOMENTO (M)	0.002 Tnf.m	19613.30 N.mm
CORTANTE (V)	0.002 Tnf	19.61 N
AXIAL (N)	1.45 Tnf	14219.64 N
LONGITUD	0.90 m	
Dext	110 mm	
Dint	84 mm	
Espesor (T)	13 mm	
Asecc	3961.55 mm <sup>2</sup>	
Inercia	4742963.75 mm <sup>4</sup>	
Rgiro	34.60 mm	0.035 m
Clongefec K	1	
Lef	0.90 m	
Mod elast (E)	9500 MPa	
E 0.005	7300 MPa	

ESFUERZOS	Adm Fi	Mod Fi'
Fm Corte	108 MPa	108 MPa
Fc compresion	13 MPa	13 MPa
Fc lab compresion	41.18 MPa	41.18 MPa
Fv corte	1 MPa	1 MPa

$$f'_i = f_i * C_D * C_L * C_T$$

VERIFICACIÓN POR FLEXIÓN

$$f_m = \frac{M}{S} \leq f'_m \quad f'_m = 108 \text{ MPa} \quad S = \frac{\pi * (D_e^4 - (D_e - 2t)^4)}{32D_e} \quad S = 86235.70 \text{ mm}^3$$

CUMPLE

VERIFICACIÓN POR CORTE

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right) \leq F'_v \quad f'_v = 1 \text{ MPa} \quad f_v = 0.011 \text{ MPa}$$

CUMPLE

VERIFICACION POR COMPRESION AXIAL

$$N \leq N_{adm} \quad N_{adm} = 16.64 \text{ Tnf} \quad N = 1.45 \text{ Tnf}$$

COLUMNA	ESBELTEZ
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_c$
Larga	$C_c < \lambda < 150$

$$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{f'_c}} \quad C_k = 60.78$$

CUMPLE  $\lambda = 26.01$  COLUMNA CORTA

COLUMNAS
CORTAS

$N_{adm} = f_c * A$

VERIFICACION POR FLEXOCOMPRESIÓN

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{K_m * |M|}{Z * F_m} \leq 1 \quad \text{CUMPLE} \quad 0.09$$

$$K_m = \frac{1}{1 - 1.5 \left( \frac{N}{N_{cr}} \right)} \quad K_m = 1.05$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E_{0.05} I}{l_e^2} \quad N_{cr} = 421878.50 \text{ N}$$

ANEXO N° 27. Memoria de cálculo Terraza 1 – Armadura a tensión

**TERRAZA 1**

**DISEÑO DE ARMADURA A TENSION**

DATOS

MOMENTO (M)	0.01 Tnf.m	98066.50 N.mm
CORTANTE (V)	0.03 Tnf	294.20 N
AXIAL (N)	1.97 Tnf	19319.10 N
LONGITUD	1.50 m	
Dext	110 mm	
Dint	84 mm	
Espesor (T)	13 mm	
Asecc	3961.55 mm <sup>2</sup>	
Inercia	4742963.75 mm <sup>4</sup>	
Rgiro	34.60 mm	0.035 m
Clongefec K	1	
Lef	1.50 m	
Mod elast (E)	9500 MPa	
E 0.005	7300 MPa	

ESFUERZOS	Adm Fi	Mod Fi'
Fm Corte	108.18 MPa	108.18 MPa
Ft tracción	16 MPa	16 MPa
Fc lab compresion	41.18 MPa	41.18 MPa
Fv corte	1 MPa	1 MPa

$$f'_i = f_i * C_D * C_L * C_r$$

VERIFICACIÓN POR FLEXIÓN

$$f_m = \frac{M}{S} \leq f'_m \quad f'_m = 108 \text{ MPa} \quad S = \frac{\pi * (D_e^4 - (D_e - 2t)^4)}{32D_e} \quad S = 86235.70 \text{ mm}^3$$

CUMPLE

VERIFICACIÓN POR CORTE

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right) \leq F'_v \quad f'_v = 1 \text{ MPa} \quad f_v = 0.16 \text{ MPa}$$

CUMPLE

VERIFICACION POR TENSION AXIAL

$$f_t = \frac{T}{A_n} \leq F'_t \quad F'_t = 16 \text{ MPa} \quad f_t = 4.88 \text{ MPa}$$

CUMPLE

VERIFICACION POR TENSION AXIAL Y FLEXION

$$\frac{f_t}{F'_t} + \frac{f_b}{F'_b} \leq 1 \quad \text{CUMPLE} \quad 0.32$$

ANEXO N° 28. Memoria de cálculo Plataforma III – Viga

**PLATAFORMA III**

**DISEÑO DE VIGAS**

DATOS

MOMENTO (M)	0.31 Tnf.m	3040061.50 N.mm
CORTANTE (V)	0.52 Tnf	5099.46 N
LONGITUD	4.32 m	
Dext	110 mm	
Dint	84 mm	
Espesor (T)	13 mm	
Asecc	3961.5483 mm <sup>2</sup>	
Inercia	4742963.70 mm <sup>4</sup>	
Rgiro	36.06 mm	0.036 m
Clongefec K	1	
Lef	4.32 m	
Mod elast (E)	9500 MPa	
E 0.005	7300 MPa	

ESFUERZOS	Adm Fi	Mod Fi'
Fm Corte	108.18 MPa	102.77 MPa
Fv corte	1 MPa	0.95 MPa

$$f'_i = f_i * C_D * C_L * C_r$$

VERIFICACIÓN POR FLEXIÓN

$$f_m = \frac{M}{S} \leq f'_m \quad f_m = 35.25 \text{ MPa} \quad S = \frac{\pi * (D_e^4 - (D_e - 2t)^4)}{32D_e} \quad S = 86235.70 \text{ mm}^3$$

$f'_m = 108.18 \text{ MPa}$

CUMPLE

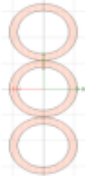
VERIFICACIÓN POR CORTE

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right) \leq F'_v \quad f_v = 2.80 \text{ MPa}$$

$F'_v = 1 \text{ MPa}$

NO CUMPLE

NO CUMPLE POR LO TANTO SE PROPONE UNA NUEVA SECCIÓN COMPUESTA PARA ELEMENTOS VIGA Y CAMBIAR LOS COEFICIENTES DE MODIFICACION



Asecc 0.0118 m<sup>2</sup> 11800 mm<sup>2</sup>

Item	Value
Area, m <sup>2</sup>	0.0118
AS2, m <sup>2</sup>	0.0079

VERIFICACIÓN POR FLEXIÓN

$$f_m = \frac{M}{S} \leq f'_m \quad f_m = 2.16 \text{ MPa} \quad S = \frac{\pi * (35D_e^4 - 4D_e^2[D_e - 2t]^2 - [D_e - 2t]^4)}{96D_e} \quad S = 1408079.82 \text{ mm}^3$$

$f'_m = 102.77 \text{ MPa}$

CUMPLE

VERIFICACIÓN POR CORTE

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right) \leq F'_v \quad f_v = 0.94 \text{ MPa}$$

$F'_v = 0.95 \text{ MPa}$

CUMPLE

ANEXO N° 29. Memoria de cálculo Plataforma III – Columna

PLATAFORMA III

DISEÑO DE COLUMNAS

DATOS

MOMENTO (M)	0.03 Tnf.m	294199.50 N.m
CORTANTE (V)	0.02 Tnf	196.13 N
AXIAL (N)	7.63 Tnf	74824.74 N
LONGITUD	6.93 m	
Dext	120 mm	
Dint	80 mm	
Espesor (T)	20 mm	
Asecc	6283.18531 mm <sup>2</sup>	
Inercia	8168140.90 mm <sup>4</sup>	
Rgiro	36.06 mm	0.036 m
Clongefec K	1	
Lef	6.93 m	
Mod elast (E)	9500 MPa	
E 0.005	7300 MPa	

ESFUERZOS	Adm Fi	Mod Fi'
Fm Corte	108 MPa	102.60 MPa
Fc compresion	13 MPa	12.35 MPa
Fc lab compresion	41.18 MPa	39.12 MPa
Fv corte	1 MPa	0.95 MPa

$$f'_i = f_i * C_D * C_L * C_r$$

VERIFICACIÓN POR FLEXIÓN

$$f_m = \frac{M}{S} \leq f'_m \quad f'_m = \frac{\pi * (D_e^4 - (D_e - 2t)^4)}{32D_e} \quad S = 136135.68 \text{ mm}^3$$

2.16 MPa  $f'_m = 103 \text{ MPa}$

CUMPLE

VERIFICACIÓN POR CORTE

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right) \leq F'_v \quad f'_v = 1 \text{ MPa}$$

0.07 MPa

CUMPLE

VERIFICACION POR COMPRESION AXIAL

$$N \leq N_{adm} \quad N_{adm} = 7.63 \text{ Tnf} \quad C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{F_c}} C_k = 60.78$$

COLUMNA	ESBELTEZ
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

NO CUMPLE  $\lambda = 192.18$  ESBELTEZ MAYOR A 150, NO TRABAJAR

NO CUMPLE POR LO TANTO SE PROPONE UNA NUEVA SECCIÓN COMPUESTA PARA ELEMENTOS VIGA Y CAMBIAR LOS COEFICIENTES DE MODIFICACION



Item	Valor
Area, m2	0.0187
AS2, m2	0.0100
AS3, m2	0.0119
I33, m4	0.000204
I22, m4	0.000204

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad \begin{array}{ll} \text{Asecc} & 0.0187 \text{ m}^2 \quad 18700 \text{ mm}^2 \\ \text{Inercia} & 0.000204 \text{ m}^4 \quad 204000000 \text{ mm}^4 \\ \text{Rgiro} & 0.10 \text{ m} \end{array}$$

VERIFICACIÓN POR FLEXIÓN

$$f_m = \frac{M}{S} \leq f'_m \quad f'_m = \frac{\pi * (35D_e^4 - 4D_e^2[D_e - 2t]^2 - [D_e - 2t]^4)}{96D_e} \quad S = 1867502.30 \text{ mm}^3$$

0.16 MPa  $f'_m = 102.60 \text{ MPa}$

CUMPLE

VERIFICACIÓN POR CORTE

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right) \leq F'_v \quad f'_v = 1 \text{ MPa}$$

0.02 MPa

CUMPLE

VERIFICACION POR COMPRESION AXIAL

$$N \leq N_{adm} \quad N_{adm} = 7.63 \text{ Tnf} \quad C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{F_c}} C_k = 62.36$$

COLUMNA	ESBELTEZ
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

CUMPLE  $\lambda = 56.78$  COLUMNA INTERMEDIA

$$N_{adm} = f_c \cdot A \left[ 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{\lambda}{C_k} \right)^4 \right]$$

VERIFICACION POR FLEXOCOMPRESIÓN

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{K_m * |M|}{Z * F_m} \leq 1 \quad \text{CUMPLE} \quad 0.14$$

$$K_m = \frac{1}{1 - 1.5 \left( \frac{N}{N_{cr}} \right)} \quad K_m = 1.58$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E_{0.05} I}{I_2^2} \quad N_{cr} = 306045.72 \text{ N}$$

e a Configuración para

ANEXO N° 30. Memoria de cálculo Plataforma III – Columna Inclinada

**PLATAFORMA III**

**DISEÑO DE COLUMNAS INCLINADAS**

DATOS

MOMENTO (M)	0.03 Tnf.m	294199.50 N.m
CORTANTE (V)	0.04 Tnf	392.27 N
AXIAL (N)	2.42 Tnf	23732.09 N
LONGITUD	3.91 m	
Dext	120 mm	
Dint	80 mm	
Espesor (T)	20 mm	
Asecc	6283.19 mm <sup>2</sup>	
Inercia	8168140.90 mm <sup>4</sup>	
Rgiro	36.06 mm	0.036 m
Clongefec K	1	
Lef	3.91 m	
Mod elast (E)	9500 MPa	
E 0.005	7300 MPa	

ESFUERZOS	Adm Fi	Mod Fi'
Fm Corte	108 MPa	108 MPa
Fc compresion	13 MPa	13 MPa
Fc lab compresion	41.18 MPa	41.18 MPa
Fv corte	1 MPa	1 MPa

$$f'_i = f_i * C_D * C_L * C_T$$

VERIFICACIÓN POR FLEXIÓN

$$f_m = \frac{M}{S} \leq f'_m \quad f_m = 2.16 \text{ MPa} \quad S = \frac{\pi * (D_o^4 - (D_e - 2t)^4)}{32D_e} \quad S = 136135.68 \text{ mm}^3$$

CUMPLE

VERIFICACIÓN POR CORTE

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right) \leq F'_v \quad f_v = 0.14 \text{ MPa}$$

CUMPLE

VERIFICACION POR COMPRESION AXIAL

$$N \leq N_{adm} \quad N = 2.42 \text{ Tnf} \quad N_{adm} = 0.13 \text{ Tnf}$$

COLUMNA	ESBELTEZ
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

$$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{f'_c}} \quad C_k = 60.78$$

NO CUMPLE  $\lambda = 108.43$  COLUMNA LARGA

$N_{adm} = 0.2467 \frac{EA}{(\lambda)^2}$

NO CUMPLE POR LO TANTO SE PROCEDE A CAMBIAR LA LONGITUD Y LOS COEFICIENTES DE MODIFICACION

$$N \leq N_{adm} \quad N = 2.42 \text{ Tnf} \quad N_{adm} = 18.97 \text{ Tnf}$$

COLUMNA	ESBELTEZ
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

$$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{f'_c}} \quad C_k = 60.78$$

CUMPLE  $\lambda = 58.24$  COLUMNA INTERMEDIA

$N_{adm} = f_c \cdot A \left[ 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{\lambda}{C_k} \right)^4 \right]$

VERIFICACION POR FLEXOCOMPRESIÓN

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{K_m * |M|}{Z * F'_m} \leq 1 \quad \text{CUMPLE} \quad 0.15$$

$$K_m = \frac{1}{1 - 1.5 \left( \frac{N}{N_{cr}} \right)} \quad K_m = 1.36$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E_{0.05} I}{l_g^2} \quad N_{cr} = 133446.52 \text{ N}$$



ANEXO N° 31. Memoria de cálculo Plataforma III – Arriostre

**PLATAFORMA III**

**DISEÑO DE ARRIOSTRES**

DATOS

MOMENTO (M)	0.05 Tnf.m	490332.50 N.mm
CORTANTE (V)	0.08 Tnf	784.53 N
AXIAL (N)	1.48 Tnf	14513.84 N
LONGITUD	5.85 m	
Dext	120 mm	
Dint	80 mm	
Espesor (T)	20 mm	
Asecc	6283.18531 mm <sup>2</sup>	
Inercia	8168140.90 mm <sup>4</sup>	
Rgiro	36.06 mm	0.036 m
Coef LefK	1	
Lef	5.85 m	
Mod elast (E)	9500 MPa	
E 0.005	7300 MPa	

ESFUERZOS	Adm Fi	Mod Fi'
Fm Corte	108 MPa	108 MPa
Fc compresion	13 MPa	13 MPa
Fc lab compresion	41.18 MPa	41.18 MPa
Fv corte	1 MPa	1 MPa

$$f'_i = f_i * C_D * C_L * C_r$$

VERIFICACIÓN POR FLEXIÓN

$$f_m = \frac{M}{S} \leq f'_m \quad f_m = 3.60 \text{ MPa} \quad S = \frac{\pi * (D_e^4 - (D_e - 2t)^4)}{32D_e} \quad S = 136135.68 \text{ mm}^3$$

$f'_m = 108 \text{ MPa}$

CUMPLE

VERIFICACIÓN POR CORTE

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right) \leq F'_v \quad f_v = 0.28 \text{ MPa}$$

$F'_v = 1 \text{ MPa}$

CUMPLE

VERIFICACION POR COMPRESION AXIAL

$$N \leq N_{adm} \quad N = 1.48 \text{ Tnf} \quad N_{adm} = 60.78$$

COLUMNA	ESBELTEZ
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

$$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{f'_c}} \quad C_k = 60.78$$

COLUMNAS
LARGAS

$$N_{adm} = 0.2467 \frac{EA}{(\lambda)^2}$$

NO CUMPLE  $\lambda = 162.23$  ESBELTEZ MAYOR A 150, NO TRABAJAR

NO CUMPLE POR LO TANTO SE PROCEDE A CAMBIAR LA LONGITUD Y LOS COEFICIENTES DE MODIFICACION

$$N \leq N_{adm} \quad N = 1.48 \text{ Tnf} \quad N_{adm} = 18.97 \text{ Tnf}$$

COLUMNA	ESBELTEZ
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_k$
Largo	$C_k < \lambda < 150$

$$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{f'_c}} \quad C_k = 60.78$$

COLUMNAS
INTERMEDIAS

$$N_{adm} = f_c \cdot A \left[ 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{\lambda}{C_k} \right)^4 \right]$$

CUMPLE  $\lambda = 58.24$  COLUMNA INTERMEDIA

VERIFICACION POR FLEXOCOMPRESIÓN

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{K_m * |M|}{Z * F_m} \leq 1 \quad \text{CUMPLE} \quad 0.12$$

$$K_m = \frac{1}{1 - 1.5 \left( \frac{N}{N_{cr}} \right)} \quad K_m = 1.19$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E_{0.05} I}{L_g^2} \quad N_{cr} = 133446.52 \text{ N}$$

Act  
Ve a



ANEXO N° 32. Memoria de cálculo Plataforma III – Armadura a compresión

**PLATAFORMA III**

**DISEÑO DE ARMADURA A COMPRESION**

DATOS

MOMENTO (M)	0.005 Tnf.m	49033.25 N.m
CORTANTE (V)	0.006 Tnf	58.84 N
AXIAL (N)	2.50 Tnf	24516.63 N
LONGITUD	1.45 m	
Dext	120 mm	
Dint	80 mm	
Espesor (T)	20 mm	
Asecc	6283.19 mm <sup>2</sup>	
Inercia	8168140.90 mm <sup>4</sup>	
Rgiro	36.06 mm	0.036 m
Clongefec K	1	
Lef	1.45 m	
Mod elast (E)	9500 MPa	
E 0.005	7300 MPa	

ESFUERZOS	Adm Fi	Mod Fi'
Fm Corte	108 MPa	108 MPa
Fc compresion	13 MPa	13 MPa
Fc lab compresion	41.18 MPa	41.18 MPa
Fv corte	1 MPa	1 MPa

$$f'_i = f_i * C_D * C_L * C_T$$

VERIFICACIÓN POR FLEXIÓN

$$f_m = \frac{M}{S} \leq f'_m \quad f_m = 0.36 \text{ MPa} \quad S = \frac{\pi * (D_e^4 - (D_e - 2t)^4)}{32D_e} \quad S = 136135.68 \text{ mm}^3$$

108 MPa

CUMPLE

VERIFICACIÓN POR CORTE

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right) \leq F'_v \quad f_v = 0.02 \text{ MPa}$$

1 MPa

CUMPLE

VERIFICACION POR COMPRESION AXIAL

$$N \leq N_{adm} \quad N = 2.50 \text{ Tnf} \quad N_{adm} = 24.70 \text{ Tnf}$$

COLUMNA	ESBELTEZ
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

$$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{F'_c}} \quad C_k = 60.78$$

40.22 COLUMNA INTERMEDIA

COLUMNAS INTERMEDIAS
$N_{adm} = f_c \cdot A \left[ 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{\lambda}{C_k} \right)^4 \right]$

CUMPLE

VERIFICACION POR FLEXOCOMPRESIÓN

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{K_m * |M|}{Z * F_m} \leq 1 \quad \text{CUMPLE} \quad 0.11$$

$$K_m = \frac{1}{1 - 1.5 \left( \frac{N}{N_{cr}} \right)} \quad K_m = 1.15$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E_{0.05} I}{l_e^2} \quad N_{cr} = 279904.46 \text{ N}$$

ANEXO N° 33. Memoria de cálculo Plataforma III – Armadura a tensión

**PLATAFORMA III**

**DISEÑO DE ARMADURA A TENSION**

DATOS

MOMENTO (M)	0.006 Tnf.m	58839.90 N.mm
CORTANTE (V)	0.02 Tnf	196.13 N
AXIAL (N)	1.97 Tnf	19319.10 N
LONGITUD	1.30 m	
Dext	110 mm	
Dint	84 mm	
Espesor (T)	13 mm	
Asecc	3961.55 mm <sup>2</sup>	
Inercia	4742963.75 mm <sup>4</sup>	
Rgiro	34.60 mm	0.035 m
Clongefec K	1	
Lef	1.30 m	
Mod elast (E)	9500 MPa	
E 0.005	7300 MPa	

ESFUERZOS	Adm Fi	Mod Fi'
Fm Corte	108.18 MPa	108.18 MPa
Ft tracción	16 MPa	16 MPa
Fc lab compresion	41 MPa	41 MPa
Fv corte	1 MPa	1 MPa

$$f'_i = f_i * C_D * C_L * C_r$$

VERIFICACIÓN POR FLEXIÓN

$$f_m = \frac{M}{S} \leq f'_m \quad f'_m = \frac{\pi * (D_e^4 - (D_e - 2t)^4)}{32D_e} \quad S = 86235.70 \text{ mm}^3$$

0.68 MPa      108 MPa

CUMPLE

VERIFICACIÓN POR CORTE

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right) \leq F'_v \quad f'_v = 1 \text{ MPa}$$

0.11 MPa

CUMPLE

VERIFICACION POR TENSION AXIAL

$$f_t = \frac{T}{A_n} \leq F'_t \quad F'_t = 16 \text{ MPa}$$

4.88 MPa

CUMPLE

VERIFICACION POR TENSION AXIAL Y FLEXION

$$\frac{f_t}{F'_t} + \frac{f_b}{F'_b} \leq 1 \quad \text{CUMPLE} \quad 0.31$$

ANEXO N° 34. Memoria de cálculo Unidad 8 – Viga

**UNIDAD 8**

**DISEÑO DE VIGAS**

DATOS

MOMENTO (M)	0.56 Tnf.m	5462304.05 N.mm
CORTANTE (V)	0.24 Tnf	2353.60 N
LONGITUD	4.59 m	
Dext	110 mm	
Dint	84 mm	
Espesor (T)	13 mm	
Asecc	3961.5483 mm <sup>2</sup>	
Inercia	4742963.70 mm <sup>4</sup>	
Rgiro	36.06 mm	0.036 m
Clongefec K	1	
Lef	4.59 m	
Mod elast (E)	9500 MPa	
E 0.005	7300 MPa	

ESFUERZOS	Adm Fi	Mod Fi'
Fm Corte	108.18 MPa	106.02 MPa
Fv corte	1 MPa	0.95 MPa

$$f'_i = f_i * C_D * C_L * C_T$$

VERIFICACIÓN POR FLEXIÓN

$$f_m = \frac{M}{S} \leq f'_m \quad f_m = 63.34 \text{ MPa} \quad S = \frac{\pi * (D_o^4 - (D_e - 2t)^4)}{32D_e} \quad S = 86235.70 \text{ mm}^3$$

$f'_m = 108.18 \text{ MPa}$

CUMPLE

VERIFICACIÓN POR CORTE

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right) \leq F'_v \quad f_v = 1.29 \text{ MPa}$$

$F'_v = 1 \text{ MPa}$

NO CUMPLE

NO CUMPLE POR LO TANTO SE PROPONE UNA NUEVA SECCIÓN COMPUESTA PARA ELEMENTOS VIGA Y CAMBIAR LOS COEFICIENTES DE MODIFICACION



Asecc 0.0079 m<sup>2</sup> 7900 mm<sup>2</sup>

Item	Value
Area, m2	0.0079
AS2, m2	0.0054

VERIFICACIÓN POR FLEXIÓN

$$f_m = \frac{M}{S} \leq f'_m \quad f_m = 17.96 \text{ MPa} \quad S = \frac{\pi * (5D_o^4 - 4D_e^2[D_e - 2t]^2 - [D_e - 2t]^4)}{32D_e} \quad S = 304120.86 \text{ mm}^3$$

$f'_m = 106.02 \text{ MPa}$

CUMPLE

VERIFICACIÓN POR CORTE

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right) \leq F'_v \quad f_v = 0.65 \text{ MPa}$$

$F'_v = 0.95 \text{ MPa}$

CUMPLE

ANEXO N° 35. Memoria de cálculo Unidad 8 – Columna

UNIDAD 8

DISEÑO DE COLUMNAS

DATOS

MOMENTO (M)	0.11 Tnf.m	1078731.50 N.m
CORTANTE (V)	0.245 Tnf	2398.71 N
AXIAL (N)	10.45 Tnf	102479.49 N
LONGITUD	4.43 m	
Dext	120 mm	
Dint	80 mm	
Espesor (T)	20 mm	
Asecc	6283.18531 mm <sup>2</sup>	
Inercia	8168140.90 mm <sup>4</sup>	
Rgiro	36.06 mm	0.036 m
Clongefec K	1	
Lef	4.43 m	
Mod elast (E)	9500 MPa	
E 0.005	7300 MPa	

ESFUERZOS	Adm Fi	Mod Fi'
Fm Corte	108 MPa	102.60 MPa
Fc compresion	13 MPa	12.35 MPa
Fc lab compresion	41.18 MPa	39.12 MPa
Fv corte	1 MPa	0.95 MPa

$$f'_i = f_i + C_D + C_L + C_r$$

VERIFICACIÓN POR FLEXIÓN

$$f_m = \frac{M}{S} \leq f'_m \quad f'_m = \frac{\pi * (D_e^4 - (D_e - 2t)^4)}{32D_e} \quad S = 136135.68 \text{ mm}^3$$

7.92 MPa

103 MPa

CUMPLE

VERIFICACIÓN POR CORTE

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right) \leq F'_v \quad f_v = 0.86 \text{ MPa}$$

1 MPa

CUMPLE

VERIFICACION POR COMPRESION AXIAL

$$N \leq N_{adm} \quad N_{adm} = \frac{C_k}{\lambda} \quad C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{f_c}} \quad C_k = 60.78$$

COLUMNA	ESBELTEZ
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

NO CUMPLE  $\lambda = 122.85$  COLUMNA LARGA

COLUMNAS LARGAS

$$N_{adm} = 0.2467 \frac{EA}{(\lambda)^2}$$

NO CUMPLE POR LO TANTO SE PROPONE UNA NUEVA SECCIÓN COMPUESTA PARA ELEMENTOS VIGA Y CAMBIAR LOS COEFICIENTES DE MODIFICACION



Item	Valor
Asecc	0.0187
Isecc	0.000204
Rgiro	0.104

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad Asecc = 0.0187 \text{ m}^2 \quad 18700 \text{ mm}^2$$

Inercia = 0.000204 m<sup>4</sup> 204000000 mm<sup>4</sup>

Rgiro = 0.104 m

VERIFICACIÓN POR FLEXIÓN

$$f_m = \frac{M}{S} \leq f'_m \quad f'_m = \frac{\pi * (35D_e^4 - 4D_e^2[D_e - 2t]^2 - [D_e - 2t]^4)}{96D_e} \quad S = 1867502.30 \text{ mm}^3$$

0.58 MPa

102.60 MPa

CUMPLE

VERIFICACIÓN POR CORTE

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right) \leq F'_v \quad f_v = 0.29 \text{ MPa}$$

0.95 MPa

CUMPLE

VERIFICACION POR COMPRESION AXIAL

$$N \leq N_{adm} \quad N_{adm} = \frac{C_k}{\lambda} \quad C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{f_c}} \quad C_k = 62.36$$

COLUMNA	ESBELTEZ
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

CUMPLE  $\lambda = 42.41$  COLUMNA INTERMEDIA

COLUMNAS INTERMEDIAS

$$N_{adm} = f_c \cdot A \left[ 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{\lambda}{C_k} \right)^4 \right]$$

VERIFICACION POR FLEXOCOMPRESIÓN

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{K_m * |M|}{Z * F_m} \leq 1 \quad \text{CUMPLE} \quad 0.16$$

$$K_m = \frac{1}{1 - 1.5 \left( \frac{N}{N_{cr}} \right)} \quad K_m = 1.26$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E_{0.05} I}{I_g^2} \quad N_{cr} = 748937.06 \text{ N}$$

e a Configuración para

ANEXO N° 36. Memoria de cálculo Unidad 8 – Columna Inclinada

**UNIDAD 8**

**DISEÑO DE COLUMNAS INCLINADAS**

DATOS

MOMENTO (M)	0.156 Tnf.m	1527876.07 N.mm
CORTANTE (V)	0.152 Tnf.m	1490.61 N
AXIAL (N)	3.567 Tnf	34979.34 N
LONGITUD	2.33 m	
Dext	120 mm	
Dint	80 mm	
Espesor (T)	20 mm	
Asecc	6283.18531 mm <sup>2</sup>	
Inercia	8168140.90 mm <sup>4</sup>	
Rgiro	36.06 mm	0.036 m
Clongefec K	1	
Lef	2.33 m	
Mod elast (E)	9500 MPa	
E 0.005	7300 MPa	

ESFUERZOS	Adm Fi	Mod Fi
Fm Corte	108 MPa	108 MPa
Fc compresion	13 MPa	13 MPa
Fc lab compresion	41.18 MPa	41.18 MPa
Fv corte	1 MPa	1 MPa

$$f'_i = f_i * C_D * C_L * C_r$$

VERIFICACIÓN POR FLEXIÓN

$$f_m = \frac{M}{S} \leq f'_m \quad f_m = 11.22 \text{ MPa} \quad S = \frac{\pi * (D_e^4 - (D_e - 2t)^4)}{32D_e} \quad S = 136135.68 \text{ mm}^3$$

CUMPLE

VERIFICACIÓN POR CORTE

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right) \leq F'_v \quad f_v = 0.54 \text{ MPa}$$

CUMPLE

VERIFICACION POR COMPRESION AXIAL

$$N \leq N_{adm} \quad N = 3.57 \text{ Tnf} \quad N_{adm} = 0.36 \text{ Tnf}$$

COLUMNA	ESBELTEZ
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

$$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{f'_c}} \quad C_k = 60.78$$

NO CUMPLE  $\lambda = 64.61$  COLUMNA LARGA

NO CUMPLE POR LO TANTO SE PROCEDE A CAMBIAR LA LONGITUD Y LOS COEFICIENTES DE MODIFICACION

COLUMNA	ESBELTEZ
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

$$N \leq N_{adm} \quad N = 3.57 \text{ Tnf} \quad N_{adm} = 20.29 \text{ Tnf}$$

$$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{f'_c}} \quad C_k = 60.78$$

$$N_{adm} = f_c \cdot A \left[ 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{\lambda}{C_k} \right)^4 \right]$$

CUMPLE  $\lambda = 55.46$  COLUMNA INTERMEDIA

VERIFICACION POR FLEXOCOMPRESIÓN

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{K_m * |M|}{Z * F_m} \leq 1 \quad \text{CUMPLE} \quad 0.34$$

$$K_m = \frac{1}{1 - 1.5 \left( \frac{N}{N_{cr}} \right)} \quad K_m = 1.55$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E_{0.05} I}{l_g^2} \quad N_{cr} = 147124.78 \text{ N}$$

ANEXO N° 37. Memoria de cálculo Unidad 8 – Arriostre

**UNIDAD 8**

**DISEÑO DE ARRIOSTRES**

DATOS

MOMENTO (M)	0.03 Tnf.m	294199.50 N.m
CORTANTE (V)	0.07 Tnf	686.47 N
AXIAL (N)	1.07 Tnf	10493.12 N
LONGITUD	2.70 m	
Dext	120 mm	
Dint	80 mm	
Espesor (T)	20 mm	
Asecc	6283.18531 mm <sup>2</sup>	
Inercia	8168140.90 mm <sup>4</sup>	
Rgiro	36.06 mm	0.036 m
Coef Lef K	1	
Lef	2.70 m	
Mod elast (E)	9500 MPa	
E 0.005	7300 MPa	

ESFUERZOS	Adm Fi	Mod Fi'
Fm Corte	108 MPa	108 MPa
Fc compresion	13 MPa	13 MPa
Fc lab compresion	41.18 MPa	45.30 MPa
Fv corte	1 MPa	1 MPa

$$f'_i = f_i * C_D * C_L * C_r$$

VERIFICACIÓN POR FLEXIÓN

$$f_m = \frac{M}{S} \leq f'_m \quad f_m = 2.16 \text{ MPa} \quad S = \frac{\pi * (D_o^4 - (D_e - 2t)^4)}{32D_e} \quad S = 136135.68 \text{ mm}^3$$

CUMPLE  $f'_m = 108 \text{ MPa}$

VERIFICACIÓN POR CORTE

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right) \leq F'_v \quad f_v = 0.25 \text{ MPa}$$

CUMPLE  $F'_v = 1 \text{ MPa}$

VERIFICACION POR COMPRESION AXIAL

$$N \leq N_{adm} \quad N = 1.07 \text{ Tnf} \quad N_{adm} = 0.27 \text{ Tnf}$$

COLUMNA	ESBELTEZ
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

$$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{f'_c}} \quad C_k = 60.78$$

NO CUMPLE  $\lambda = 74.88$  COLUMNA LARGA

COLUMNAS LARGAS  $N_{adm} = 0.2467 \frac{EA}{(\lambda)^2}$

NO CUMPLE POR LO TANTO SE PROCEDE A CAMBIAR LA LONGITUD Y LOS COEFICIENTES DE MODIFICACION

$$N \leq N_{adm} \quad N = 1.07 \text{ Tnf} \quad N_{adm} = 18.97 \text{ Tnf}$$

COLUMNA	ESBELTEZ
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

$$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{f'_c}} \quad C_k = 60.78$$

CUMPLE  $\lambda = 58.24$  COLUMNA INTERMEDIA

COLUMNAS INTERMEDIAS  $N_{adm} = f_c \cdot A \left[ 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{\lambda}{C_k} \right)^4 \right]$

VERIFICACION POR FLEXOCOMPRESIÓN

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{K_m * |M|}{Z * F_m} \leq 1 \quad \text{CUMPLE} \quad 0.08$$

$$K_m = \frac{1}{1 - 1.5 \left( \frac{N}{N_{cr}} \right)} \quad K_m = 1.13$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E_{0.05} I}{l^2} \quad N_{cr} = 133446.52 \text{ N}$$

ANEXO N° 38. Memoria de cálculo Unidad 8 – Armadura a compresión

**UNIDAD 8**

**DISEÑO DE ARMADURA A COMPRESION**

DATOS

MOMENTO (M)	0.17 Tnf.m	1667130.50 N.m
CORTANTE (V)	0.16 Tnf	1569.06 N
AXIAL (N)	6.10 Tnf	59820.57 N
LONGITUD	1.27 m	
Dext	110 mm	
Dint	84 mm	
Espesor (T)	13 mm	
Asecc	3961.55 mm <sup>2</sup>	
Inercia	4742963.75 mm <sup>4</sup>	
Rgiro	34.60 mm	0.035 m
Clongefec K	1	
Lef	1.27 m	
Mod elast (E)	9500 MPa	
E 0.005	7300 MPa	

ESFUERZOS	Adm Fi	Mod Fi'
Fm Corte	108 MPa	108 MPa
Fc compresion	13 MPa	13 MPa
Fc lab compresion	41.18 MPa	41.18 MPa
Fv corte	1 MPa	1 MPa

$$f'_i = f_i * C_D * C_L * C_r$$

VERIFICACIÓN POR FLEXIÓN

$$f_m = \frac{M}{S} \leq f'_m \quad f'_m = \frac{\pi * (D_e^4 - (D_e - 2t)^4)}{32D_e} \quad S = 86235.70 \text{ mm}^3$$

19.33 MPa  $\leq$  108 MPa

CUMPLE

VERIFICACIÓN POR CORTE

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right) \leq F'_v \quad f'_v = 0.86 \text{ MPa}$$

1 MPa

CUMPLE

VERIFICACION POR COMPRESION AXIAL

$$N \leq N_{adm} \quad N_{adm} = 6.10 \text{ Tnf} \quad N = 15.90 \text{ Tnf}$$

COLUMNA	ESBELTEZ
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

$$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{f'_c}} \quad C_k = 60.78$$

$\lambda = 36.70$  COLUMNA INTERMEDIA

COLUMNAS INTERMEDIAS
$N_{adm} = f_c \cdot A \left[ 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{\lambda}{C_k} \right)^4 \right]$

CUMPLE

VERIFICACION POR FLEXOCOMPRESIÓN

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{K_m * |M|}{Z * F_m} \leq 1 \quad 0.69 \quad \text{CUMPLE}$$

$$K_m = \frac{1}{1 - 1.5 \left( \frac{N}{N_{cr}} \right)} \quad K_m = 1.73$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E_{0.05} I}{l_e^2} \quad N_{cr} = 211867.81 \text{ N}$$



ANEXO N° 39. Memoria de cálculo Unidad 8 – Armadura a tensión

**UNIDAD 8**

**DISEÑO DE ARMADURA A TENSION**

DATOS

MOMENTO (M)	0.09 Tnf.m	843371.90 N.mm
CORTANTE (V)	0.16 Tnf	1608.29 N
AXIAL (N)	2.54 Tnf	24889.28 N
LONGITUD	4.50 m	
Dext	110 mm	
Dint	84 mm	
Espesor (T)	13 mm	
Asecc	3961.55 mm <sup>2</sup>	
Inercia	4742963.75 mm <sup>4</sup>	
Rgiro	34.60 mm	0.035 m
Clongefec K	1	
Lef	4.50 m	
Mod elast (E)	9500 MPa	
E 0.005	7300 MPa	

ESFUERZOS	Adm Fi	Mod Fi'
Fm Corte	108.18 MPa	108.18 MPa
Ft tracción	16 MPa	16 MPa
Fc lab compresion	41 MPa	41 MPa
Fv corte	1 MPa	1 MPa

$$f'_i = f_i * C_D * C_L * C_T$$

VERIFICACIÓN POR FLEXIÓN

$$f_m = \frac{M}{S} \leq f'_m \quad f'_m = 108 \text{ MPa} \quad S = \frac{\pi * (D_e^4 - (D_e - 2t)^4)}{32D_e} \quad S = 86235.70 \text{ mm}^3$$

CUMPLE

VERIFICACIÓN POR CORTE

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left( \frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right) \leq F'_v \quad f'_v = 1 \text{ MPa}$$

CUMPLE

VERIFICACION POR TENSION AXIAL

$$f_t = \frac{T}{An} \leq F'_t \quad F'_t = 16 \text{ MPa}$$

CUMPLE

VERIFICACION POR TENSION AXIAL Y FLEXION

$$\frac{f_t}{F'_t} + \frac{f_b}{F'_b} \leq 1 \quad \text{CUMPLE} \quad 0.48$$



## ANEXO N° 40. *Certificado Ensayos de Laboratorio*



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO  
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERIA  
Laboratorio de Concreto y Reciclado

INFORME 2022

### CERTIFICADO DE ENSAYOS DE LABORATORIO

**Solicitantes / DNI:** Jose Carlos Amaranto Gonzalez / 75448557

Victor Enrique Gallo Montoya/ 741455554

**Institución:** Universidad Privada del Norte

**Investigación:** Análisis estructural y determinación del grado de vulnerabilidad de las cubiertas de bambú para el cuidado de monumentos históricos, Trujillo – 2022

**I. MUESTRA:**

Especímenes: 6 bambúes de 4.5" diámetro x 12 cm de altura

Muestreo: Realizados por los tesisistas

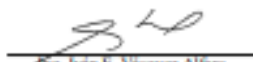
**II. ENSAYOS A APLICAR:**

- Contenido de Humedad
- Resistencia a la compresión
- Resistencia a la flexión

**III. PARÁMETROS DEL EQUIPO:** Se considera un error de  $\pm 0.5\%$

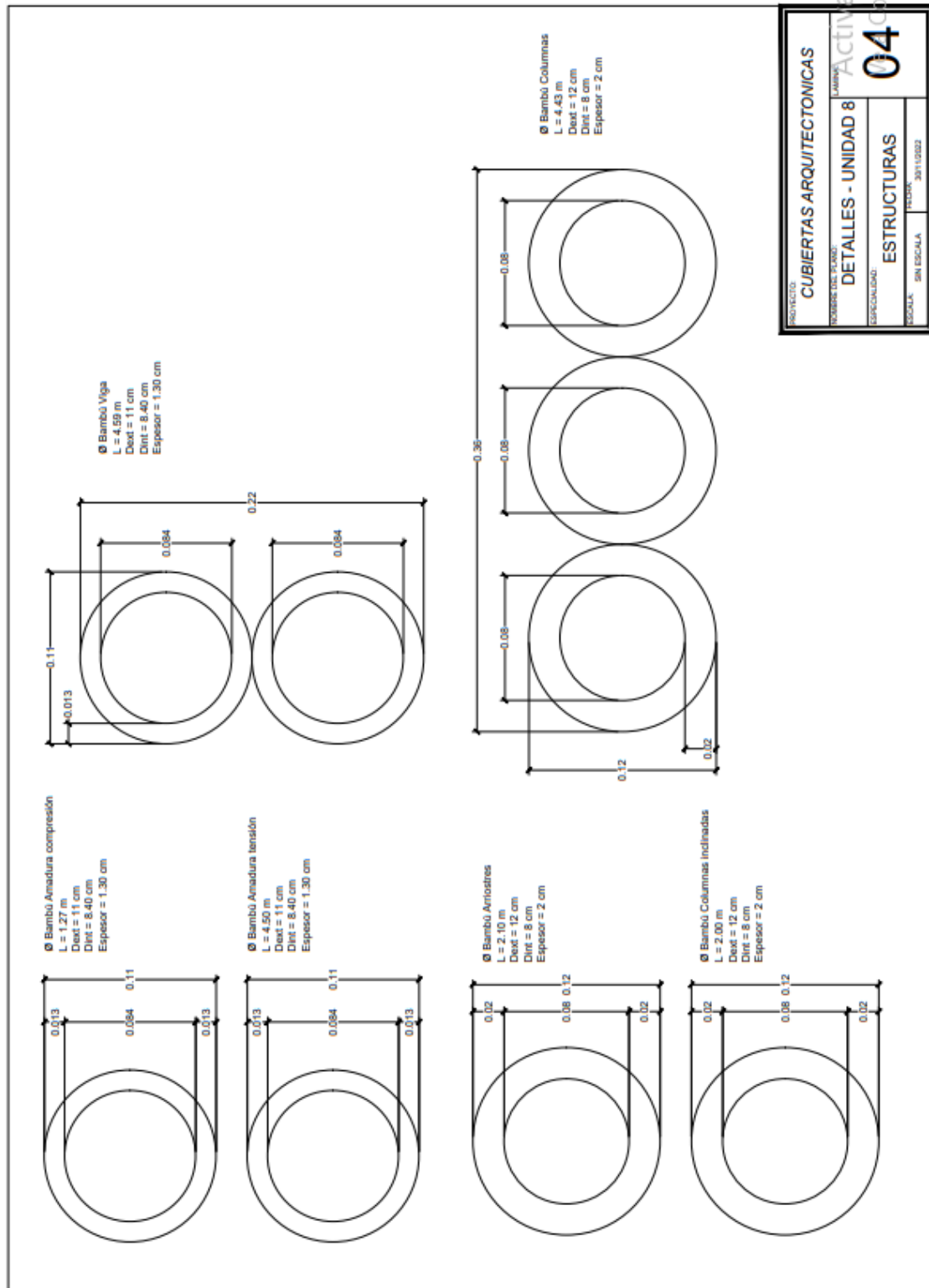
Compresión				
Marca	Modo	Unidades	Velocidad de carga	Capacidad Máxima
Ele International	Mode I: Compresion	SI	0,01 mm/s	2000 KN
Flexión				
Marca	Modo	Unidades	Velocidad de carga	Capacidad Máxima
Ele International	Mode II: Flexion	SI	0,5 mm/s	196 KN
Humedad				
Marca	Modo	Unidades	Capacidad Máxima	
Valtox	Mode I: Peso	SI	5 kg	
General Electric	Mode I: Secado	SI	400 °C	

**Jefe de Laboratorio de concreto y reciclado:** Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro

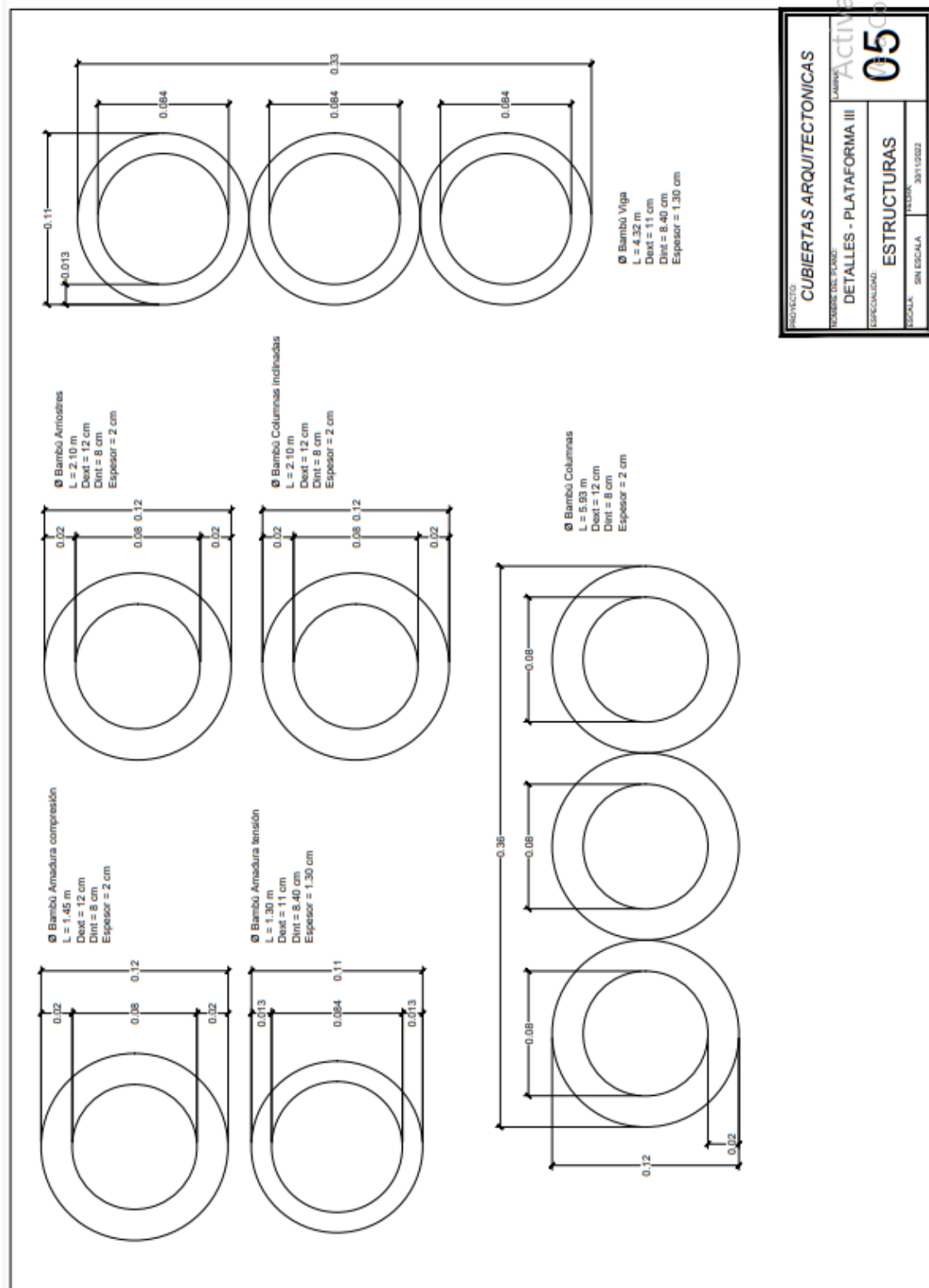


Ing. Iván E. Vásquez Alfaro  
ING. MATERIALES  
R. CIP 123509

ANEXO N° 41. Plano detalles secciones Unidad 8



**ANEXO N° 42. Plano detalles secciones Plataforma III**



ANEXO N° 43. Plano detalles secciones Terraza 1

