

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL  
COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN PABELLÓN DE LA  
INSTITUCIÓN EDUCATIVA MIGUEL PRO, TACNA, 2022”**

**PARA OPTAR:  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA**  
**Bach. ARTURO REY SERRUTO SALAS**

**TACNA – PERÚ**  
**2022**

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL  
COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN PABELLÓN DE LA  
INSTITUCIÓN EDUCATIVA MIGUEL PRO, TACNA, 2022”**

Tesis sustentada y aprobada el 02 de julio de 2022, estando el jurado calificador integrado por:

**PRESIDENTA: Mtra. DINA MARLENE COTRADO FLORES**

**SECRETARIO: Mtro. WILBER PERCY MENDOZA RAMIREZ**

**VOCAL: Mtro. EDGAR HIPÓLITO CHAPARRO QUISPE**

**ASESOR: Mtro. GIANCARLOS JAVIER MACHACA FRIAS**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Pamela del Rosario Cuchillo Choqueza, en calidad de Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificada con DNI 73509301.

Yo, Arturo Rey Serruto Salas, en calidad de Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 70600602.

Declaramos bajo juramento que:

1. Somos autores de la tesis titulada:

*“Evaluación estructural para determinar el comportamiento sísmico de un pabellón de la Institución Educativa Miguel Pro, Tacna, 2022”*

la cual presentamos para optar el:

*Título Profesional de Ingeniero Civil.*

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra los derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumimos frente a la universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra presentada. En consecuencia, nos hacemos responsables frente a la universidad y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello a favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumimos las consecuencias y sanciones que de

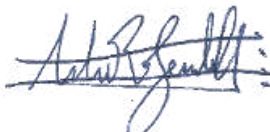
nuestra acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 10 de junio de 2022



.....  
Bach. Cuchillo Choqueza, Pamela del Rosario

DNI: 73509301



.....  
Bach. Serruto Salas, Arturo Rey

DNI: 70600602

**DEDICATORIA**

*A mis padres por su cariño y sacrificio para darme educación.*

*A mi hermana por ser mi compañía incondicional.*

*A mis tíos que confiaron en mí.*

*Pamela del Rosario Cuchillo Choqueza*

*A mis padres por darme su amor y ser mi inspiración.*

*A mis hermanos por ser mi apoyo y mis compañeros leales.*

*Arturo Rey Serruto Salas*

## **AGRADECIMIENTO**

*A nuestro asesor, Mtro. Giancarlos Javier Machaca Frías, por su apoyo durante la realización de esta tesis.*

*A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, quienes participaron en nuestra formación profesional y personal a lo largo de nuestros estudios universitarios.*

## ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DEL JURADO.....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD.....	iii
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE GENERAL .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT .....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.1. Descripción del Problema.....	2
1.2. Formulación del Problema.....	2
1.2.1. Problema General.....	2
1.2.2. Problemas Específicos.....	3
1.3. Justificación e Importancia .....	3
1.4. Objetivos .....	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivos Específicos.....	3
1.5. Hipótesis .....	4
1.5.1. Hipótesis General .....	4
1.5.2. Hipótesis Específicas.....	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes del Estudio.....	5
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	5
2.1.2. Antecedentes Nacionales .....	6
2.1.3. Antecedentes Locales.....	6
2.2. Bases Teóricas.....	8
2.2.1. Evaluación Estructural .....	8
2.2.2. Patología .....	8
2.2.2.1. Etiología de Patologías.....	8
2.2.2.2. Clasificación de Patologías.....	10
2.2.3. Ensayo de Esclerometría .....	10
2.2.3.1. Área de Prueba e Interferencias.....	11
2.2.4. Periodo Fundamental de Vibración .....	11
2.2.5. Zonas Sísmicas .....	12

2.2.6. Perfiles de Suelo.....	13
2.2.7. Parámetros de Sitio .....	14
2.2.8. Factor de Amplificación Sísmica .....	14
2.2.9. Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso .....	14
2.2.10. Sistemas Estructurales .....	16
2.2.10.1. Estructuras de Concreto Armado.....	16
2.2.10.2. Estructuras de Albañilería.....	17
2.2.10.3. Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas.....	17
2.2.11. Regularidad Estructural.....	17
2.2.11.1. Factores de Irregularidad.....	17
2.2.11.2. Restricciones a la Irregularidad .....	18
2.2.12. Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas .....	19
2.2.13. Fuerza Cortante en la Base .....	19
2.2.14. Aceleración Espectral .....	19
2.2.15. Fuerza Cortante Mínima .....	20
2.2.16. Desplazamientos Laterales.....	20
2.2.17. Límites de Deriva .....	20
2.2.18. Daño Estructural y Desplazamientos Laterales .....	21
2.2.19. Reparación y Reforzamiento.....	21
2.3. Definición de Términos.....	22
2.3.1. Análisis Estructural .....	22
2.3.2. Esfuerzo Cortante .....	22
2.3.3. Esfuerzo de Compresión.....	22
2.3.4. Estructura .....	22
2.3.5. Fisuras o Grietas Estructurales .....	22
2.3.6. Periodo de Vibración.....	23
2.3.7. Periodo Fundamental de Vibración .....	23
2.3.8. Sismos.....	23
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....	24
3.1. Tipo y Nivel de la Investigación .....	24
3.1.1. Tipo de Investigación .....	24
3.1.2. Nivel de la Investigación .....	24
3.2. Población y Muestra de Estudio .....	24
3.2.1. Población.....	24
3.2.2. Muestra.....	24
3.3. Operacionalización de Variables .....	24
3.4. Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos .....	25
3.4.1. Ubicación.....	25
3.4.2. Técnicas .....	27



3.4.2.1. Visitas de Campo .....	27
3.4.2.2. Mediciones .....	29
3.4.2.3. Inspección Visual de Patologías Estructurales .....	29
3.4.3. Instrumentos .....	37
3.4.3.1. Elaboración de Planos.....	37
3.4.3.2. Fichas de Inspección Visual de Patologías Estructurales .....	44
3.4.3.3. Realización del Ensayo de Esclerometría.....	45
3.5. Procesamiento y Análisis de Datos .....	46
3.5.1. Sumario de la Inspección Visual de Patologías Estructurales .....	46
3.5.2. Datos del Ensayo de Esclerometría .....	47
3.5.3. Análisis Estructural del Modelo del Pabellón Evaluado Existente.....	48
3.5.3.1. Definición de los Materiales.....	48
3.5.3.2. Definición y Dibujo de los Elementos Estructurales .....	51
3.5.3.3. Asignación de Cargas .....	61
3.5.3.4. Restricciones y Diafragmas en el Pabellón Evaluado Existente .....	69
3.5.3.5. Análisis Modal del Pabellón Evaluado Existente.....	71
3.5.3.6. Determinación de Factores y Coeficientes Sísmicos .....	72
3.5.3.7. Verificación de Sistema Estructural .....	74
3.5.3.8. Irregularidades en Altura .....	75
3.5.3.9. Irregularidades en Planta .....	76
3.5.3.10. Factores y Coeficientes Sísmicos Corregidos.....	77
3.5.4. Análisis Estructural del Modelo de la Propuesta de Reforzamiento.....	78
3.5.4.1. Definición y Dibujo de los Elementos Reforzados.....	81
3.5.4.2. Restricciones y Diafragmas en la Propuesta de Reforzamiento .....	85
3.5.4.3. Análisis Modal de la Propuesta de Reforzamiento.....	87
3.5.4.4. Nuevos Factores y Coeficientes Sísmicos.....	87
CAPÍTULO IV: RESULTADOS .....	89
4.1. Características Estructurales del Pabellón Evaluado.....	89
4.1.1. Patologías Estructurales .....	89
4.1.2. Resultados del Ensayo de Esclerometría.....	90
4.2. Análisis Sísmico del Pabellón Evaluado Existente.....	90
4.2.1. Periodo Fundamental de Vibración del Pabellón Evaluado Existente.....	90
4.2.2. Fuerza Cortante en la Base del Pabellón Evaluado Existente.....	91
4.2.3. Control de Derivas del Pabellón Evaluado Existente.....	91
4.3. Análisis Sísmico de la Propuesta de Reforzamiento.....	93
4.3.1. Periodo Fundamental de Vibración de la Propuesta de Reforzamiento..	93
4.3.2. Fuerza Cortante en la Base de la Propuesta de Reforzamiento.....	94
4.3.3. Control de Derivas de la Propuesta de Reforzamiento.....	94
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	97

CONCLUSIONES.....	99
RECOMENDACIONES.....	101
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
ANEXOS.....	105

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Etiología de las patologías en el proceso de la edificación .....	9
Tabla 2. Factores de zona .....	13
Tabla 3. Clasificación de los perfiles de suelo.....	13
Tabla 4. Factor de amplificación del suelo S.....	14
Tabla 5. Periodos $T_P$ y $T_L$ .....	14
Tabla 6. Categoría de las edificaciones y factor de uso .....	15
Tabla 7. Sistemas estructurales y coeficientes básicos de reducción .....	17
Tabla 8. Irregularidades en altura .....	18
Tabla 9. Irregularidades en planta.....	18
Tabla 10. Restricciones a la irregularidad .....	19
Tabla 11. Límites para la deriva o distorsión del entrepiso.....	20
Tabla 12. Cuadro de operacionalización de variables .....	25
Tabla 13. Formato para el ensayo de esclerometría .....	47
Tabla 14. Propiedades mecánicas del concreto y de la albañilería .....	49
Tabla 15. Carga muerta en losas.....	61
Tabla 16. Carga viva en losas.....	62
Tabla 17. Modos de vibración del pabellón evaluado existente.....	72
Tabla 18. Peso del pabellón evaluado existente .....	72
Tabla 19. Parámetros de sitio y periodos fundamentales.....	73
Tabla 20. Factores y coeficientes sísmicos provisionales .....	73
Tabla 21. Verificación del sistema estructural en dirección X.....	74
Tabla 22. Verificación del sistema estructural en dirección Y.....	74
Tabla 23. Irregularidad de rigidez – piso blando en dirección X .....	75
Tabla 24. Irregularidad de rigidez – piso blando en dirección Y .....	75
Tabla 25. Irregularidad de masa o peso.....	76
Tabla 26. Irregularidad torsional en X .....	76
Tabla 27. Irregularidad torsional en Y .....	77
Tabla 28. Factores y coeficientes sísmicos corregidos .....	77
Tabla 29. Modos de vibración de la propuesta de reforzamiento .....	87
Tabla 30. Peso de la propuesta de reforzamiento.....	87
Tabla 31. Nuevos factores y coeficientes sísmicos .....	88
Tabla 32. Resultados del ensayo de esclerometría.....	90
Tabla 33. Verificación de cortante en la base del pabellón evaluado existente .....	91
Tabla 34. Control de derivas en X del pabellón evaluado existente .....	91
Tabla 35. Control de derivas en Y del pabellón evaluado existente .....	92
Tabla 36. Verificación de cortante en la base de la propuesta de reforzamiento .....	94
Tabla 37. Control de derivas en X de la propuesta de reforzamiento .....	94

Tabla 38. Control de derivas en Y de la propuesta de reforzamiento .....	95
--	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esclerómetro.....	10
Figura 2. Zonas sísmicas del Perú.....	12
Figura 3. Clasificación de los sistemas estructurales en concreto.....	16
Figura 4. Ubicación de la Institución Educativa Miguel Pro .....	25
Figura 5. Ubicación del pabellón evaluado.....	26
Figura 6. Amplificación sísmica local en la zona de estudio .....	26
Figura 7. Vista general del pabellón evaluado .....	27
Figura 8. Sección típica de losa aligerada.....	28
Figura 9. Vista del tercer nivel del pabellón evaluado .....	28
Figura 10. Unidad de mampostería.....	29
Figura 11. Eflorescencia .....	30
Figura 12. Humedad .....	30
Figura 13. Fisura por flexión en losas .....	31
Figura 14. Fisura por momentos torsionales en losas .....	31
Figura 15. Fisura por retracción térmica en losas .....	32
Figura 16. Fisura por columna corta .....	32
Figura 17. Fisura por junta de hormigonado .....	33
Figura 18. Fisura por flexión en vigas .....	33
Figura 19. Fisura bajo cargas de servicio en vigas .....	34
Figura 20. Fisura por aplastamiento en muros.....	34
Figura 21. Fisura por adherencia del muro .....	35
Figura 22. Fisura por mapeo del muro .....	35
Figura 23. Fisura por tensión en muros .....	36
Figura 24. Fisura por flexión en muros.....	36
Figura 25. Lámina A-01: Distribución en planta.....	37
Figura 26. Lámina A-02: Distribución en planta.....	38
Figura 27. Lámina A-03: Detalles de vanos .....	39
Figura 28. Lámina A-04: Elevaciones .....	40
Figura 29. Lámina A-05: Cortes.....	41
Figura 30. Lámina E-01: Estructura en techos .....	42
Figura 31. Lámina E-02: Estructura en techos .....	43
Figura 32. Formato de ficha de inspección visual de patologías estructurales .....	44
Figura 33. Ubicación de puntos para el ensayo de esclerometría .....	45
Figura 34. Realización del ensayo de esclerometría.....	46
Figura 35. Formato de ficha de resumen de patologías estructurales .....	46
Figura 36. Ábaco del esclerómetro .....	47
Figura 37. Definición de propiedades del concreto de resistencia 175 kgf/cm <sup>2</sup> .....	49

Figura 38. Definición de propiedades del concreto de resistencia 210 kgf/cm <sup>2</sup> .....	50
Figura 39. Definición de propiedades de la albañilería .....	50
Figura 40. Definición de sección de columna C-1 .....	51
Figura 41. Definición de sección de columna C-2 .....	51
Figura 42. Definición de sección de columna C-3 .....	52
Figura 43. Definición de sección de viga V-101 .....	52
Figura 44. Definición de sección de viga V-102 .....	53
Figura 45. Definición de sección de viga V-103 .....	53
Figura 46. Definición de sección de viga de la losa de escalera .....	54
Figura 47. Definición de sección de viga de la losa de tanque de agua .....	54
Figura 48. Definición de sección de muro de cabeza .....	55
Figura 49. Definición de sección de muro de tanque de agua .....	55
Figura 50. Definición de sección de losa aligerada .....	56
Figura 51. Definición de sección de losa de la escalera .....	56
Figura 52. Definición de losa de 20 cm del tanque de agua .....	57
Figura 53. Definición de losa de 16 cm del tanque de agua .....	57
Figura 54. Primer nivel del pabellón evaluado existente .....	58
Figura 55. Segundo nivel del pabellón evaluado existente .....	58
Figura 56. Tercer nivel del pabellón evaluado existente .....	59
Figura 57. Fondo de tanque de agua del pabellón evaluado existente .....	59
Figura 58. Techo de tanque de agua del pabellón evaluado existente .....	60
Figura 59. Vista general del modelo del pabellón evaluado existente .....	60
Figura 60. Patrones de carga y porcentajes para el cálculo de peso .....	61
Figura 61. Asignación de carga muerta en losas del primer nivel .....	62
Figura 62. Asignación de carga muerta en losas del segundo nivel .....	63
Figura 63. Asignación de carga muerta en losas del tercer nivel .....	63
Figura 64. Asignación de carga muerta en losa del fondo del tanque de agua .....	64
Figura 65. Asignación de carga muerta en losa del techo del tanque de agua .....	64
Figura 66. Asignación de carga viva en losas del primer nivel .....	65
Figura 67. Asignación de carga viva en losas del segundo nivel .....	65
Figura 68. Asignación de carga viva en losas del tercer nivel .....	66
Figura 69. Asignación de carga viva en losa del fondo del tanque de agua .....	66
Figura 70. Asignación de carga viva en losa del techo del tanque de agua .....	67
Figura 71. Asignación de carga muerta en vigas del primer nivel .....	67
Figura 72. Asignación de carga muerta en vigas del segundo nivel .....	68
Figura 73. Asignación de carga muerta en vigas y columnas del tercer nivel .....	68
Figura 74. Asignación de carga viva en vigas y columnas del tercer nivel .....	69
Figura 75. Aplicación de empotrados en la base .....	69
Figura 76. Diafragma en el primer nivel del pabellón evaluado existente .....	70

Figura 77. Diafragma en el segundo nivel del pabellón evaluado existente .....	70
Figura 78. Definición de brazos rígidos .....	71
Figura 79. Columnas del primer nivel sometidas a ensanchamiento .....	78
Figura 80. Columnas del segundo nivel sometidas a ensanchamiento .....	79
Figura 81. Columnas del tercer nivel sometidas a ensanchamiento .....	79
Figura 82. Columnas del primer nivel convertidas a secciones L .....	80
Figura 83. Columnas del segundo nivel convertidas a secciones L .....	80
Figura 84. Columnas del tercer nivel convertidas a secciones L .....	81
Figura 85. Definición de sección de columna C-1 reforzada por ensanchamiento ..	81
Figura 86. Definición de sección de columna C-2 reforzada por ensanchamiento ..	82
Figura 87. Definición de sección L de columna de amarre .....	82
Figura 88. Definición de prolongación en columna de amarre .....	83
Figura 89. Primer nivel de la propuesta de reforzamiento .....	83
Figura 90. Segundo nivel de la propuesta de reforzamiento .....	84
Figura 91. Tercer nivel de la propuesta de reforzamiento .....	84
Figura 92. Vista general del modelo de la propuesta de reforzamiento .....	85
Figura 93. Diafragma en el primer nivel de la propuesta de reforzamiento .....	85
Figura 94. Diafragma en el segundo nivel de la propuesta de reforzamiento .....	86
Figura 95. Diafragma en el tercer nivel de la propuesta de reforzamiento .....	86
Figura 96. Resumen de patologías estructurales encontradas .....	89
Figura 97. Gráfico de derivas en X del pabellón evaluado existente .....	92
Figura 98. Gráfico de derivas en Y del pabellón evaluado existente .....	93
Figura 99. Gráfico de derivas en X de la propuesta de reforzamiento .....	95
Figura 100. Gráfico de derivas en Y de la propuesta de reforzamiento .....	96

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1. Matriz de Consistencia.....	105
Anexo 2. Fichas de Inspección Visual de Patologías Estructurales.....	106
Anexo 3. Planos.....	117



## RESUMEN

El objetivo general de la presente investigación fue realizar la evaluación estructural para determinar el comportamiento sísmico de un pabellón de la Institución Educativa Miguel Pro, obteniéndose que fue deficiente según los parámetros de la normativa vigente. Al determinar las características estructurales del pabellón evaluado se encontraron numerosas patologías por medio de la inspección visual, y al obtener las propiedades mecánicas de los elementos estructurales mediante el ensayo de esclerometría se encontró que la resistencia a la compresión del concreto en vigas no alcanzaba el valor mínimo de 21 MPa o 210 kgf/cm<sup>2</sup> definido por la Norma Técnica E.060 Concreto Armado. Se realizó el análisis estructural de un modelo del pabellón evaluado existente elaborado en el software ETABS v19.1.0 y se encontró que las derivas de entrepiso sobrepasaban el valor máximo de 0,007 para el sistema de pórticos de concreto armado en dirección X y el valor máximo de 0,005 para el sistema de muros de albañilería confinada en dirección Y. Además, la estructura poseía irregularidades no permitidas por la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente. Se determinó que el reforzamiento necesario para mejorar el comportamiento sísmico del pabellón evaluado consistía en incrementar la rigidez lateral de las columnas del primer al tercer nivel y la continuidad de columnas y la adición de vigas en el tercer nivel. Al realizar el análisis estructural del modelo de esta propuesta de reforzamiento se encontró que las derivas de entrepiso se redujeron considerablemente y estuvieron dentro de los límites definidos por la norma.

**Palabras clave:** Evaluación estructural, comportamiento sísmico, patologías estructurales, propiedades mecánicas, rigidez, derivas.

## ABSTRACT

The general objective of the present investigation was to carry out the structural evaluation to determine the seismic behavior of a pavilion of the Miguel Pro Educational Institution, obtaining that it was deficient according to the parameters of the current regulations. When determining the structural characteristics of the evaluated pavilion, numerous pathologies were found through visual inspection, and when obtaining the mechanical properties of the structural elements through the sclerometry test, it was found that the compressive strength of the concrete in beams did not reach the minimum value of 21 MPa or 210 kgf/cm<sup>2</sup> defined by the E.060 Reinforced Concrete Code. The structural analysis of a model of the existing evaluated pavilion elaborated in the ETABS v19.1.0 software was carried out and it was found that the story drifts exceeded the maximum value of 0,007 for the system of reinforced concrete frames in the X direction and the maximum value of 0,005 for the confined masonry wall system in the Y direction. In addition, the structure had irregularities not allowed by the E.030 Earthquake-Resistant Design Code. It was determined that the necessary reinforcement to improve the seismic behavior of the evaluated pavilion consisted of increasing the lateral stiffness of the columns from the first to the third story and the continuity of columns and the addition of beams in the third story. When carrying out the structural analysis of the model of this reinforcement proposal, it was found that the story drifts were considerably reduced and were within the limits defined by the code.

**Keywords:** Structural evaluation, seismic behavior, structural pathologies, mechanical properties, stiffness, drifts.

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia de la ingeniería civil, el estudio del diseño sismorresistente ha sido de vital importancia para dotar a las edificaciones de las condiciones para resistir los eventos sísmicos y proteger la vida de sus habitantes. Debido a esto, en países con alto peligro y riesgo sísmico es especialmente necesario realizar y asegurar un control sobre la correcta construcción de estructuras sismorresistentes.

En el Perú se hace uso del Reglamento Nacional de Edificaciones, cuyas disposiciones sobre el diseño sísmico se encuentran en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente, cuya última versión data del 2018. Esta norma ha pasado por actualizaciones a lo largo de los años, por lo que es importante verificar periódicamente que las edificaciones cumplan los estándares actuales. En la presente investigación se busca realizar la evaluación estructural de un pabellón de la Institución Educativa Miguel Pro para verificar si su comportamiento sísmico cumple con la normativa vigente.

El presente informe está compuesto por 5 capítulos. En el capítulo I se describe y formula la problemática de la investigación, además de realizar la justificación de la misma y definir los objetivos e hipótesis. En el capítulo II se dan a conocer los antecedentes de la investigación y las bases teóricas que fueron importantes para su desarrollo, incluyendo la definición de términos. En el capítulo III se presenta el tipo y nivel de la investigación, además de la población, la muestra de estudio y la operacionalización de variables, para luego desarrollar las técnicas e instrumentos usados para la recolección de datos y su procesamiento y análisis. En el capítulo IV se presentan los resultados de la investigación mientras que en el capítulo V se realiza la discusión de los mismos con relación a las hipótesis formuladas. Finalmente, se presentan las conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas de la investigación, además de los anexos.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción del Problema**

Los sismos, al ser fenómenos naturales, han acontecido desde los orígenes de la Tierra y han afectado las construcciones humanas desde el inicio de la civilización. El Perú, debido a su ubicación entre la Placa Sudamericana y la Placa de Nazca, forma parte del llamado Cinturón de Fuego del Pacífico, la región que alberga la mayoría de sismos de gran intensidad en el mundo. Nuestro país, a lo largo de su historia, ha sufrido la pérdida de numerosas vidas humanas a causa de estos movimientos telúricos.

En ese sentido, un hito importante en el rubro de la construcción en el Perú fue la promulgación del Reglamento Nacional de Construcciones en 1970. Desde entonces se han revisado y actualizado continuamente las normativas con el objetivo de hacer un control cada vez mejor de los procedimientos constructivos en el país.

La creación de la Institución Educativa Miguel Pro está directamente relacionada con la fundación de la Urbanización Ciudad de Dios, ubicada al sur del distrito de Tacna. El derecho a la educación de los hijos de las familias fundadoras de esta comunidad alejada del centro de la ciudad vio necesaria la construcción de un centro educativo.

Al aproximarse a los 30 años de funcionamiento, periodo durante el cual el centro educativo en mención ha experimentado numerosos sismos, entre los que destaca el del 23 de junio de 2001, y la normativa de construcción ha pasado por modificaciones, se estima que la estructura y su desempeño sísmico no cumplirían los parámetros estipulados en el Reglamento Nacional de Edificaciones vigente.

Es por esto que se vio necesario realizar la evaluación estructural de un pabellón de la Institución Educativa Miguel Pro para determinar su comportamiento sísmico según los parámetros actuales de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente.

### **1.2. Formulación del Problema**

#### **1.2.1. Problema General**

¿Cuál es el comportamiento sísmico determinado por la evaluación estructural de un pabellón de la Institución Educativa Miguel Pro?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- a. ¿Cuáles son las características estructurales del pabellón evaluado?
- b. ¿El comportamiento sísmico del pabellón evaluado cumplirá con los parámetros estipulados en el Reglamento Nacional de Edificaciones vigente?
- c. ¿Qué tipo de reforzamiento es el necesario para mejorar las condiciones del pabellón evaluado?

### **1.3. Justificación e Importancia**

Desde el punto de vista técnico, la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018) señala que el pabellón evaluado se ubica la Zona 4, siendo la que tiene mayor sismicidad en el país. Del mismo modo, resalta la importancia de la estructura de las instituciones educativas y la necesidad de que estas sigan funcionando después de la ocurrencia de un sismo severo, al definir las como Edificaciones Esenciales de Categoría A2.

Desde el punto de vista social, se destaca la importancia del bienestar de los alumnos, docentes y personal administrativo que hacen uso de la infraestructura educativa, remarcando que el resguardo de la vida es la principal finalidad del diseño sismorresistente.

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo General**

Realizar la evaluación estructural para determinar el comportamiento sísmico de un pabellón de la Institución Educativa Miguel Pro.

#### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- a. Determinar las características estructurales del pabellón evaluado.
- b. Determinar si el comportamiento sísmico del pabellón evaluado cumple con los parámetros estipulados en el Reglamento Nacional de Edificaciones vigente.
- c. Determinar el tipo de reforzamiento necesario para mejorar las condiciones del pabellón evaluado.

## **1.5. Hipótesis**

### ***1.5.1. Hipótesis General***

El comportamiento sísmico determinado por la evaluación estructural es deficiente.

### ***1.5.2. Hipótesis Específicas***

- a. Las características estructurales del pabellón evaluado son inadecuadas.
- b. El comportamiento sísmico del pabellón evaluado no cumple con los parámetros estipulados en el Reglamento Nacional de Edificaciones vigente.
- c. El tipo de reforzamiento necesario para mejorar las condiciones del pabellón evaluado es el ensanchamiento de los elementos estructurales.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes del Estudio

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

Parra (2021), en su tesis “Impacto del grado de oxidación del refuerzo en el desempeño sísmico de una estructura en concreto” estimó la curva de capacidad utilizando herramientas como el Software OpenSees y comparó el desempeño sísmico de una estructura en condición normal con la misma estructura bajo los efectos de la oxidación y corrosión en el refuerzo. El autor concluyó que se puede evidenciar que la influencia de la corrosión en el desempeño de la edificación estudiada no es significativa, recomendando realizar estudios en donde el índice de corrosión sea mayor.

Pimbo (2021), en su tesis “Análisis estructural del desempeño sísmico del edificio de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica mediante la medición de vibraciones” realizó un análisis cualitativo mediante inspección rápida y visual de la estructura para clasificarla por su vulnerabilidad sísmica, utilizando la metodología FEMA-154 y la metodología de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15. Luego realizó un análisis cuantitativo aplicando los métodos de análisis lineal y análisis estático no lineal. El autor concluyó que el análisis cualitativo determinó que el nivel de vulnerabilidad de la estructura era medio y que el análisis cuantitativo determinó que el desempeño sísmico no era el esperado, por lo que planteó el reforzamiento de la estructura mediante la implementación de muros de corte y el encamisado de acero de vigas con ángulos y platinas. Finalmente, realizó una comparación de los periodos obtenidos por los diferentes análisis con el periodo de vibración obtenido por fórmulas empíricas que se basaron en vibraciones ambientales, para relacionarlos con el grado de vulnerabilidad de la estructura.

Tamayo (2018), en su tesis “Evaluación Sísmica y Estructural del Modelo Estándar de las Unidades Educativas del Milenio” evaluó un diseño arquitectónico tipo denominado Modelo Estándar, el cual fue concebido para ser construido en todo el territorio de Ecuador, con la finalidad de verificar que su estructura y capacidad sismorresistente cumplan con lo establecido por la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15. El autor concluyó que se determinaron varios errores fundamentales de diseño y que no es viable ni factible realizar un modelo genérico

para que sea replicado a lo largo de todo Ecuador, debido a que el país posee cinco zonas sísmicas según su norma de diseño sismorresistente NEC-SE-DS 15 y a que es crucial tener en cuenta las características del suelo y las propiedades sismológicas de la región de ubicación de un proyecto para su diseño.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Aliaga y Quispe (2019), en su tesis “Evaluación estructural y propuesta de reforzamiento de la Institución Educativa Javier Heraud ubicada en el distrito de Ate 2019”, evaluaron las características, patologías y estado actual de la estructura; además determinaron si cumple con el Reglamento Nacional de Edificaciones. Los autores concluyeron que, a través de la prueba diamantina, no se cumple con la resistencia mínima según el Reglamento Nacional de Edificaciones. Además, en la dirección Y no cumple con las distorsiones. Se planteó la propuesta de reforzamiento agregando aletas de concreto a las columnas, llegando a cumplir con la rigidez lateral.

Ramírez (2017), en su tesis “Evaluación experimental de una propuesta de reforzamiento estructural para las edificaciones escolares construidas antes de 1997, Perú”, evaluó al edificio escolar tipo 780-Pre, el cual presenta columnas cortas y flexibilidad lateral. El autor concluyó que la propuesta de reforzamiento consistió en la inserción de diagonales de acero en forma de cruz integrados a un marco de acero entre los pórticos de concreto armado existente. Finalmente, la propuesta de reforzamiento evita la falla por corte y dio inicio a la falla por flexo-compresión, mejorando el desempeño del módulo.

Quispe (2017), en su tesis “Evaluación y propuesta de reforzamiento estructural de la capilla Cristo Pobre de la Beneficencia de Puno”, evaluó las características de los materiales, comportamiento ante sollicitaciones sísmica y fallas típicas. El autor concluyó que se determinaron desplazamiento de muros, grietas, desprendimiento parcial de bloques. En la propuesta de refuerzo estructural se planteó el refuerzo con viga collar de madera externa, refuerzo con llaves de madera en esquinas, reconstrucción de los muros de adobe y construcción de contrafuerte.

### **2.1.3. Antecedentes Locales**

Ojeda y Colorado (2021), en su tesis “Evaluación estructural del pabellón “A” de la Institución Educativa 42036 Juan María Rejas, Tacna 2021”, realizaron la evaluación estructural en el bloque 1 y bloque 2 del pabellón “A”. Los autores



identificaron patologías mediante fichas de inspección, siendo las más frecuentes la falla por columna corta. A través del esclerómetro se obtuvieron valores de resistencia a compresión, el cual si cumple con la resistencia mínima según el Reglamento Nacional de Edificaciones. Luego realizaron un análisis sísmico al bloque 1 y el bloque 2 del Pabellón "A". Los autores concluyeron un comportamiento sísmico deficiente en la dirección X y un comportamiento sísmico eficiente en la dirección Y. La dirección X tiene un sistema estructural de pórticos, la deriva máxima del bloque 01 de 0,008016 y para el bloque 02 de 0,008634, ambos resultados son mayores a 0,007, por lo tanto, no cumplen con la Norma Diseño Sismorresistente E.030. La dirección Y tiene un sistema estructural de Albañilería, la deriva máxima para el bloque 01 de 0,000426 y para el bloque 02 de 0,000316, ambos resultados son menores a la deriva máxima de 0,005 por lo tanto, si cumplen con la Norma Diseño Sismorresistente E.030.

Almirón e Yndigoyen (2019), en su tesis "Evaluación Estructural y Propuesta de Reforzamiento en el Centro de Salud Leoncio Prado, de la Ciudad de Tacna", encontraron que los desplazamientos laterales y distorsiones cumplen con el Reglamento Nacional de Edificaciones. Los autores concluyeron que, a través de la prueba diamantina, sí se cumple con la resistencia mínima según el Reglamento Nacional de Edificaciones. Finalmente, realizaron el análisis no lineal "PUSHOVER" al centro de salud "Leoncio Prado" y se concluyó que para un sismo ocasional se encuentra en un nivel de desempeño operacional, para un sismo raro se encuentra en un nivel de desempeño funcional y para un sismo muy raro se encuentra en un nivel de desempeño resguardo de vida; por lo tanto, no requiere propuesta de reforzamiento.

Aguilar y Aguilar (2017), en su tesis "Evaluación y reforzamiento estructural del edificio de la Escuela Profesional de Obstetricia – UNJBG – Tacna", encontraron que, ante un evento sísmico de magnitud severa, el edificio presentaría fallas en gran parte de sus elementos estructurales, lo que generaría inestabilidad estructural y por ende daños materiales y humanos. Ante esto, plantearon dos alternativas de reforzamiento: la primera con el uso de dispositivos de control pasivo de disipación de energía tipo fluido viscoso y el sistema CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer), y como segunda alternativa de reforzamiento la metodología tradicional en concreto armado. Con ambas alternativas se logró reducir las derivas no mayores de 5‰, con los cuales en un posible evento sísmico se controla los daños a nivel moderado, con la posibilidad de habitarlo inmediatamente.

## **2.2. Bases Teóricas**

### ***2.2.1. Evaluación Estructural***

Ocurrido el evento sísmico, la estructura deberá ser evaluada por un ingeniero civil, quien deberá determinar si la edificación se encuentra en buen estado o requiere de reforzamiento, reparación o demolición. (Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente, 2018).

### ***2.2.2. Patología***

Ciencia dedicada al estudio sistemático y ordenado de los daños y fallas que se presentan en las edificaciones, analizando el origen o las causas y consecuencias de ellas para que, mediante la formulación de procesos, se generen las medidas correctivas para lograr recuperar las condiciones de desempeño de la estructura. Algunos autores muestran su desacuerdo por el término "patología", considerando más acertados los términos de reparación y mantenimiento (Gallo, 2006).

Se debe entender la patología de la edificación como un fallo en el proceso edificatorio puesto que el resultado no ha sido el correcto al producirse una diferencia entre lo que se pretendía o esperaba y lo que se consiguió al final (López et al., 2004).

La diversidad de patologías es un tema muy complejo, haciendo que el número sea casi infinito. Es muy difícil, incluso para un experto, determinar con precisión las causas o motivos de muchas de las fallas que se presentan en las estructuras. Por ejemplo, las causas de aparición de una grieta en una edificación pueden ser múltiples; algunas veces es posible identificarlas fácilmente, pero otras veces no lo es (Astorga y Rivero, 2009).

#### **2.2.2.1. Etiología de Patologías**

Se pueden establecer las fuentes y causas de las patologías a lo largo del ciclo vital de la edificación, que compone el diseño y proyecto, la construcción y su puesta en funcionamiento y el uso de la misma. En la tabla 1 se muestra la etiología de patologías a lo largo de las fases del proceso de la edificación.

**Tabla 1***Etiología de las patologías en el proceso de la edificación*

<b>Fase del Proceso y Fuentes Genéricas</b>	<b>Etiología de la Patología</b>
Deficiencias contenidas en el proyecto o diseño del producto	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Inadecuadas soluciones constructivas.</li> <li>○ Errores de dimensionamiento por deficiencias en las hipótesis o sistemas de cálculo en las estructuras o las instalaciones.</li> <li>○ Ausencia o defectuoso diseño de detalles constructivos.</li> </ul>
Inadaptación entre el edificio y el terreno sustentante	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Cimentación inadecuada por tipología de diseño.</li> <li>○ Cimentación inadecuada por defecto de cálculo.</li> <li>○ Aparición de vías de agua por roturas de conducciones o presencia de nivel freático que alteren las condiciones del terreno.</li> <li>○ Ausencia o defectos del estudio geotécnico.</li> <li>○ Corrosión de armaduras por presencia de sulfatos.</li> </ul>
Deficiencias o fallos durante el proceso de ejecución o elaboración del producto	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Deficiente puesta en obra del proyecto.</li> <li>○ Alteraciones introducidas en el proyecto, mal resueltas en obra.</li> <li>○ Falta de rigor en la ejecución de elementos fundamentales por las siguientes causas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Empleo de material deficiente.</li> <li>• Mano de obra poco cualificada.</li> </ul> </li> </ul>
Daños generados por agentes externos	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ataques de xilófagos.</li> <li>○ Desastres naturales.</li> <li>○ Degradación de estructuras de concreto, por carbonatación o corrosión de armaduras.</li> </ul>
Degradación natural por el envejecimiento de los materiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Meteorización de fábricas o elementos pétreos en fachadas.</li> <li>○ Flechas y deformaciones en estructuras leñosas.</li> <li>○ Escapes de agua por defectos en las instalaciones o mal uso de las mismas.</li> <li>○ Presencia de agua proveniente del exterior por filtraciones, capilaridad, evaporación, etc.</li> <li>○ Defectos en general generados por el mal uso o la falta de mantenimiento.</li> </ul>
Degradación por el mal uso y falta de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Falta de revisiones preventivas del uso y mantenimiento de las instalaciones.</li> <li>○ Ausencia o mal seguimiento del programa de mantenimiento.</li> <li>○ No reparar inmediatamente lesiones o fallos que acaban degenerando el elemento afectado.</li> </ul>

*Nota.* Se pueden observar las diversas etiologías en la edificación basadas en el Manual de Patología de la Edificación. Fuente: López et al. (2004).

### 2.2.2.2. Clasificación de Patologías

Según Astorga y Rivero (2009), las patologías pueden aparecer por tres motivos:

- *Las patologías que aparecen por defectos*, son aquellas relacionadas con las características intrínsecas de la estructura y surgen debido a un mal diseño, una mala configuración estructural, la mala elaboración de la construcción o el uso de materiales inadecuados.
- *Las patologías causadas por daños*, son aquellas ocasionadas por agentes externos a la estructura. Los ejemplos más claros de la ocurrencia de este tipo de patologías son los ocasionados por eventos naturales como sismos, inundaciones, derrumbes, entre otros. Estas patologías son inevitables, pero se pueden minimizar sus efectos con un proceso constructivo óptimo.
- *Las patologías causadas por deterioro*, son aquellas ocasionadas por el paso del tiempo. Para evitarlas es necesario un correcto y periódico mantenimiento.

### 2.2.3. Ensayo de Esclerometría

Según la NTP 339.181, el uso de este método de ensayo para estimar la resistencia del concreto requiere del establecimiento de una correlación entre el esfuerzo y el número de rebote, que es proporcionada por los fabricantes de los instrumentos. Para utilizar este método de ensayo para estimar la resistencia es necesario establecer una relación entre la fuerza y el número de rebote para una mezcla de concreto y un aparato dado. En la figura 1 se observa el equipo utilizado para el ensayo de esclerometría de esta investigación.

**Figura 1**

*Esclerómetro*



### 2.2.3.1. Área de Prueba e Interferencias

- *Selección de la superficie de ensayo.* Las estructuras de concreto a ser ensayadas serán de por lo menos 100 mm de espesor y deberán estar fijas dentro de una estructura. Los especímenes más pequeños deberán estar rígidamente soportados. Las superficies alisadas generalmente exhiben números de rebote más altos que otras formas de acabado, por lo que deberán evitarse las superficies de concreto que presenten escamaduras o alta porosidad.
- *Preparación de la superficie de ensayo.* El área de ensayo será de por lo menos 150 mm de diámetro. Las superficies deberán ser lisas y se deberá eliminar el agua libre superficial en caso de estar presente.

### 2.2.4. Periodo Fundamental de Vibración

Según la Norma Técnica E.030 Diseño sismorresistente (2018), el periodo fundamental de vibración para cada dirección se estima con la ecuación:

$$T = \frac{h_n}{C_T} \quad (1)$$

Donde:

$T$  = Periodo fundamental de la estructura, en segundos.

$h_n$  = Altura total de la edificación, en metros.

$C_T$  = 35 para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

- Pórticos de concreto armado sin muros de corte.
- Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

$C_T$  = 45 para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

- Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.
- Pórticos de acero arriostrados.

$C_T$  = 60 para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

La norma presenta también una alternativa más precisa:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n P_i d_i^2}{g \sum_{i=1}^n f_i d_i}} \quad (2)$$

Donde:

$g$  = Aceleración de la gravedad.

$P_i$  = Peso del nivel  $i$ .

$f_i$  = Fuerza lateral en el nivel  $i$  correspondiente a una distribución en altura semejante a la del primer modo en la dirección de análisis.

$d_i$  = Desplazamiento lateral del centro de masa del nivel  $i$  en traslación pura (restringiendo los giros en planta) debido a las fuerzas  $f_i$ .

### 2.2.5. Zonas Sísmicas

La Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018) propone la división del territorio nacional en cuatro zonas, basándose en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de estos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica. A cada zona se le asigna un factor  $Z$ , como se observa en la figura 2 y la tabla 2.

**Figura 2**

*Zonas sísmicas del Perú*



*Nota.* Fuente: Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018).

**Tabla 2***Factores de zona*

Zona	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

*Nota.* Fuente: Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018).

### 2.2.6. Perfiles de Suelo

La Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018) propone una tipificación de los perfiles de suelo considerando parámetros como la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte  $\bar{V}_s$ , el promedio ponderado de los ensayos de penetración estándar  $\bar{N}_{60}$  y el promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{S}_u$ . Estos perfiles son:

- Perfil Tipo S<sub>0</sub>: Roca Dura
- Perfil Tipo S<sub>1</sub>: Roca o Suelos muy Rígidos
- Perfil Tipo S<sub>2</sub>: Suelos Intermedios
- Perfil Tipo S<sub>3</sub>: Suelos Blandos
- Perfil Tipo S<sub>4</sub>: Condiciones Excepcionales

En caso no sea necesario realizar un Estudio de Mecánica de Suelos o cuando no se disponga de las propiedades del suelo hasta la profundidad de 30 m, se permite que el profesional responsable haga estimaciones en base a la información previamente conocida. En la tabla 3 se resumen los valores típicos para los distintos tipos de perfiles de suelo.

**Tabla 3***Clasificación de los perfiles de suelo*

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

*Nota.* Fuente: Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018).

### 2.2.7. Parámetros de Sitio

La Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018) indica que, en base a las condiciones locales, se puede determinar el factor de amplificación del suelo  $S$  y los periodos  $T_P$  y  $T_L$ , como se aprecia en las tablas 4 y 5.

**Tabla 4**

*Factor de amplificación del suelo  $S$*

	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$Z_4$	0,80	1,00	1,05	1,10
$Z_3$	0,80	1,00	1,15	1,20
$Z_2$	0,80	1,00	1,20	1,40
$Z_1$	0,80	1,00	1,60	2,00

*Nota.* Fuente: Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018).

**Tabla 5**

*Periodos  $T_P$  y  $T_L$*

	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$T_P$ (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
$T_L$ (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

*Nota.* Fuente: Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018).

### 2.2.8. Factor de Amplificación Sísmica

Según la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018), este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo. Se define en base al valor del periodo fundamental de vibración  $T$  y su comparación con los periodos  $T_P$  y  $T_L$ .

$$T < T_P \quad C = 2.5 \quad (3)$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2.5 \times \left( \frac{T_P}{T} \right) \quad (4)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 \times \left( \frac{T_P \times T_L}{T^2} \right) \quad (5)$$

### 2.2.9. Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso

La Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018) categoriza las edificaciones y les otorga un factor de uso  $U$ , como se presenta en la tabla 6. Para edificios con aislamiento sísmico, a este factor se le puede asignar el valor de 1.



**Tabla 6***Categoría de las edificaciones y factor de uso*

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>	<b>Factor U</b>
	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver Nota 1
A Edificaciones Esenciales	<p>A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1.</li> <li>• Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones.</li> <li>• Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía.</li> <li>• Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua.</li> <li>• Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades.</li> <li>• Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos.</li> <li>• Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.</li> </ul>	1,5
B Edificaciones Importantes	<p>Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas.</p> <p>También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.</p>	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales como incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver Nota 2

*Nota 1.* Las nuevas edificaciones de categoría A1 tienen aislamiento sísmico en la base cuando se encuentran en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable puede decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de U es como mínimo 1,5.

*Nota 2.* En estas edificaciones se provee resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista. Fuente: Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018).

## 2.2.10. Sistemas Estructurales

### 2.2.10.1. Estructuras de Concreto Armado

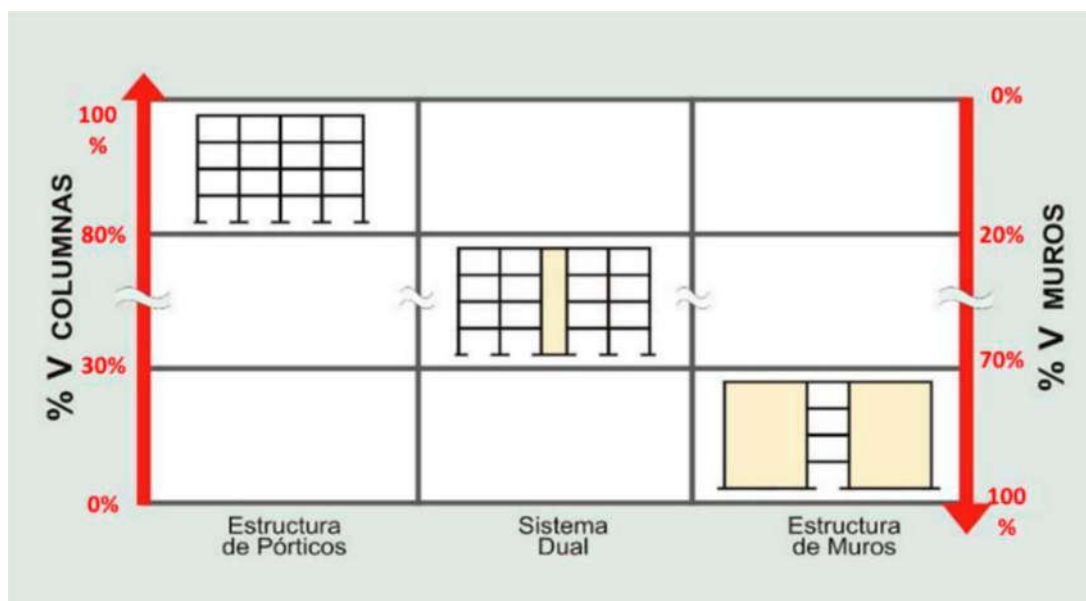
Los tipos de sistemas estructurales en concreto armado que considera la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018) y que se tomaron en cuenta para esta investigación son los siguientes:

- *Pórticos*. Las fuerzas cortantes que actúan sobre las columnas en los pórticos son por lo menos un 80% del total. En el caso que en el diseño se tenga muros estructurales, éstos deberán ser diseñados para resistir una fracción del esfuerzo para la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez.
- *Muros Estructurales*. Las fuerzas cortantes que actúan sobre los muros estructurales son por lo menos un 70% del total.
- *Dual*. La acción sísmica es resistida por una combinación de pórticos y muros estructurales. La fuerza cortante que se transmiten a los muros está entre el 20% y el 70% del total.

La figura 3 presenta la clasificación de los sistemas estructurales de concreto armado junto al porcentaje de fuerza cortante por muros y columnas.

**Figura 3**

*Clasificación de los sistemas estructurales en concreto*



Nota. Fuente: Muñoz (2020).

### 2.2.10.2. Estructuras de Albañilería

Estructuras cuyos elementos sismorresistentes son muros de unidades de albañilería hechos de arcilla o concreto. La Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018) no distingue entre las estructuras de albañilería confinada y las de albañilería armada.

### 2.2.10.3. Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas

Según los materiales usados y el sistema estructural, la Norma E.030 Diseño Sismorresistente (2018) asigna el valor del coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas  $R_0$ , como se muestra en la tabla 7.

**Tabla 7**

*Sistemas estructurales y coeficientes básicos de reducción*

<b>Sistema Estructural</b>	<b>Coeficiente Básico de Reducción <math>R_0</math></b>
<b>Concreto Armado:</b>	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
<b>Albañilería Armada o Confinada</b>	<b>3</b>

*Nota.* Coeficientes para las estructuras de concreto armado y albañilería, los cuales eran los materiales predominantes en la edificación evaluada.

Fuente: Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018).

### 2.2.11. Regularidad Estructural

La Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018) clasifica a una estructura como irregular cuando posee al menos una irregularidad en altura o planta.

#### 2.2.11.1. Factores de Irregularidad

Los factores de irregularidad  $I_a$  e  $I_p$ , presentados en las tablas 8 y 9, corresponden a las irregularidades en altura y planta respectivamente

**Tabla 8***Irregularidades en altura*

<b>Irregularidad</b>	<b>Factor de Irregularidad <math>I_a</math></b>
Irregularidad de Rigidez - Piso Blando	0,75
Irregularidades de Resistencia - Piso Débil	0,75
Irregularidad Extrema de Rigidez	0,50
Irregularidad Extrema de Resistencia	0,50
Irregularidad de Masa o Peso	0,90
Irregularidad Geométrica Vertical	0,90
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	0,80
Discontinuidad Extrema de los Sistemas Resistentes	0,60

*Nota.* Se tomará el menor valor de los obtenidos para el factor  $I_a$  en la dirección de análisis. Fuente: Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018).

**Tabla 9***Irregularidades en planta*

<b>Irregularidad</b>	<b>Factor de Irregularidad <math>I_p</math></b>
Irregularidad Torsional	0,75
Irregularidad Torsional Extrema	0,60
Esquinas Entrantes	0,90
Discontinuidad del Diafragma	0,85
Sistemas no Paralelos	0,90

*Nota.* Se tomará el menor valor de los obtenidos para el factor  $I_p$  en la dirección de análisis. Fuente: Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018).

Los factores  $I_a$  e  $I_p$  son únicos para todo el edificio. Debido a esto, si se obtienen valores distintos para cada dirección de análisis, se elegirá el menor (Muñoz, 2020).

### 2.2.11.2. Restricciones a la Irregularidad

La Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018) define ciertas restricciones a las irregularidades que puede tener una edificación, las cuales se presentan en la tabla 10.

**Tabla 10***Restricciones a la irregularidad*

<b>Categoría de la Edificación</b>	<b>Zona</b>	<b>Restricciones</b>
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

*Nota.* La categoría y la zona donde se ubica una edificación definen las restricciones a la irregularidad. Fuente: Norma Técnica E.030 (2018).

### **2.2.12. Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas**

La Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018) indica que se puede obtener el coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas  $R$  a partir del coeficiente  $R_0$  y los factores  $I_a$  e  $I_p$  usando la siguiente expresión:

$$R = R_0 \times I_a \times I_p \quad (6)$$

### **2.2.13. Fuerza Cortante en la Base**

Como parte del análisis estático, La Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018) brinda la manera de calcular la fuerza cortante total  $V$  en base al peso total de la edificación  $P$  y sus factores y coeficientes sísmicos, mediante la siguiente expresión:

$$V = \frac{Z \times U \times C \times S}{R} \times P = \frac{Z \times U \times C \times S}{R_0 \times I_a \times I_p} \times P \quad (7)$$

Se debe cumplir que:

$$\frac{C}{R} \geq 0,11 \quad (8)$$

### **2.2.14. Aceleración Espectral**

Como parte del análisis dinámico modal espectral, la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018) brinda la manera de calcular el espectro de pseudo

aceleraciones  $S_a$  en base a la gravedad  $g$  y los factores y coeficientes sísmicos de la edificación, mediante la siguiente expresión:

$$S_a = \frac{Z \times U \times C \times S}{R} \times g = \frac{Z \times U \times C \times S}{R_0 \times I_a \times I_p} \times g \quad (9)$$

### 2.2.15. Fuerza Cortante Mínima

La Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018) dispone que, para cada dirección de análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no puede ser menor que el 80% de la fuerza cortante hallada según el análisis estático para estructuras regulares, ni menor al 90% para estructuras regulares.

En caso no se cumplan los valores mínimos de cortante, es escalarán proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos menos los desplazamientos.

### 2.2.16. Desplazamientos Laterales

La Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018) indica que, para obtener los desplazamientos laterales, se deben tomar los resultados del análisis lineal y elástico con las sollicitaciones sísmicas reducidas y multiplicarlos por  $0,75R$  si se trabaja con estructuras regulares y por  $0,85R$  si son irregulares.

Para la obtención de los desplazamientos laterales no se tendrá en cuenta el valor mínimo de  $C/R$  especificado en la ecuación 8.

### 2.2.17. Límites de Deriva

La Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018) indica que el máximo desplazamiento relativo de entrepiso no debe exceder la fracción de la altura de entrepiso, llamada deriva o distorsión, que se indica en la tabla 11:

**Tabla 11**

*Límites para la deriva o distorsión del entrepiso*

<b>Material Predominante</b>	<b>(<math>\Delta_i/h_{ei}</math>)</b>
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0005

*Nota.* Fuente: Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018).

### **2.2.18. Daño Estructural y Desplazamientos Laterales**

Muñoz (2020) explica que, desde hace varias décadas, la ingeniería sismorresistente reconoce la directa relación que existe entre el daño estructural y los desplazamientos laterales que experimentan las estructuras durante los sismos severos. Este reconocimiento es tan expreso que, prácticamente todos los índices propuestos para cuantificar el daño, involucran los desplazamientos laterales.

La manera directa de reducir el daño en sismos severos consiste en limitar los desplazamientos laterales a valores que la propia estructura, según su sistema estructural, puede desarrollar en forma de incursiones inelásticas sin riesgo de colapso o daño excesivo. Al controlar el desplazamiento de entrepiso se protege también las componentes no estructurales sensibles a desplazamientos como las mamparas, ventanas o tabiques.

### **2.2.19. Reparación y Reforzamiento**

Según la Norma Técnica E.030 Diseño sismorresistente (2018), la reparación o reforzamiento dota a la estructura de una combinación adecuada de rigidez, resistencia y ductilidad que garanticen su buen comportamiento en eventos futuros.

Según Muñoz (2020), el proyecto de reforzamiento debe corregir los defectos estructurales responsables del daño; por ejemplo, deben liberarse las columnas cautivas ya sean cortas o no, deben rigidizarse los pisos blandos y deben controlarse los giros de torsión.

Generalmente no es posible incrementar la ductilidad de una edificación existente diseñada con un código de baja exigencia. Sin embargo, casi siempre es posible incrementar su resistencia y rigidez lateral para reducir las demandas de ductilidad y el comportamiento inelástico para que así los elementos existentes no sufran daño severo.

Para reducir las derivas se pueden incorporar nuevos elementos robustos como muros de corte acoplados, robustecer significativamente algunos elementos, emplear disipadores de energía o usar combinaciones de estas alternativas.

## **2.3. Definición de Términos**

### **2.3.1. Análisis Estructural**

El análisis estructural es un procedimiento que busca calcular las fuerzas internas y las deflexiones en un punto cualquiera de una estructura (Camba et al.,1982).

### **2.3.2. Esfuerzo Cortante**

El esfuerzo cortante es el esfuerzo interno resultante de fuerzas paralelas al plano de la sección de un elemento como una viga, columna o muro (Cervera y Blanco, 2015).

### **2.3.3. Esfuerzo de Compresión**

El esfuerzo de compresión se produce cuando sobre un elemento actúan dos fuerzas que poseen la misma dirección y sentido contrario; es decir, están dirigidas hacia un mismo punto. (Giordani y Leone, s.f.).

### **2.3.4. Estructura**

Conjunto estable de elementos resistentes de una construcción con la finalidad de soportar cargas y transmitirlas, para llevar finalmente estos pesos o cargas al suelo (Giordani y Leone, s.f.).

### **2.3.5. Fisuras o Grietas Estructurales**

Son roturas que aparecen en el concreto como consecuencia de tensiones superiores a su capacidad resistente. Las fisuras, de acuerdo a su momento de ocurrencia pueden originarse en la etapa de hormigón fresco o estado plástico, es decir, antes de finalizar el fraguado, o a partir de finalizado el fraguado, o sea, durante la etapa de endurecimiento del hormigón (Toirac, 2004).



### **2.3.6. Periodo de Vibración**

Es el tiempo que transcurre dentro de un movimiento armónico ondulatorio, o vibratorio, para que el sistema vibratorio vuelva a su posición original considerada luego de un ciclo de oscilación (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2014).

### **2.3.7. Periodo Fundamental de Vibración**

Es el mayor período de vibración de la estructura en la dirección horizontal de interés (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2014).

### **2.3.8. Sismos**

Fenómenos que representan la liberación de energía interna de la tierra, mediante la ruptura de las capas de corteza, del cual se manifiesta como movimientos ondulatorios que pueden llegar a alcanzar magnitudes variadas (INDECI, 2018).

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. Tipo y Nivel de la Investigación**

#### **3.1.1. Tipo de Investigación**

El tipo de investigación es cuantitativo, descriptivo y explicativo. Consiste en el análisis del pabellón de la Institución Educativa según la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente con el fin de determinar su comportamiento sísmico.

#### **3.1.2. Nivel de la Investigación**

El nivel de la investigación es integrativo y aprehensivo. Se realizará la recolección de datos mediante diversas técnicas y se emplearán instrumentos para la elaboración del modelo de una estructura y su posterior análisis tomando como referencia lo dispuesto en el Reglamento Nacional de Edificaciones vigente.

### **3.2. Población y Muestra de Estudio**

#### **3.2.1. Población**

No existe ya que la muestra es del tipo no probabilística.

#### **3.2.2. Muestra**

Está conformada por un pabellón de la Institución Educativa Miguel Pro.

### **3.3. Operacionalización de Variables**

En la tabla 12 se detallan las variables de la investigación, así como sus dimensiones e indicadores.

**Tabla 12***Cuadro de operacionalización de variables*

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
<b>Variable Independiente</b> Evaluación estructural	Comprende la recolección de datos para la elaboración del modelo de la estructura y su posterior análisis	<ul style="list-style-type: none"> <li>Patologías en los elementos estructurales</li> <li>Sistemas estructurales</li> <li>Propiedades mecánicas de los elementos estructurales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grietas: Cantidad y tamaño</li> <li>Fisuras: Cantidad y tamaño</li> <li>Abrasión: Severidad</li> <li>Eflorescencia: Severidad</li> <li>Clasificación: Concreto armado, albañilería armada o confinada, etc.</li> <li>Resistencia a la compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)</li> </ul>
<b>Variable Dependiente</b> Comportamiento sísmico	Es la respuesta del modelo de la estructura ante las solicitaciones sísmicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Periodo fundamental de vibración</li> <li>Cortante en la base</li> <li>Derivas o distorsiones de entrepiso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo (s)</li> <li>Fuerza (tonf)</li> <li>Fracción de la altura de entrepiso</li> </ul>

### 3.4. Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos

La evaluación estructural comenzó con la recolección de datos.

#### 3.4.1. Ubicación

La Institución Educativa Miguel Pro, visible en la figura 4, se encuentra ubicada en la Urbanización Ciudad de Dios manzana G lote 33 en el distrito, provincia y departamento de Tacna. Geográficamente se ubica a 18°04'02" Latitud Sur y 70°17'36" Latitud Oeste.

**Figura 4***Ubicación de la Institución Educativa Miguel Pro*

Nota. Fuente: Google Earth.

El pabellón evaluado, visible en la figura 5, está destinado a las aulas para el dictado de clases de nivel secundario. En su distribución también se encuentran espacios como oficinas, laboratorios, servicios higiénicos y biblioteca.

### Figura 5

*Ubicación del pabellón evaluado*



*Nota.* Fuente: Google Earth.

Como se muestra en la figura 6, tomando como referencia el Mapa de Peligros de la Ciudad de Tacna elaborado por INDECI como parte del Proyecto Ciudades Sostenibles (2004), se asumió para la ubicación de la Urbanización Ciudad de Dios, donde se encuentra la Institución Educativa Miguel Pro, un perfil de suelo Tipo  $S_2$ , designado para los Suelos Intermedios según la tipificación propuesta en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018).

### Figura 6

*Amplificación sísmica local en la zona de estudio*



*Nota.* Fuente: INDECI (2004).

### 3.4.2. Técnicas

#### 3.4.2.1. Visitas de Campo

Para entender el estado de la estructura se realizaron visitas de campo a la Institución Educativa Miguel Pro, en las que se registró información sobre las características del pabellón seleccionado.

El pabellón evaluado consta de 3 niveles funcionales, además de un nivel adicional que aloja un tanque de agua elevado sobre uno de los bloques del tercer nivel.

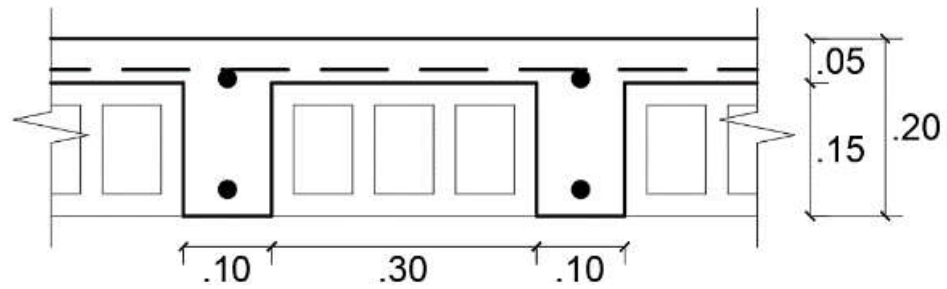
De estas visitas se pudo observar que la estructura del pabellón evaluado existente poseía irregularidades tanto en altura como en planta, las cuales influirían de manera importante en su comportamiento sísmico. En la figura 7 se puede apreciar la vista general de la edificación.

#### Figura 7

*Vista general del pabellón evaluado*



Los 2 primeros niveles poseen losas aligeradas continuas en toda su área, cuya sección típica se presenta en la figura 8. Sin embargo, en el tercer nivel, se observa en la figura 9 que el corredor carece de losa y pórticos, generando dos bloques separados: uno que sostiene un nivel adicional que aloja el tanque de agua elevado y otro que posee un techo a dos aguas. Esto ocasiona que el tercer nivel no funcione como un diafragma rígido, por lo que se previó que en un evento sísmico habría desplazamientos muy grandes.

**Figura 8***Sección típica de losa aligerada*

*Nota.* Las viguetas están en dirección X.

**Figura 9***Vista del tercer nivel del pabellón evaluado*

La mampostería utilizada consiste en ladrillos con unas dimensiones promedio de 9x13x23 cm. Estas unidades de albañilería se pueden apreciar gracias al acabado caravista empleado en la mayor parte de la superficie de los muros de las fachadas de la edificación.

En la figura 10 se muestra un ladrillo hallado in situ, el cual por su estado se presume que data de cuando se construyó el pabellón. Es una unidad hueca y para su resistencia a la compresión se asumió el valor que la Norma Técnica E.070 Albañilería (2006) asigna a las unidades de denominación King Kong Artesanal:  $f'_m = 35 \text{ kgf/cm}^2$ .



**Figura 10***Unidad de mampostería*

En lo que respecta a la clasificación de los sistemas estructurales, a la dimensión más larga del pabellón evaluado se le asignó la dirección X y, a la más corta, la dirección Y. Se observó que en la dirección X posee un sistema de pórticos de concreto armado y en la dirección Y un sistema de muros de albañilería confinada, los cuales tienen asentado de cabeza. Estos sistemas asumidos fueron luego verificados durante el análisis estructural.

#### **3.4.2.2. Mediciones**

Para definir la configuración y las dimensiones del pabellón evaluado se realizaron mediciones con flexómetro para luego realizar un levantamiento. De esta manera se pudo corroborar y complementar la información obtenida en unos planos antiguos a los que se tuvo acceso. Esta tarea permitió la elaboración de los planos de arquitectura y estructuras.

#### **3.4.2.3. Inspección Visual de Patologías Estructurales**

Para registrar las patologías estructurales en el pabellón evaluado existente, se realizó la recolección de datos mediante fichas de inspección visual. Entre los tipos de patologías y/o fallas encontradas destacaron: eflorescencia, columna corta, falla por adherencia, falla por contracción térmica, falla por flexión en vigas, falla por aplastamiento en muros, humedades y filtraciones, etc. De la figura 11 a la figura 24 se presentan ejemplos de estas patologías.

**Figura 11***Eflorescencia*

*Nota.* Se muestra presencia de sales y descaramiento de pintura.

**Figura 12***Humedad*

*Nota.* Se muestra presencia de manchas verdosas que debilitan la losa.



**Figura 13**

*Fisura por flexión en losas*



*Nota.* Se muestra presencia de fisura a 45° en la esquina de la losa.

**Figura 14**

*Fisura por momentos torsionales en losas*



*Nota.* Se muestra presencia de fisura en la esquina de la losa.

**Figura 15**

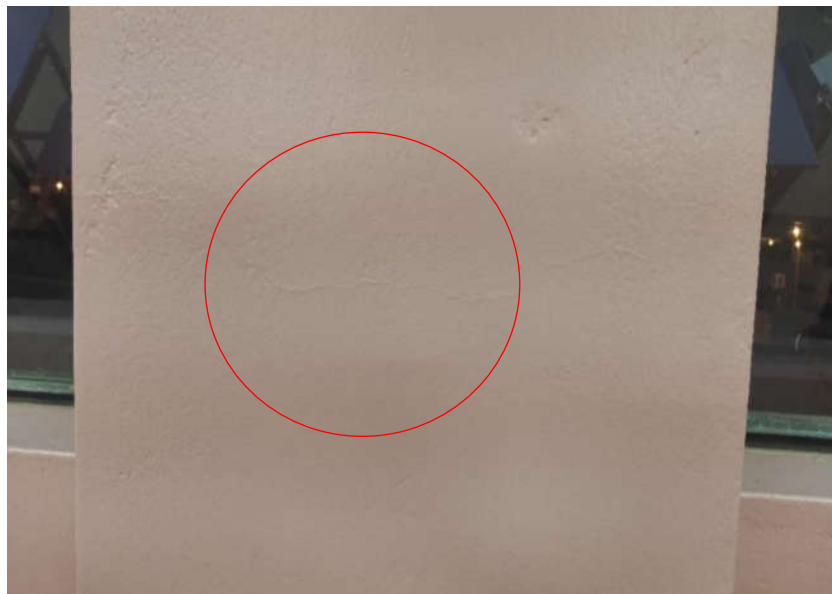
*Fisura por retracción térmica en losas*



*Nota.* Se muestra presencia de fisuras en la losa aligerada.

**Figura 16**

*Fisura por columna corta*



*Nota.* Se muestra presencia de fisuras debido a movimientos térmicos.

**Figura 17**

*Fisura por junta de hormigonado*



*Nota.* Se muestra presencia de fisuras entre viga y columna donde un elemento ya está endurecido y no se adhiere al nuevo concreto.

**Figura 18**

*Fisura por flexión en vigas*



*Nota.* Se muestra presencia de fisuras en la viga.

**Figura 19**

*Fisura bajo cargas de servicio en vigas*



*Nota.* Se muestra presencia de fisuras en el extremo de la viga.

**Figura 20**

*Fisura por aplastamiento en muros*



*Nota.* Se muestra presencia de fisuras entre el muro y la viga.

**Figura 21**

*Fisura por adherencia del muro*



*Nota.* Se muestra presencia de fisura por adherencia entre la viga y el muro, es decir, donde un elemento ya está endurecido y no se adhiere al nuevo concreto.

**Figura 22**

*Fisura por mapeo del muro*



*Nota.* Se muestra presencia de fisura debido al mal curado.

**Figura 23**

*Fisura por tensión en muros*



*Nota.* Se muestra presencia de fisuras en ángulos o esquinas.

**Figura 24**

*Fisura por flexión en muros*



*Nota.* Se muestra presencia de fisuras en el muro.

### 3.4.3. Instrumentos

#### 3.4.3.1. Elaboración de Planos

Se elaboraron los planos de arquitectura y estructuras, los cuales se muestran de la figura 25 hasta la figura 31 y se presentan en detalle en el anexo 3.

**Figura 25**

*Lámina A-01: Distribución en planta*

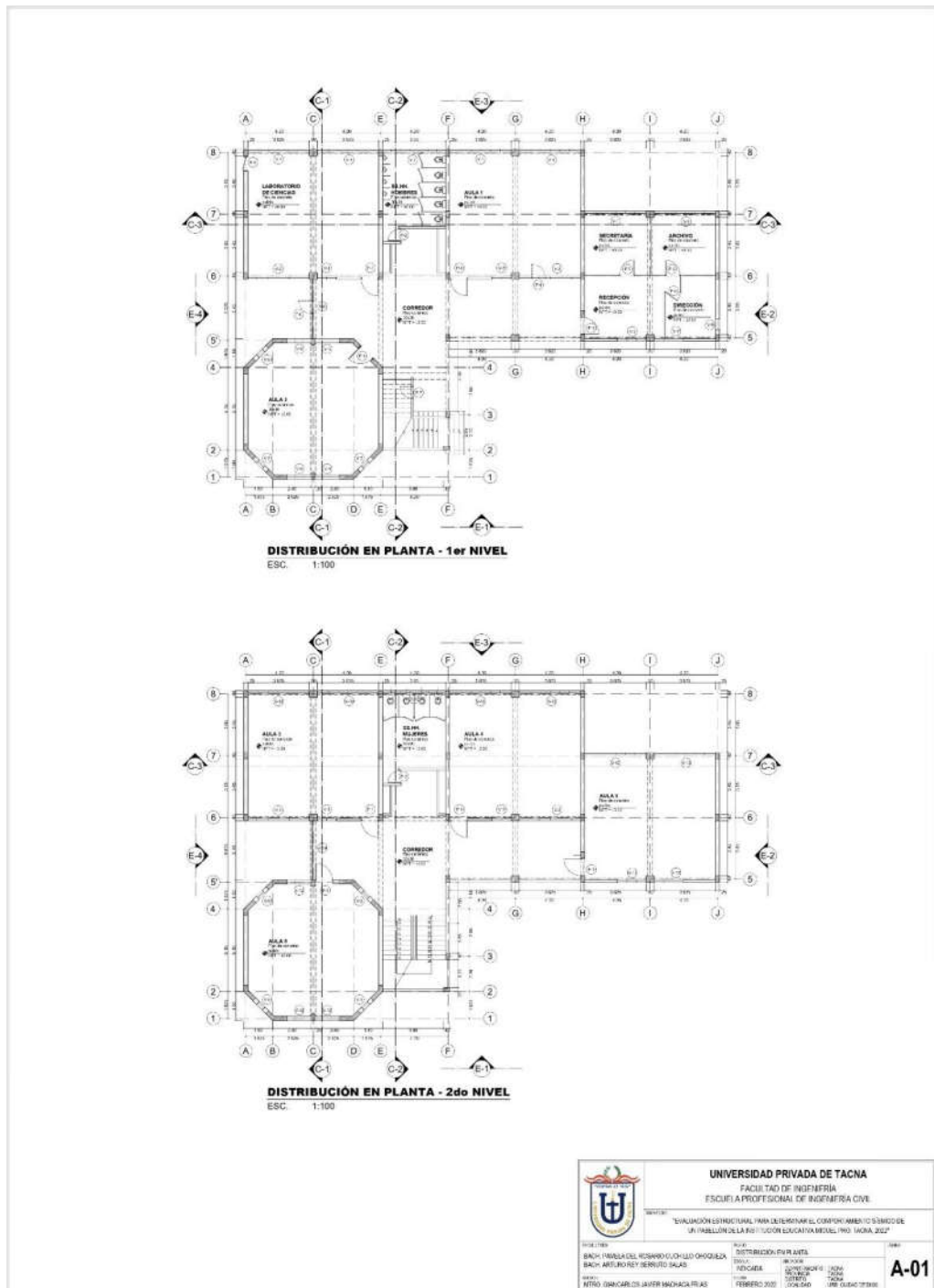
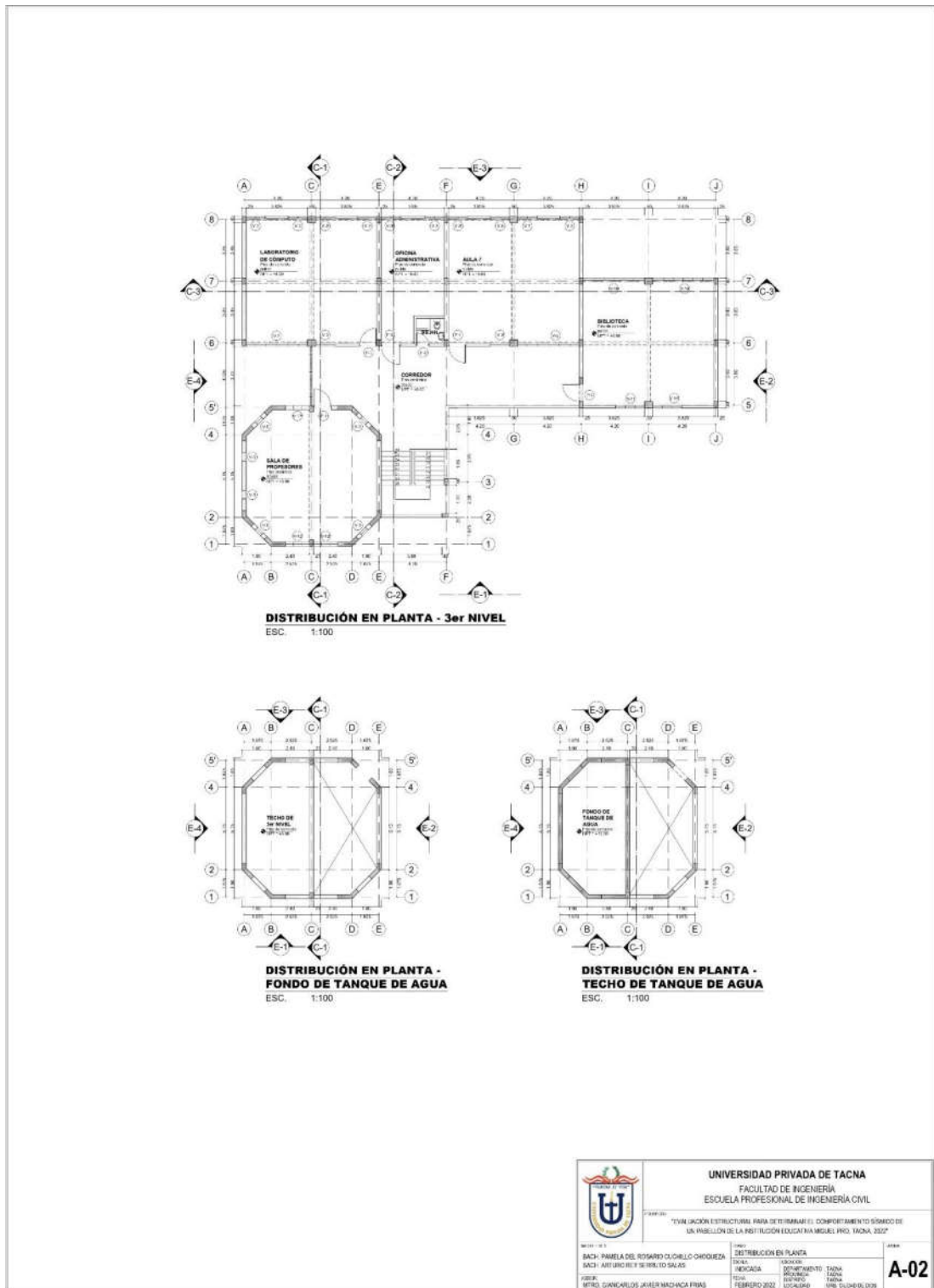


Figura 26

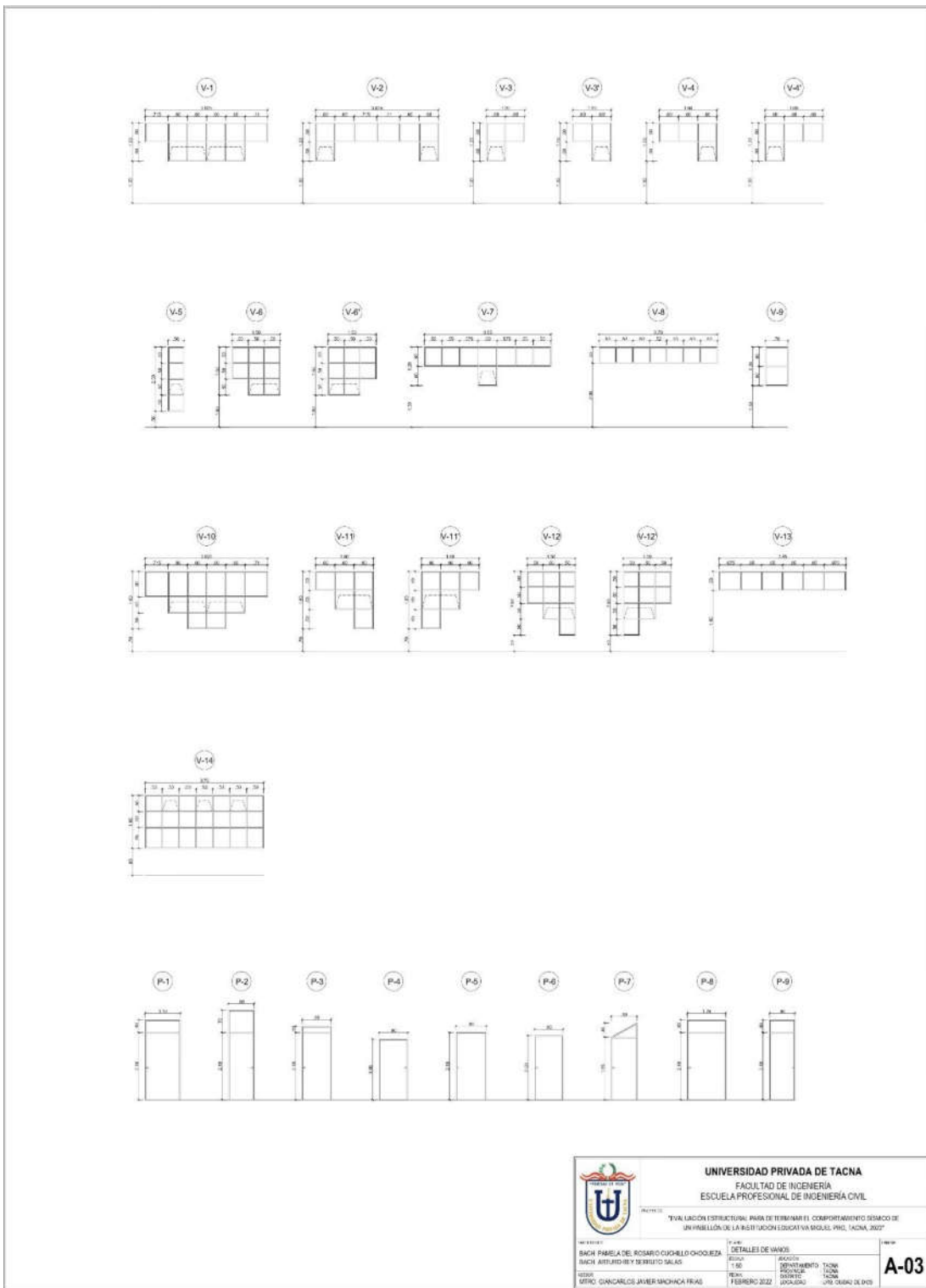
Lámina A-02: Distribución en planta





**Figura 27**

*Lámina A-03: Detalles de vanos*



	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA</b> FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
	TITULO: Tesis de Grado TEMA: TITULACION ESTRUCTURAL PARA EL DISEÑO DEL COMPORTAMIENTO SISMICO DE UN PABELLON DE LA INSTITUCION EDUCATIVA ENRIQUE Y ANTONIO VALDES, TACNA, 2022	
AUTOR: BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILO CHOQUEZA BACH. ARTURO DEL PERU SALAS OFICINA: OFICINA INGENIERIA CIVIL	FECHA: 18/02/2022	INSTITUCION: UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL DISTRITO: TACNA ASESORADO: OFICINA DE INGENIERIA CIVIL
		A-03

Figura 28

Lámina A-04: Elevaciones

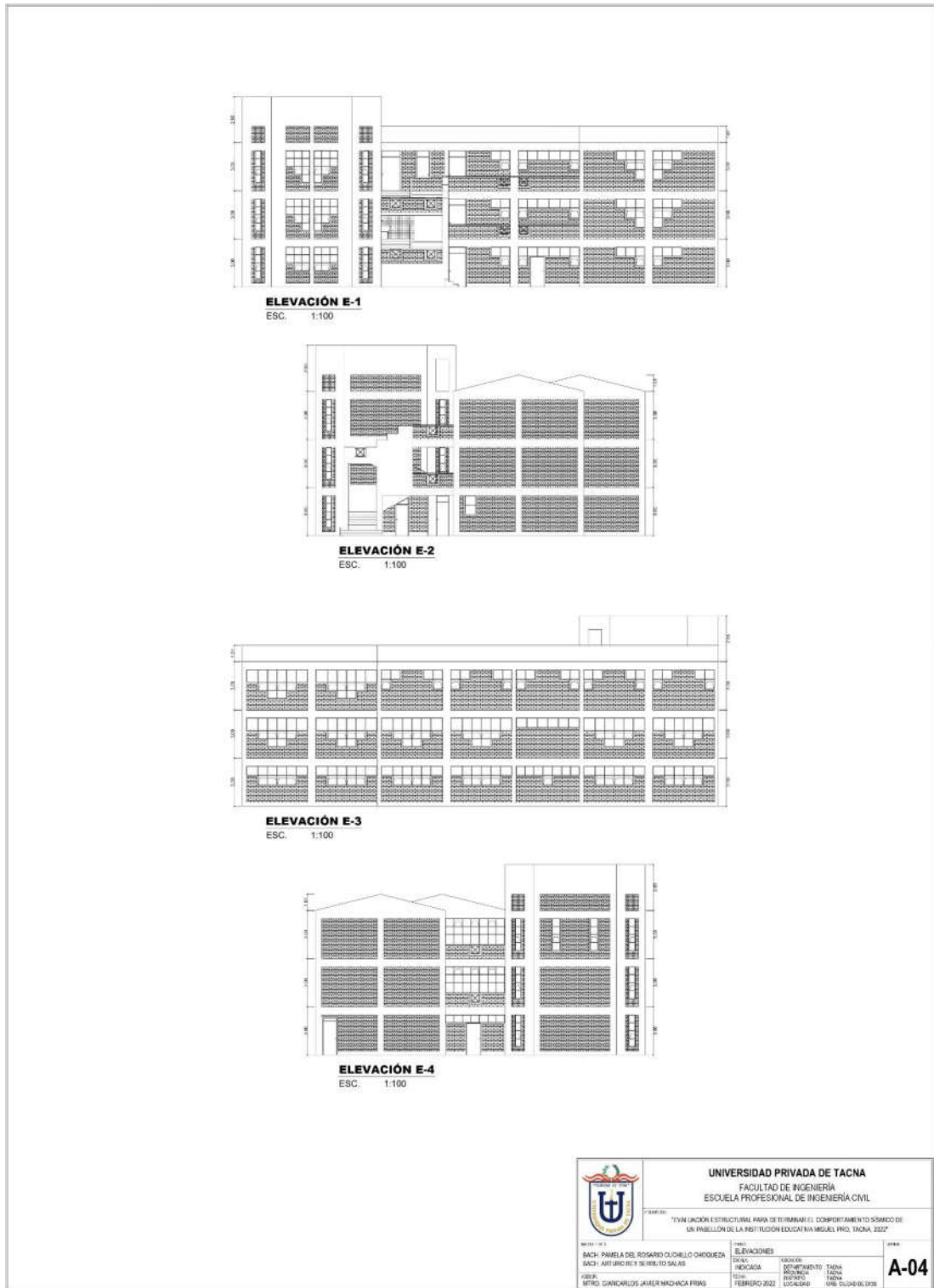
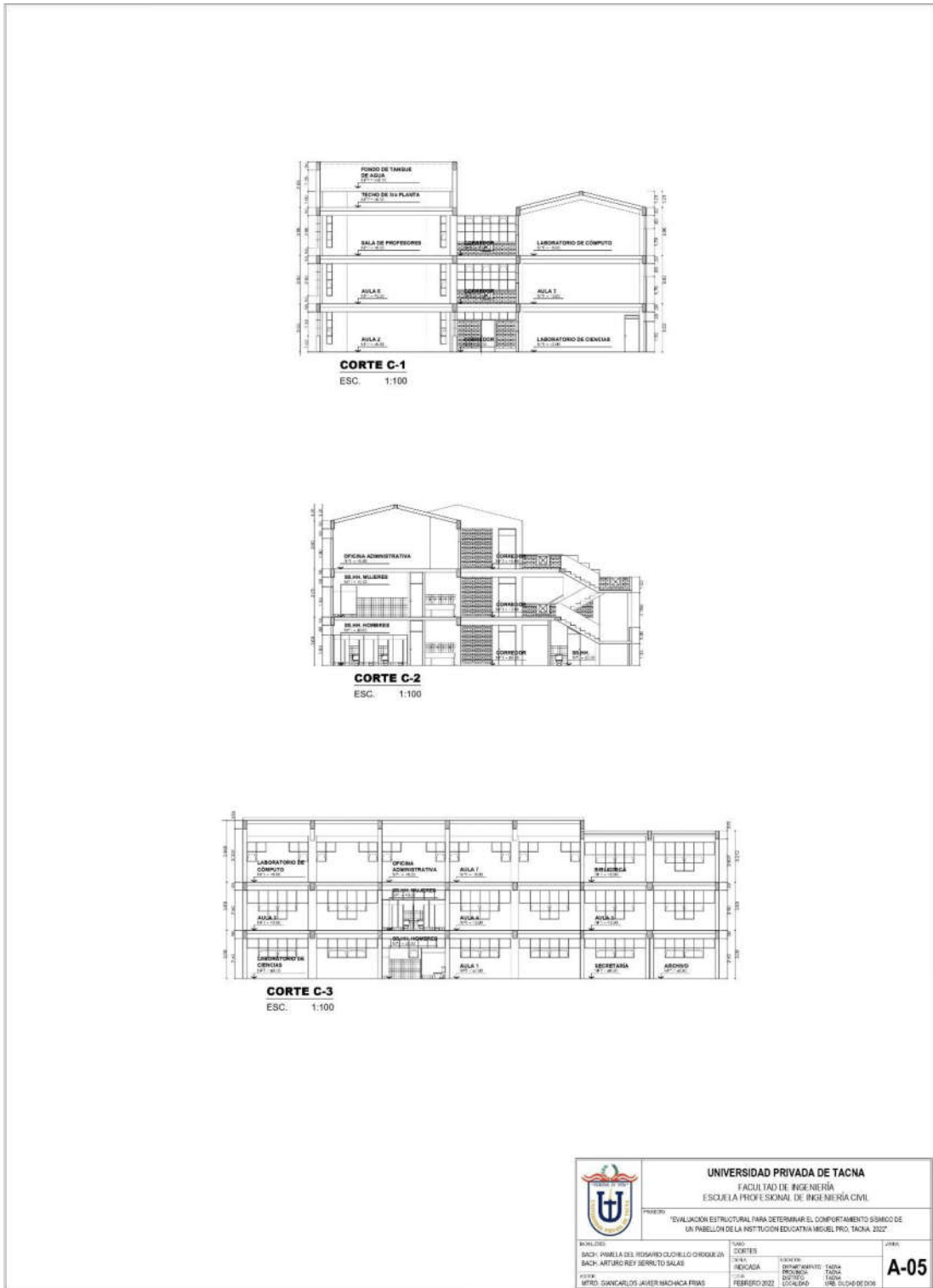


Figura 29

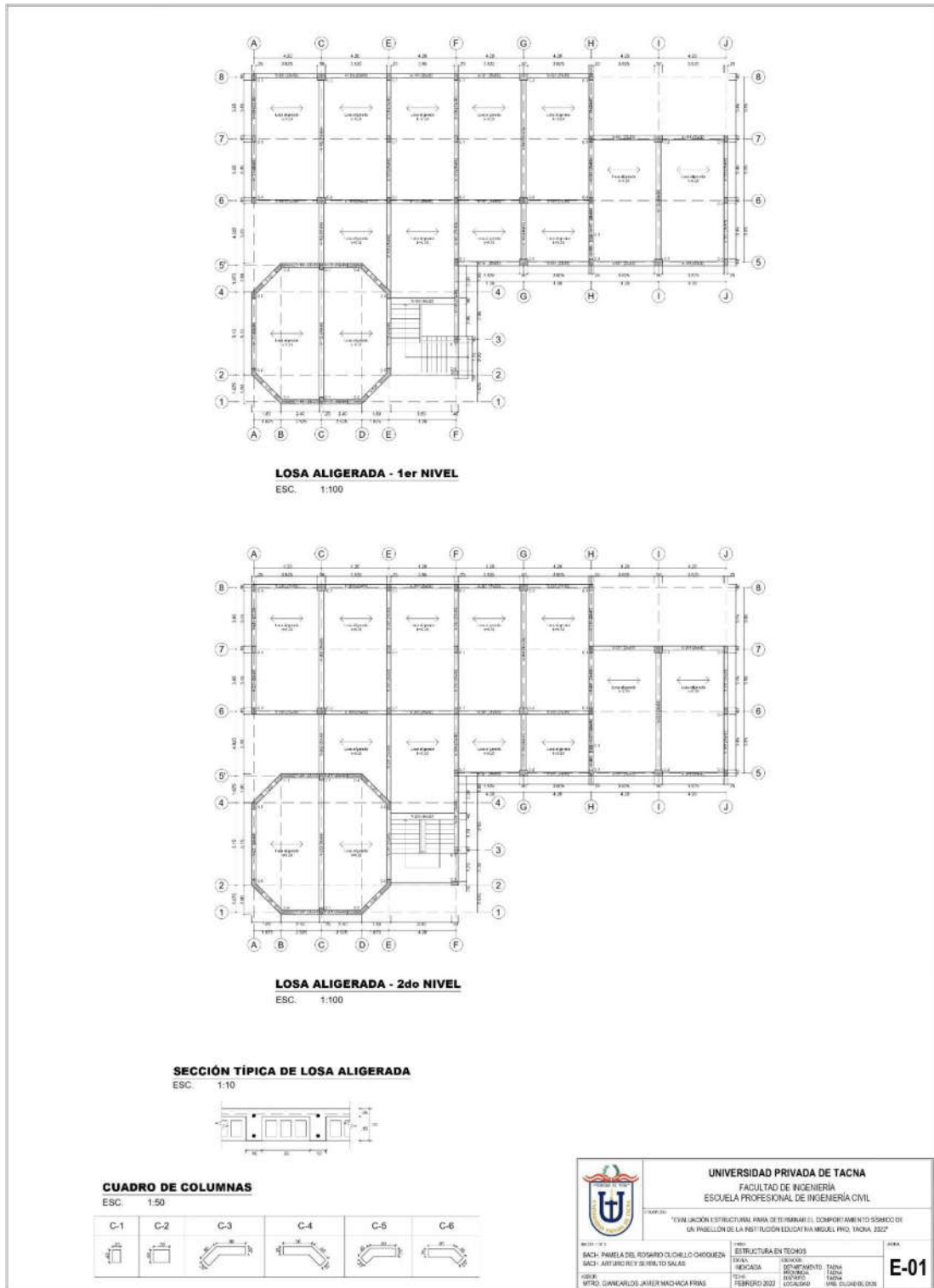
Lámina A-05: Cortes



	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA</b> FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
	PROYECTO: "EVALUACION ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO SISMICO DE UN PABELLON DE LA INSTITUCION EDUCATIVA MIGUEL PRO, TACNA, 2022"		
BACHILLER: BACH: PAMELA DEL ROSARIO CLOVELLO OCHOA BACH: ARTURO REY SERRITO SALAS PROF: MTRD. GUANCAELOS JAVIER MACHACA FRIAS	TITULO: CORTES FECHA: MARZO 2022	UBICACION: DISTRITO: TACNA DEPARTAMENTO: TACNA REGION: TACNA CORDONADO: TACNA URB: EL CHINO DE ORO	<b>A-05</b>

**Figura 30**

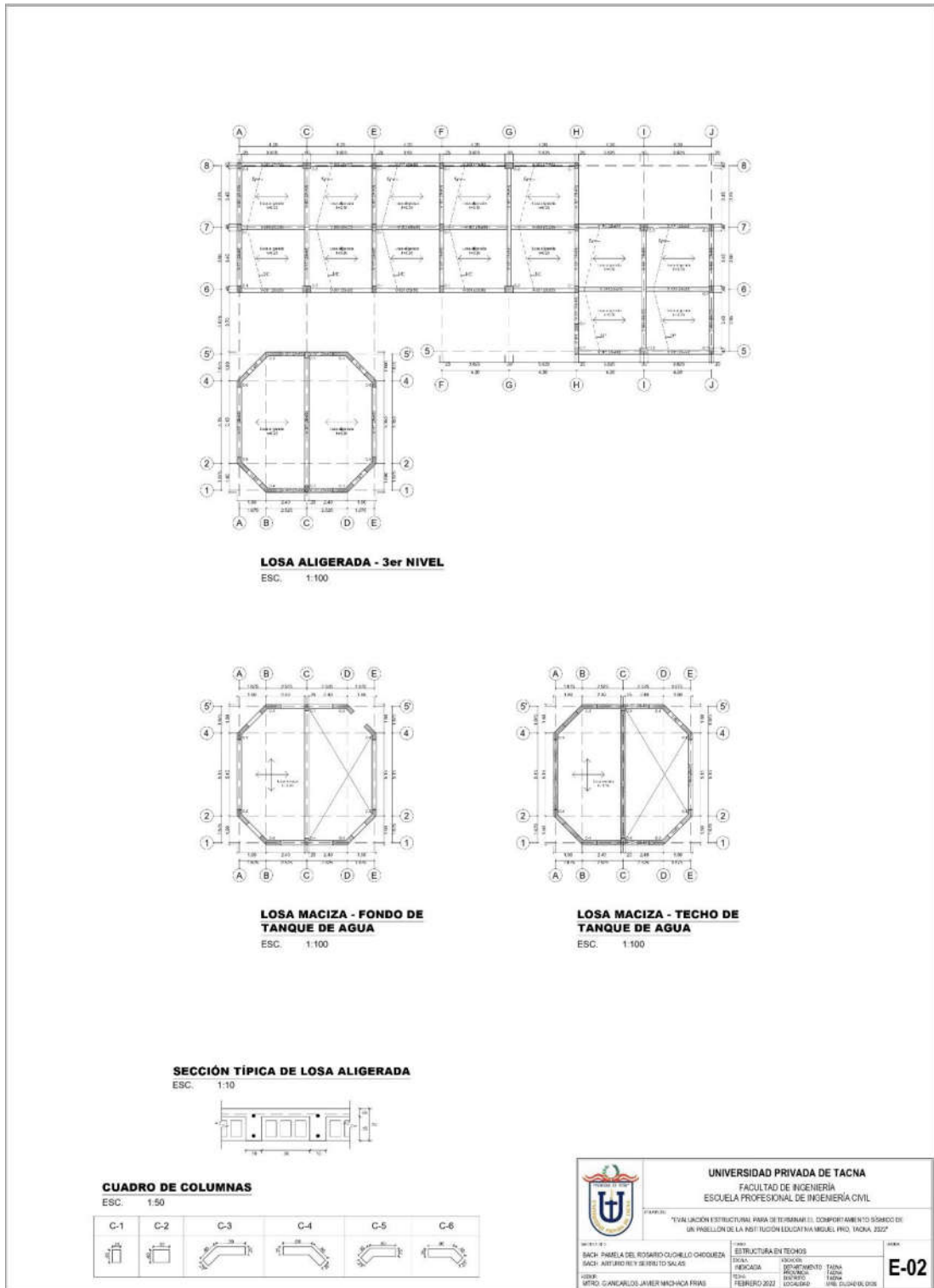
*Lámina E-01: Estructura en techos*



	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	"ANÁLISIS ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE LA PASARELA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MIGUEL PRADO, TACNA, 2022"	
BACH.: PAMELA DEL ROSARIO CLOMBELO CHOLEBUZA SACH.: ARTURO RIVERA SIBILOTO SALAS GRUPO: INGENIEROS JAVIER MACHUCA FRANK	TÍTULO: ESTRUCTURA EN TECHOS DEPARTAMENTO: TACNA FECHA: FEBRERO 2022 ESCALA: 1:50	NÚMERO: E-01 FECHA: 2024/02/02

**Figura 31**

*Lámina E-02: Estructura en techos*




	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA</b> FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
	<small>TITULACION ESTRUCTURAL PARA EL DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO SISMICO DE UN PANEL DE LA INSTITUCION EDUCATIVA MIGUEL PRO. TACNA, 2022</small>	
BACH: PAMELA DEL ROSARIO GLOMBLO CHOCUMBA BACH: ARTURO NEY SEBASTIÁN SALAS GRUPO: MFRD GUANERLOS JAVIER MADRACÁ FRAYS	TÍTULO: ESTRUCTURA EN TECHOS ESPECIALIDAD: INGENIERIA CIVIL FECHA: FEBRERO 2022	NÚMERO: E-02 FECHA: FEBRERO 2022

### 3.4.3.2. Fichas de Inspección Visual de Patologías Estructurales

Mediante un formato de fichas de inspección visual, que se muestra en la figura 32, se registraron las patologías de los elementos estructurales, encontrándose grietas, fisuras por retracción térmica, aplastamiento del concreto, abrasión, eflorescencia, columna corta, etc.

**Figura 32**

*Formato de ficha de inspección visual de patologías estructurales*

FICHA DE INSPECCIÓN VISUAL DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES		FICHA:	
		EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN PABELLÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MIGUEL PRO, TACNA, 2022	
EVALUADORES:		MATERIAL PREDOMINANTE:	EJE X: EJE Y:
UBICACIÓN:	FECHA:	HORA:	CATEGORÍA:
UBICACIÓN DE MUESTRA		VISTA DE PATOLOGÍAS ENCONTRADAS	
ELEMENTO	NIVEL	NIVEL DE SEVERIDAD	PATOLOGÍA ENCONTRADA
COLUMNA	1		
	2		
	3		
VIGAS	1		
	2		
	3		
LOSA ALIGERADA	1		
	2		
	3		
MUROS	1		
	2		
	3		
TESISTA			
	NOMBRE		FIRMA
TESISTA			
	NOMBRE		FIRMA

En el anexo 2 se presentan en detalle todas las fichas de inspección visual de patologías estructurales.

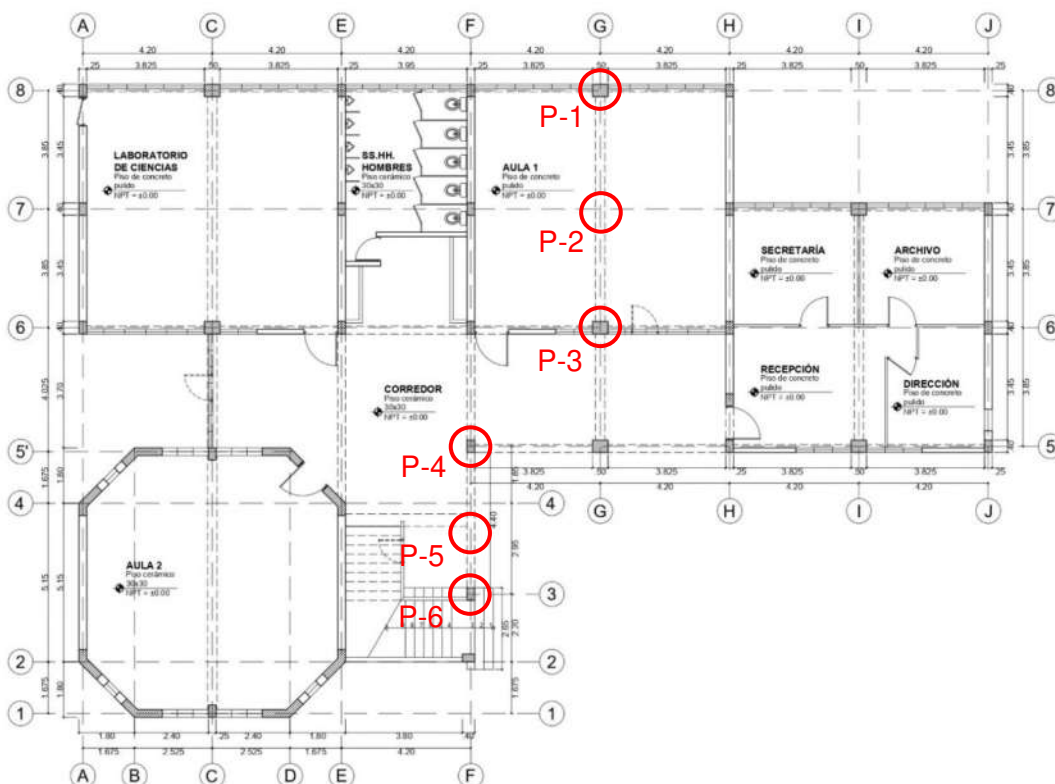
### 3.4.3.3. Realización del Ensayo de Esclerometría

Para estimar la resistencia a la compresión del concreto de los elementos estructurales del pabellón evaluado se realizó el ensayo de esclerometría según la NTP 339.181. Este ensayo, al ser no destructivo, permitió obtener información sin dañar la estructura existente.

Como se muestra en la figura 33, el ensayo se realizó en 4 columnas y 2 vigas correspondientes a 2 pórticos ubicados en el primer nivel del pabellón, buscando que se vean representadas las columnas y vigas con secciones más comunes en la estructura. Para la ejecución del ensayo, mostrado en la figura 34, se debió retirar el acabado y tarrajeo en un área cuadrada de 15 cm de lado en las columnas y vigas seleccionadas. Estas áreas se dividieron en cuadros de 1 cm de lado con el objetivo de realizar los golpes de martillo en vértices aleatorios. Cada golpe de martillo dio un número de rebote y para cada columna y viga se obtuvieron 12 números de rebote. Del procesamiento de estos datos se obtuvo una resistencia promedio.

**Figura 33**


*Ubicación de puntos para el ensayo de esclerometría*



**Figura 34***Realización del ensayo de esclerometría***3.5. Procesamiento y Análisis de Datos****3.5.1. Sumario de la Inspección Visual de Patologías Estructurales**

Se presentó una ficha final como la de la figura 35.

**Figura 35***Formato de ficha de resumen de patologías estructurales*

FICHA DE RESUMEN DE INSPECCIÓN VISUAL DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES				FICHA:	
 <b>EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN PABELLÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MIGUEL PRO, TACNA, 2022</b>					
EVALUADORES:			MATERIAL PREDOMINANTE:		EJE X:
UBICACIÓN:			FECHA:		EJE Y:
			HORA:		CATEGORÍA:
N°	ELEMENTO	NIVEL	UBICACIÓN	PATOLOGÍA ENCONTRADA	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
TESISTA					
		NOMBRE			FIRMA
TESISTA					
		NOMBRE			FIRMA



### 3.5.2. Datos del Ensayo de Esclerometría

Los números de rebote obtenidos en el ensayo de esclerometría se registraron en un formato como el de la tabla 13 para su análisis.

**Tabla 13**

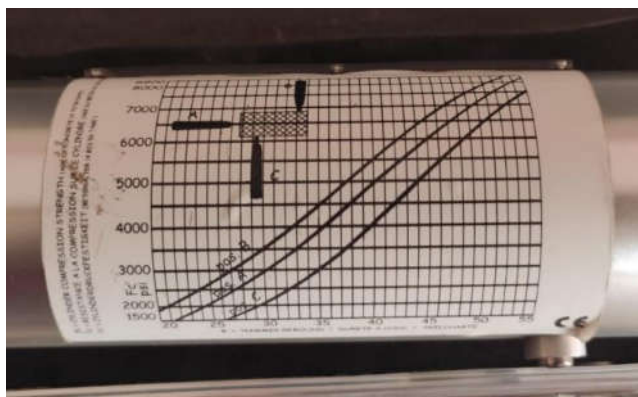
*Formato para el ensayo de esclerometría*

N°	Tipo	LECTURA DEL EQUIPO												$\mu$	U- $\mu$	f'c Ábaco PSI	f'c Ábaco kgf/cm <sup>2</sup>	f'c Prom. kgf/cm <sup>2</sup>	f'c Asumido kgf/cm <sup>2</sup>
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
P-1	Columna																		
P-3	Columna																		
P-4	Columna																		
P-6	Columna																		
P-2	Viga																		
P-5	Viga																		

Siguiendo lo dispuesto en la NTP 339.181, para cada punto se calculó el promedio y la desviación estándar de los números de rebote. Para cada punto se descartaron las lecturas que diferían del promedio por más de 6 unidades, verificando que estas lecturas descartadas no sean más de 2 ya que en ese caso el ensayo en ese punto quedaría inválido. Se calculó la diferencia del promedio y la desviación estándar, y el resultado fue el número de rebote que se utilizó para obtener la resistencia a la compresión mediante el ábaco. El ábaco incorporado en el instrumento relaciona el número de rebote obtenido con la resistencia del concreto según la posición en la que se ha realizado el ensayo.

**Figura 36**

*Ábaco del esclerómetro*



*Nota.* En todos los puntos se utilizó el martillo en posición horizontal, lo que en el ábaco es representado por la curva de posición A.

Los valores obtenidos para las resistencias a la compresión estaban en PSI, por lo que se convirtieron a  $\text{kgf/cm}^2$ . De esta manera, se encontró para las columnas una resistencia a la compresión del concreto de  $210 \text{ kgf/cm}^2$  y para las vigas una resistencia de  $175 \text{ kgf/cm}^2$ . Los resultados se presentaron en detalle en el capítulo IV en la tabla 32. Estos valores se usaron en la elaboración del modelo de la estructura en ETABS.

### **3.5.3. Análisis Estructural del Modelo del Pabellón Evaluado Existente**

Se procedió con el modelado de la configuración estructural del pabellón evaluado existente en el software ETABS v19.1.0 y se realizó el análisis estructural según la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018), verificando si el comportamiento sísmico de la estructura respetaba los parámetros definidos.

En la elaboración del modelo se procuró representar la estructura de forma fiable a la vez que simple, dejando de lado los elementos y detalles despreciables. Entre las consideraciones que se tomaron está la no inclusión del techo inclinado a dos aguas en el tercer nivel en base a que, para efectos del análisis sísmico, no funciona como un diafragma rígido. Como consecuencia, el peso del techo a dos aguas y su sobrecarga se asignaron como cargas. La escalera se representó como unas losas de sección despreciable en el primer y segundo nivel, a las que luego se les asignó la carga equivalente al peso propio de la losa de escalera y sus acabados, además de la sobrecarga correspondiente. Además, se obvió la inclusión de las columnas de amarre de los muros de albañilería.

#### **3.5.3.1. Definición de los Materiales**

Se definieron 3 materiales: el concreto de resistencia  $175 \text{ kgf/cm}^2$  que se asignó a losas y vigas, el concreto de resistencia  $210 \text{ kgf/cm}^2$  que se asignó a columnas y muros de concreto y la albañilería de resistencia  $35 \text{ kgf/cm}^2$ .

Para la obtención del módulo de elasticidad del concreto, se empleó la siguiente fórmula presentada en la Norma Técnica E.060 Concreto Armado (2009), la cual estaba en MPa y se convirtió a  $\text{kgf/cm}^2$ :

$$E_c = 15000\sqrt{f'_c} \left( \text{en } \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right) \quad (10)$$

Para la obtención del módulo de elasticidad de la albañilería, se empleó la siguiente fórmula presentada en la Norma Técnica E.070 Albañilería (2006):

$$E_m = 500 f'_m \quad (11)$$

Las propiedades mecánicas de los materiales se resumen en la tabla 14.

**Tabla 14**

*Propiedades mecánicas del concreto y de la albañilería*

<b>Concreto en vigas y losas</b>	
Peso unitario (tonf/m <sup>3</sup> )	2,4
Resistencia a la compresión f' <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	175
Módulo de elasticidad E <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	198431,35
<b>Concreto en columnas y muros de concreto</b>	
Peso unitario (tonf/m <sup>3</sup> )	2,4
Resistencia a la compresión f' <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	210
Módulo de elasticidad E <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	217370,65
<b>Albañilería</b>	
Peso unitario (tonf/m <sup>3</sup> )	1,35
Resistencia a la compresión f' <sub>m</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	35
Módulo de elasticidad E <sub>m</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	17500

En las figuras 37, 38 y 39 se presenta la definición de las propiedades de los materiales en el software ETABS.

**Figura 37**

*Definición de propiedades del concreto de resistencia 175 kgf/cm<sup>2</sup>*

The image shows a screenshot of the ETABS software interface for defining material properties. The 'Design Property Data' section is highlighted with a black box. The 'Specified Concrete Compressive Strength, f'<sub>c</sub>' is set to 175 kgf/cm<sup>2</sup>. Other visible properties include: Material Name: CONCRETO 175; Material Type: Concrete; Directional Symmetry Type: Isotropic; Weight per Unit Volume: 2.4 tonf/m<sup>3</sup>; Mass per Unit Volume: 0.244732 tonf-s<sup>3</sup>/m<sup>4</sup>; Modulus of Elasticity, E: 198431.35 kgf/cm<sup>2</sup>; Poisson's Ratio, U: 0.2; Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C; Shear Modulus, G: 82679.73 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Figura 38**

*Definición de propiedades del concreto de resistencia 210 kgf/cm<sup>2</sup>*

General Data	
Material Name	CONCRETO 210
Material Type	Concrete
Directional Symmetry Type	Isotropic
Material Display Color	Change...
Material Notes	Modify/Show Notes...
Material Weight and Mass	
<input checked="" type="radio"/> Specify Weight Density	<input type="radio"/> Specify Mass Density
Weight per Unit Volume	2.4 tonf/m <sup>3</sup>
Mass per Unit Volume	0.244732 tonf-s <sup>2</sup> /m <sup>4</sup>
Mechanical Property Data	
Modulus of Elasticity, E	217370.65 kgf/cm <sup>2</sup>
Poisson's Ratio, U	0.2
Coefficient of Thermal Expansion, A	0.0000099 1/C
Shear Modulus, G	90571.1 kgf/cm <sup>2</sup>
Design Property Data	
Design Properties for Concrete Materials	
Specified Concrete Compressive Strength, F <sub>c</sub>	210 kgf/cm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Lightweight Concrete	
Shear Strength Reduction Factor	

**Figura 39**

*Definición de propiedades de la albañilería*

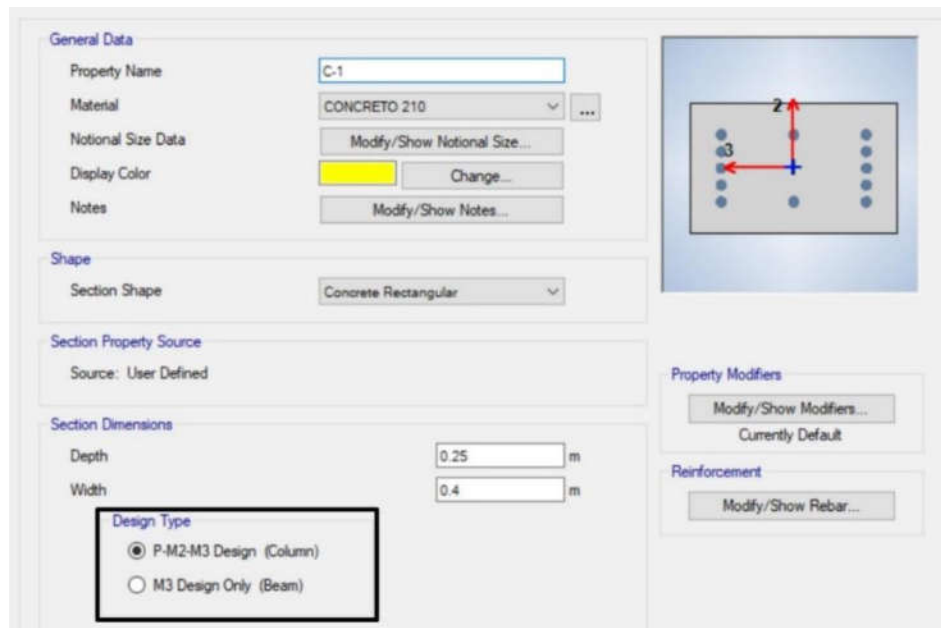
General Data	
Material Name	ALBANILERIA 35
Material Type	Masonry
Directional Symmetry Type	Isotropic
Material Display Color	Change...
Material Notes	Modify/Show Notes...
Material Weight and Mass	
<input checked="" type="radio"/> Specify Weight Density	<input type="radio"/> Specify Mass Density
Weight per Unit Volume	1.35 tonf/m <sup>3</sup>
Mass per Unit Volume	0.137662 tonf-s <sup>2</sup> /m <sup>4</sup>
Mechanical Property Data	
Modulus of Elasticity, E	17500 kgf/cm <sup>2</sup>
Poisson's Ratio, U	0.2
Coefficient of Thermal Expansion, A	0.0000081 1/C
Shear Modulus, G	7291.67 kgf/cm <sup>2</sup>
Design Properties for Concrete Materials	
Specified Compressive Strength, F <sub>m</sub>	35 kgf/cm <sup>2</sup>

### 3.5.3.2. Definición y Dibujo de los Elementos Estructurales

Se definieron las secciones de los elementos estructurales a dibujar, asignándoles su material correspondiente. En las figuras 40, 41 y 42 se muestra la definición de las secciones de columnas.

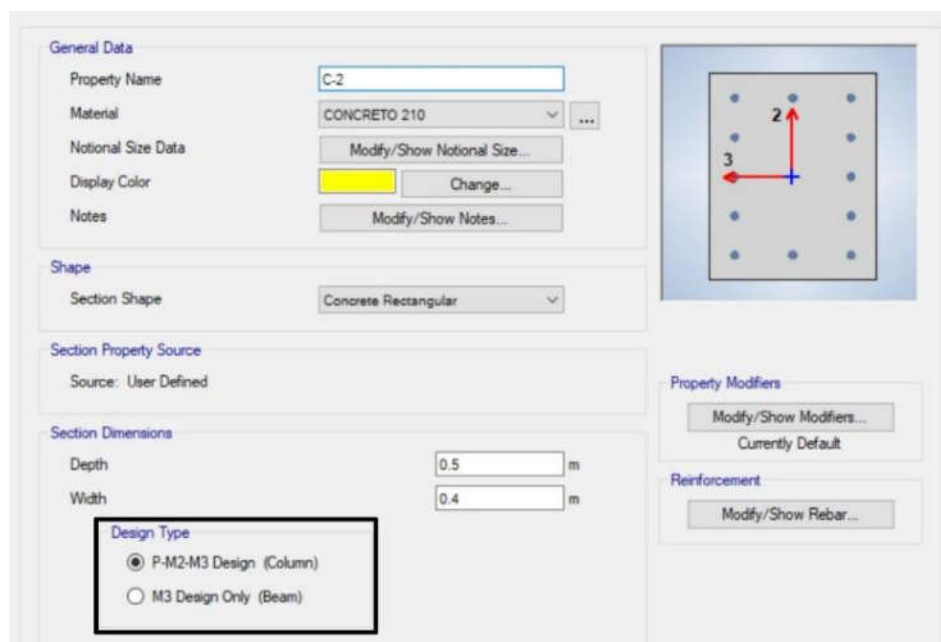
**Figura 40**

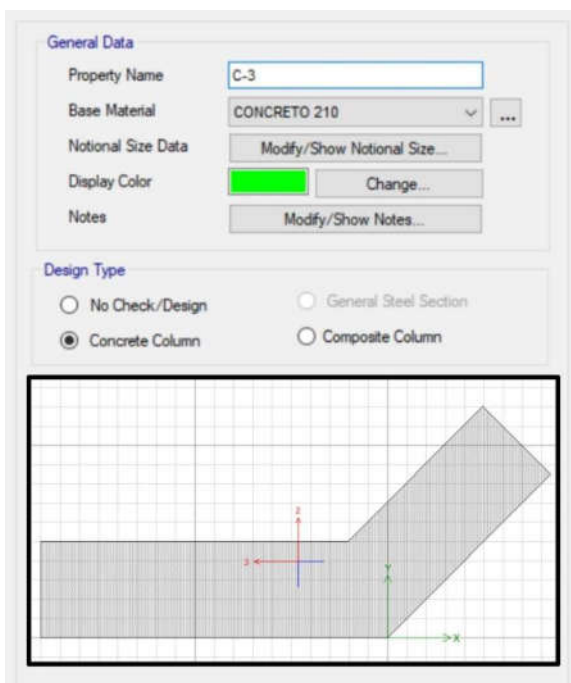
*Definición de sección de columna C-1*



**Figura 41**

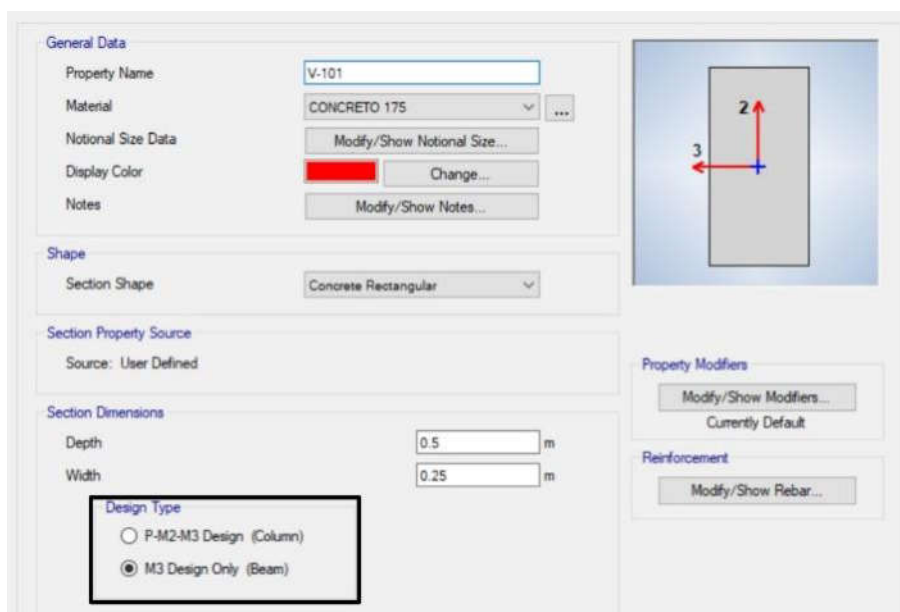
*Definición de sección de columna C-2*



**Figura 42***Definición de sección de columna C-3*

*Nota.* Esta sección tuvo que diseñarse, al igual que la de la columna C-4.

De la figura 43 a la 47 se muestra la definición de las secciones de vigas.

**Figura 43***Definición de sección de viga V-101*

*Nota.* Las mismas propiedades se definieron para las secciones de vigas V-201, V-301 y V-401.

**Figura 44**

*Definición de sección de viga V-102*

**General Data**

Property Name: V-102

Material: CONCRETO 175

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 0.5 m

Width: 0.3 m

**Design Type**

P-M2-M3 Design (Column)

M3 Design Only (Beam)

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

*Nota.* Las mismas propiedades se definieron para las secciones de vigas V-202 y V-302.

**Figura 45**

*Definición de sección de viga V-103*

**General Data**

Property Name: V-103

Material: CONCRETO 175

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 0.2 m

Width: 0.4 m

**Design Type**

P-M2-M3 Design (Column)

M3 Design Only (Beam)

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

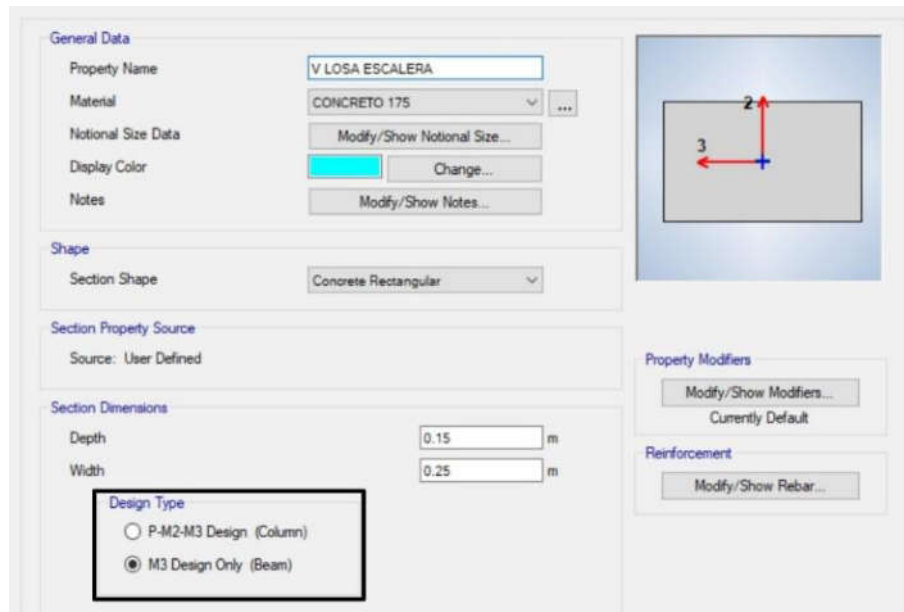
**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

*Nota.* Las mismas propiedades se definieron para la sección de viga V-203.

**Figura 46**

*Definición de sección de viga de la losa de escalera*



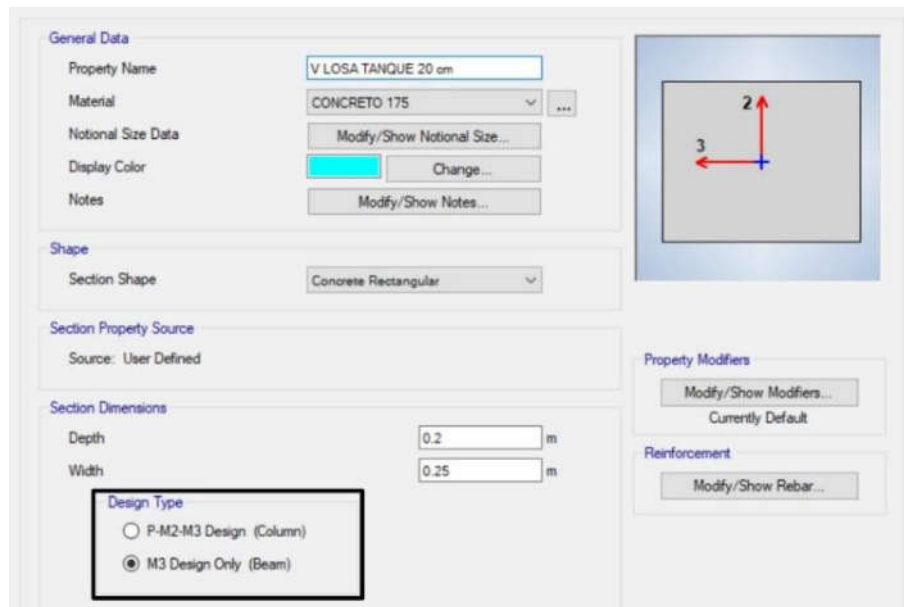
The screenshot displays the configuration for a beam section. Key parameters include:

- General Data:** Property Name: V LOSA ESCALERA; Material: CONCRETO 175; Section Shape: Concrete Rectangular.
- Section Dimensions:** Depth: 0.15 m; Width: 0.25 m.
- Design Type:** M3 Design Only (Beam) is selected.
- Diagram:** A rectangular cross-section with coordinate axes 2 (vertical) and 3 (horizontal).

*Nota.* Estas vigas se agregaron para sostener la losa en la que se asignaron las cargas de escalera.

**Figura 47**

*Definición de sección de viga de la losa de tanque de agua*



The screenshot displays the configuration for a beam section. Key parameters include:

- General Data:** Property Name: V LOSA TANQUE 20 cm; Material: CONCRETO 175; Section Shape: Concrete Rectangular.
- Section Dimensions:** Depth: 0.2 m; Width: 0.25 m.
- Design Type:** M3 Design Only (Beam) is selected.
- Diagram:** A rectangular cross-section with coordinate axes 2 (vertical) and 3 (horizontal).

*Nota.* Estas vigas se agregaron para sostener la losa maciza de 20 cm del tanque de agua.



Las figuras 48 y 49 muestran la definición de las secciones de muros.

**Figura 48**

*Definición de sección de muro de cabeza*

**General Data**

Property Name	MURO CABEZA
Property Type	Specified
Wall Material	ALBANILERIA 35
Notional Size Data	Modify/Show Notional Size...
Modeling Type	Shell-Thin
Modifiers (Currently Default)	Modify/Show...
Display Color	Change...
Property Notes	Modify/Show...

**Property Data**

Thickness	0.23 m
-----------	--------

Include Automatic Rigid Zone Area Over Wall

**Figura 49**

*Definición de sección de muro de tanque de agua*

**General Data**

Property Name	MURO TANQUE
Property Type	Specified
Wall Material	CONCRETO 210
Notional Size Data	Modify/Show Notional Size...
Modeling Type	Shell-Thin
Modifiers (Currently Default)	Modify/Show...
Display Color	Change...
Property Notes	Modify/Show...

**Property Data**

Thickness	0.25 m
-----------	--------

Include Automatic Rigid Zone Area Over Wall

De la figura 50 a la 53 se muestra la definición de las secciones de losas.

**Figura 50**

*Definición de sección de losa aligerada*

The screenshot shows the 'General Data' and 'Property Data' sections of a software interface for defining a ribbed slab section.

**General Data**

- Property Name: LOSA ALIGERADA 20 cm
- Slab Material: CONCRETO 175
- Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...
- Modeling Type: Membrane
- Modifiers (Currently Default): Modify/Show...
- Display Color: [Red color swatch] Change...
- Property Notes: Modify/Show...
- Use Special One-Way Load Distribution

**Property Data**

- Type: Ribbed
- Overall Depth: 0.2 m
- Slab Thickness: 0.05 m
- Stem Width at Top: 0.1 m
- Stem Width at Bottom: 0.1 m
- Rib Spacing (Perpendicular to Rib Direction): 0.4 m
- Rib Direction is Parallel to: Local 1 Axis

**Figura 51**

*Definición de sección de losa de la escalera*

The screenshot shows the 'General Data' and 'Property Data' sections of a software interface for defining a staircase slab section.

**General Data**

- Property Name: LOSA ESCALERA
- Slab Material: CONCRETO 175
- Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...
- Modeling Type: Membrane
- Modifiers (Currently Default): Modify/Show...
- Display Color: [Blue color swatch] Change...
- Property Notes: Modify/Show...
- Use Special One-Way Load Distribution

**Property Data**

- Type: Slab
- Thickness: 0.0001 m

**Figura 52**

*Definición de losa de 20 cm del tanque de agua*

The screenshot shows a software interface for defining a slab property. It is divided into two main sections: "General Data" and "Property Data".

**General Data:**

- Property Name: LOSA TANQUE 20 cm
- Slab Material: CONCRETO 175
- Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...
- Modeling Type: Membrane
- Modifiers (Currently Default): Modify/Show...
- Display Color: A blue color swatch with a "Change..." button.
- Property Notes: Modify/Show...
- Use Special One-Way Load Distribution

**Property Data:**

- Type: Slab
- Thickness: 0.2 m

**Figura 53**

*Definición de losa de 16 cm del tanque de agua*

The screenshot shows a software interface for defining a slab property, similar to Figure 52 but with a different thickness.

**General Data:**

- Property Name: LOSA TANQUE 16 cm
- Slab Material: CONCRETO 175
- Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...
- Modeling Type: Membrane
- Modifiers (Currently Default): Modify/Show...
- Display Color: A blue color swatch with a "Change..." button.
- Property Notes: Modify/Show...
- Use Special One-Way Load Distribution

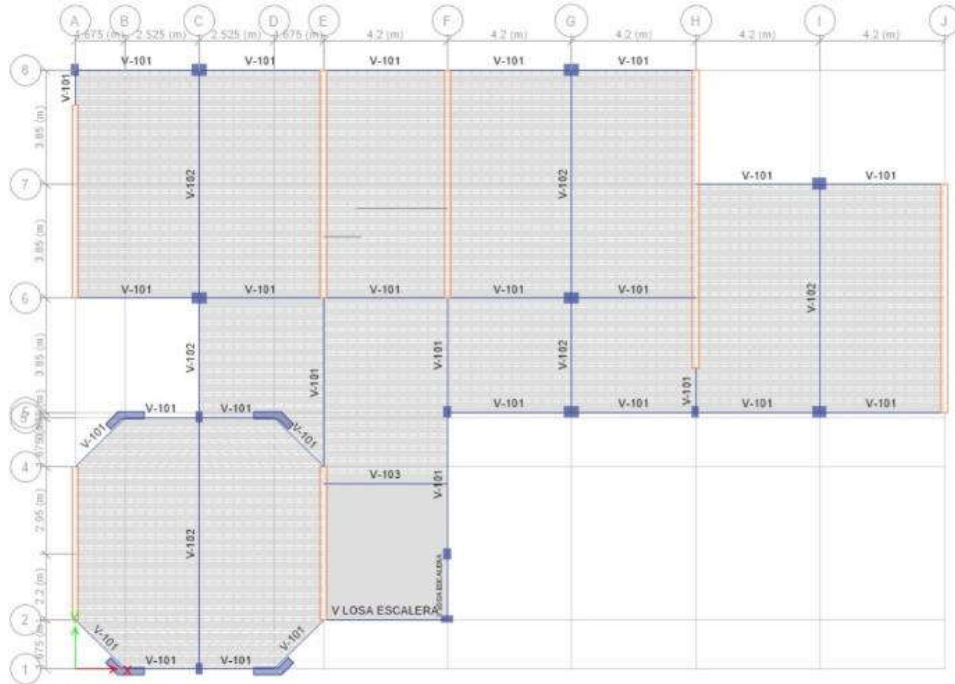
**Property Data:**

- Type: Slab
- Thickness: 0.16 m

Una vez definidos los elementos, se dibujó el modelo, como se aprecia de la figura 54 a la 59.

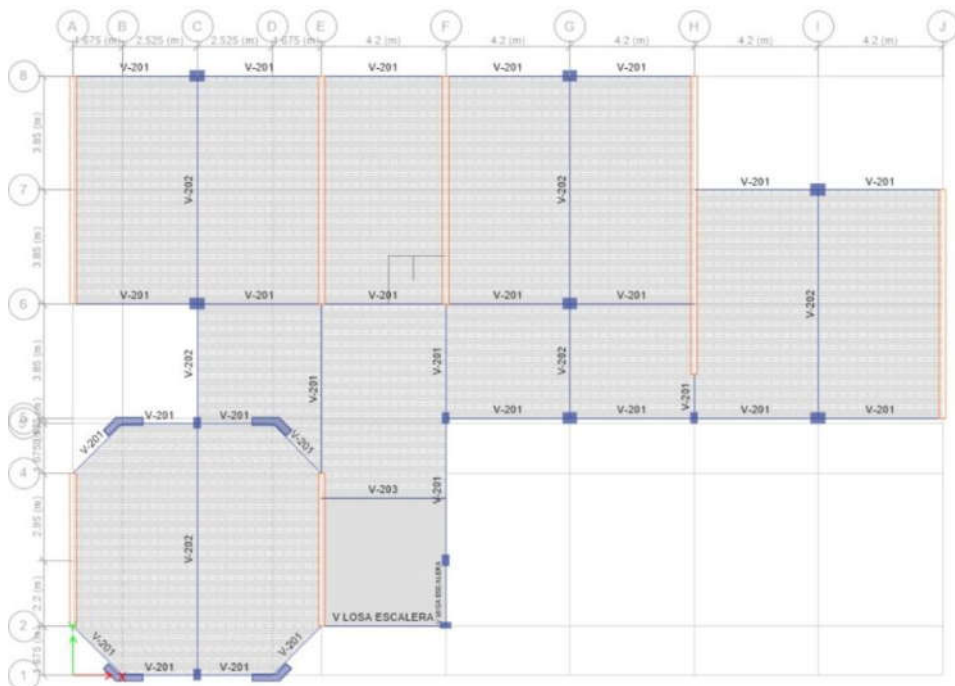
**Figura 54**

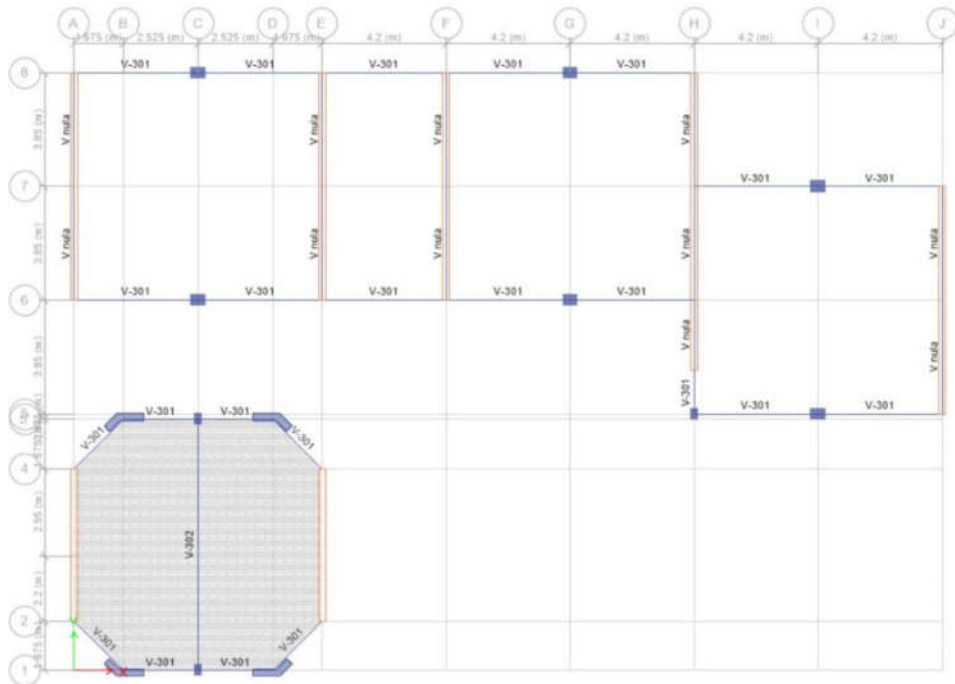
*Primer nivel del pabellón evaluado existente*



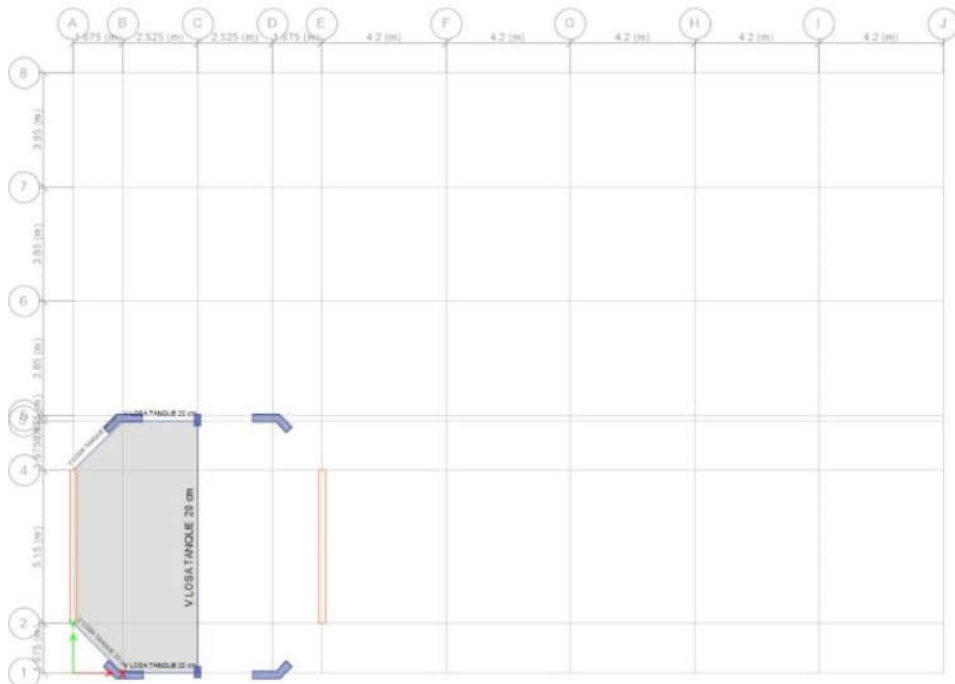
**Figura 55**

*Segundo nivel del pabellón evaluado existente*



**Figura 56***Tercer nivel del pabellón evaluado existente*

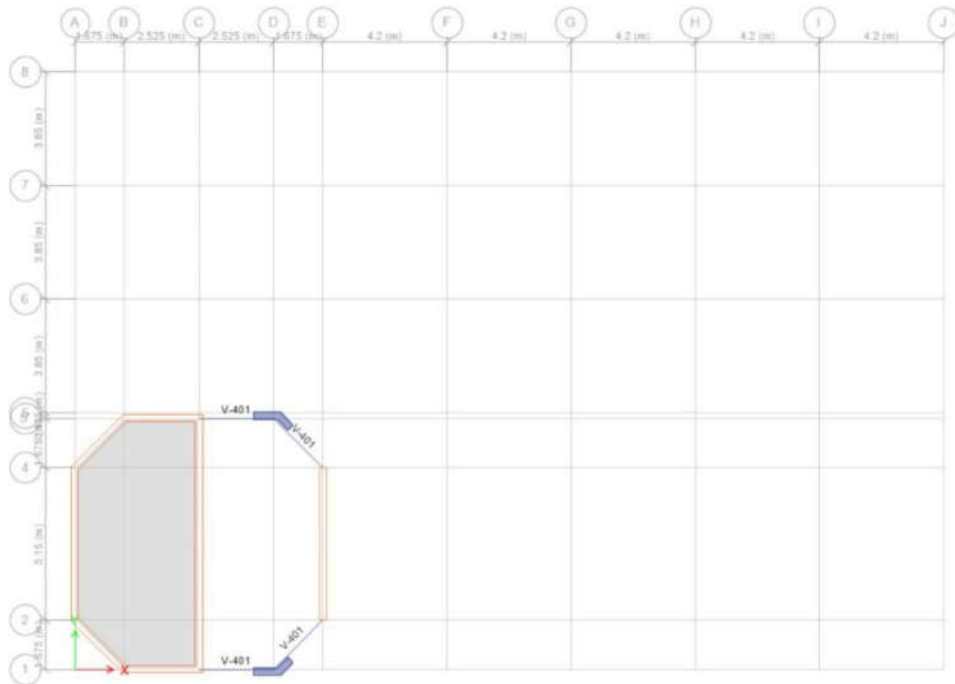
*Nota.* Se colocaron vigas nulas en las que se asignaron las cargas correspondientes al peso propio del techo a dos aguas y su sobrecarga.

**Figura 57***Fondo de tanque de agua del pabellón evaluado existente*

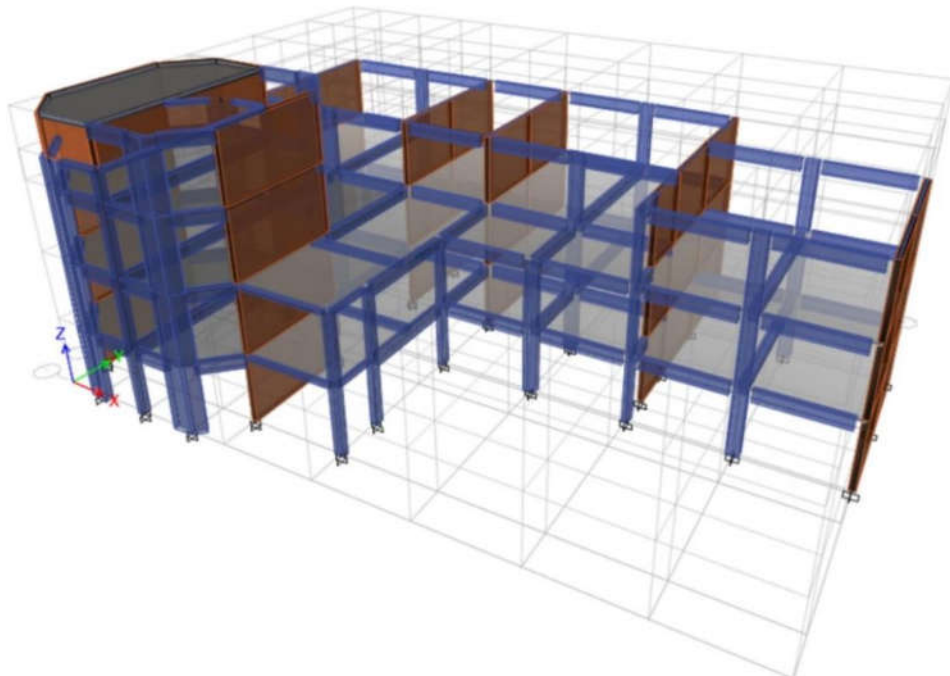
*Nota.* Estos elementos se dibujaron en un plano de referencia.

**Figura 58**

*Techo de tanque de agua del pabellón evaluado existente*

**Figura 59**

*Vista general del modelo del pabellón evaluado existente*



*Nota.* Se observan los sistemas estructurales de pórticos de concreto armado en dirección X y de muros de albañilería confinada en la dirección Y.

### 3.5.3.3. Asignación de Cargas

Como se ve en la figura 60, para la asignación de cargas se crearon patrones de carga a los cuales se les asignaron los porcentajes estipulados en la Norma E.030 Diseño Sismorresistente (2018), los cuales se aplicaron en el cálculo del peso  $P$  de la edificación.

**Figura 60**

*Patrones de carga y porcentajes para el cálculo de peso*

Load Pattern	Multiplier
Dead	1
Live	0.5
Live Techo	0.25
Live Tanque	1

*Nota.* Se tomó el 100% de la carga muerta, el 50% de la carga viva por ser una edificación de categoría A, el 25% de la carga viva en techos y el 100% de la carga viva en estructuras de tanques.

En la tabla 15 se muestran las cargas muertas asignadas a las losas, que comprenden el peso propio de los materiales y los acabados.

**Tabla 15**

*Carga muerta en losas*

Descripción	Carga superficial tonf/m <sup>2</sup>
Peso propio de ladrillos de losa aligerada	0,075
Peso propio de losa de escalera	0,360
Piso terminado y acabado	0,150

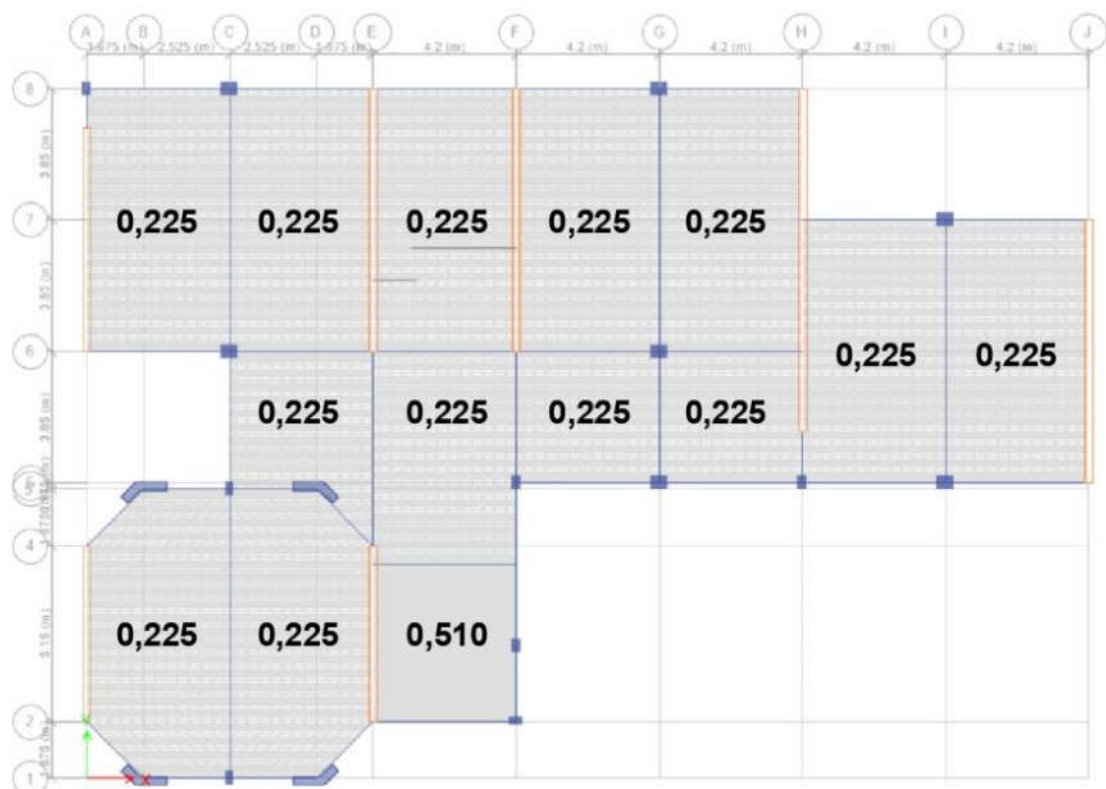
En la tabla 16 se muestran las cargas vivas asignadas a las losas. Para definir las se usó la Norma Técnica E.020 Cargas (2006) y se calculó la carga del contenido del tanque de agua.



**Tabla 16***Carga viva en losas*

Descripción	Carga superficial tonf/m <sup>2</sup>
Sobrecarga en aulas	0,250
Sobrecarga en baños	0,300
Sobrecarga en biblioteca	0,300
Sobrecarga en corredor	0,400
Sobrecarga en escalera	0,400
Sobrecarga en techo	0,100
Sobrecarga en tanque de agua	1,490

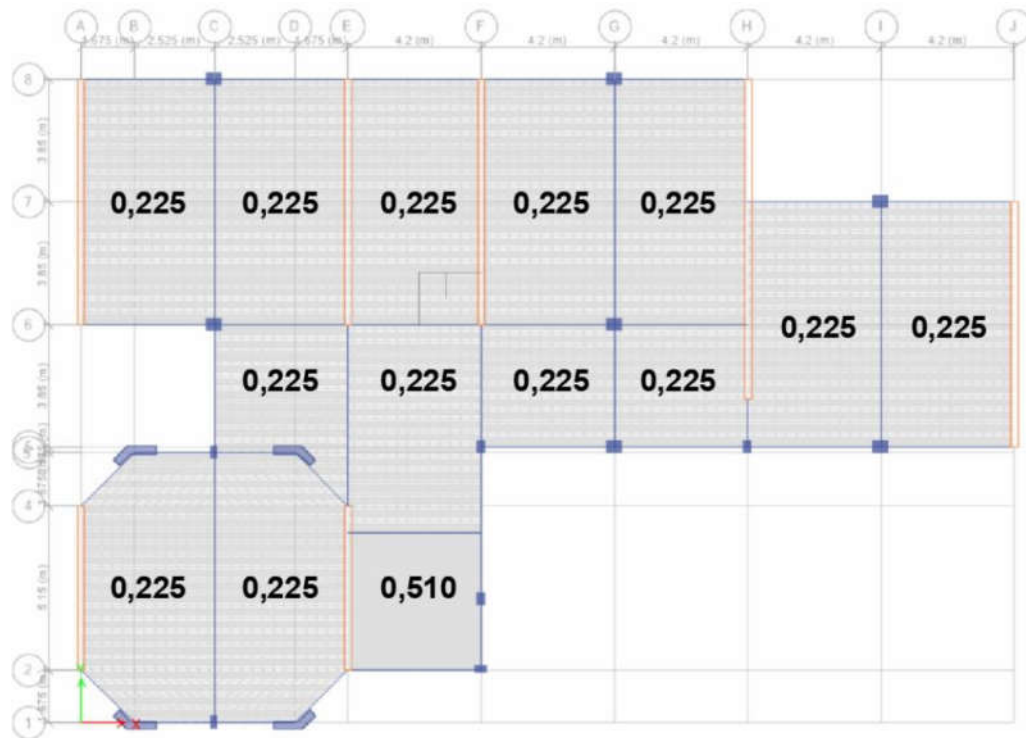
De la figura 61 a la 70 se muestra la asignación de cargas vivas y muertas en las losas del modelo en ETABS. Estas cargas superficiales están representadas en tonf/m<sup>2</sup>.

**Figura 61***Asignación de carga muerta en losas del primer nivel*

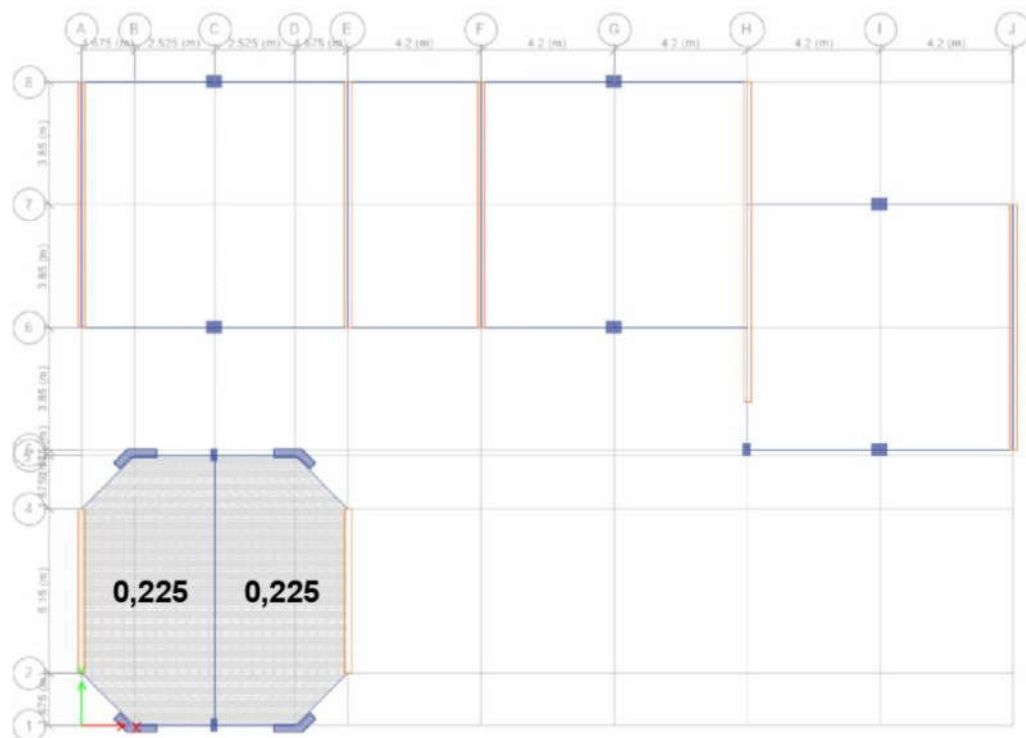


**Figura 62**

*Asignación de carga muerta en losas del segundo nivel*

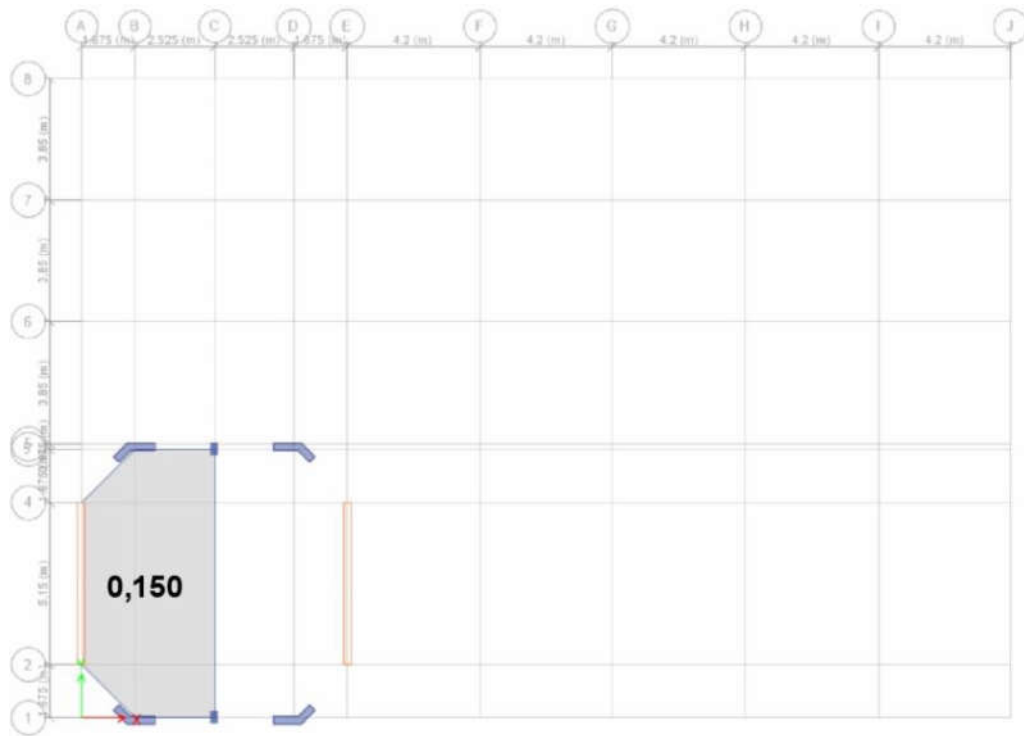
**Figura 63**

*Asignación de carga muerta en losas del tercer nivel*

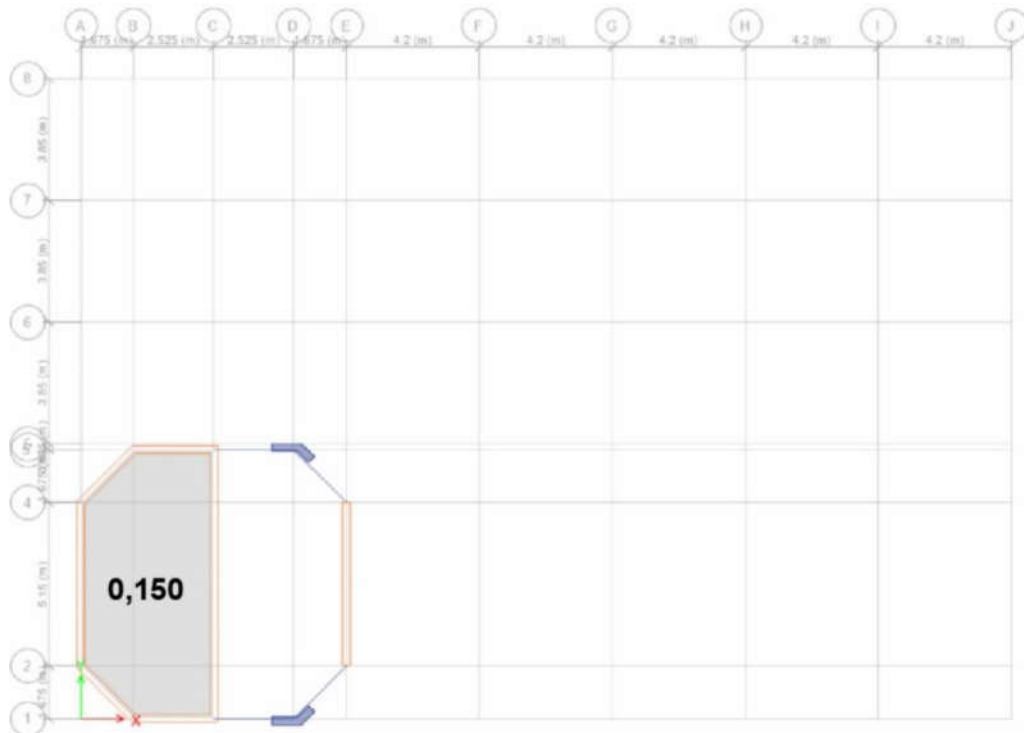


**Figura 64**

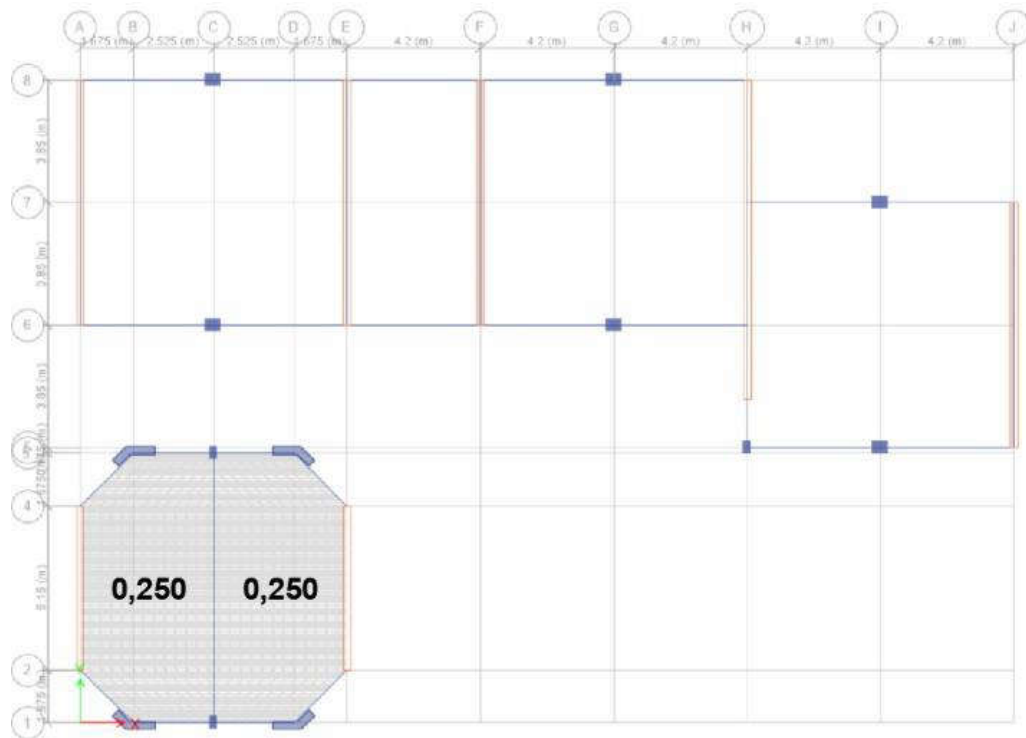
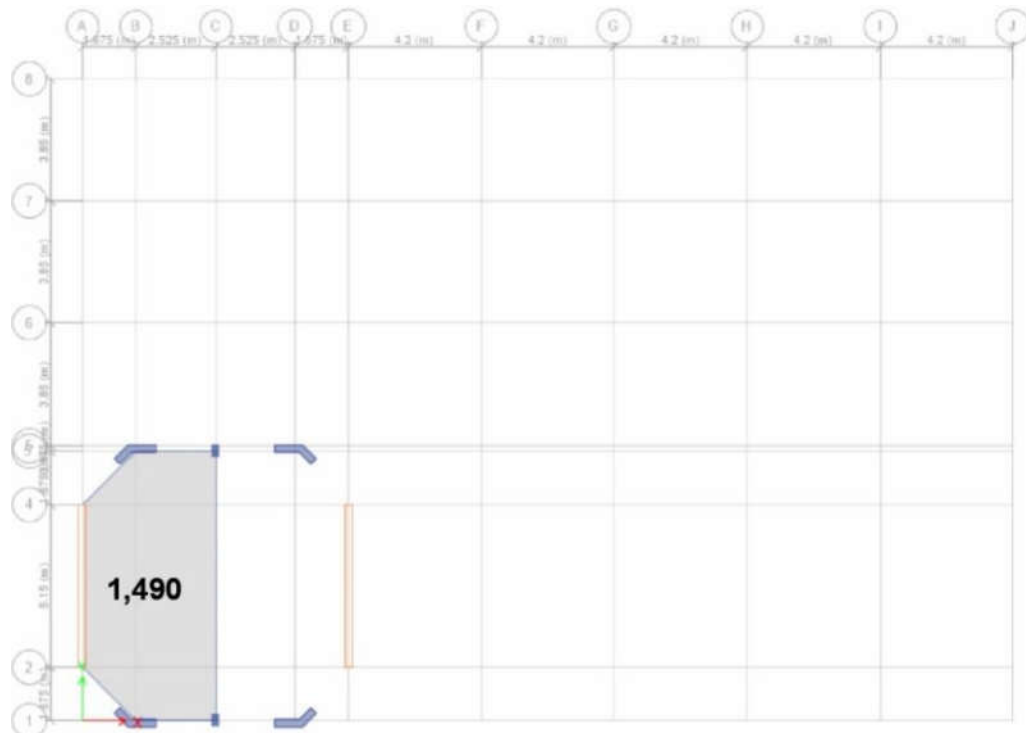
*Asignación de carga muerta en losa del fondo del tanque de agua*

**Figura 65**

*Asignación de carga muerta en losa del techo del tanque de agua*

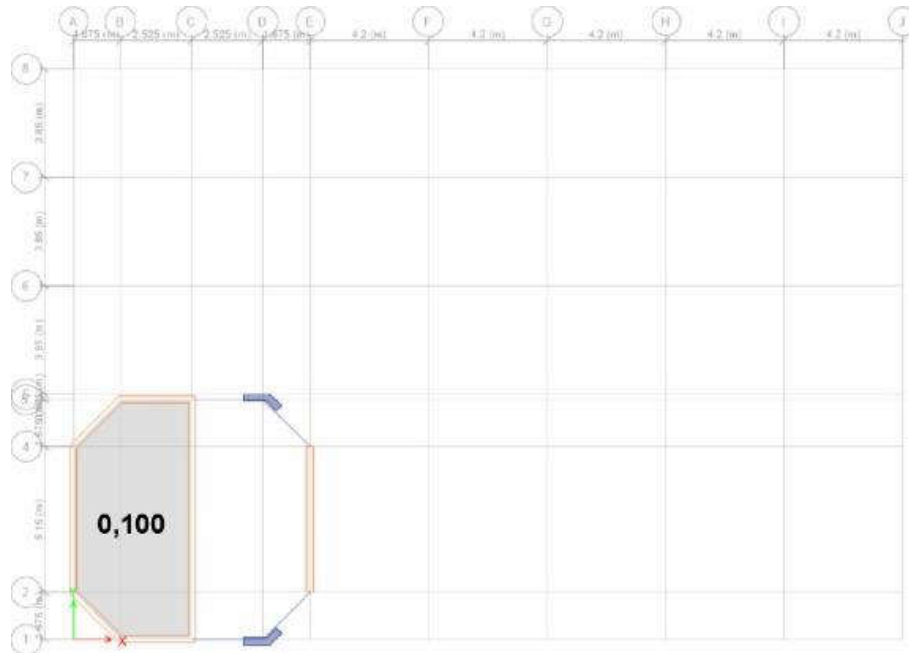




**Figura 68***Asignación de carga viva en losas del tercer nivel***Figura 69***Asignación de carga viva en losa del fondo del tanque de agua*

**Figura 70**

*Asignación de carga viva en losa del techo del tanque de agua*



En las figuras 71 y 72 se muestran las cargas muertas de tabiquería y parapetos asignadas a las vigas. En las figuras 73 y 74 se muestra cómo en el tercer nivel se asignó en vigas y columnas la carga muerta equivalente al peso propio del techo inclinado a dos aguas y la carga viva correspondiente a su sobrecarga. Las cargas distribuidas están representadas en tonf/m y las puntuales en tonf.

**Figura 71**

*Asignación de carga muerta en vigas del primer nivel*

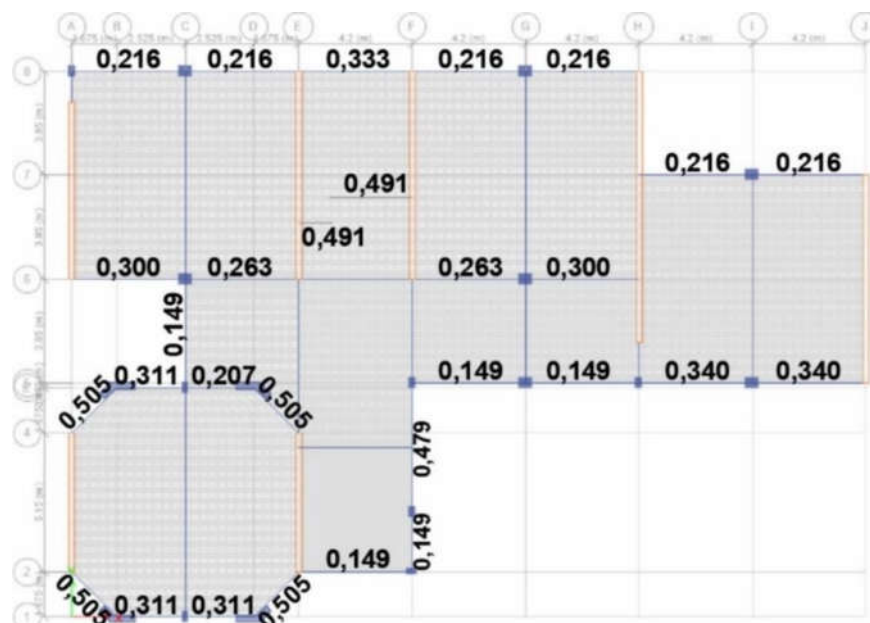


Figura 72

Asignación de carga muerta en vigas del segundo nivel

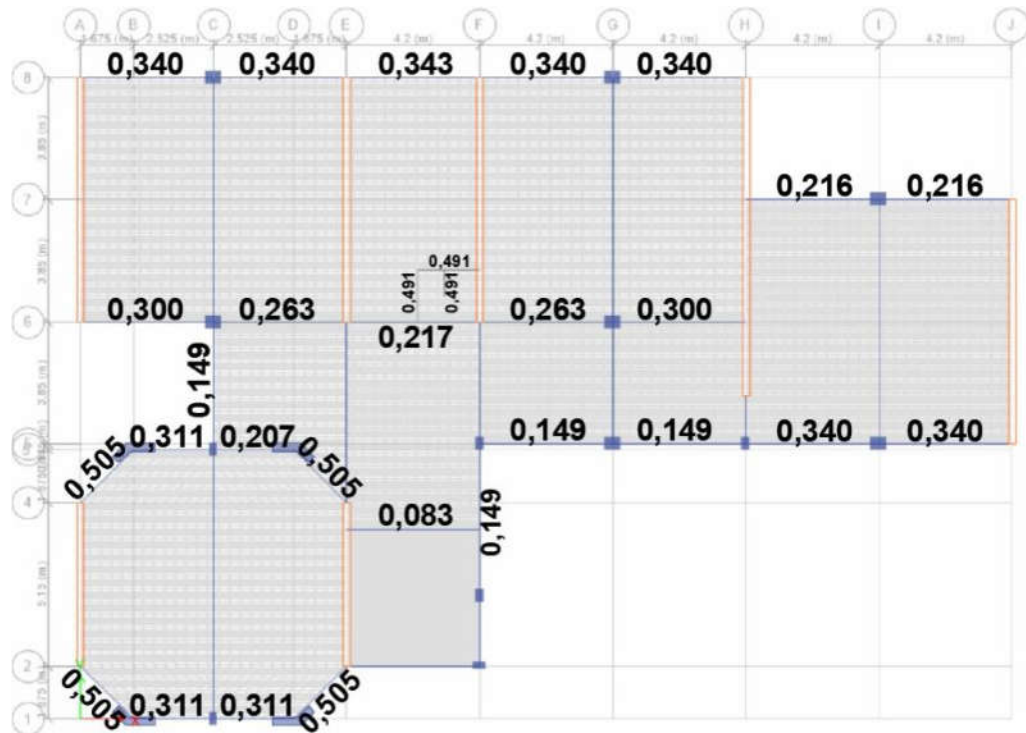
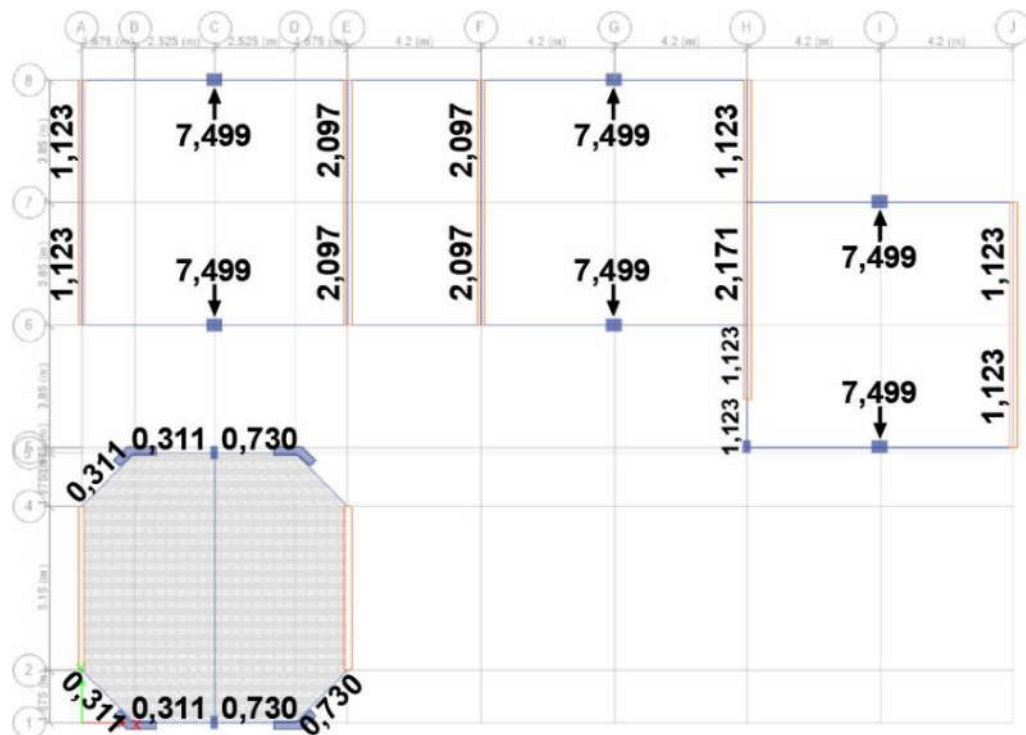


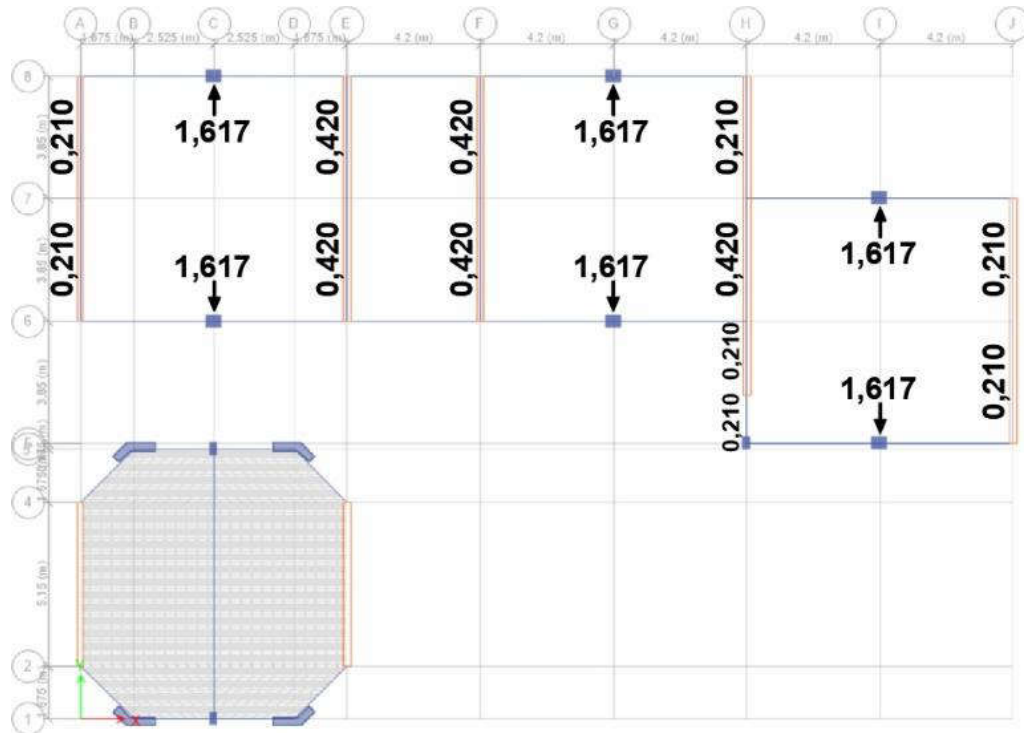
Figura 73

Asignación de carga muerta en vigas y columnas del tercer nivel



**Figura 74**

*Asignación de carga viva en vigas y columnas del tercer nivel*

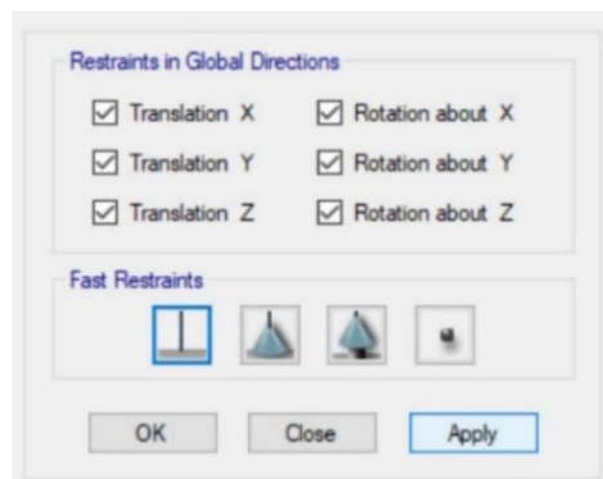


### 3.5.3.4. Restricciones y Diafragmas en el Pabellón Evaluado Existente

Una vez dibujados los elementos estructurales y asignadas las cargas correspondientes, se definieron las restricciones a los desplazamientos y rotaciones en los nudos de la base para que éstos tengan comportamiento de empotrado, como se ve en la figura 75.

**Figura 75**

*Aplicación de empotrados en la base*

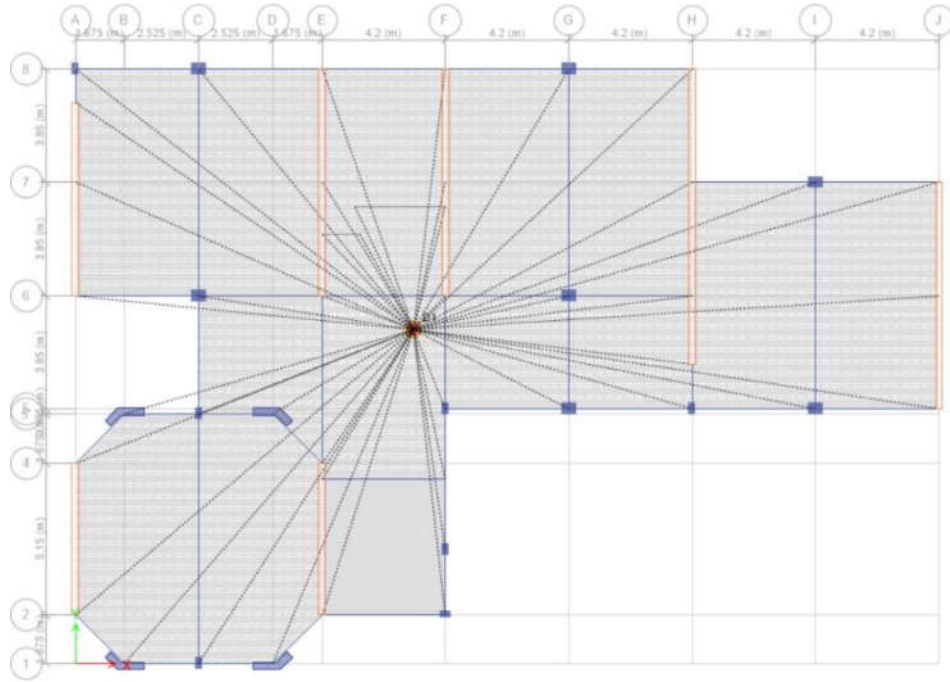




Se asignaron diafragmas rígidos en nudos y losas en los 2 primeros niveles, al estar conectados todos los elementos estructurales, como se muestra en las figuras 76 y 77.

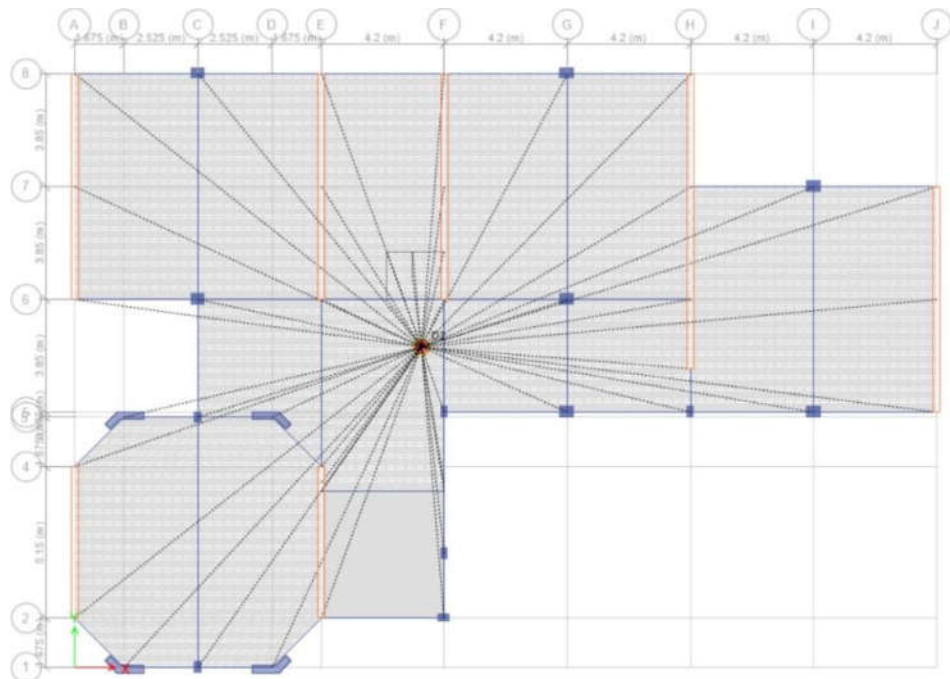
**Figura 76**

*Diafragma en el primer nivel del pabellón evaluado existente*



**Figura 77**

*Diafragma en el segundo nivel del pabellón evaluado existente*





La rigidez en los extremos de vigas y columnas se mejoró mediante la incorporación de brazos rígidos. En la figura 78, se observa que se aplicó un factor de zona rígida de 50%.

**Figura 78**

*Definición de brazos rígidos*

End Offset Along Length

Automatic from Connectivity

Define Lengths

End-I  m

End-J  m

Rigid-zone factor

Frame Self Weight Option

Auto

Weight Based on Full Length

Weight Based on Clear Length

OK Close Apply

### 3.5.3.5. Análisis Modal del Pabellón Evaluado Existente

Se realizó el análisis modal, tomando en cuenta las disposiciones de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018) que indican que se deben considerar al menos los 3 primeros modos predominantes en las direcciones X y Y, y el 90% de la masa total en suma de masas efectivas.

En la tabla 17 se muestran los periodos y participación de masa de los modos de vibración del modelo del pabellón evaluado existente. Se aprecia que se necesitan 23 modos para cumplir los requerimientos de la norma, lo cual es un indicador de que la estructura es muy flexible.

**Tabla 17***Modos de vibración del pabellón evaluado existente*

Modo	Periodo seg	UX	Sum UX	UY	Sum UY	RZ	Sum RZ
1	0,553	0,2020	0,2020	0,0001	0,0001	0,0096	0,0096
2	0,529	7,5E-08	0,2020	4,3E-07	0,0001	8,2E-10	0,0096
3	0,451	0,2797	0,4817	0,0001	0,0002	0,0001	0,0097
4	0,424	0,0005	0,4822	1,6E-05	0,0002	0,0009	0,0105
5	0,388	0,3273	0,8095	4,2E-05	0,0003	0,0053	0,0158
6	0,262	0,0002	0,8097	0,2717	0,2720	0,4043	0,4201
7	0,248	1,1E-05	0,8097	0,2101	0,4821	0,1244	0,5445
8	0,230	0,0001	0,8099	0,0030	0,4851	0,0037	0,5482
9	0,225	7,2E-06	0,8099	0,0068	0,4919	0,0044	0,5526
10	0,222	6,3E-06	0,8099	0,0036	0,4954	0,0011	0,5536
11	0,213	0,0001	0,8099	9,3E-06	0,4954	0,0115	0,5652
12	0,211	6,9E-06	0,8100	0,0185	0,5139	0,0466	0,6117
13	0,198	0,0001	0,8101	0,0060	0,5199	0,0004	0,6121
14	0,196	0,0001	0,8101	0,0020	0,5218	1,2E-07	0,6121
15	0,188	0,0011	0,8112	0,1280	0,6498	0,0108	0,6230
16	0,161	0,0016	0,8128	0,0064	0,6562	0,0046	0,6275
17	0,151	0,0281	0,8409	0,1208	0,7771	0,1804	0,8079
18	0,116	0,0975	0,9384	0,0481	0,8251	0,0166	0,8245
19	0,101	0,0040	0,9424	0,0426	0,8678	0,0033	0,8279
20	0,095	0,0004	0,9429	0,0015	0,8693	0,0003	0,8282
21	0,087	0,0101	0,9529	0,0121	0,8814	0,0613	0,8895
22	0,064	0,0328	0,9858	0,0003	0,8817	0,0285	0,9180
23	0,060	0,0015	0,9872	0,0496	0,9313	0,0001	0,9181

**3.5.3.6. Determinación de Factores y Coeficientes Sísmicos**

En la tabla 18 se muestra el peso del pabellón evaluado existente. Para calcular el peso total de la edificación  $P$ , del análisis del modelo en ETABS se obtuvieron las fuerzas en la base debido a las cargas en cada nivel.

**Tabla 18***Peso del pabellón evaluado existente*

Nivel	P tonf
Tanque de agua	128,36
3 <sup>er</sup> nivel	255,42
2 <sup>do</sup> nivel	374,17
1 <sup>er</sup> nivel	370,86
Total	1128,81

En cuanto al factor de uso o importancia  $U$ , de la tabla 6 se obtuvo que las instituciones educativas pertenecen a la categoría A2 y tienen un valor de factor de 1,5.

Como se explicó previamente, la Institución Educativa Miguel Pro se ubica en la Zona 4 y está sobre un suelo de Perfil Tipo  $S_2$ , correspondiente a los suelos intermedios. De las tablas 2 y 4 se obtuvo el valor de los factores  $Z$  y  $S$ , mientras que de la tabla 5 se obtuvieron los periodos  $T_p$  y  $T_L$ , los cuales se compararon con los periodos fundamentales de diseño  $T_x$  y  $T_y$  obtenidos en el análisis modal para determinar los factores de amplificación sísmica  $C_x$  y  $C_y$ . En la tabla 19 se muestran los parámetros de sitio y periodos fundamentales.

**Tabla 19**

*Parámetros de sitio y periodos fundamentales*

<b>Z</b>	<b>S</b>	<b>T<sub>p</sub> seg</b>	<b>T<sub>L</sub> seg</b>	<b>T<sub>x</sub> seg</b>	<b>T<sub>y</sub> seg</b>
0,45	1,05	0,6	2	0,553	0,529

Como tanto  $T_x$  y  $T_y$  son menores que  $T_p$ , el valor de los factores de amplificación sísmica  $C_x$  y  $C_y$  será 2,5, según indica la ecuación 3.

Respecto a los sistemas estructurales, se asumió inicialmente para la dirección X un sistema de pórticos de concreto armado y para la dirección Y un sistema de muros de albañilería confinada, asignando a los coeficientes básicos de reducción  $R_{0x}$  y  $R_{0y}$  los valores de 8 y 3 respectivamente, según lo indicado en la tabla 7. Estos valores tuvieron que ser verificados.

Para los factores de irregularidad  $I_a$  e  $I_p$  se asumió un valor inicial de 1. Después de la verificación de los sistemas estructurales se realizó el análisis de irregularidades para definir sus valores definitivos. Muñoz (2020) afirma que estos factores no pueden ser diferentes para cada dirección, sino que son valores únicos que se obtienen del análisis en ambas direcciones.

En la tabla 20 se muestran los factores y coeficientes sísmicos provisionales obtenidos.

**Tabla 20**

*Factores y coeficientes sísmicos provisionales*

<b>P tonf</b>	<b>Z</b>	<b>U</b>	<b>C<sub>x</sub></b>	<b>C<sub>y</sub></b>	<b>S</b>	<b>R<sub>0x</sub></b>	<b>R<sub>0y</sub></b>	<b>I<sub>a</sub></b>	<b>I<sub>p</sub></b>
1128,81	0,45	1,5	2,5	2,5	1,05	8	3	1	1

Con estos factores y coeficientes se crearon espectros de diseño provisionales en las direcciones X y Y para realizar la verificación de los sistemas estructurales y el análisis de irregularidades mediante el análisis del modelo en ETABS.

### 3.5.3.7. Verificación de Sistema Estructural

Se realizó el análisis del modelo del pabellón existente en ETABS usando el espectro de diseño provisional y se obtuvieron las fuerzas cortantes en la base de la estructura. Luego se dibujó una sección de corte para hallar las fuerzas cortantes en la base de los muros para así hallar su porcentaje de participación en ambas direcciones y determinar sus sistemas estructurales según lo indicado en la figura 3. En las tablas 21 y 22 se muestra la verificación de los sistemas estructurales en las direcciones X y Y respectivamente.

**Tabla 21**

*Verificación del sistema estructural en dirección X*

Dirección X	V tonf	Participación
Muros	7,08	5,11%
Columnas	131,49	94,89%
Total	138,57	100%

*Nota.* Como las columnas de los pórticos tienen una participación superior al 80% del total de la fuerza cortante en la base, se confirmó que tiene un sistema de pórticos de concreto armado.

**Tabla 22**

*Verificación del sistema estructural en dirección Y*

Dirección Y	V tonf	Participación
Muros	298,26	85,62%
Columnas	50,08	14,38%
Total	348,34	100%

*Nota.* Como los muros estructurales tienen una participación superior al 70% del total de la fuerza cortante en la base, se confirmó que tiene un sistema de muros de albañilería confinada.

Luego de la verificación de los sistemas estructurales, se prosiguió con el análisis de las irregularidades.

### 3.5.3.8. Irregularidades en Altura

De forma análoga a la verificación de sistemas estructurales, para identificar las irregularidades en altura y planta del pabellón existente y sus correspondientes coeficientes  $I_a$  e  $I_p$  según la Norma Técnica E.030 (2018), se realizó el análisis del modelo usando el espectro de diseño provisional y verificando las condiciones para cada tipo de irregularidad. Como dictamina la norma, para determinar un factor de irregularidad  $I_a$  o  $I_p$  se tomó el menor valor entre los que se hayan obtenido de las Tablas 8 y 9.

Se comenzó trabajando con las irregularidades en altura para las direcciones X y Y.

Para verificar la *irregularidad de rigidez – piso blando*, se obtuvieron las fuerzas cortantes de los niveles y los desplazamientos relativos de los diafragmas rígidos. Con estos datos se calcularon las rigideces y según la relación entre ellas, se realizó la verificación para las direcciones X y Y, como se ve en las tablas 23 y 24.

**Tabla 23**

*Irregularidad de rigidez – piso blando en dirección X*

Nivel	Dirección	$VX_i$ tonf	$\delta X_i$ m	$K_i$ tonf/m	$K_i/K_{i+1}$	Control $K_i/K_{i+1} < 70\%$
2 <sup>do</sup> nivel	X	116,64	0,0039	30140,26		
1 <sup>er</sup> nivel	X	138,57	0,0024	56978,25	189,04%	Regular

*Nota.* Se verifica que la rigidez lateral en X del primer nivel es mucho mayor que el 70% del nivel inmediato superior, por lo que no hay irregularidad.

**Tabla 24**

*Irregularidad de rigidez – piso blando en dirección Y*

Nivel	Dirección	$VY_i$ tonf	$\delta Y_i$ m	$K_i$ tonf/m	$K_i/K_{i+1}$	Control $K_i/K_{i+1} < 70\%$
2 <sup>do</sup> nivel	Y	300,73	0,0022	136631,53		
1 <sup>er</sup> nivel	Y	348,34	0,0015	227824,66	166,74%	Regular

*Nota.* Se verifica que la rigidez lateral en Y del primer nivel es mucho mayor que el 70% del nivel inmediato superior, por lo que no hay irregularidad.

Respecto a la *irregularidad de resistencia – piso débil*, desde el primer piso los elementos estructurales son continuos en casi su totalidad, por lo que no es posible que la relación entre la resistencia a las fuerzas cortantes de un entrepiso y la de su inmediato superior sea inferior al 80%. El mismo criterio se usó al analizar la

*discontinuidad en los sistemas resistentes*, no hallándose desalineamientos verticales importantes en los elementos estructurales. En ambos casos se determinó que no hay irregularidad.

En cuanto a la *irregularidad de masa o peso*, se tomaron los pesos de todos los niveles y se compararon, como se ve en la tabla 25.

**Tabla 25**

*Irregularidad de masa o peso*

Nivel	P <sub>i</sub> tonf	P <sub>i</sub> /P <sub>i+1</sub>	Control P <sub>i</sub> /P <sub>i+1</sub> >1,5
Tanque de agua	128,36		
3 <sup>er</sup> nivel	255,42	1,99	Irregular
2 <sup>do</sup> nivel	374,17	1,46	Regular
1 <sup>er</sup> nivel	370,86	0,99	Regular

*Nota.* Se verifica que existe irregularidad, con un valor de factor  $I_a$  de 0,9.

En las visitas de campo y por simple inspección se observó que existe *irregularidad geométrica vertical*, con un valor de factor  $I_a$  de 0,9.

Al comparar los valores obtenidos y elegir el más desfavorable, se obtuvo que el factor  $I_a$  tiene un valor de 0,9.

### 3.5.3.9. Irregularidades en Planta

Comenzando con la *irregularidad torsional*, el análisis del modelo en ETABS nos otorga la relación entre la deriva máxima y promedio de un entrepiso. Este criterio se aplicó solo a los diafragmas rígidos, como se observa en las tablas 26 y 27 para las direcciones X y Y respectivamente.

**Tabla 26**

*Irregularidad torsional en X*

Nivel	Dirección	Deriva Máxima	Deriva Promedio	Deriva Máxima/ Deriva Promedio	Control >1,3
2 <sup>do</sup> nivel	X	0,02443	0,02306	1,059	Regular
1 <sup>er</sup> nivel	X	0,01564	0,01442	1,084	Regular

*Nota.* Se verifica que no existe irregularidad.

**Tabla 27***Irregularidad torsional en Y*

Nivel	Dirección	Deriva Máxima	Deriva Promedio	Deriva Máxima/ Deriva Promedio	Control >1,3
2 <sup>do</sup> nivel	Y	0,00756	0,00569	1,327	Irregular
1 <sup>er</sup> nivel	Y	0,00523	0,00403	1,299	Regular

*Nota.* Las derivas máximas superaban el 50% del desplazamiento permisible 0,005. Se verifica que existe irregularidad, dándole al factor  $I_p$  un valor de 0,75.

En las visitas de campo y por simple inspección se observó que existe *irregularidad por esquinas entrantes*, con un factor  $I_p$  de 0,9.

Los diafragmas son continuos y no poseen aberturas, por lo que no se halló *irregularidad por discontinuidad de diafragma*.

Los ejes principales de la estructura del pabellón existente son paralelos, por lo que no hay *irregularidad por sistemas no paralelos*.

Al comparar los valores obtenidos y elegir el más desfavorable, se obtuvo que el factor  $I_p$  tiene un valor de 0,75.

### 3.5.3.10. Factores y Coeficientes Sísmicos Corregidos

Luego de la verificación de los sistemas estructurales y la revisión de las irregularidades, se realizó la corrección de los factores y coeficientes que se usaron para el espectro de diseño provisional. Estos valores corregidos se muestran en la tabla 28.

**Tabla 28***Factores y coeficientes sísmicos corregidos*

P tonf	Z	U	C <sub>x</sub>	C <sub>y</sub>	S	R <sub>0x</sub>	R <sub>0y</sub>	I <sub>a</sub>	I <sub>p</sub>
1128,81	0,45	1,5	2,5	2,5	1,05	8	3	0,9	0,75

*Nota.* Según la Norma Técnica E.030 (2018) vigente, una edificación de categoría A2 ubicada en la Zona 4 no puede tener irregularidades.

Se cumple, para el cálculo de la fuerza cortante en la base según el análisis estático, que:

$$\frac{C_x}{R_x} = \frac{C_x}{R_{0x} \times I_a \times I_p} = \frac{2,5}{8 \times 0,9 \times 0,75} = 0,463 \geq 0,11 \quad (12)$$

$$\frac{C_y}{R_y} = \frac{C_y}{R_{0y} \times I_a \times I_p} = \frac{2,5}{3 \times 0,9 \times 0,75} = 1,235 \geq 0,11 \quad (13)$$

Respetándose lo indicado en la ecuación 8.

### 3.5.4. Análisis Estructural del Modelo de la Propuesta de Reforzamiento

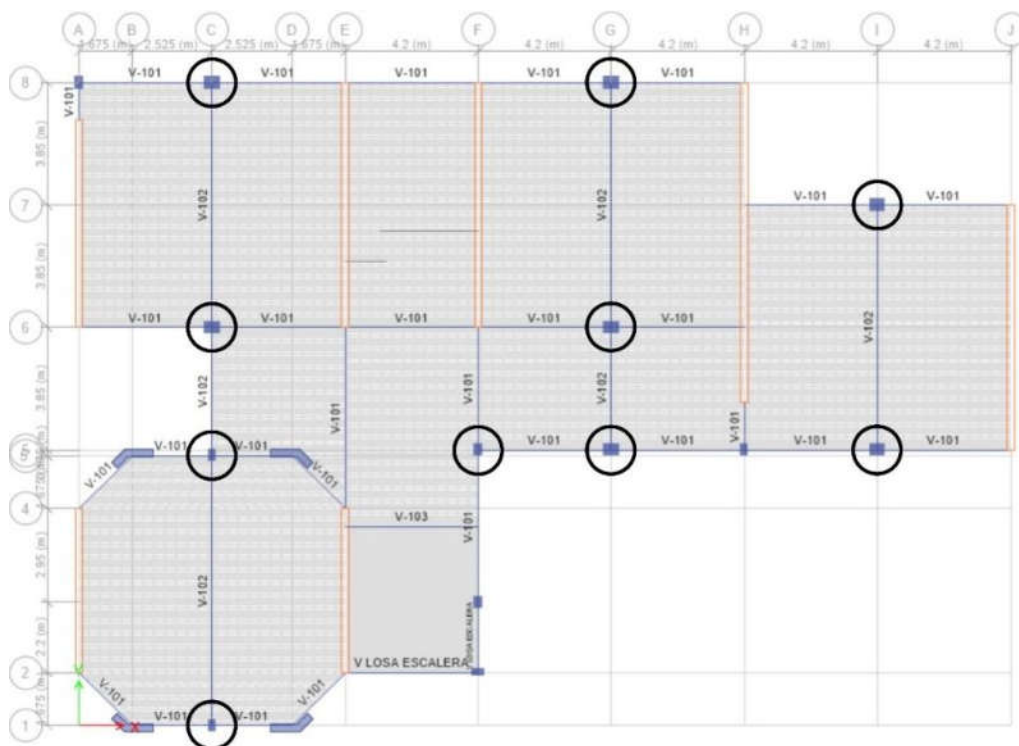
Al realizar el análisis sísmico del modelo del pabellón evaluado existente, cuyos resultados se presentan en detalle en el numeral 4.2., se encontraron derivas desfavorables en el segundo nivel en la dirección X y en el tercer nivel en ambas direcciones, viendo necesario determinar un tipo de reforzamiento.

La propuesta de reforzamiento implicó aumentar la rigidez en la dirección X en los tres primeros niveles aplicando el ensanchamiento de las columnas de pórticos y realizando prolongaciones en las columnas de amarre para convertirlas en secciones L. En el tercer nivel se propuso la continuidad de columnas provenientes del primer y segundo nivel junto a la adición de vigas horizontales para conectar los bloques separados y reforzar y dar rigidez al techo a dos aguas.

En las figuras 79, 80 y 81 se identifican las columnas cuyas dimensiones se incrementaron en la dirección X.

**Figura 79**

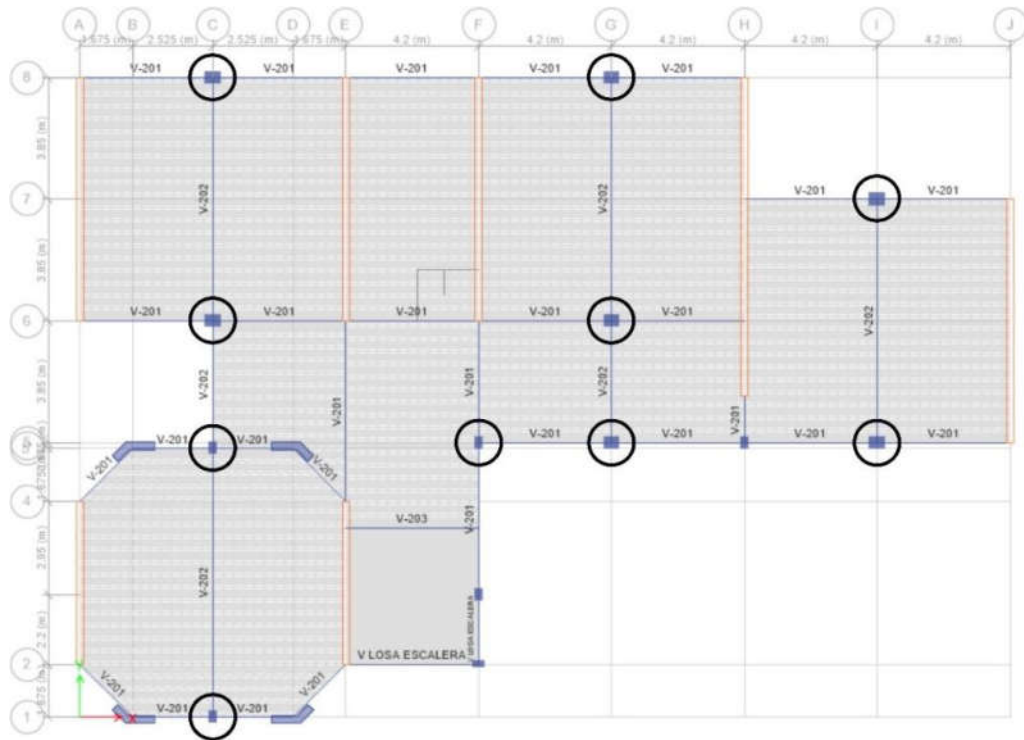
*Columnas del primer nivel sometidas a ensanchamiento*



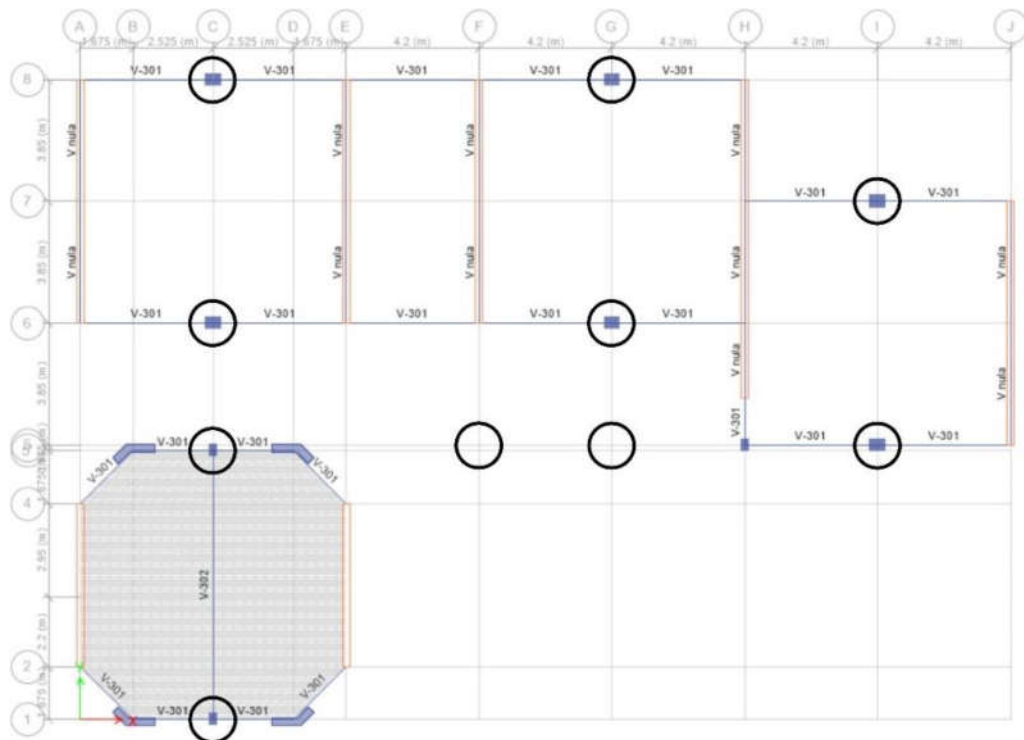


**Figura 80**

*Columnas del segundo nivel sometidas a ensanchamiento*

**Figura 81**

*Columnas del tercer nivel sometidas a ensanchamiento*

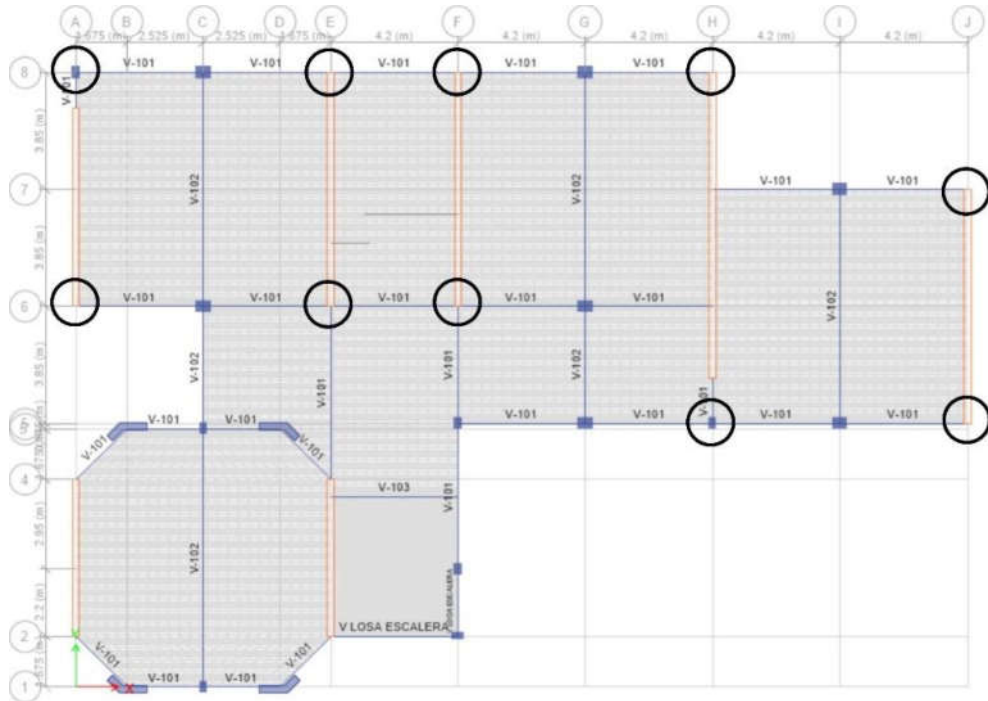


*Nota.* Se resalta también la ubicación de las columnas continuadas provenientes del primer y segundo nivel.

En las figuras 82, 83 y 84 se muestran las columnas convertidas a secciones L. Las columnas aisladas dibujadas se reemplazaron por secciones L y en los extremos de los muros se dibujaron las prolongaciones de las columnas de amarre.

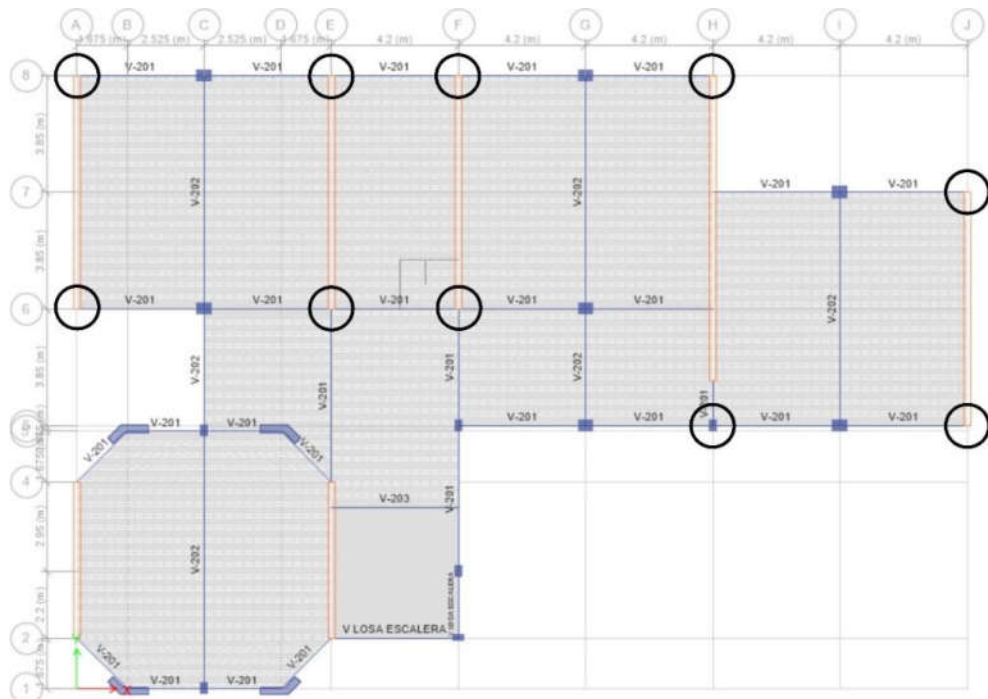
**Figura 82**

*Columnas del primer nivel convertidas a secciones L*



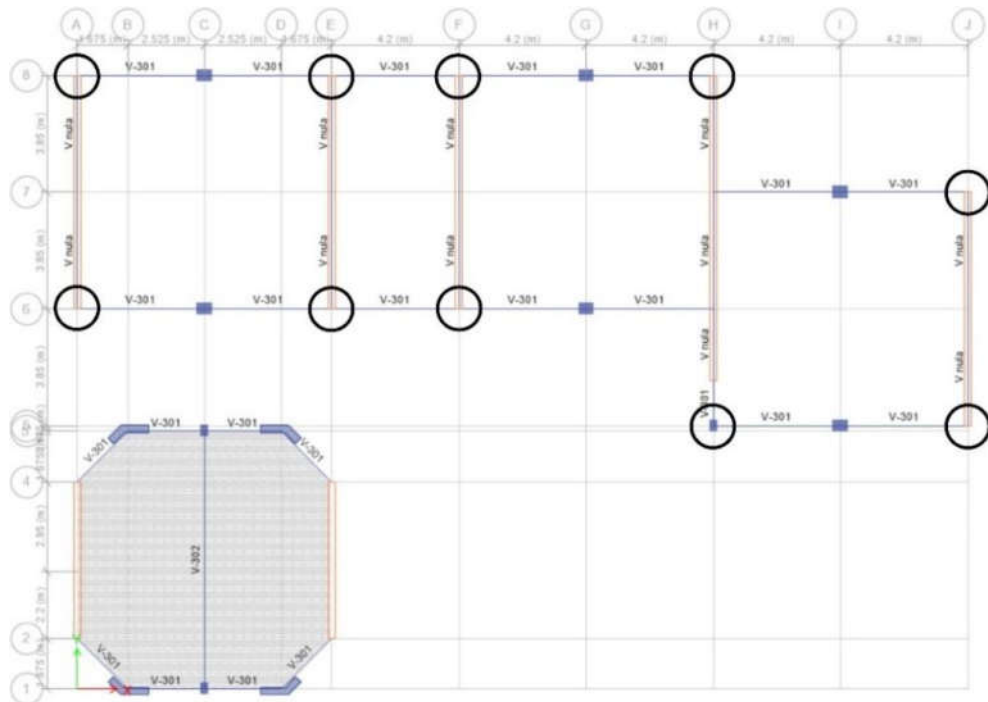
**Figura 83**

*Columnas del segundo nivel convertidas a secciones L*



**Figura 84**

*Columnas del tercer nivel convertidas a secciones L*

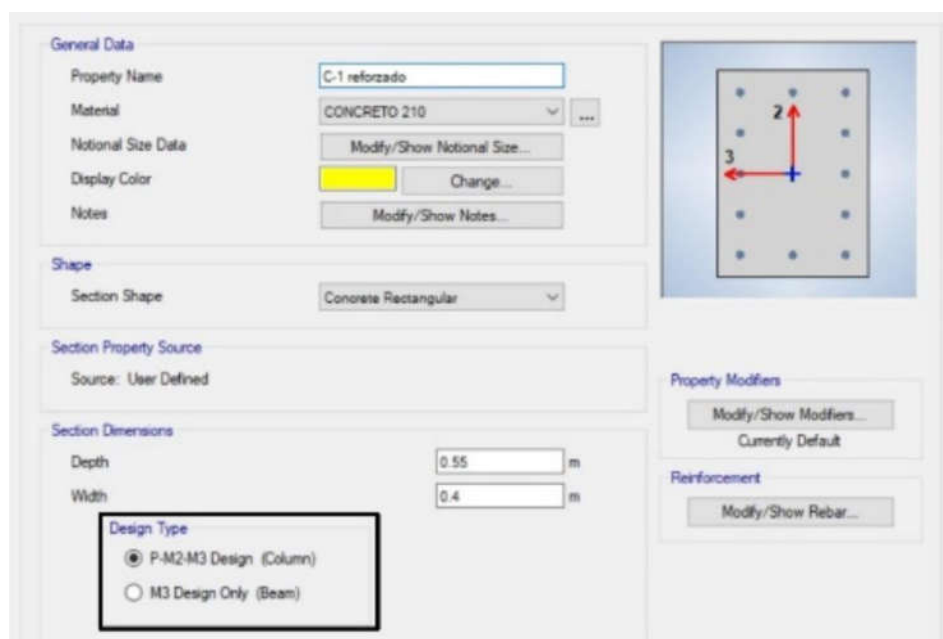


### 3.5.4.1. Definición y Dibujo de los Elementos Reforzados

Se definieron las secciones de los elementos reforzados a dibujar en el modelo de la propuesta de reforzamiento, como se muestra de la figura 85 a la 88:

**Figura 85**

*Definición de sección de columna C-1 reforzada por ensanchamiento*



**Figura 86**

*Definición de sección de columna C-2 reforzada por ensanchamiento*

**General Data**

Property Name: C-2 reforzado

Material: CONCRETO 210

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color:   Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 0.8 m

Width: 0.4 m

**Design Type**

P-M2-M3 Design (Column)

M3 Design Only (Beam)

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

**Figura 87**

*Definición de sección L de columna de amarre*

**General Data**

Property Name: C-1 L v1

Material: CONCRETO 210

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color:   Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete L

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Total Depth: 0.4 m

Total Width: 0.6 m

Horizontal Leg Thickness: 0.25 m

Vertical Leg Thickness At Corner: 0.25 m

Vertical Leg Thickness At Tip: 0.25 m

**Design Type**

P-M2-M3 Design (Column)

M3 Design Only (Beam)

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

**Mirror**

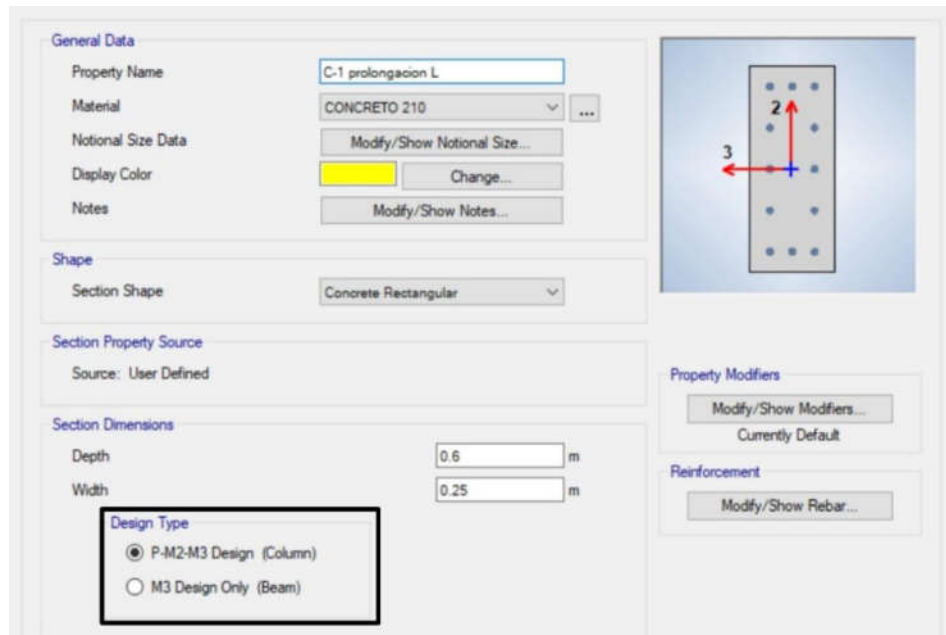
Mirror About Local 2-Axis

Mirror About Local 3-Axis

OK Cancel

**Figura 88**

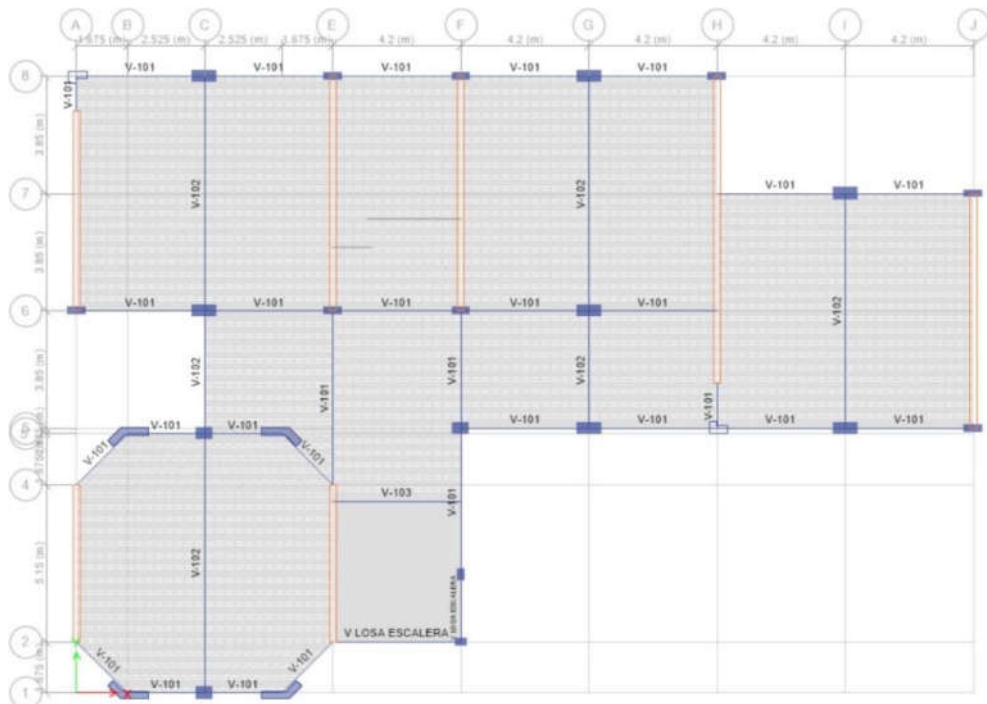
*Definición de prolongación en columna de amarre*



Una vez definidos los elementos, se dibujó el modelo, como se muestra de la figura 89 a la 92.

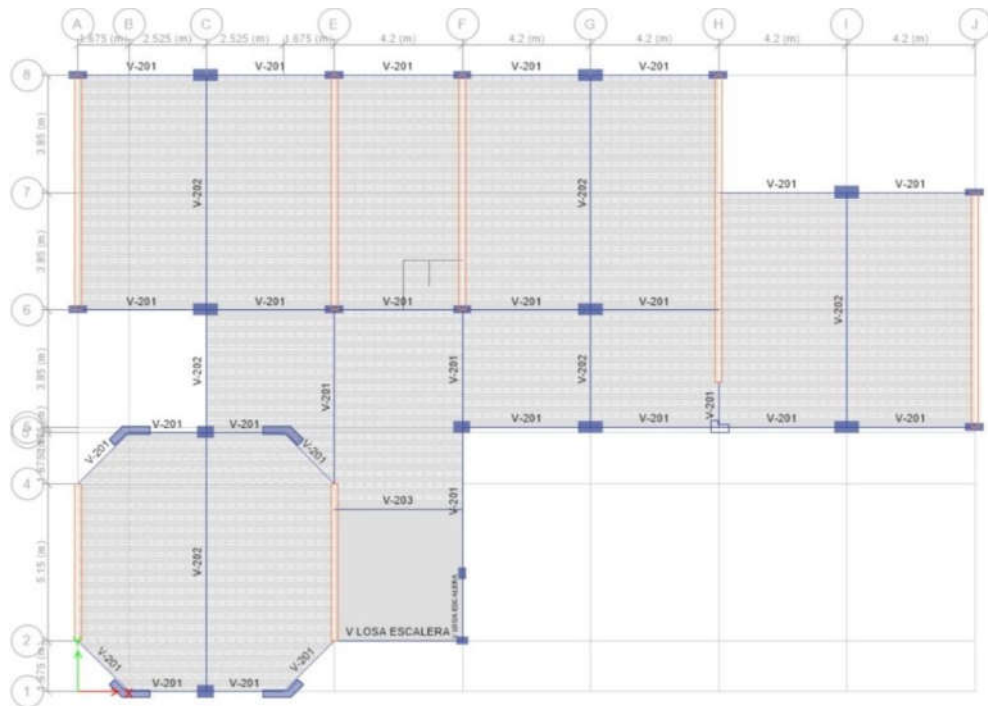
**Figura 89**

*Primer nivel de la propuesta de reforzamiento*



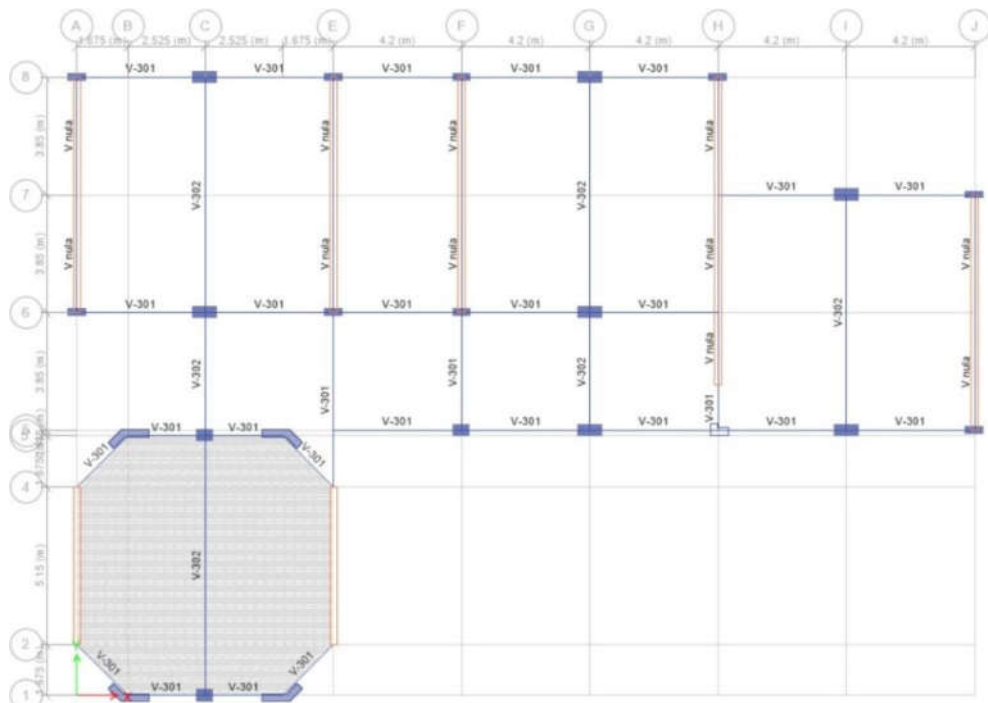
**Figura 90**

*Segundo nivel de la propuesta de reforzamiento*



**Figura 91**

*Tercer nivel de la propuesta de reforzamiento*

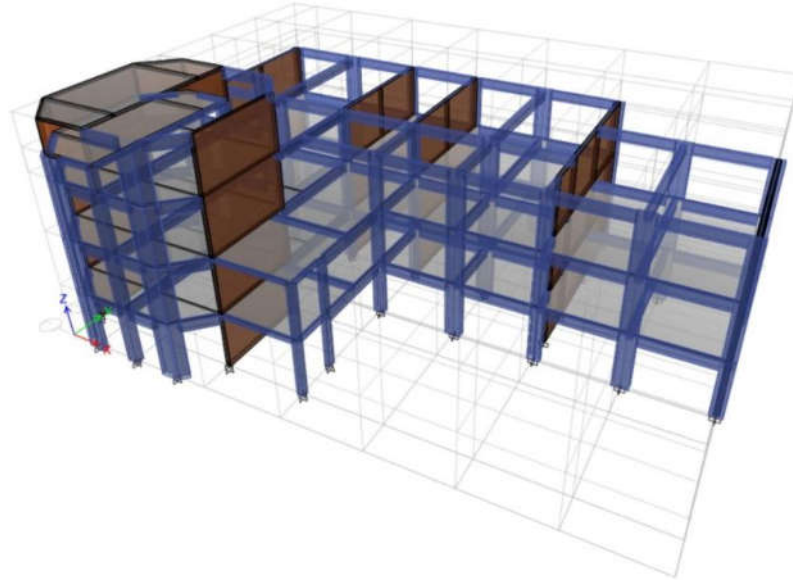


*Nota.* Se aprecia la continuidad de columnas en el corredor y la incorporación de vigas.



**Figura 92**

*Vista general del modelo de la propuesta de reforzamiento*

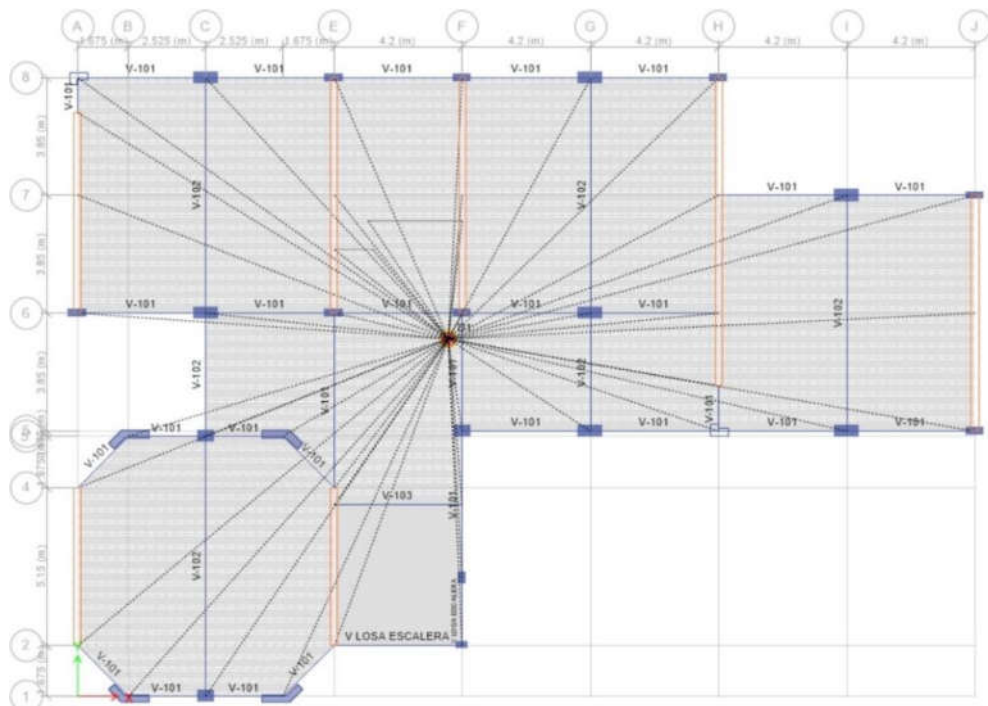


### 3.5.4.2. Restricciones y Diafragmas en la Propuesta de Reforzamiento

Se aplicaron los empotrados en la base, los diafragmas y un factor de 50% de brazo rígido en vigas y columnas. De la figura 93 a la 95 se aprecia la incorporación de diafragmas rígidos en nudos y losas.

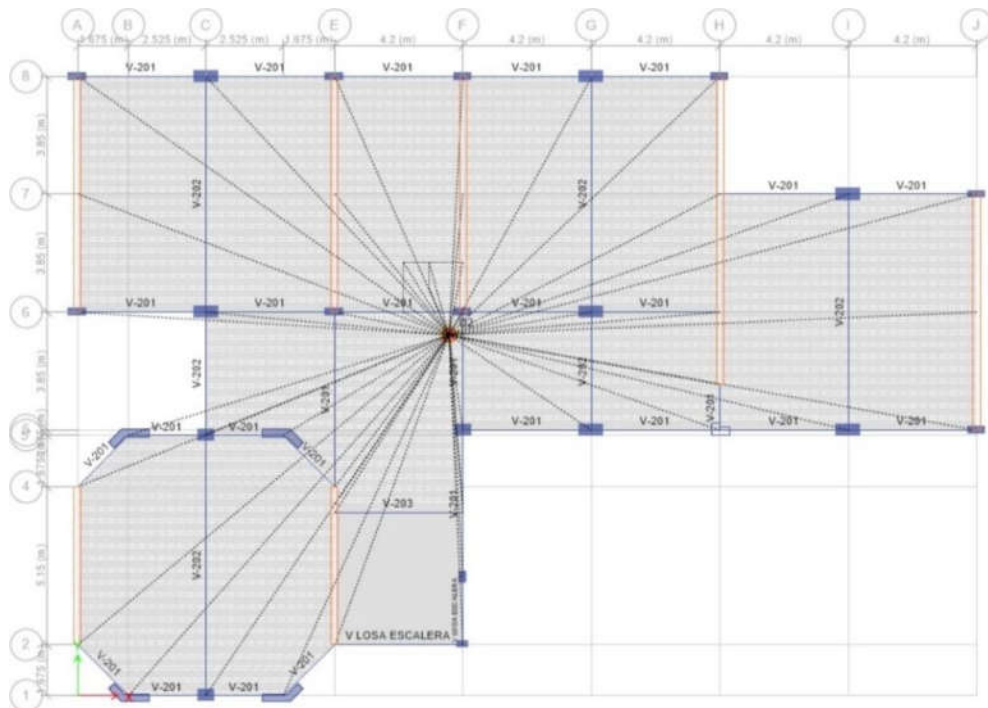
**Figura 93**

*Diafragma en el primer nivel de la propuesta de reforzamiento*



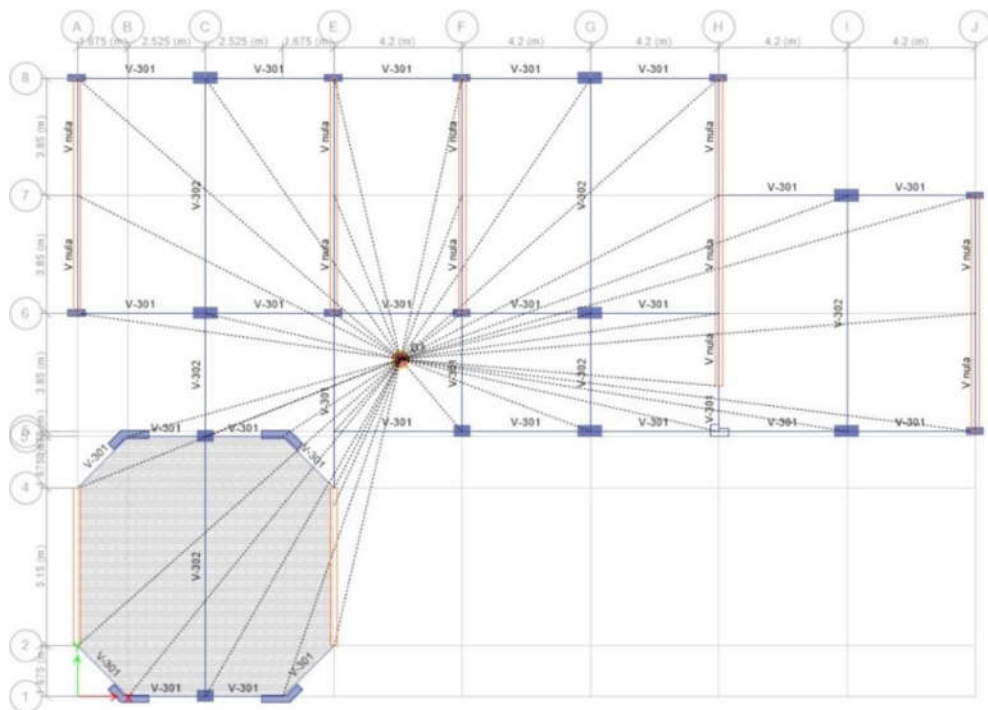
**Figura 94**

*Diafragma en el segundo nivel de la propuesta de reforzamiento*



**Figura 95**

*Diafragma en el tercer nivel de la propuesta de reforzamiento*





### 3.5.4.3. Análisis Modal de la Propuesta de Reforzamiento

De la misma manera en que se trabajó con el modelo del pabellón evaluado existente, se realizó el análisis modal siguiendo lo dispuesto en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018).

En la tabla 29 se muestran los periodos y participación de masa de los modos de vibración del modelo de la propuesta de reforzamiento. Se aprecia que se necesitan 10 modos para cumplir los requerimientos de la norma. Esto indica que el reforzamiento ha otorgado mayor rigidez, reduciendo el periodo fundamental de vibración en ambas direcciones de análisis.

**Tabla 29**

*Modos de vibración de la propuesta de reforzamiento*

Modo	Periodo seg	UX	Sum UX	UY	Sum UY	RZ	Sum RZ
1	0,327	0,8102	0,8102	1,6E-05	1,6E-05	0,0011	0,0011
2	0,206	0,0008	0,8110	0,4336	0,4337	0,4229	0,4240
3	0,155	0,0029	0,8139	0,4304	0,8641	0,4313	0,8553
4	0,091	0,1357	0,9496	0,0033	0,8674	0,0045	0,8598
5	0,067	0,0003	0,9499	0,0662	0,9336	0,0369	0,8967
6	0,057	0,0046	0,9545	0,0067	0,9402	0,0514	0,9481
7	0,054	0,0024	0,9569	0,0188	0,9590	0,0076	0,9557
8	0,054	0,0002	0,9571	0,0022	0,9612	0,0037	0,9594
9	0,047	0,0101	0,9672	0,0235	0,9847	0,0029	0,9623
10	0,045	0,0272	0,9943	0,0006	0,9853	0,0054	0,9677

### 3.5.4.4. Nuevos Factores y Coeficientes Sísmicos

En la tabla 30 se muestra el peso de la propuesta de reforzamiento. Para calcular el peso total de la edificación  $P$ , del análisis del modelo en ETABS se obtuvieron las fuerzas en la base debido a las cargas en cada nivel.

**Tabla 30**

*Peso de la propuesta de reforzamiento*

Nivel	P tonf
Tanque de agua	128,36
3 <sup>er</sup> nivel	292,93
2 <sup>do</sup> nivel	390,95
1 <sup>er</sup> nivel	387,23
Total	1199,47

Los nuevos periodos fundamentales de vibración  $T_x$  y  $T_y$ , al verse reducidos, fueron también menores que el periodo  $T_p$ , por lo que el valor de los factores de amplificación sísmica  $C_x$  y  $C_y$  siguió siendo 2,5.

Los demás factores y coeficientes se mantuvieron iguales, como se muestra en la tabla 31.

**Tabla 31**

*Nuevos factores y coeficientes sísmicos*

<b>P</b> <b>tonf</b>	<b>Z</b>	<b>U</b>	<b>C<sub>x</sub></b>	<b>C<sub>y</sub></b>	<b>S</b>	<b>R<sub>0x</sub></b>	<b>R<sub>0y</sub></b>	<b>I<sub>a</sub></b>	<b>I<sub>p</sub></b>
1199,47	0,45	1,5	2,5	2,5	1,05	8	3	0,9	0,75

Estos factores y coeficientes se usaron para el espectro de diseño y la realización del análisis estructural del modelo de la propuesta de reforzamiento.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS




### 4.1. Características Estructurales del Pabellón Evaluado

#### 4.1.1. Patologías Estructurales

La figura 96 muestra el resumen de las patologías estructurales encontradas.

**Figura 96**

*Resumen de patologías estructurales encontradas*

	FICHA DE RESUMEN DE INSPECCIÓN VISUAL DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES							FICHA:
	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN PABELLÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MIGUEL PRO, TACNA, 2022							11
EVALUADORES:	BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA			MATERIAL PREDOMINANTE:	EJE X:	CONCRETO ARMADO		
	BACH. ARTURO REY SERRUTO SALAS				EJE Y:	ALBAÑILERÍA		
UBICACIÓN:	URB. CIUDAD DE DIOS MZ. G LT. 33, TACNA		FECHA:	25/02/2022	HORA:	10:30 a.m.	CATEGORÍA:	A2
N°	ELEMENTO	NIVEL	UBICACIÓN	PATOLOGÍA ENCONTRADA				
1	COLUMNA	1,2,3	ENTRE EJES A-J Y 8-8	Presenta fisura por columna corta				
2	COLUMNA	1,2,3	ENTRE EJES J-H Y 7-7	Presenta fisura por columna corta				
3	COLUMNA	1,2,3	ENTRE EJES A-J Y 6-6	Presenta fisura por columna corta				
4	COLUMNA	1,2,3	ENTRE EJES A-J Y 5-5	Presenta fisura por columna corta				
5	COLUMNA	2,3	ENTRE EJES A-A Y 8-1	Presenta eflorescencia				
6	VIGA	1,3	ENTRE EJES A-J Y 8-8	Presenta fisura por flexión en vigas y eflorescencia				
7	VIGA	3	ENTRE EJES J-H Y 7-7	Presenta fisura por flexión en vigas				
8	VIGA	2	ENTRE EJES A-J Y 6-6	Presenta fisura bajo cargas de servicio en vigas				
9	LOSA ALIGERADA	1,2,3	ENTRE EJES A-J Y 8-8	Presenta fisura por retracción térmica, momentos torsionales en losas, flexión en losas, humedad				
10	LOSA ALIGERADA	1,2,3	ENTRE EJES J-H Y 7-7	Presenta fisura por retracción térmica, momentos torsionales en losas, flexión en losas				
11	LOSA ALIGERADA	1,2,3	ENTRE EJES A-J Y 5-5	Presenta fisura por retracción térmica, momentos torsionales en losas, flexión en losas y humedad				
12	MURO	1,2,3	ENTRE EJES A-J Y 8-8	Presenta eflorescencia y fisura por tensión en esquinas				
13	MURO	1,2,3	ENTRE EJES J-H Y 7-7	Presenta eflorescencia y fisura por tensión en esquinas				
14	MURO	1,2,3	ENTRE EJES A-J Y 6-6	Presenta fisura por tensión en muros y fisura por adherencia del muro				
15	MURO	1,2,3	ENTRE EJES A-J Y 5-5	Presenta fisura por tensión en muros y fisura por aplastamiento en muros				
16	MURO	1	ENTRE EJES B-D Y 1-1	Presenta eflorescencia y fisura por tensión en muros				
17	MURO	1,3	ENTRE EJES A-A Y 8-1	Presenta eflorescencia y fisura por tensión en esquinas				
18	MURO	1,3	ENTRE EJES E-E Y 8-2	Presenta eflorescencia, fisura por aplastamiento en muros y fisura por mapeo del muro				
19	MURO	3	ENTRE EJES F-F Y 8-6	Presenta fisura por mapeo del muro				
20	MURO	3	ENTRE EJES H-H Y 8-5	Presenta fisura por aplastamiento en muros				
21	MURO	3	ENTRE EJES J-J Y 7-6	Presenta fisura por aplastamiento en muros				
TESISTA	BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA							
	NOMBRE				FIRMA			
TESISTA	BACH. ARTURO REY SERRUTO SALAS							
	NOMBRE				FIRMA			

#### 4.1.2. Resultados del Ensayo de Esclerometría

Siguiendo el procedimiento explicado previamente, se realizó el procesamiento y análisis de los datos obtenidos del ensayo de esclerometría.

En la tabla 32 se ven subrayados y en negrita los números de rebote descartados que diferían del promedio en más de 6 unidades, obteniéndose el nuevo promedio y la desviación estándar de los números de rebote conservados. Debido a la variabilidad de resultados, se optó por calcular una resistencia a la compresión promedio para el concreto en columnas y otra para el concreto en vigas. Finalmente se eligieron las resistencias convencionales más cercanas a los valores obtenidos.

**Tabla 32**

*Resultados del ensayo de esclerometría*

N°	Tipo	LECTURA DEL EQUIPO												$\mu$	U- $\mu$	f'c Ábaco PSI	f'c Ábaco kgf/cm <sup>2</sup>	f'c Prom. kgf/cm <sup>2</sup>	f'c Asumido kgf/cm <sup>2</sup>	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12							PROM. U
P-1	Columna	28	38	36	32	<b>43</b>	30	35	30	36	28	28	29	31,82	3,76	28,05	2600	182,80		
P-3	Columna	33	36	<b>40</b>	38	<b>40</b>	30	28	30	28	30	29	38	32,00	3,97	28,03	2600	182,80	223,23	210
P-4	Columna	35	34	40	42	43	43	40	39	42	41	44	35	39,83	3,43	36,40	4200	295,29		
P-6	Columna	33	32	34	32	33	33	38	34	33	40	38	35	34,58	2,64	31,94	3300	232,01		
P-2	Viga	28	25	30	25	26	25	26	28	28	28	27	30	27,17	1,80	25,37	2200	154,68	179,28	175
P-5	Viga	30	35	33	33	38	30	35	28	32	35	34	28	32,58	3,09	29,49	2900	203,89		

En los modelos realizados en ETABS, al concreto en columnas y muros de concreto se les asignó una resistencia  $f'_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , mientras que al concreto en vigas y losas se le asignó una resistencia  $f'_c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ .

## 4.2. Análisis Sísmico del Pabellón Evaluado Existente

### 4.2.1. Periodo Fundamental de Vibración del Pabellón Evaluado Existente

Del análisis modal presentado en el numeral 3.5.3.5. se obtuvo el periodo fundamental de vibración en dirección X y Y:

$$T_x = 0,553 \text{ seg} \quad (14)$$

$$T_y = 0,529 \text{ seg} \quad (15)$$

#### 4.2.2. Fuerza Cortante en la Base del Pabellón Evaluado Existente

Usando los factores y coeficientes sísmicos obtenidos para el pabellón evaluado existente se calcularon las fuerzas cortantes en la base según el análisis estático, tal como indica la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018).

$$V_x = \frac{Z \times U \times C_x \times S}{R_{0x} \times I_a \times I_p} \times P = \frac{0,45 \times 1,5 \times 2,5 \times 1,05}{8 \times 0,9 \times 0,75} \times 1128,81 = 370,39 \text{ tonf} \quad (16)$$

$$V_y = \frac{Z \times U \times C_y \times S}{R_{0y} \times I_a \times I_p} \times P = \frac{0,45 \times 1,5 \times 2,5 \times 1,05}{3 \times 0,9 \times 0,75} \times 1128,81 = 987,71 \text{ tonf} \quad (17)$$

Según indica la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018) para estructuras irregulares, se verificó si las fuerzas cortantes dinámicas halladas en el análisis del modelo del pabellón evaluado existente cumplían el valor mínimo de 90% de las fuerzas cortantes estáticas calculadas. En la tabla 33 se observa que no cumplieron este requisito, teniendo que multiplicarse por unos factores de escala.

**Tabla 33**

*Verificación de cortante en la base del pabellón evaluado existente*

Dirección	V <sub>est</sub> tonf	90%V <sub>est</sub> tonf	V <sub>din</sub> tonf	Control V <sub>din</sub> >90%V <sub>est</sub>	Factor de escala
X	370,39	333,35	205,29	No cumple	1,624
Y	987,71	888,94	516,07	No cumple	1,723

#### 4.2.3. Control de Derivas del Pabellón Evaluado Existente

Como indica la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018) para estructuras irregulares, las derivas se calcularon multiplicando por 0,85R los resultados obtenidos del análisis del modelo del pabellón existente. En la tabla 34 se verifica si las derivas en X respetaron el valor límite de 0,007 para un sistema de pórticos de concreto armado.

**Tabla 34**

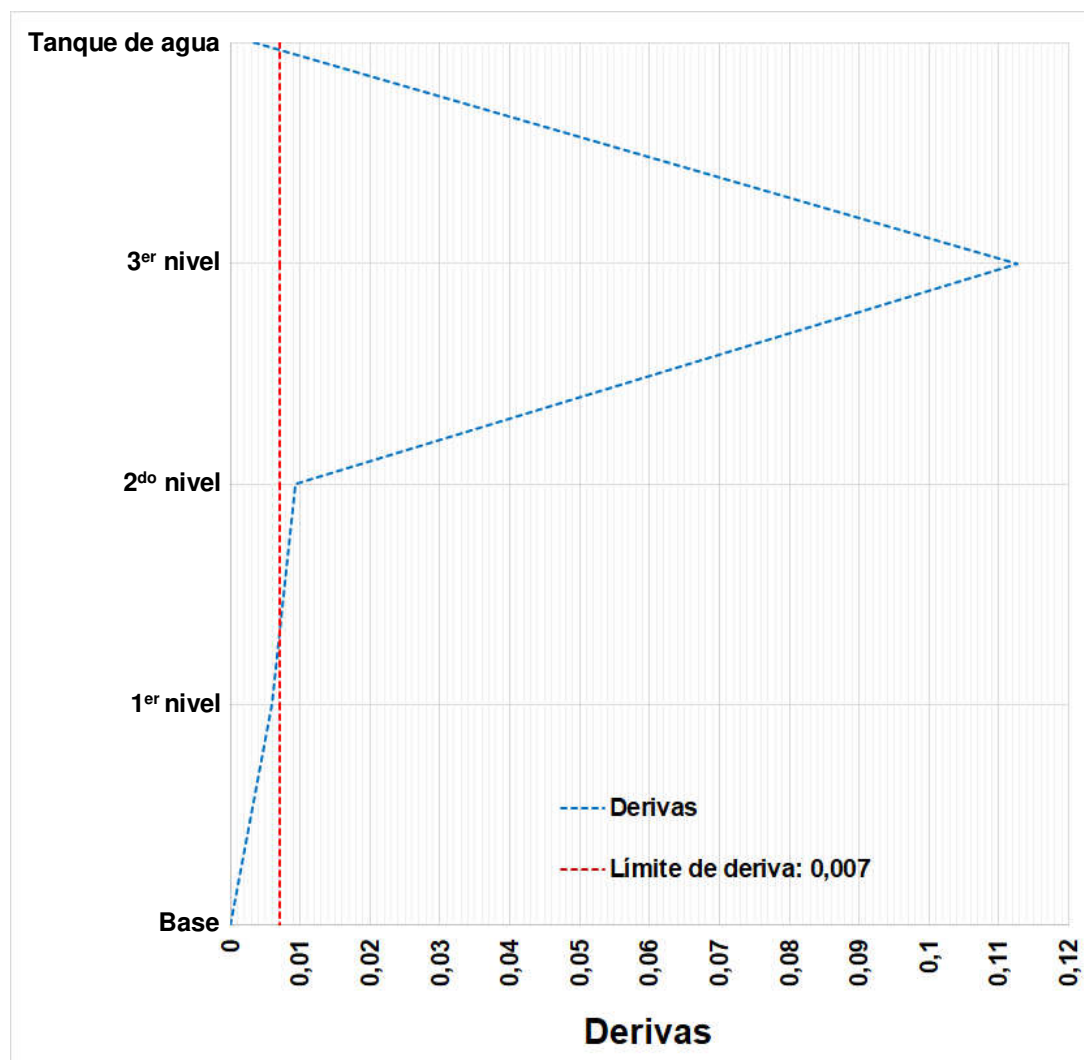
*Control de derivas en X del pabellón evaluado existente*

Nivel	Dirección	Deriva	Control <0,007
Tanque de agua	X	0,00334	Cumple
3 <sup>er</sup> nivel	X	0,11264	No cumple
2 <sup>do</sup> nivel	X	0,00923	No cumple
1 <sup>er</sup> nivel	X	0,00591	Cumple

En la figura 97 se muestra de manera gráfica que la deriva máxima permitida en X es superada ligeramente en el segundo nivel y enormemente en el tercer nivel.

**Figura 97**

*Gráfico de derivas en X del pabellón evaluado existente*



En la tabla 35 se verifica si las derivas en Y respetaron el valor límite de 0,005 para un sistema de muros de albañilería confinada.

**Tabla 35**

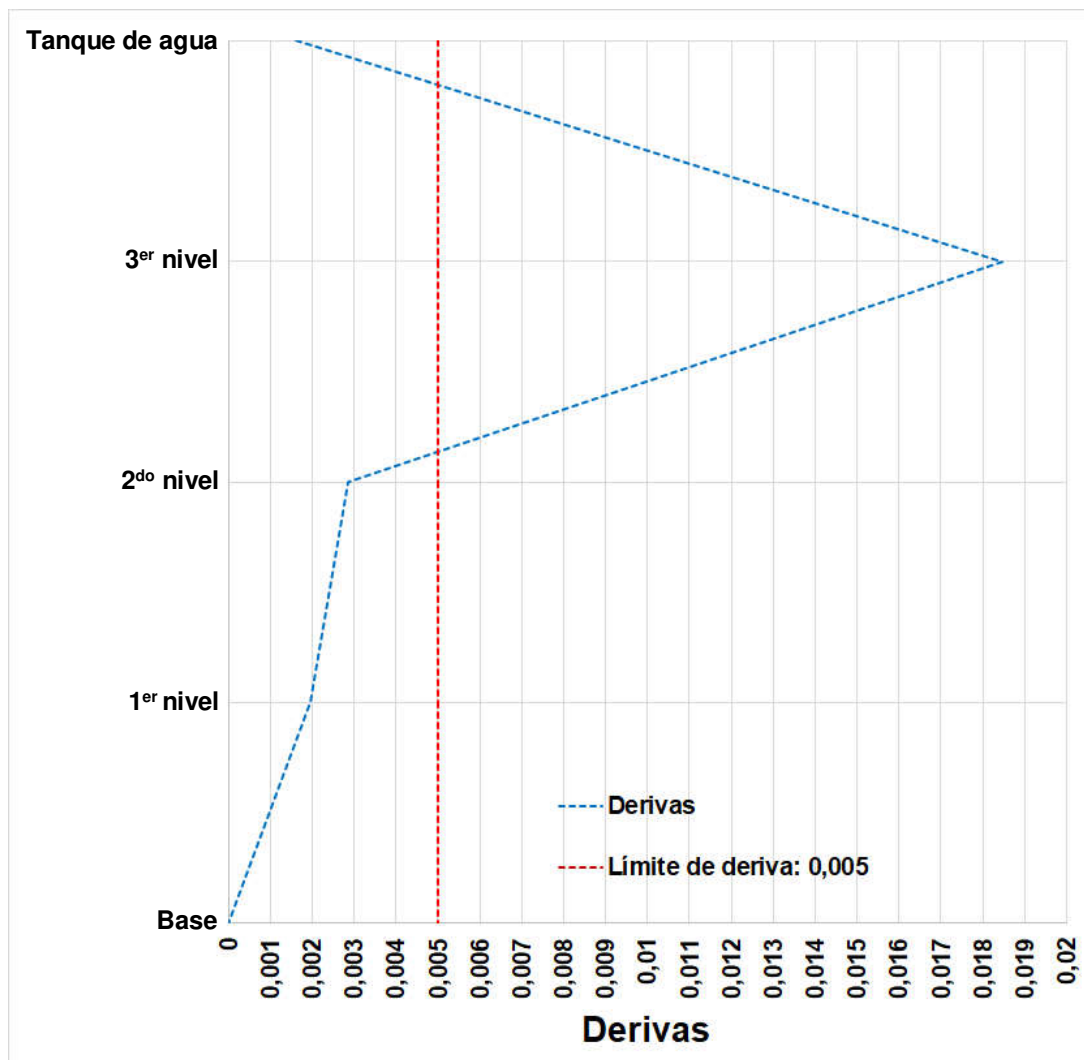
*Control de derivas en Y del pabellón evaluado existente*

Nivel	Dirección	Deriva	Control <0,005
Tanque de agua	Y	0,00162	Cumple
3er nivel	Y	0,01846	No cumple
2do nivel	Y	0,00286	Cumple
1er nivel	Y	0,00197	Cumple

En la figura 98 se muestra de manera gráfica que la deriva máxima permitida en Y es superada enormemente en el tercer nivel.

**Figura 98**

*Gráfico de derivas en Y del pabellón evaluado existente*



### 4.3. Análisis Sísmico de la Propuesta de Reforzamiento

#### 4.3.1. Periodo Fundamental de Vibración de la Propuesta de Reforzamiento

Del análisis modal presentado en el numeral 3.5.4.3. se obtuvo el periodo fundamental de vibración en dirección X y Y:

$$T_x = 0,327 \text{ seg} \quad (18)$$

$$T_y = 0,206 \text{ seg} \quad (19)$$

### 4.3.2. Fuerza Cortante en la Base de la Propuesta de Reforzamiento

Usando los factores y coeficientes sísmicos obtenidos para la propuesta de reforzamiento se calcularon las fuerzas cortantes en la base según el análisis estático, como indica la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018).

$$V_x = \frac{Z \times U \times C_x \times S}{R_{0x} \times I_a \times I_p} \times P = \frac{0,45 \times 1,5 \times 2,5 \times 1,05}{8 \times 0,9 \times 0,75} \times 1199,47 = 393,58 \text{ tonf} \quad (20)$$

$$V_y = \frac{Z \times U \times C_y \times S}{R_{0y} \times I_a \times I_p} \times P = \frac{0,45 \times 1,5 \times 2,5 \times 1,05}{3 \times 0,9 \times 0,75} \times 1199,47 = 1049,54 \text{ tonf} \quad (21)$$

Según indica la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018) para estructuras irregulares, se verificó si las fuerzas cortantes dinámicas halladas en el análisis del modelo de la propuesta de reforzamiento cumplían el valor mínimo de 90% de las fuerzas cortantes estáticas calculadas. En la tabla 36 se observa que no cumplieron este requisito, teniendo que multiplicarse por unos factores de escala.

**Tabla 36**

*Verificación de cortante en la base de la propuesta de reforzamiento*

Dirección	$V_{est}$ tonf	90% $V_{est}$ tonf	$V_{din}$ tonf	Control $V_{din} > 90\% V_{est}$	Factor de escala
X	393,58	354,22	312,07	No cumple	1,136
Y	1049,54	944,59	656,39	No cumple	1,440

### 4.3.3. Control de Derivas de la Propuesta de Reforzamiento

De manera análoga a como se trabajó el modelo del pabellón evaluado existente, las derivas se calcularon multiplicando por  $0,85R$  los resultados obtenidos del análisis del modelo de la propuesta de reforzamiento. En la tabla 37 se verifica si las derivas en X respetaron el valor límite de 0,007 para un sistema de pórticos de concreto armado.

**Tabla 37**

*Control de derivas en X de la propuesta de reforzamiento*

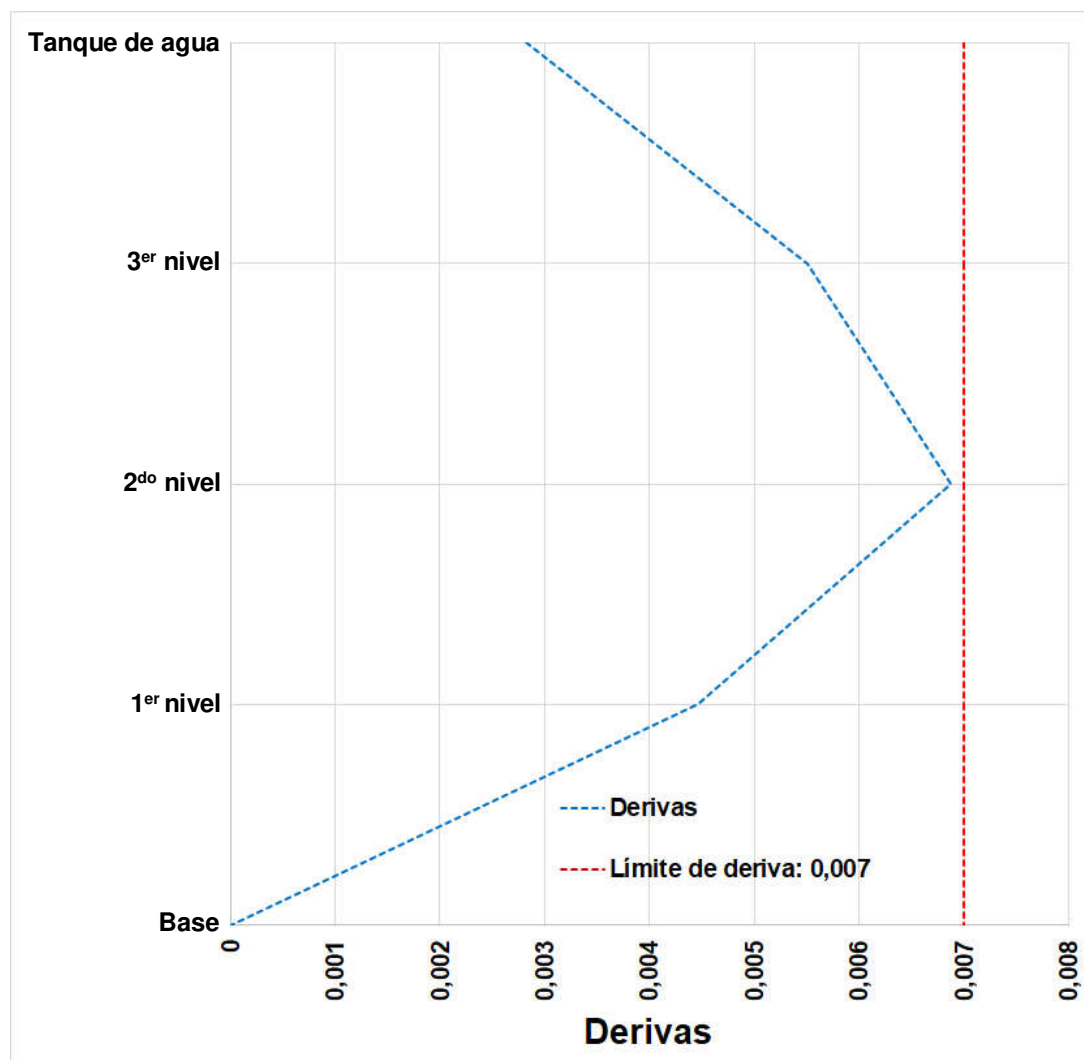
Nivel	Dirección	Deriva	Control <0,007
Tanque de agua	X	0,00282	Cumple
3 <sup>er</sup> nivel	X	0,00551	Cumple
2 <sup>do</sup> nivel	X	0,00687	Cumple
1 <sup>er</sup> nivel	X	0,00446	Cumple



En la figura 99 se muestra de manera gráfica que las derivas en X cumplen el límite establecido en todos los niveles.

**Figura 99**

*Gráfico de derivas en X de la propuesta de reforzamiento*



En la tabla 38 se verifica si las derivas en Y respetaron el valor límite de 0,005 para un sistema de muros de albañilería confinada.

**Tabla 38**

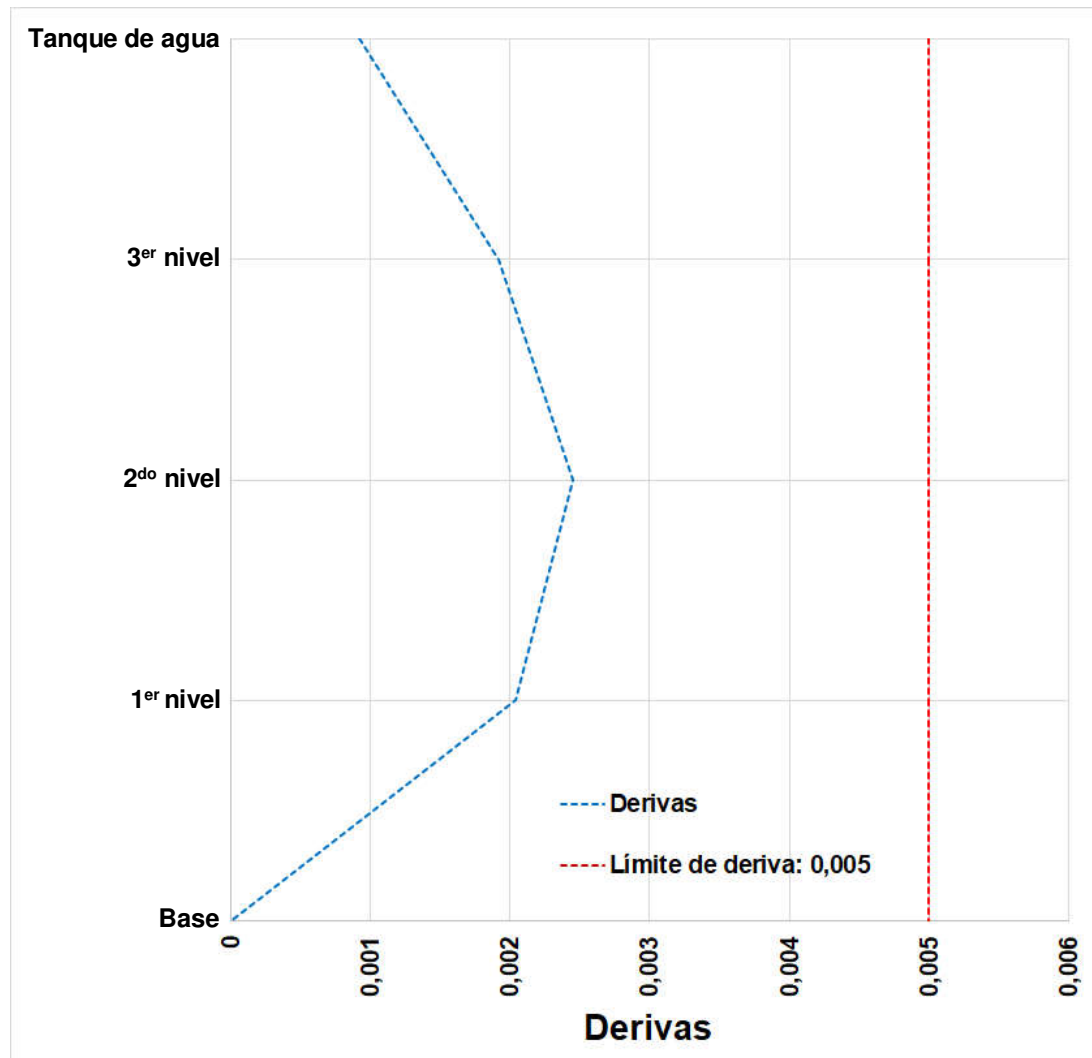
*Control de derivas en Y de la propuesta de reforzamiento*

Nivel	Dirección	Deriva	Control <0,005
Tanque de agua	Y	0,00092	Cumple
3er nivel	Y	0,00192	Cumple
2do nivel	Y	0,00245	Cumple
1er nivel	Y	0,00204	Cumple

En la figura 100 se muestra de manera gráfica que las derivas en Y cumplen el límite establecido en todos los niveles.

**Figura 100**

*Gráfico de derivas en Y de la propuesta de reforzamiento*



## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

La hipótesis general planteaba que: “El comportamiento sísmico determinado por la evaluación estructural es deficiente”, y efectivamente el pabellón evaluado existente presenta un comportamiento sísmico deficiente según el Reglamento Nacional de Edificaciones vigente.

La primera hipótesis específica planteaba que: “Las características estructurales del pabellón evaluado son inadecuadas”, y efectivamente se encontró que lo son. Mediante la inspección visual del pabellón evaluado se encontraron patologías estructurales, obteniendo que la predominante en columnas es fisura por columna corta, en vigas es fisura por flexión, en losas aligeradas es fisura por retracción térmica y en muros es fisura por tensión en esquinas. Con la realización del ensayo de esclerometría se estimó que la resistencia a la compresión del concreto en vigas es de  $175 \text{ kgf/cm}^2$  y que la resistencia a la compresión del concreto en columnas es de  $210 \text{ kgf/cm}^2$ . Según la Norma Técnica E.060 Concreto Armado (2009), la resistencia a la compresión del concreto en elementos resistentes a fuerzas inducidas por sismo no puede ser menor a 21 MPa o su equivalente aproximado  $210 \text{ kgf/cm}^2$ , por lo que la resistencia encontrada en vigas no cumplió el valor mínimo definido.

La segunda hipótesis específica planteaba que: “El comportamiento sísmico del pabellón evaluado no cumple con los parámetros estipulados en el Reglamento Nacional de Edificaciones vigente”, y efectivamente no los cumplió. Al realizar el análisis del modelo del pabellón evaluado existente, se encontró que las derivas o distorsiones de entrepiso superaban los límites establecidos en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018). En la dirección X, las derivas de 0,00923 en el segundo nivel y de 0,11264 en el tercer nivel superaron el límite de 0,007 para un sistema estructural de pórticos de concreto armado. Por otro lado, en la dirección Y la deriva de 0,01846 en el tercer nivel superó el límite de 0,005 para un sistema estructural de muros de albañilería confinada. Se determinó que los factores que ocasionaban este comportamiento eran la insuficiente rigidez de las columnas en la dirección X y la ausencia de un diafragma rígido en el tercer nivel. Adicionalmente, la estructura presentaba irregularidades en altura y planta, lo cual no está permitido en la normativa vigente para las edificaciones de categoría A2, que incluye a las instituciones educativas, ubicadas en la zona 4.

La tercera hipótesis específica planteaba que: “El tipo de reforzamiento necesario para mejorar las condiciones del pabellón evaluado es el ensanchamiento de los elementos estructurales”, y efectivamente esta fue una de las acciones tomadas para mejorar el comportamiento sísmico. En el modelo de la propuesta de reforzamiento, para corregir las deficiencias encontradas en el análisis del modelo del pabellón existente, se realizó el ensanchamiento de columnas de pórticos y la adición de prolongaciones en las columnas de amarre para darles forma de L en los tres primeros niveles, con el objetivo de aumentar la rigidez en dirección X. Adicionalmente, se vio necesaria la incorporación de un diafragma rígido en el tercer nivel mediante la continuidad de columnas provenientes del primer y segundo nivel, además de la adición de vigas horizontales que conecten los bloques separados y que refuercen y otorguen rigidez al techo a dos aguas de uno de estos bloques. Al realizar el análisis del modelo de la propuesta de reforzamiento, se encontró que las derivas cumplieron con no sobrepasar los límites establecidos en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018), siendo menores a 0,007 en la dirección X que posee un sistema estructural de pórticos de concreto armado y menores a 0,005 en la dirección Y que posee un sistema de muros de albañilería confinada.

## CONCLUSIONES

Se determinó el comportamiento sísmico mediante la realización de la evaluación estructural de un pabellón de la Institución Educativa Miguel Pro, encontrándose que es deficiente según el Reglamento Nacional de Edificaciones vigente.

Se determinaron las características estructurales del pabellón evaluado, encontrándose que son inadecuadas. Mediante la inspección visual se identificaron patologías estructurales entre las que predominaban la fisura por columna corta, fisura por flexión en vigas, fisura por retracción térmica en losas aligeradas y fisura por tensión en esquinas en muros. Mediante la realización del ensayo de esclerometría se estimó que la resistencia a la compresión del concreto en vigas es de  $175 \text{ kgf/cm}^2$ , siendo inferior al valor mínimo de 21 MPa o  $210 \text{ kgf/cm}^2$  definido para el concreto en elementos resistentes a fuerzas inducidas por sismo en la Norma Técnica E.060 Concreto Armado.

Se determinó el comportamiento sísmico del pabellón evaluado existente mediante el análisis de un modelo elaborado en el software ETABS v19.1.0 y se encontró que no cumple con los parámetros estipulados en el Reglamento Nacional de Edificaciones vigente, al no respetar los límites de deriva y las restricciones a la irregularidad definidas en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente. En la dirección X, la deriva obtenida en el segundo nivel fue de 0,00923 y en el tercer nivel fue de 0,11264, superando el valor límite de 0,007 definido para un sistema estructural de pórticos de concreto armado. En la dirección Y, la deriva obtenida en el tercer nivel fue de 0,01846, superando el valor límite de 0,005 definido para un sistema estructural de muros de albañilería confinada. Estas derivas se atribuyeron a la falta de rigidez lateral en la dirección X y a la ausencia de un diafragma rígido en el tercer nivel. Finalmente, la estructura poseía irregularidad en altura y planta, lo que no está permitido para las edificaciones de categoría A2 ubicadas en la zona 4.

Se determinó el tipo de reforzamiento necesario para mejorar las condiciones del pabellón evaluado mediante el análisis de un modelo elaborado en el software ETABS v19.1.0, el cual consistió en el ensanchamiento de columnas de pórticos y la adición de prolongaciones en columnas de amarre para que trabajen como secciones L en los tres primeros niveles, sumados a la incorporación de un diafragma rígido en

el tercer nivel mediante la continuidad de columnas y la adición de vigas. Con la aplicación de este reforzamiento no se excedieron los límites para las derivas de entrepiso definidas por la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente, obteniéndose que las derivas en la dirección X no superaron el valor de 0,007 para un sistema estructural de pórticos de concreto armado y las derivas en la dirección Y no superaron el valor de 0,005 para un sistema estructural de muros de albañilería confinada.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda a las autoridades competentes realizar la evaluación estructural de las instituciones educativas que fueron construidas durante la vigencia de versiones anteriores de Normas Técnicas como la E.020 Cargas, E.030 Diseño Sismorresistente, E.060 Concreto Armado o E.070 Albañilería para verificar su comportamiento sísmico según los estándares actuales.

Se recomienda a los futuros investigadores, para obtener una mayor precisión al determinar las características estructurales del pabellón de una institución educativa, realizar ensayos invasivos como el de perforación diamantina.

Se recomienda a los futuros investigadores, para una evaluación estructural más completa, inspeccionar la cantidad de acero en los elementos estructurales para verificar si cumplen con la Norma Técnica E.060 Concreto Armado vigente.

Se recomienda a las entidades a cargo de un eventual reforzamiento del pabellón evaluado existente, seguir con especial cuidado los procedimientos constructivos en cuanto a la adición de acero de refuerzo y concreto nuevo en vigas y columnas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, J. y Aguilar, C. (2017). *Evaluación y reforzamiento estructural del edificio de la Escuela Profesional de Obstetricia – UNJBG – Tacna*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/2875>
- Aliaga, S. y Quispe, A. (2019). *Evaluación estructural y propuesta de reforzamiento de la Institución Educativa Javier Heraud ubicada en el distrito de Ate 2019*. Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/51670>
- Almirón, E. e Yndigoyen, D. (2019). *Evaluación Estructural y Propuesta de Reforzamiento en el Centro de Salud Leoncio Prado, de la Ciudad de Tacna*. Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/840>
- Astorga, A. y Rivero, P. (2009). *Patologías en las edificaciones*. Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos [CIGIR]. [https://www.researchgate.net/publication/328876477\\_Patologias\\_en\\_las\\_edificaciones](https://www.researchgate.net/publication/328876477_Patologias_en_las_edificaciones)
- Camba, J., Chacón, F. y Pérez, F. (1982). *Apuntes de Análisis Estructural I*. Universidad Nacional Autónoma de México. [http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/814/An%C3%A1lisis%20Estructural\\_CAMBA\\_ocr.pdf?sequence=1](http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/814/An%C3%A1lisis%20Estructural_CAMBA_ocr.pdf?sequence=1)
- Cervera, M., Blanco, E. (2015). *Resistencia de Materiales*. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería [CIMNE]. <http://cervera.rmee.upc.edu/libros/Resistencia%20de%20Materiales.pdf>
- Gallo, W. (2006). *Inspecciones técnicas de seguridad en edificaciones de concreto armado*. Tesis de pregrado, Universidad de Piura. <https://hdl.handle.net/11042/1363>
- Giordani, C., Leone, D. (s.f.). *Estructura*. Universidad Tecnológica Nacional. [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/1\\_anio/civil1/files/IC%20I-Estructura.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/1_anio/civil1/files/IC%20I-Estructura.pdf)
- Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI] (2004). *Mapa de Peligros de la Ciudad de Tacna: Volumen I – Memoria*. Proyecto Ciudades Sostenibles. [http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios\\_CS/Region\\_Tacna/tacna/tacna\\_mp1.pdf](http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_Tacna/tacna/tacna_mp1.pdf)



- Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI] (2018). *Los movimientos sísmicos*. Ministerio de Defensa. <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2018/09/movimientos-sismicos.pdf>
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual [INDECOPI] (2013). *Norma Técnica Peruana 339.181 Método de ensayo para determinar el número de rebote del concreto endurecido (esclerometría)*. Lima, Perú.
- López, F., Rodríguez, V., Santa Cruz, J., Torreño, I. y Ubeda, P. (2004). *Manual de Patología de la Edificación: Tomo I. El lenguaje de las grietas. Patología y recalces de las cimentaciones*. Universidad Politécnica de Madrid. [https://www.edificacion.upm.es/personales/santacruz-old/Docencia/cursos/ManualPatologiaEdificacion\\_Tomo-1.pdf](https://www.edificacion.upm.es/personales/santacruz-old/Docencia/cursos/ManualPatologiaEdificacion_Tomo-1.pdf)
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (2014). *Norma Ecuatoriana de la Construcción: Peligro Sísmico – Diseño Sismo Resistente*. Quito, Ecuador.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones Norma Técnica E.020 Cargas*. Lima, Perú.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones Norma Técnica E.070 Albañilería*. Lima, Perú.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2009). *Reglamento Nacional de Edificaciones Norma Técnica E.060 Concreto Armado*. Lima, Perú.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018). *Reglamento Nacional de Edificaciones Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente*. Lima, Perú.
- Muñoz, A. (2020). *Comentarios a la Norma E.030 Diseño Sismorresistente*. Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción [SENCICO]. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1129512/COMENTARIOS\\_A\\_LA\\_NORMA\\_PERUANA\\_E.030\\_DISE%3%91O\\_SISMORRESISTENTE.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1129512/COMENTARIOS_A_LA_NORMA_PERUANA_E.030_DISE%3%91O_SISMORRESISTENTE.pdf)
- Ojeda, L. y Colorado, Y. (2021). *Evaluación estructural del pabellón “A” de la Institución Educativa 42036 Juan María Rojas, Tacna 2021*. Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/2029>
- Parra, D. (2021). *Impacto del grado de oxidación del refuerzo en el desempeño sísmico de una estructura en concreto*. Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia. <https://hdl.handle.net/10983/26374>
- Pimbo, F. (2021). *Análisis estructural del desempeño sísmico del edificio de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica mediante la medición de vibraciones*. Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/32592>


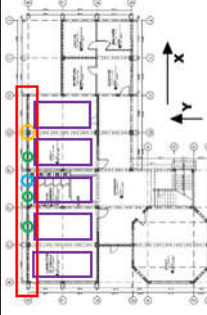
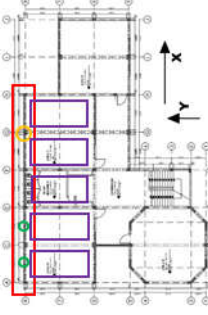
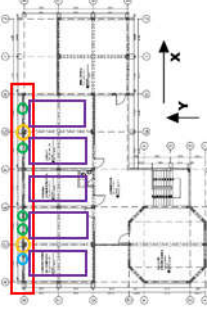





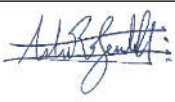
- Quispe, M. (2017). *Evaluación y propuesta de reforzamiento estructural de la capilla Cristo Pobre de la beneficencia de Puno*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3886>
- Ramírez, P. (2017). *Evaluación experimental de una propuesta de reforzamiento estructural para las edificaciones escolares construidas antes de 1997, Perú*. Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/9751>
- Tamayo, J. (2018). *Evaluación Sísmica y Estructural del Modelo Estándar de las Unidades Educativas del Milenio*. Tesis de pregrado, Universidad San Francisco de Quito. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/7880>
- Toirac, J. (2004). *Patología de la construcción. Grietas y fisuras en obras de hormigón. Origen y prevención*. Instituto Tecnológico de Santo Domingo. <https://www.redalyc.org/pdf/870/87029104.pdf>



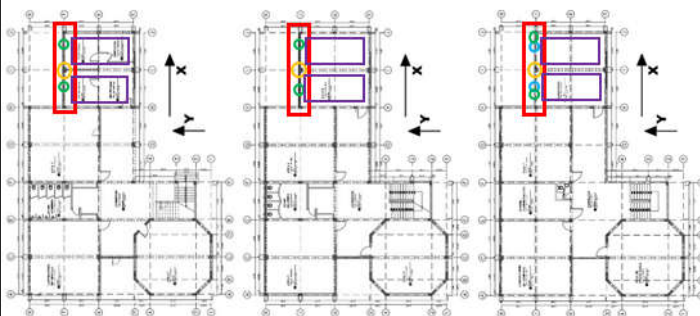

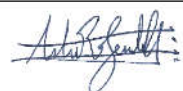
## ANEXOS

## Anexo 1. Matriz de Consistencia



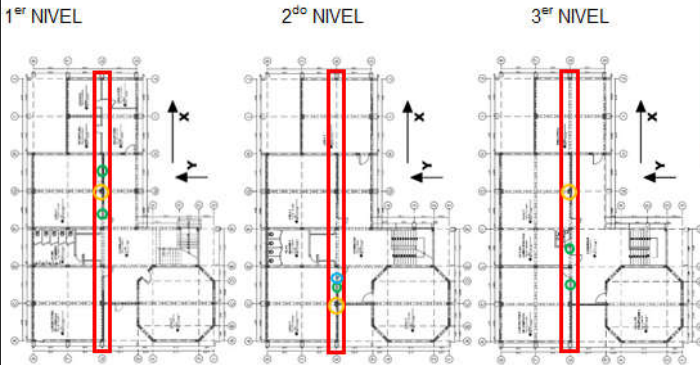


Evaluación estructural para determinar el comportamiento sísmico de un pabellón de la Institución Educativa Miguel Pro, Tacna, 2022					
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Métodos
<p><b>Problema General</b> ¿Cuál es el comportamiento sísmico determinado por la evaluación estructural de un pabellón de la Institución Educativa Miguel Pro?</p>	<p><b>Objetivo General</b> Realizar la evaluación estructural para determinar el comportamiento sísmico de un pabellón de la Institución Educativa Miguel Pro.</p>	<p><b>Hipótesis General</b> El comportamiento sísmico determinado por la evaluación estructural es deficiente.</p>	<p><b>Variable Independiente</b> Evaluación estructural.</p>	<p><b>Indicadores de la Variable Independiente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Patologías en los elementos estructurales: Cantidad, tamaño o severidad de grietas, fisuras, abrasión y eflorescencia</li> <li>Sistemas estructurales: Clasificación</li> <li>Propiedades mecánicas de los elementos estructurales: Resistencia a la compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)</li> </ul>	<p><b>Tipo de investigación</b> Cuantitativo, descriptivo y explicativo.</p> <p><b>Nivel de la investigación</b> Integrativo y aprehensivo.</p> <p><b>Población</b> No existe.</p> <p><b>Muestra</b> No probabilística. Pabellón de la Institución Educativa Miguel Pro.</p> <p><b>Técnicas de recolección de datos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Visitas de campo</li> <li>Mediciones</li> <li>Inspección visual de patologías estructurales</li> </ul> <p><b>Instrumentos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Elaboración de planos</li> <li>Fichas de inspección visual de patologías estructurales</li> <li>Realización del ensayo de esclerometría</li> </ul>
<p><b>Problemas Específicos</b></p> <p>a. ¿Cuáles son las características estructurales del pabellón evaluado?</p> <p>b. ¿El comportamiento sísmico del pabellón evaluado cumplirá con los parámetros estipulados en el Reglamento Nacional de Edificaciones vigente?</p> <p>c. ¿Qué tipo de reforzamiento es el necesario para mejorar las condiciones del pabellón evaluado?</p>	<p><b>Objetivos Específicos</b></p> <p>a. Determinar las características estructurales del pabellón evaluado.</p> <p>b. Determinar si el comportamiento sísmico del pabellón evaluado cumple con los parámetros estipulados en el Reglamento Nacional de Edificaciones vigente.</p> <p>c. Determinar el tipo de reforzamiento necesario para mejorar las condiciones del pabellón evaluado.</p>	<p><b>Hipótesis Específicas</b></p> <p>a. Las características estructurales del pabellón evaluado son inadecuadas.</p> <p>b. El comportamiento sísmico del pabellón evaluado no cumple con los parámetros estipulados en el Reglamento Nacional de Edificaciones vigente.</p> <p>c. El tipo de reforzamiento necesario para mejorar las condiciones del pabellón evaluado es el ensanchamiento de los elementos estructurales.</p>			



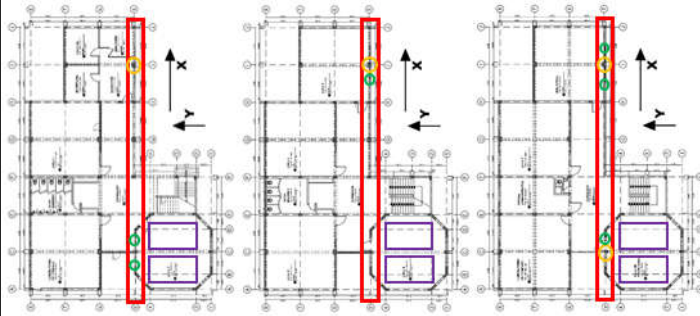

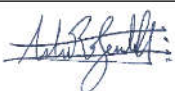
## Anexo 2. Fichas de Inspección Visual de Patologías Estructurales


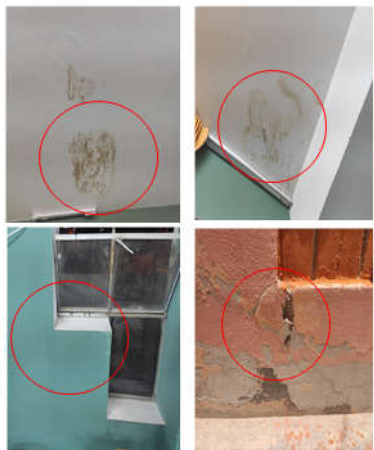
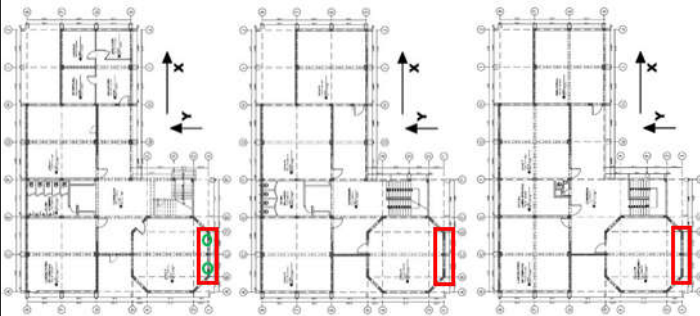

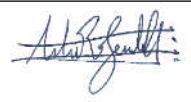
FICHA DE INSPECCIÓN VISUAL DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES		FICHA:		
		<b>1</b>		
<b>EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN PABELLÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MIGUEL PRO, TACNA, 2022</b>				
EVALUADORES:	BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA		MATERIAL PREDOMINANTE:	EJE X: CONCRETO ARMADO
	BACH. ARTURO REY SERRUTO SALAS		EJE Y:	ALBAÑILERÍA
UBICACIÓN:	URB. CIUDAD DE DIOS MZ. G LT. 33, TACNA	FECHA:	25/02/2022	HORA: 10:30 a.m. CATEGORÍA: A2
UBICACIÓN DE MUESTRA		VISTA DE PATOLOGÍAS ENCONTRADAS		
ENTRE EJES A-J Y 8-8				
1 <sup>er</sup> NIVEL		2 <sup>do</sup> NIVEL		3 <sup>er</sup> NIVEL
				
				
				
ELEMENTO	NIVEL	NIVEL DE SEVERIDAD	PATOLOGÍA ENCONTRADA	
COLUMNNA	1	Leve	Presenta fisura por columna corta	
	2	Leve	Presenta fisura por columna corta	
	3	Leve	Presenta fisura por columna corta	
VIGAS	1	Leve	Presenta eflorescencia en vigas	
	2	Leve	—	
	3	Leve	Presenta fisura por flexión en vigas	
LOSA ALIGERADA	1	Leve	Presenta fisura por retracción térmica , momentos torsionales en losas y humedad	
	2	Leve	Presenta fisura por retracción térmica y flexión en losas Presenta fisura por momentos torsionales en losas	
	3	Leve	Presenta fisura por retracción térmica y flexión en losas	
MUROS	1	Leve	Presenta eflorescencia y fisura por tensión en esquinas	
	2	Leve	Presenta fisura por tensión en muros	
	3	Leve	Presenta fisura por tensión en muros	
TESISTA	BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA			
	NOMBRE		FIRMA	
TESISTA	BACH. ARTURO REY SERRUTO SALAS			
	NOMBRE		FIRMA	

		FICHA DE INSPECCIÓN VISUAL DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES						FICHA:
		EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN PABELLÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MIGUEL PRO, TACNA, 2022						2
EVALUADORES:	BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA			MATERIAL PREDOMINANTE:	EJE X:	CONCRETO ARMADO		
	BACH. ARTURO REY SERRUTO SALAS				EJE Y:	ALBAÑILERÍA		
UBICACIÓN:	URB. CIUDAD DE DIOS MZ. G LT. 33, TACNA		FECHA:	25/02/2022	HORA:	10:30 a.m.	CATEGORÍA:	A2
UBICACIÓN DE MUESTRA				VISTA DE PATOLOGÍAS ENCONTRADAS				
ENTRE EJES J-H Y 7-7								
<p>1<sup>er</sup> NIVEL                      2<sup>do</sup> NIVEL                      3<sup>er</sup> NIVEL</p> 								
ELEMENTO	NIVEL	NIVEL DE SEVERIDAD	PATOLOGÍA ENCONTRADA					
COLUMNA	1	Leve	Presenta fisura por columna corta					
	2	Leve	Presenta fisura por columna corta					
	3	Leve	Presenta fisura por columna corta					
VIGAS	1	Leve	—					
	2	Leve	—					
	3	Leve	Presenta fisura por flexión en vigas					
LOSA ALIGERADA	1	Leve	Presenta fisura por retracción térmica Presenta fisura por momentos torsionales en losas					
	2	Leve	Presenta fisura por retracción térmica y flexión en losas Presenta fisura por momentos torsionales en losas					
	3	Leve	Presenta fisura por retracción térmica y flexión en losas					
MUROS	1	Leve	Presenta eflorescencia Presenta fisura por tensión en muros					
	2	Leve	Presenta fisura por tensión en muros					
	3	Leve	Presenta fisura por tensión en muros					
TESISTA	BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA							
	NOMBRE			FIRMA				
TESISTA	BACH. ARTURO REY SERRUTO SALAS							
	NOMBRE			FIRMA				



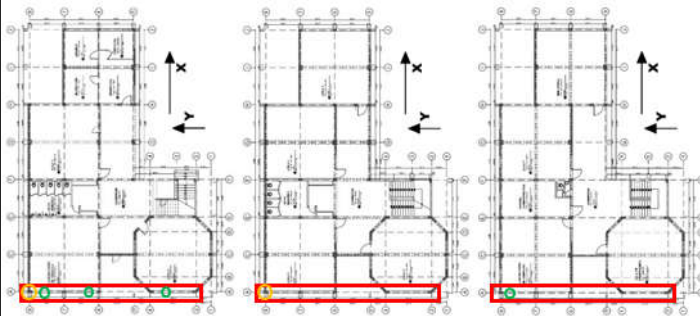

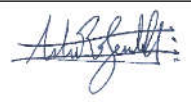



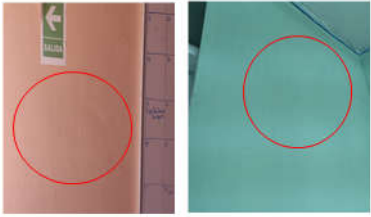
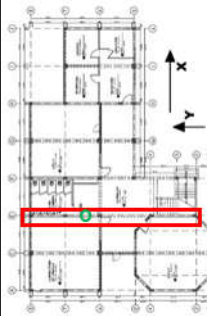
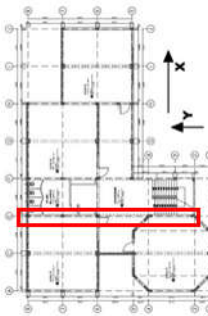
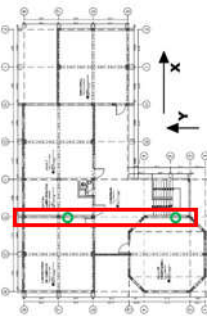

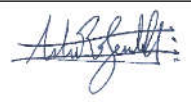
		FICHA DE INSPECCIÓN VISUAL DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES						FICHA:
		EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN PABELLÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MIGUEL PRO, TACNA, 2022						3
EVALUADORES:	BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA			MATERIAL PREDOMINANTE:	EJE X:	CONCRETO ARMADO		
	BACH. ARTURO REY SERRUTO SALAS				EJE Y:	ALBAÑILERÍA		
UBICACIÓN:	URB. CIUDAD DE DIOS MZ. G LT. 33, TACNA		FECHA:	25/02/2022	HORA:	10:30 a.m.	CATEGORÍA:	A2
UBICACIÓN DE MUESTRA				VISTA DE PATOLOGÍAS ENCONTRADAS				
ENTRE EJES A-J Y 6-6								
								
ELEMENTO	NIVEL	NIVEL DE SEVERIDAD	PATOLOGÍA ENCONTRADA					
COLUMNA	1	Leve	Presenta fisura por columna corta					
	2	Leve	Presenta fisura por columna corta					
	3	Leve	Presenta fisura por columna corta					
VIGAS	1	Leve	—					
	2	Leve	Presenta fisura bajo cargas de servicio en vigas					
	3	Leve	—					
LOSA ALIGERADA	1	Leve	—					
	2	Leve	—					
	3	Leve	—					
MUROS	1	Leve	Presenta fisura por tensión en muros					
	2	Leve	Presenta fisura por tensión en muros					
	3	Leve	Presenta fisura por tensión en muros Presenta fisura por adherencia del muro					
TESISTA	BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA							
	NOMBRE			FIRMA				
TESISTA	BACH. ARTURO REY SERRUTO SALAS							
	NOMBRE			FIRMA				


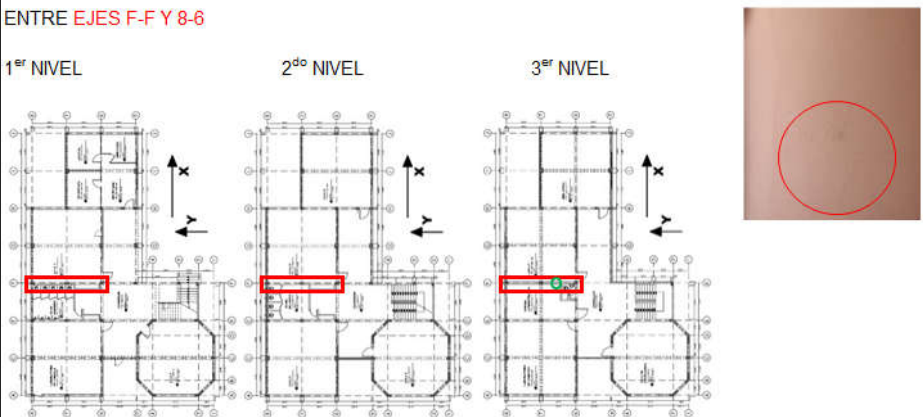

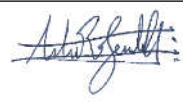
		FICHA DE INSPECCIÓN VISUAL DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES					FICHA:
		EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN PABELLÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MIGUEL PRO, TACNA, 2022					4
EVALUADORES:	BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA		MATERIAL PREDOMINANTE:	EJE X:	CONCRETO ARMADO		
	BACH. ARTURO REY SERRUTO SALAS			EJE Y:	ALBAÑILERÍA		
UBICACIÓN:	URB. CIUDAD DE DIOS MZ. G LT. 33, TACNA	FECHA:	25/02/2022	HORA:	10:30 a.m.	CATEGORÍA:	A2
UBICACIÓN DE MUESTRA			VISTA DE PATOLOGÍAS ENCONTRADAS				
ENTRE EJES A-J Y 5-5							
<p>1<sup>er</sup> NIVEL                      2<sup>do</sup> NIVEL                      3<sup>er</sup> NIVEL</p> 							
ELEMENTO	NIVEL	NIVEL DE SEVERIDAD	PATOLOGÍA ENCONTRADA				
COLUMNA	1	Leve	Presenta fisura por columna corta				
	2	Leve	Presenta fisura por columna corta				
	3	Leve	Presenta fisura por columna corta				
VIGAS	1	Leve	—				
	2	Leve	—				
	3	Leve	—				
LOSA ALIGERADA	1	Leve	Presenta fisura por retracción térmica Presenta fisura por momentos torsionales en losas				
	2	Leve	Presenta fisura por retracción térmica Presenta por flexión en losas Presenta fisura por momentos torsionales en losas				
	3	Leve	Presenta fisura por retracción térmica en losas Presenta humedad .Presenta por flexión en losas				
MUROS	1	Leve	Presenta fisura por tensión en muros				
	2	Leve	Presenta fisura por tensión en muros				
	3	Leve	Presenta fisura por tensión en muros Presenta fisura por aplastamiento en muros				
TESISTA	BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA						
	NOMBRE		FIRMA				
TESISTA	BACH. ARTURO REY SERRUTO SALAS						
	NOMBRE		FIRMA				



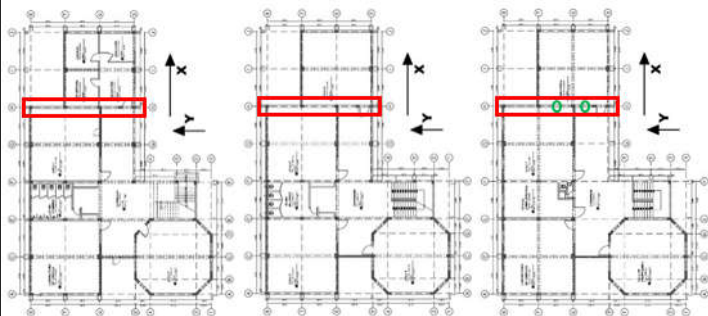

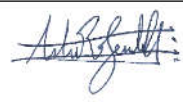
		FICHA DE INSPECCIÓN VISUAL DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES						FICHA:
		EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN PABELLÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MIGUEL PRO, TACNA, 2022						5
EVALUADORES:	BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA			MATERIAL PREDOMINANTE:	EJE X:	CONCRETO ARMADO		
	BACH. ARTURO REY SERRUTO SALAS				EJE Y:	ALBAÑILERÍA		
UBICACIÓN:	URB. CIUDAD DE DIOS MZ. G LT. 33, TACNA		FECHA:	25/02/2022	HORA:	10:30 a.m.	CATEGORÍA:	A2
UBICACIÓN DE MUESTRA				VISTA DE PATOLOGÍAS ENCONTRADAS				
ENTRE EJES B-D Y 1-1								
<p>1<sup>er</sup> NIVEL                      2<sup>do</sup> NIVEL                      3<sup>er</sup> NIVEL</p> 								
ELEMENTO	NIVEL	NIVEL DE SEVERIDAD	PATOLOGÍA ENCONTRADA					
COLUMNA	1	Leve	—					
	2	Leve	—					
	3	Leve	—					
VIGAS	1	Leve	—					
	2	Leve	—					
	3	Leve	—					
LOSA ALIGERADA	1	Leve	—					
	2	Leve	—					
	3	Leve	—					
MUROS	1	Leve	Presenta eflorescencia Presenta fisura por tensión en muros					
	2	Leve	—					
	3	Leve	—					
TESISTA	BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA							
	NOMBRE				FIRMA			
TESISTA	BACH. ARTURO REY SERRUTO SALAS							
	NOMBRE				FIRMA			





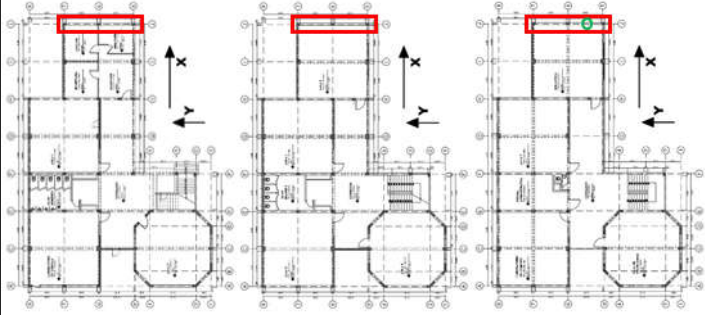

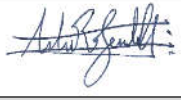
		FICHA DE INSPECCIÓN VISUAL DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES						FICHA:
		EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN PABELLÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MIGUEL PRO, TACNA, 2022						6
EVALUADORES:	BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA			MATERIAL PREDOMINANTE:	EJE X:	CONCRETO ARMADO		
	BACH. ARTURO REY SERRUTO SALAS				EJE Y:	ALBAÑILERÍA		
UBICACIÓN:	URB. CIUDAD DE DIOS MZ. G LT. 33, TACNA		FECHA:	25/02/2022	HORA:	10:30 a.m.	CATEGORÍA:	A2
UBICACIÓN DE MUESTRA				VISTA DE PATOLOGÍAS ENCONTRADAS				
ENTRE EJES A-A Y 8-1								
<p>1<sup>er</sup> NIVEL                      2<sup>do</sup> NIVEL                      3<sup>er</sup> NIVEL</p> 								
ELEMENTO	NIVEL	NIVEL DE SEVERIDAD	PATOLOGÍA ENCONTRADA					
COLUMNA	1	Leve	—					
	2	Leve	Presenta eflorescencia					
	3	Leve	Presenta eflorescencia					
VIGAS	1	Leve	—					
	2	Leve	—					
	3	Leve	—					
LOSA ALIGERADA	1	Leve	—					
	2	Leve	—					
	3	Leve	—					
MUROS	1	Leve	Presenta eflorescencia					
	2	Leve	—					
	3	Leve	Presenta fisura por tensión en muros					
TESISTA	BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA							
	NOMBRE			FIRMA				
TESISTA	BACH. ARTURO REY SERRUTO SALAS							
	NOMBRE			FIRMA				




		FICHA DE INSPECCIÓN VISUAL DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES					FICHA:
		EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN PABELLÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MIGUEL PRO, TACNA, 2022					7
EVALUADORES:	BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA		MATERIAL PREDOMINANTE:	EJE X:	CONCRETO ARMADO		
	BACH. ARTURO REY SERRUTO SALAS			EJE Y:	ALBAÑILERÍA		
UBICACIÓN:	URB. CIUDAD DE DIOS MZ. G LT. 33, TACNA	FECHA:	25/02/2022	HORA:	10:30 a.m.	CATEGORÍA:	A2
UBICACIÓN DE MUESTRA			VISTA DE PATOLOGÍAS ENCONTRADAS				
ENTRE EJES E-E Y 8-2							
<p>1<sup>er</sup> NIVEL</p> 			<p>2<sup>do</sup> NIVEL</p> 			<p>3<sup>er</sup> NIVEL</p> 	
ELEMENTO	NIVEL	NIVEL DE SEVERIDAD	PATOLOGÍA ENCONTRADA				
COLUMNA	1	Leve	—				
	2	Leve	—				
	3	Leve	—				
VIGAS	1	Leve	—				
	2	Leve	—				
	3	Leve	—				
LOSA ALIGERADA	1	Leve	—				
	2	Leve	—				
	3	Leve	—				
MUROS	1	Leve	Presenta eflorescencia				
	2	Leve	—				
	3	Leve	Presenta fisura por aplastamiento en muros Presenta fisura por mapeo del muro				
TESISTA	BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA						
	NOMBRE			FIRMA			
TESISTA	BACH. ARTURO REY SERRUTO SALAS						
	NOMBRE			FIRMA			

		FICHA DE INSPECCIÓN VISUAL DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES						FICHA:
		EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN PABELLÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MIGUEL PRO, TACNA, 2022						8
EVALUADORES:	BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA			MATERIAL PREDOMINANTE:	EJE X:	CONCRETO ARMADO		
	BACH. ARTURO REY SERRUTO SALAS				EJE Y:	ALBAÑILERÍA		
UBICACIÓN:	URB. CIUDAD DE DIOS MZ. G LT. 33, TACNA		FECHA:	25/02/2022	HORA:	10:30 a.m.	CATEGORÍA:	A2
UBICACIÓN DE MUESTRA				VISTA DE PATOLOGÍAS ENCONTRADAS				
<p>ENTRE EJES F-F Y 8-6</p> <p>1<sup>er</sup> NIVEL                      2<sup>do</sup> NIVEL                      3<sup>er</sup> NIVEL</p> 								
ELEMENTO	NIVEL	NIVEL DE SEVERIDAD	PATOLOGÍA ENCONTRADA					
COLUMNA	1	Leve	—					
	2	Leve	—					
	3	Leve	—					
VIGAS	1	Leve	—					
	2	Leve	—					
	3	Leve	—					
LOSA ALIGERADA	1	Leve	—					
	2	Leve	—					
	3	Leve	—					
MUROS	1	Leve	—					
	2	Leve	—					
	3	Leve	Presenta fisura por mapeo del muro					
TESISTA	BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA							
	NOMBRE				FIRMA			
TESISTA	BACH. ARTURO REY SERRUTO SALAS							
	NOMBRE				FIRMA			

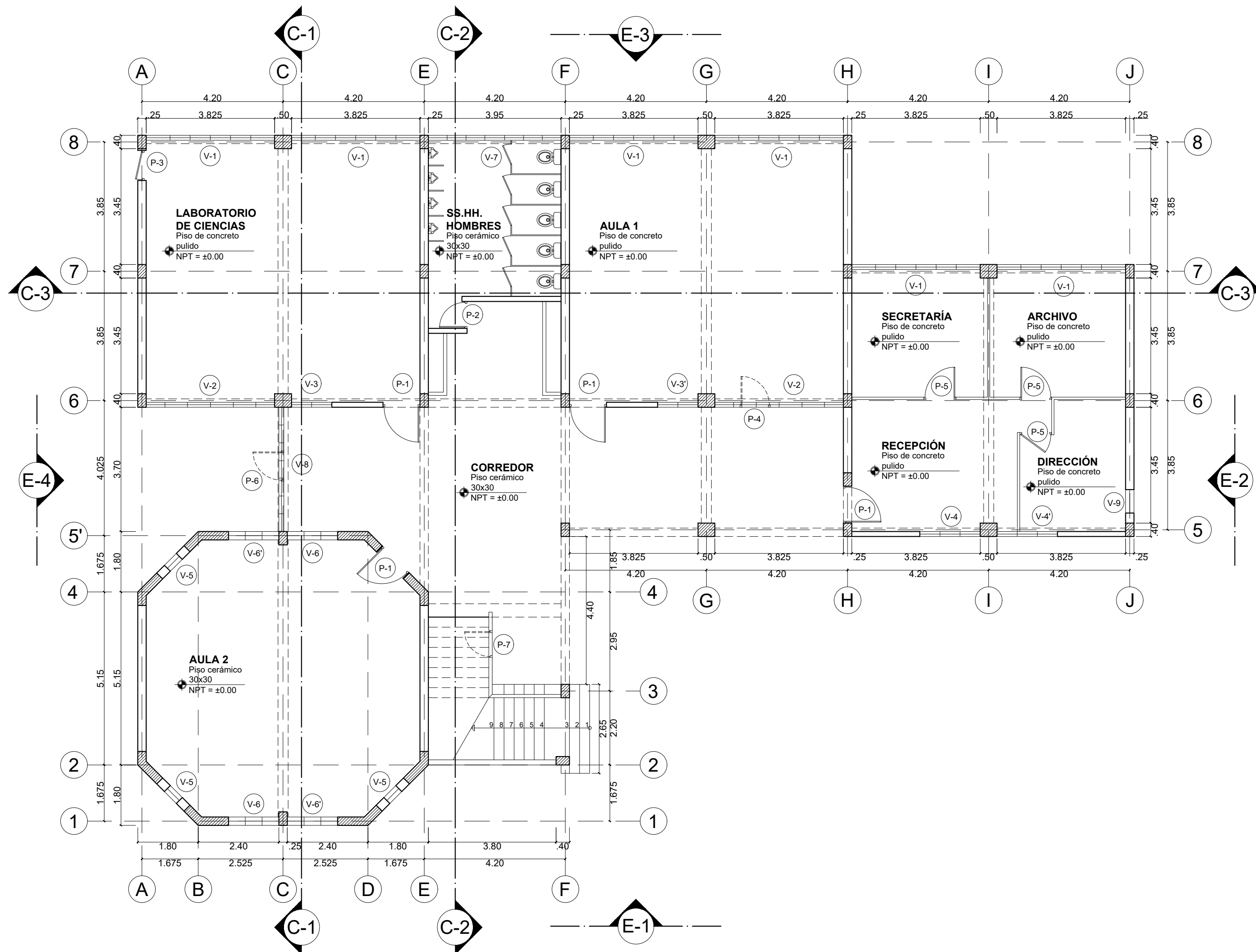
	<b>FICHA DE INSPECCIÓN VISUAL DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES</b>					<b>FICHA:</b>	
	<b>EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN PABELLÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MIGUEL PRO, TACNA, 2022</b>					<b>9</b>	
<b>EVALUADORES:</b>	BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA			<b>MATERIAL PREDOMINANTE:</b>	EJE X:	CONCRETO ARMADO	
	BACH. ARTURO REY SERRUTO SALAS				EJE Y:	ALBAÑILERÍA	
<b>UBICACIÓN:</b>	URB. CIUDAD DE DIOS MZ. G LT. 33, TACNA	<b>FECHA:</b>	25/02/2022	<b>HORA:</b>	10:30 a.m.	<b>CATEGORÍA:</b>	A2
<b>UBICACIÓN DE MUESTRA</b>				<b>VISTA DE PATOLOGÍAS ENCONTRADAS</b>			
ENTRE EJES H-H Y 8-5							
<b>1<sup>er</sup> NIVEL</b>		<b>2<sup>do</sup> NIVEL</b>		<b>3<sup>er</sup> NIVEL</b>			
							
ELEMENTO	NIVEL	NIVEL DE SEVERIDAD	PATOLOGÍA ENCONTRADA				
<b>COLUMNA</b>	1	Leve	—				
	2	Leve	—				
	3	Leve	—				
<b>VIGAS</b>	1	Leve	—				
	2	Leve	—				
	3	Leve	—				
<b>LOSA ALIGERADA</b>	1	Leve	—				
	2	Leve	—				
	3	Leve	—				
<b>MUROS</b>	1	Leve	—				
	2	Leve	—				
	3	Leve	Presenta fisura por aplastamiento en muros				
<b>TESISTA</b>	BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA						
	<b>NOMBRE</b>				<b>FIRMA</b>		
<b>TESISTA</b>	BACH. ARTURO REY SERRUTO SALAS						
	<b>NOMBRE</b>				<b>FIRMA</b>		



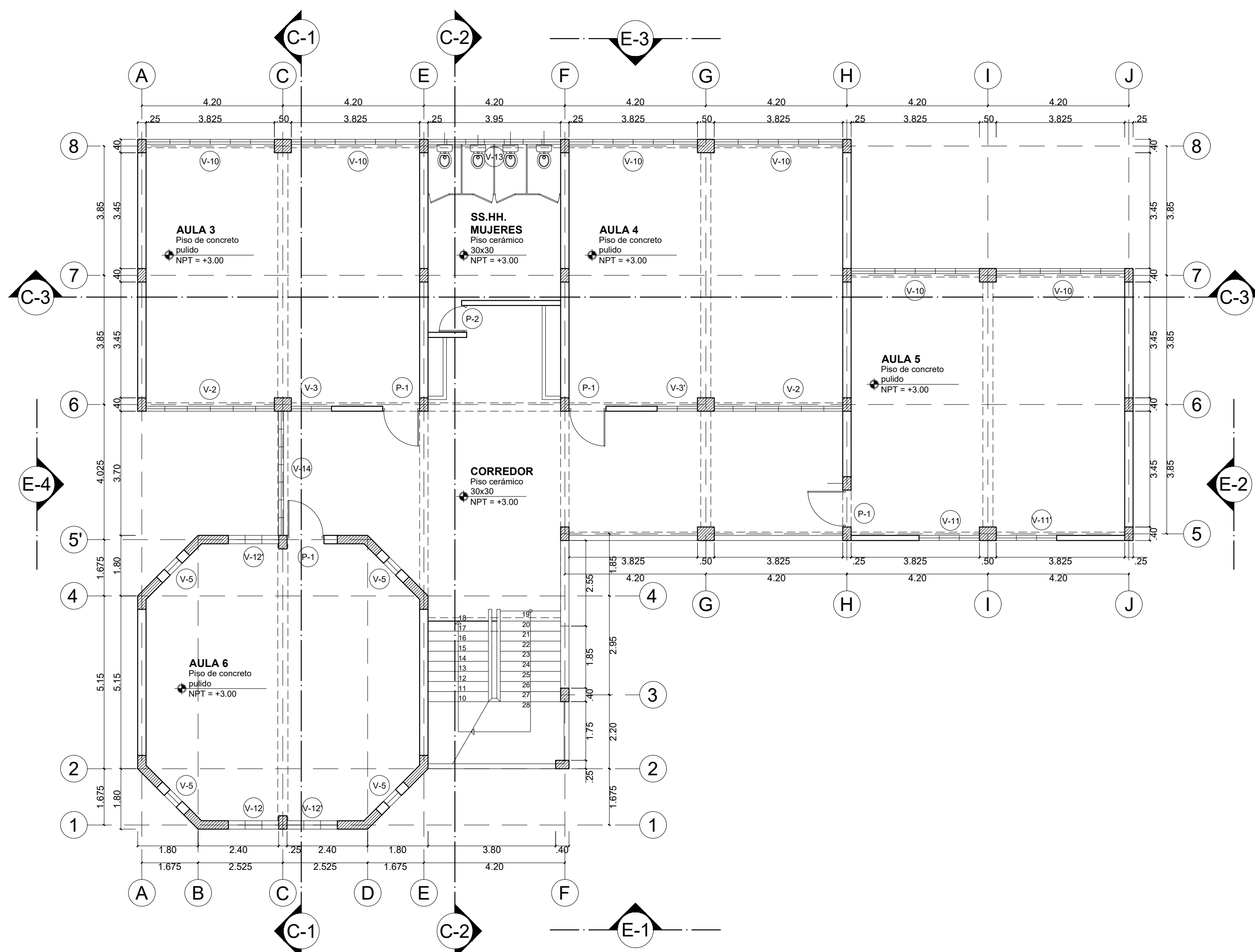
		FICHA DE INSPECCIÓN VISUAL DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES					FICHA:
		EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN PABELLÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MIGUEL PRO, TACNA, 2022					10
EVALUADORES:	BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA		MATERIAL PREDOMINANTE:	EJE X:	CONCRETO ARMADO		
	BACH. ARTURO REY SERRUTO SALAS			EJE Y:	ALBAÑILERÍA		
UBICACIÓN:	URB. CIUDAD DE DIOS MZ. G LT. 33, TACNA	FECHA:	25/02/2022	HORA:	10:30 a.m.	CATEGORÍA:	A2
UBICACIÓN DE MUESTRA			VISTA DE PATOLOGÍAS ENCONTRADAS				
ENTRE EJES J-J Y 7-6							
1 <sup>er</sup> NIVEL	2 <sup>do</sup> NIVEL	3 <sup>er</sup> NIVEL					
							
ELEMENTO	NIVEL	NIVEL DE SEVERIDAD	PATOLOGÍA ENCONTRADA				
COLUMNA	1	Leve	—				
	2	Leve	—				
	3	Leve	—				
VIGAS	1	Leve	—				
	2	Leve	—				
	3	Leve	—				
LOSA ALIGERADA	1	Leve	—				
	2	Leve	—				
	3	Leve	—				
MUROS	1	Leve	—				
	2	Leve	—				
	3	Leve	Presenta fisura por aplastamiento en muros				
TESISTA	BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA						
	NOMBRE			FIRMA			
TESISTA	BACH. ARTURO REY SERRUTO SALAS						
	NOMBRE			FIRMA			

		FICHA DE RESUMEN DE INSPECCIÓN VISUAL DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES						FICHA:
		EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN PABELLÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MIGUEL PRO, TACNA, 2022						11
EVALUADORES:	BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA			MATERIAL PREDOMINANTE:	EJE X:	CONCRETO ARMADO		
	BACH. ARTURO REY SERRUTO SALAS				EJE Y:	ALBAÑILERÍA		
UBICACIÓN:	URB. CIUDAD DE DIOS MZ. G LT. 33, TACNA		FECHA:	25/02/2022	HORA:	10:30 a.m.	CATEGORÍA: A2	
N°	ELEMENTO	NIVEL	UBICACIÓN	PATOLOGÍA ENCONTRADA				
1	COLUMNA	1,2,3	ENTRE EJES A-J Y 8-8	Presenta fisura por columna corta				
2	COLUMNA	1,2,3	ENTRE EJES J-H Y 7-7	Presenta fisura por columna corta				
3	COLUMNA	1,2,3	ENTRE EJES A-J Y 6-6	Presenta fisura por columna corta				
4	COLUMNA	1,2,3	ENTRE EJES A-J Y 5-5	Presenta fisura por columna corta				
5	COLUMNA	2,3	ENTRE EJES A-A Y 8-1	Presenta eflorescencia				
6	VIGA	1,3	ENTRE EJES A-J Y 8-8	Presenta fisura por flexión en vigas y eflorescencia				
7	VIGA	3	ENTRE EJES J-H Y 7-7	Presenta fisura por flexión en vigas				
8	VIGA	2	ENTRE EJES A-J Y 6-6	Presenta fisura bajo cargas de servicio en vigas				
9	LOSA ALIGERADA	1,2,3	ENTRE EJES A-J Y 8-8	Presenta fisura por retracción térmica, momentos torsionales en losas, flexión en losas, humedad				
10	LOSA ALIGERADA	1,2,3	ENTRE EJES J-H Y 7-7	Presenta fisura por retracción térmica, momentos torsionales en losas, flexión en losas				
11	LOSA ALIGERADA	1,2,3	ENTRE EJES A-J Y 5-5	Presenta fisura por retracción térmica, momentos torsionales en losas, flexión en losas y humedad				
12	MURO	1,2,3	ENTRE EJES A-J Y 8-8	Presenta eflorescencia y fisura por tensión en esquinas				
13	MURO	1,2,3	ENTRE EJES J-H Y 7-7	Presenta eflorescencia y fisura por tensión en esquinas				
14	MURO	1,2,3	ENTRE EJES A-J Y 6-6	Presenta fisura por tensión en muros y fisura por adherencia del muro				
15	MURO	1,2,3	ENTRE EJES A-J Y 5-5	Presenta fisura por tensión en muros y fisura por aplastamiento en muros				
16	MURO	1	ENTRE EJES B-D Y 1-1	Presenta eflorescencia y fisura por tensión en muros				
17	MURO	1,3	ENTRE EJES A-A Y 8-1	Presenta eflorescencia y fisura por tensión en esquinas				
18	MURO	1,3	ENTRE EJES E-E Y 8-2	Presenta eflorescencia, fisura por aplastamiento en muros y fisura por mapeo del muro				
19	MURO	3	ENTRE EJES F-F Y 8-6	Presenta fisura por mapeo del muro				
20	MURO	3	ENTRE EJES H-H Y 8-5	Presenta fisura por aplastamiento en muros				
21	MURO	3	ENTRE EJES J-J Y 7-6	Presenta fisura por aplastamiento en muros				
TESISTA	BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA							
				NOMBRE		FIRMA		
TESISTA	BACH. ARTURO REY SERRUTO SALAS							
				NOMBRE		FIRMA		

**Anexo 3. Planos**



**DISTRIBUCIÓN EN PLANTA - 1er NIVEL**  
ESC. 1:100



**DISTRIBUCIÓN EN PLANTA - 2do NIVEL**  
ESC. 1:100

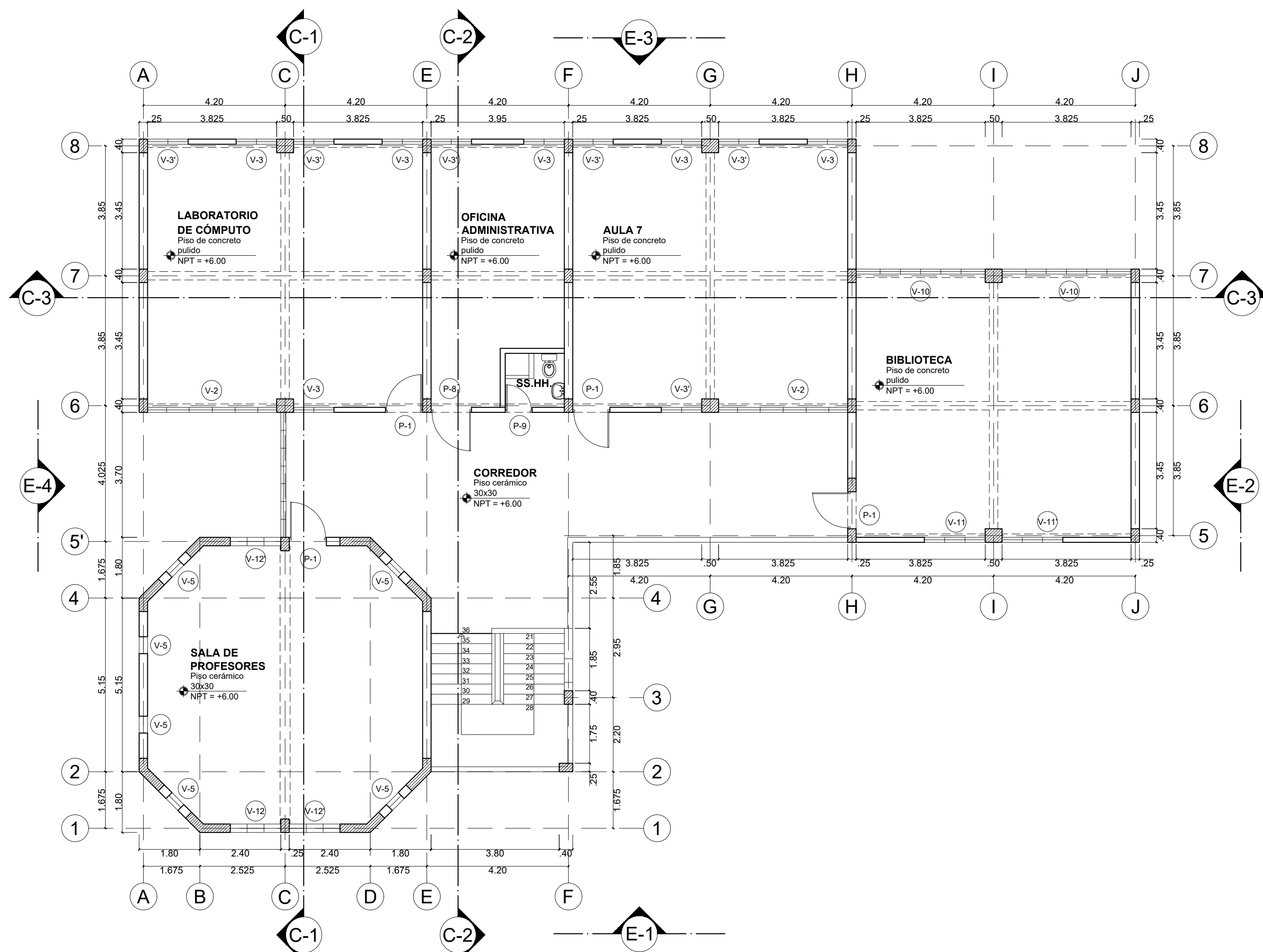


**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

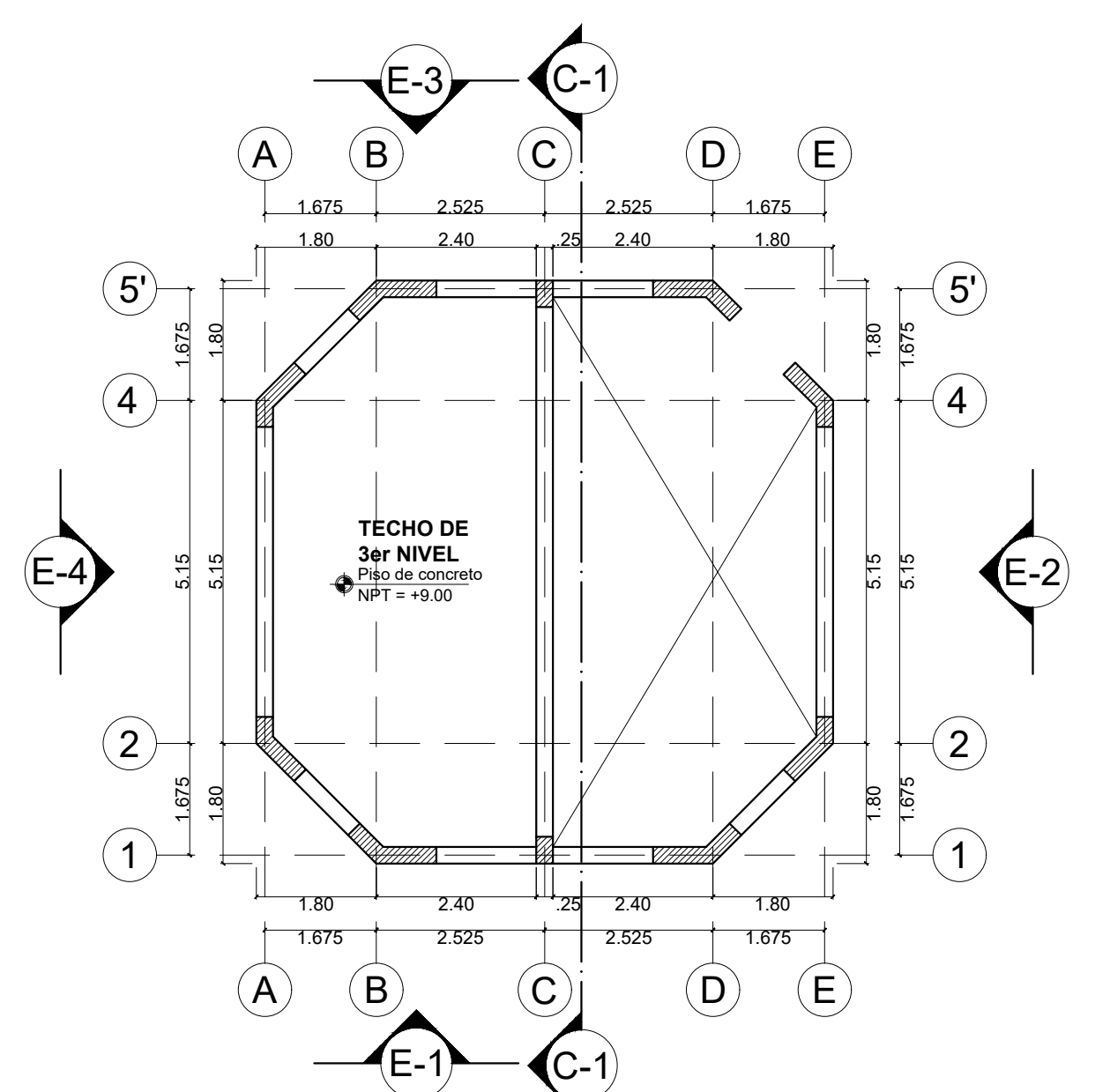
PROYECTO: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN PABELLÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MIGUEL PRO, TACNA, 2022"

BACHILLERES: BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA BACH. ARTURO REY SERRUTO SALAS	PLANO: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	LÁMINA: <b>A-01</b>
ASESOR: MTRÓ. GIANCARLOS JAVIER MACHACA FRIAS	FECHA: FEBRERO 2022	UBICACIÓN: DEPARTAMENTO : TACNA PROVINCIA : TACNA DISTRITO : TACNA LOCALIDAD : URB. CIUDAD DE DIOS

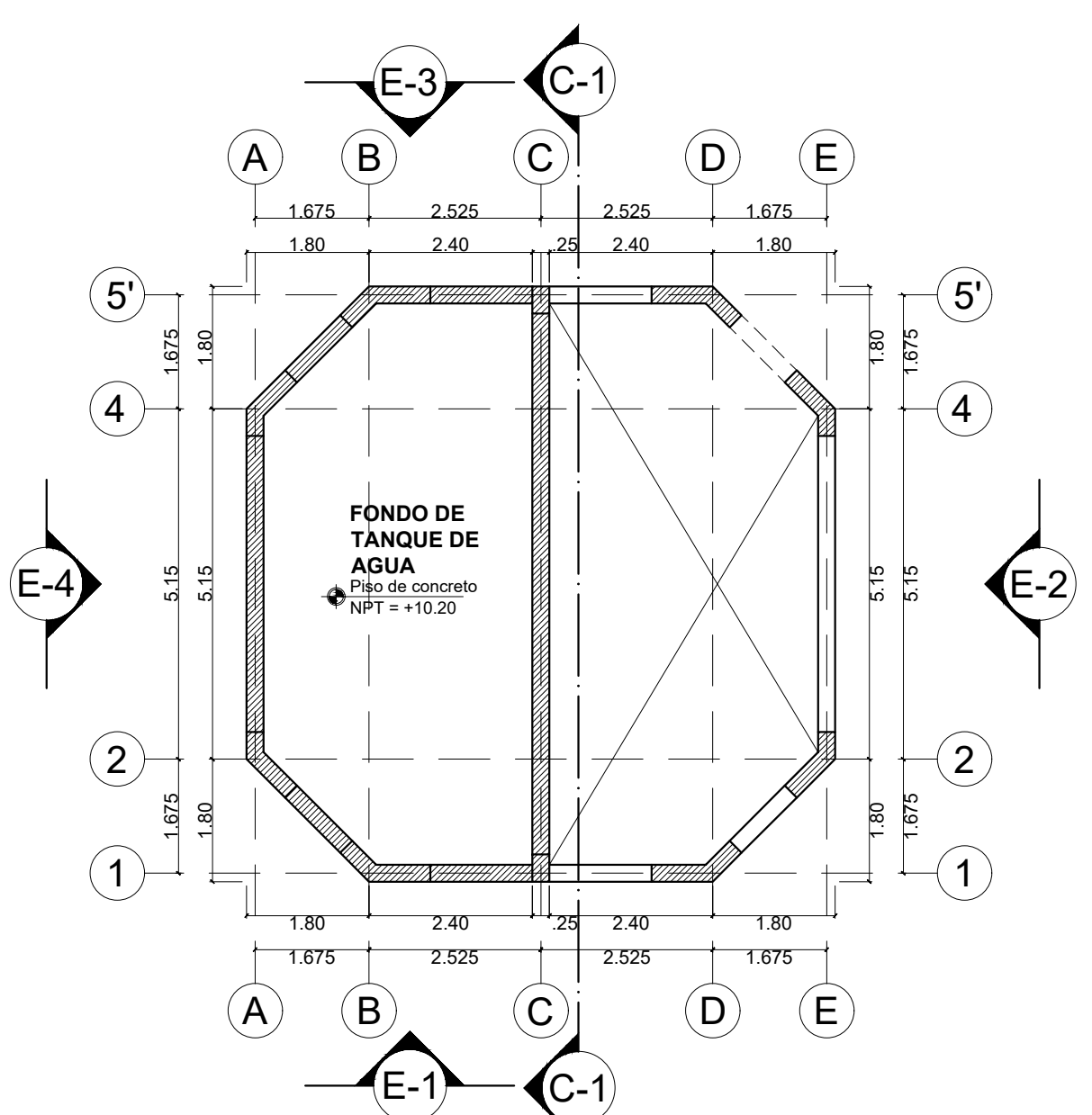





**DISTRIBUCIÓN EN PLANTA - 3er NIVEL**  
 ESC. 1:100

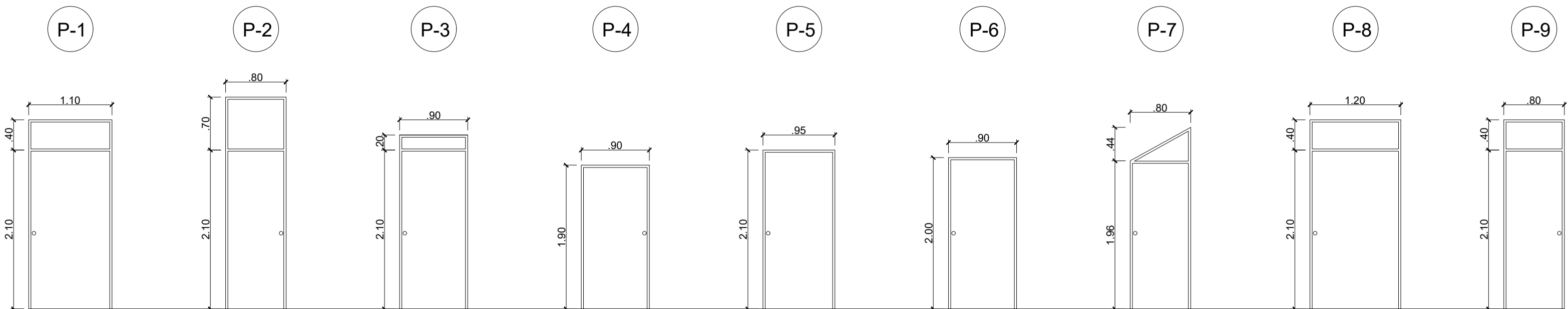
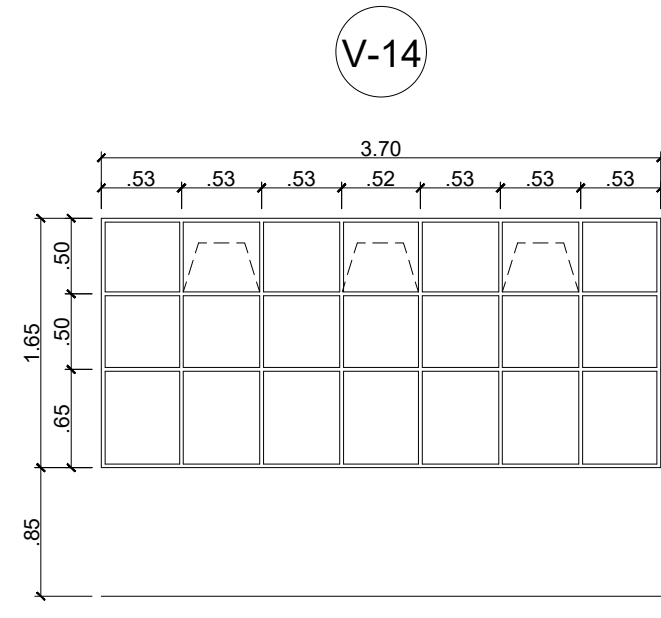
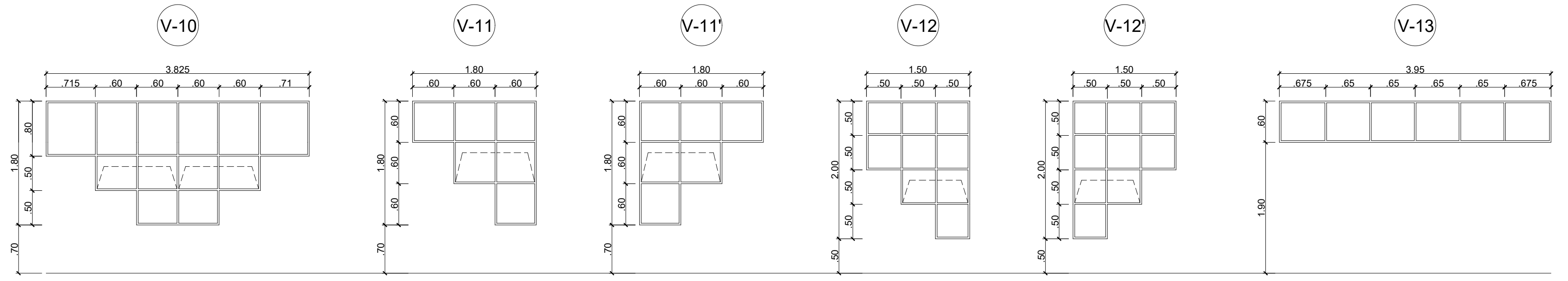
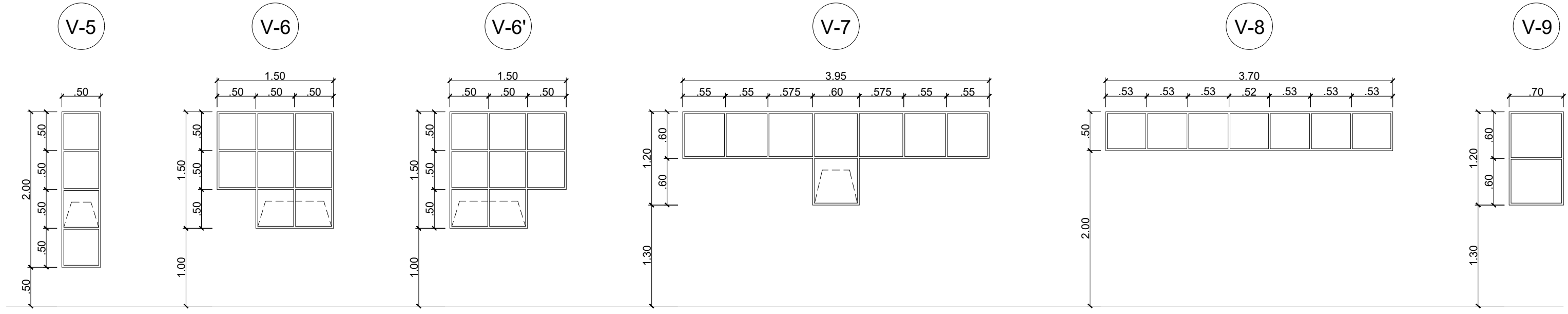
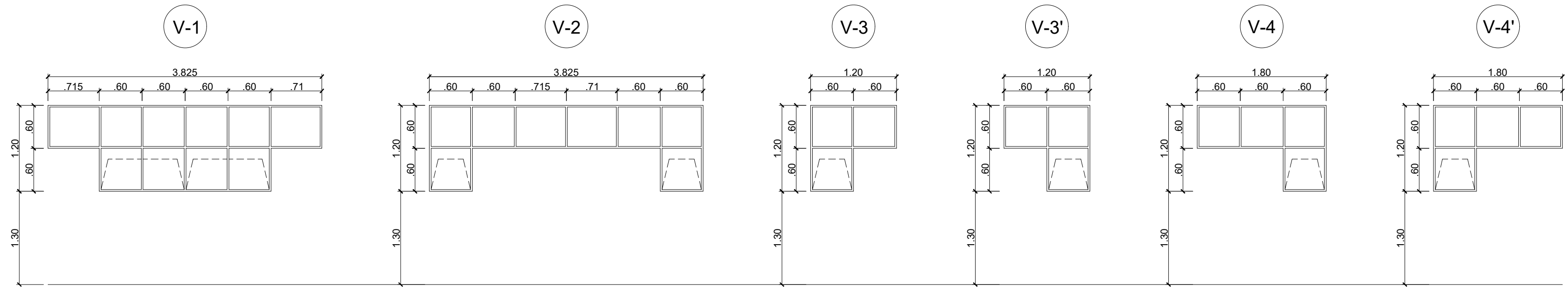


**DISTRIBUCIÓN EN PLANTA - FONDO DE TANQUE DE AGUA**  
 ESC. 1:100

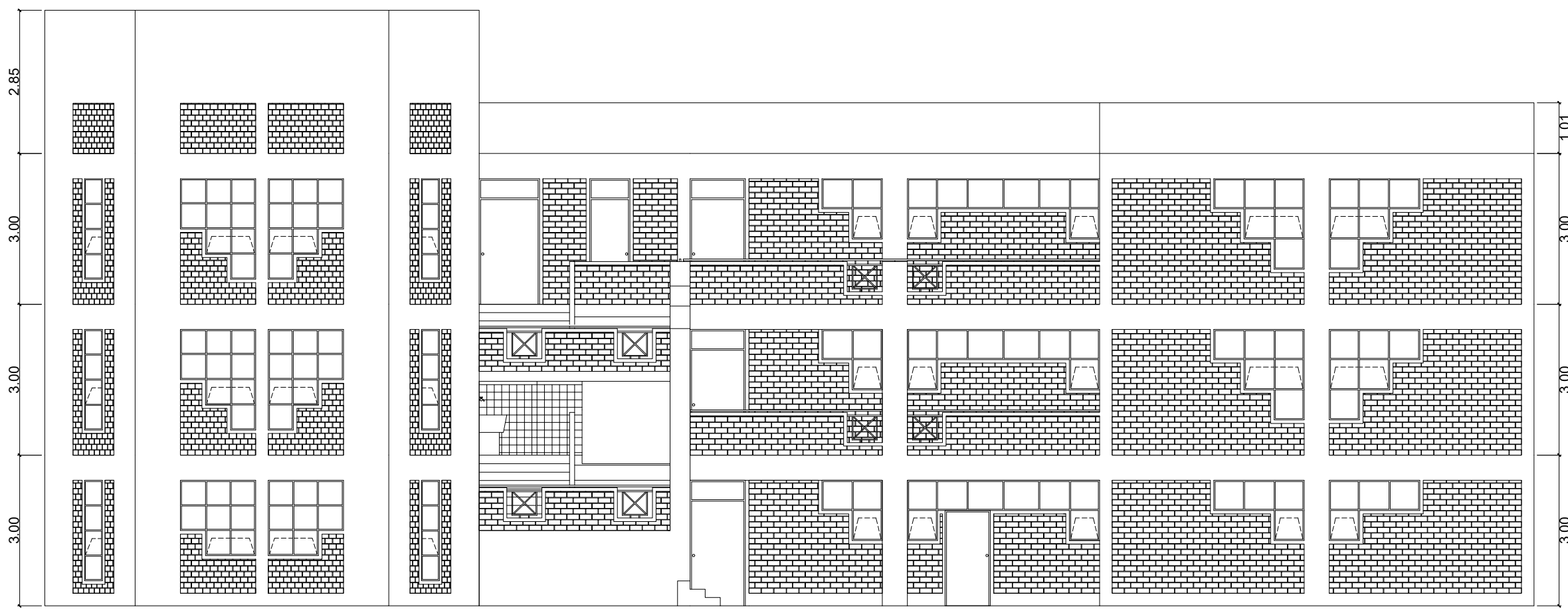


**DISTRIBUCIÓN EN PLANTA - TECHO DE TANQUE DE AGUA**  
 ESC. 1:100

	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	PROYECTO: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN PABELLÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MIGUEL PRO, TACNA, 2022"	
BACHILLERES: BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA BACH. ARTURO REY SERRUTO SALAS	PLANO: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA ESCALA: INDICADA	UBICACIÓN: DEPARTAMENTO : TACNA PROVINCIA : TACNA DISTRITO : TACNA LOCALIDAD : URB. CIUDAD DE DIOS
ASESOR: MTRÓ. GIANCARLOS JAVIER MACHACA FRIAS	FECHA: FEBRERO 2022	<b>A-02</b>

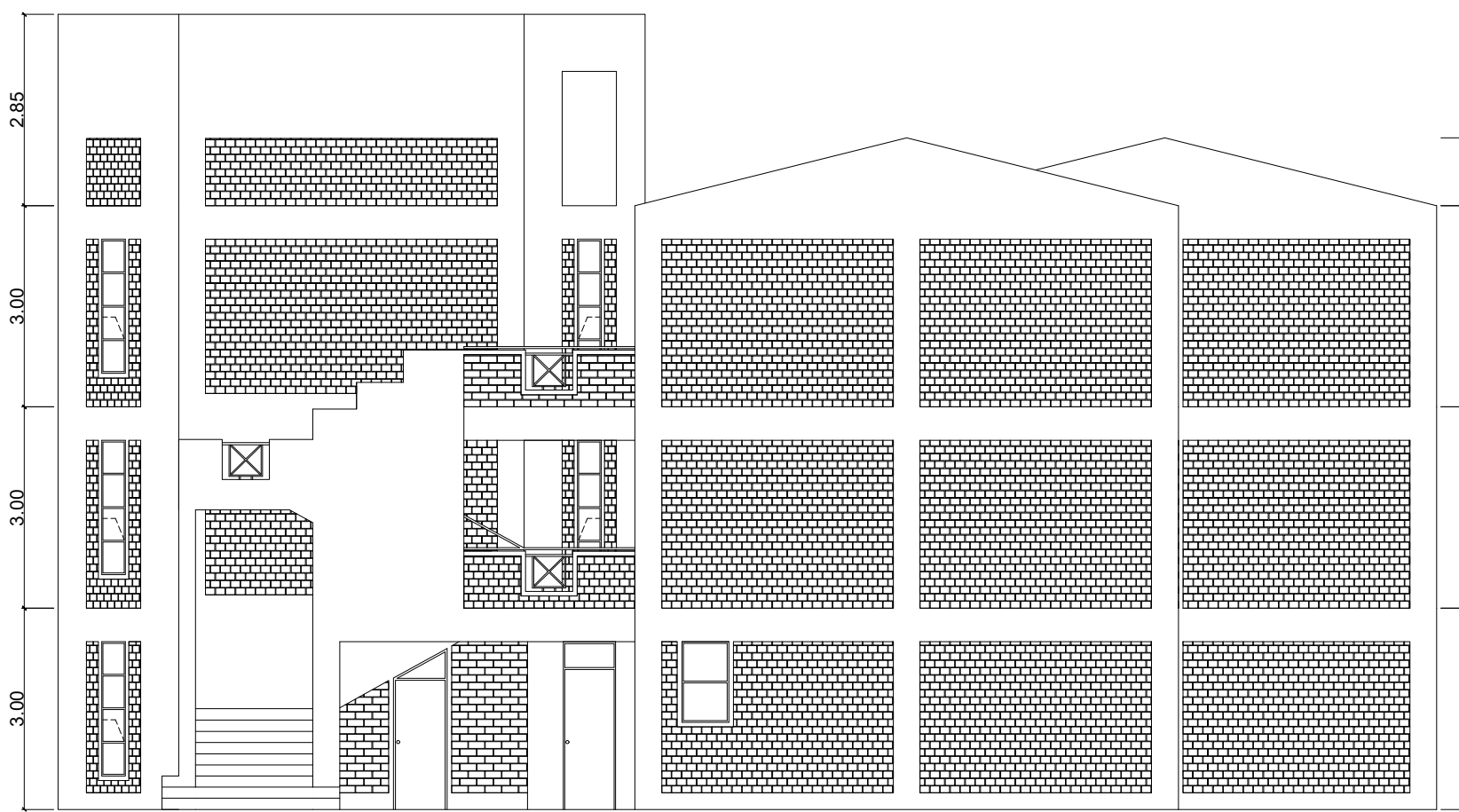


	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	PROYECTO: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN PABELLÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MIGUEL PRO, TACNA, 2022"	
BACHILLERES: BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA BACH. ARTURO REY SERRUTO SALAS	PLANO: DETALLES DE VANOS ESCALA: 1:50	UBICACIÓN: DEPARTAMENTO : TACNA PROVINCIA : TACNA DISTRITO : TACNA LOCALIDAD : URB. CIUDAD DE DIOS
ASESOR: MTRÓ. GIANCARLOS JAVIER MACHACA FRIAS	FECHA: FEBRERO 2022	<b>A-03</b>



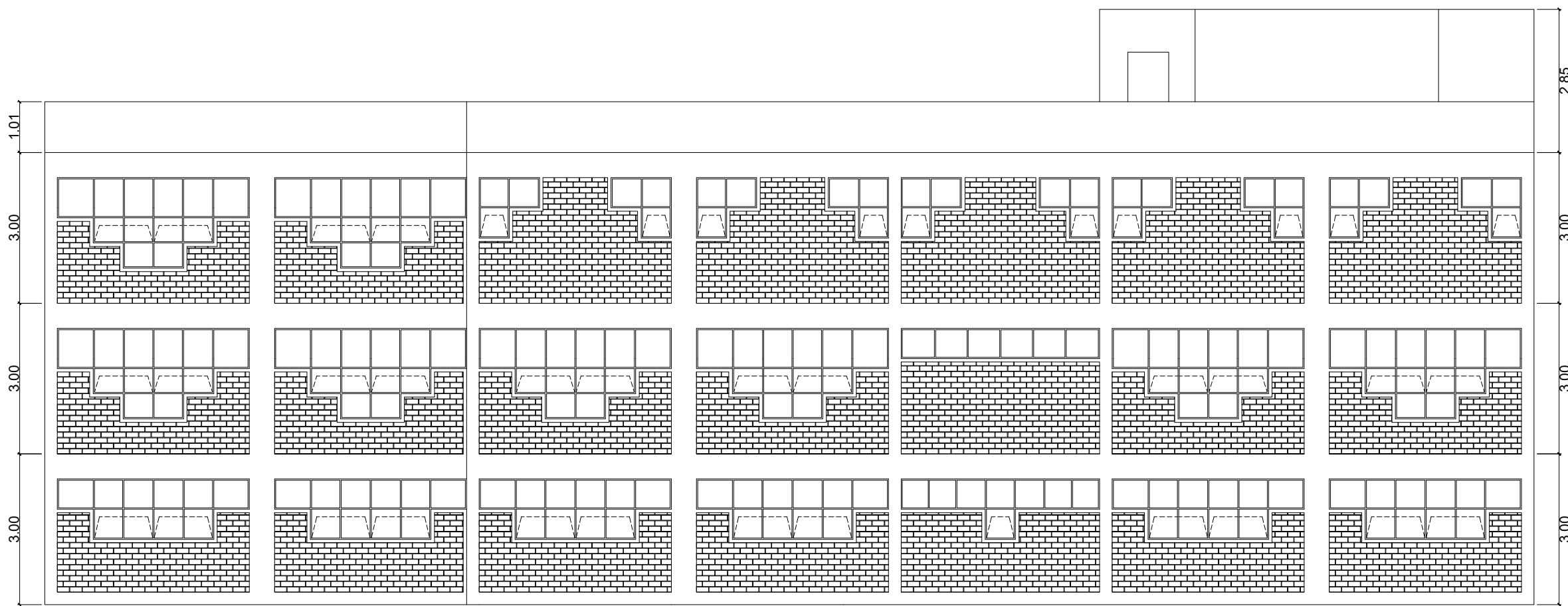
**ELEVACIÓN E-1**

ESC. 1:100



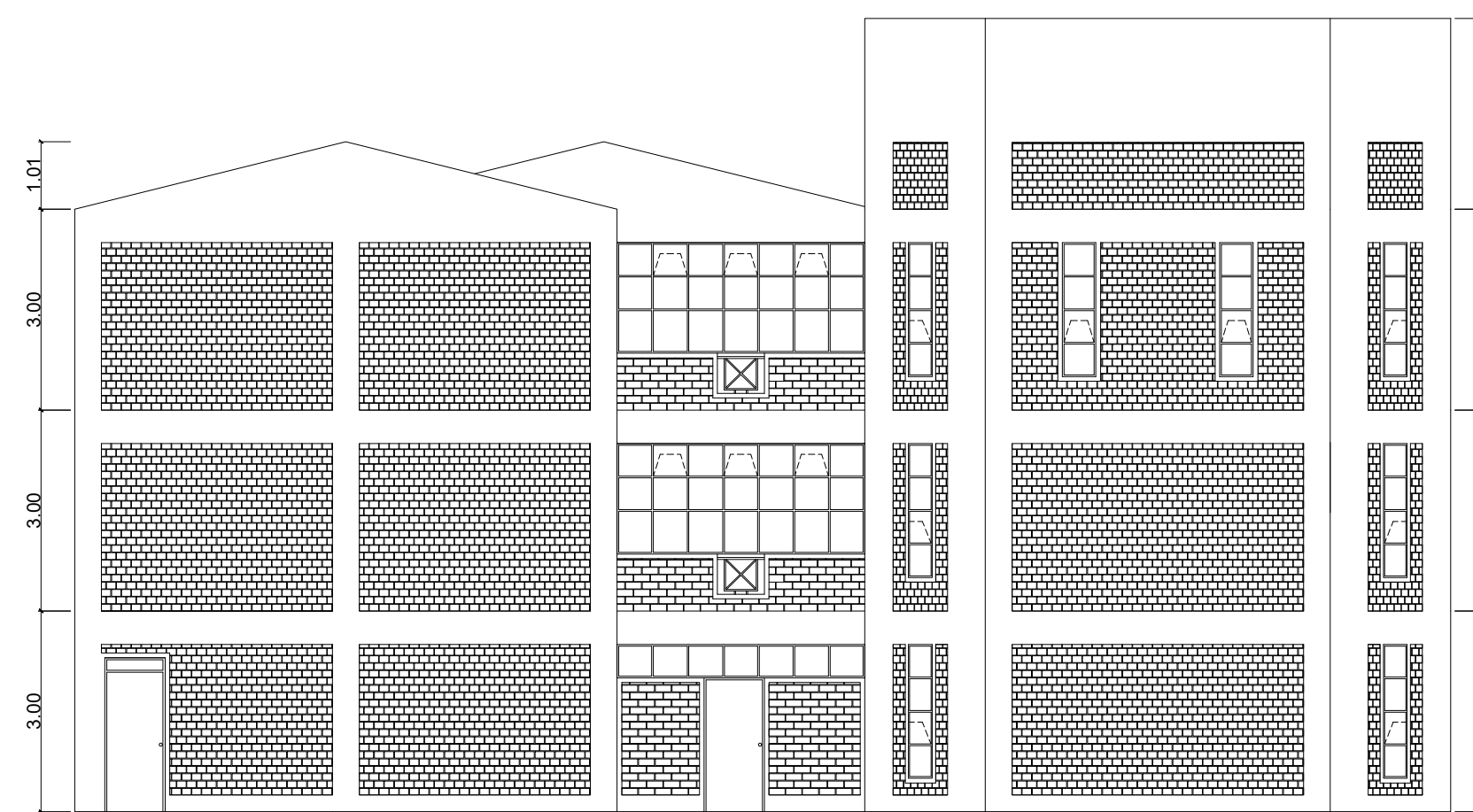
**ELEVACIÓN E-2**

ESC. 1:100



**ELEVACIÓN E-3**

ESC. 1:100



**ELEVACIÓN E-4**

ESC. 1:100



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN PABELLÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MIGUEL PRO, TACNA, 2022"

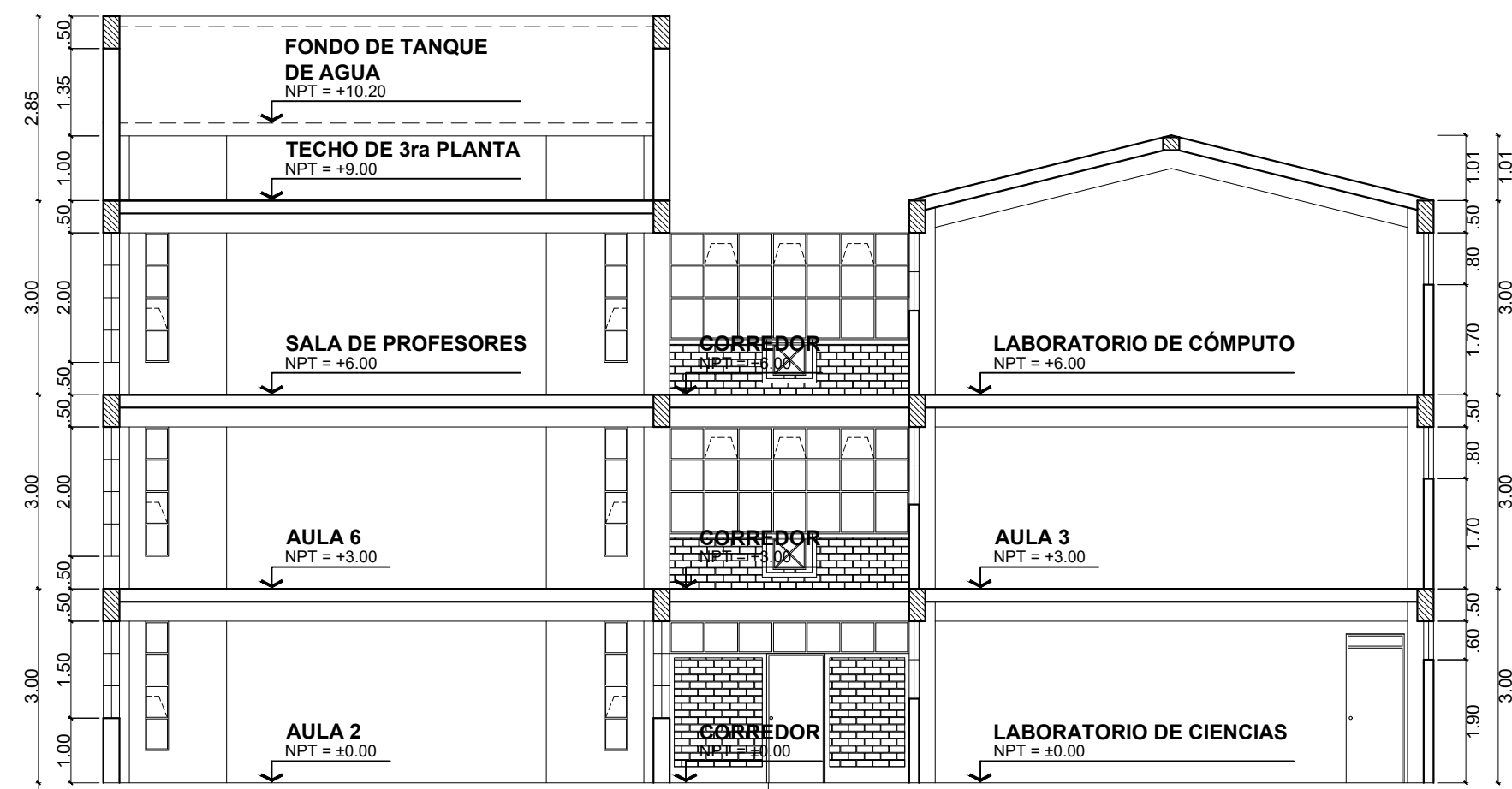
BACHILLERES:  
 BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA  
 BACH. ARTURO REY SERRUTO SALAS  
 ASESOR:  
 MTR. GIANCARLOS JAVIER MACHACA FRIAS

PLANO:  
 ELEVACIONES  
 ESCALA:  
 INDICADA  
 FECHA:  
 FEBRERO 2022  
 UBICACIÓN:  
 DEPARTAMENTO : TACNA  
 PROVINCIA : TACNA  
 DISTRITO : TACNA  
 LOCALIDAD : URB. CIUDAD DE DIOS

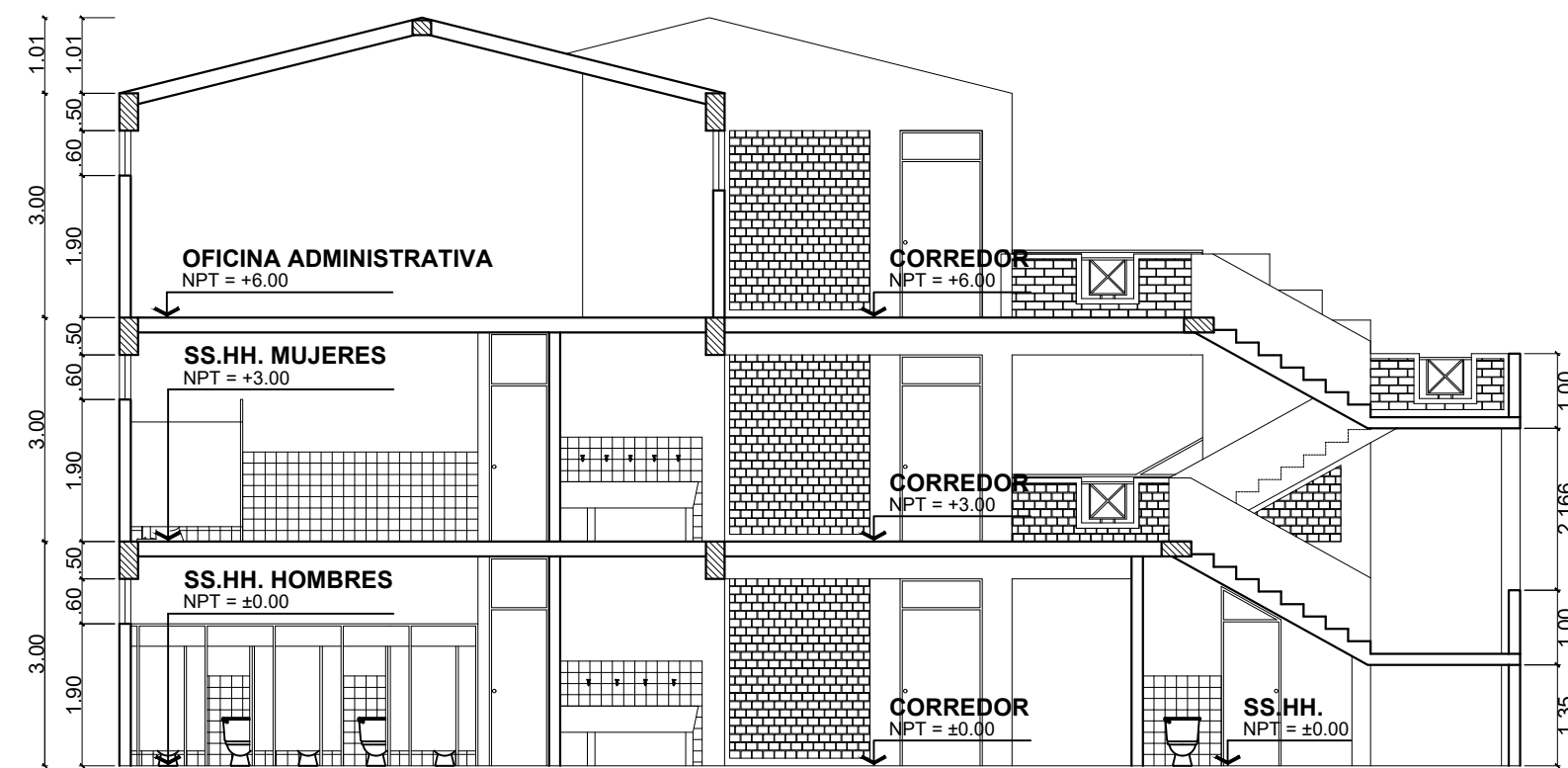
LÁMINA:

**A-04**

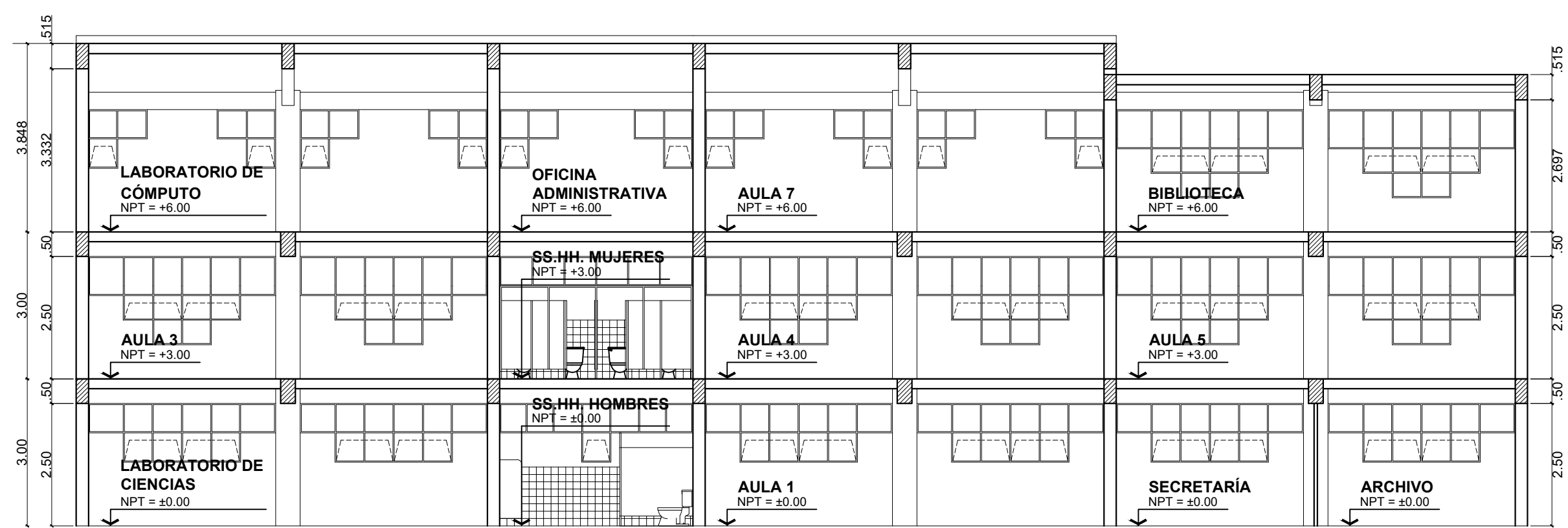




**CORTE C-1**  
ESC. 1:100



**CORTE C-2**  
ESC. 1:100



**CORTE C-3**  
ESC. 1:100



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

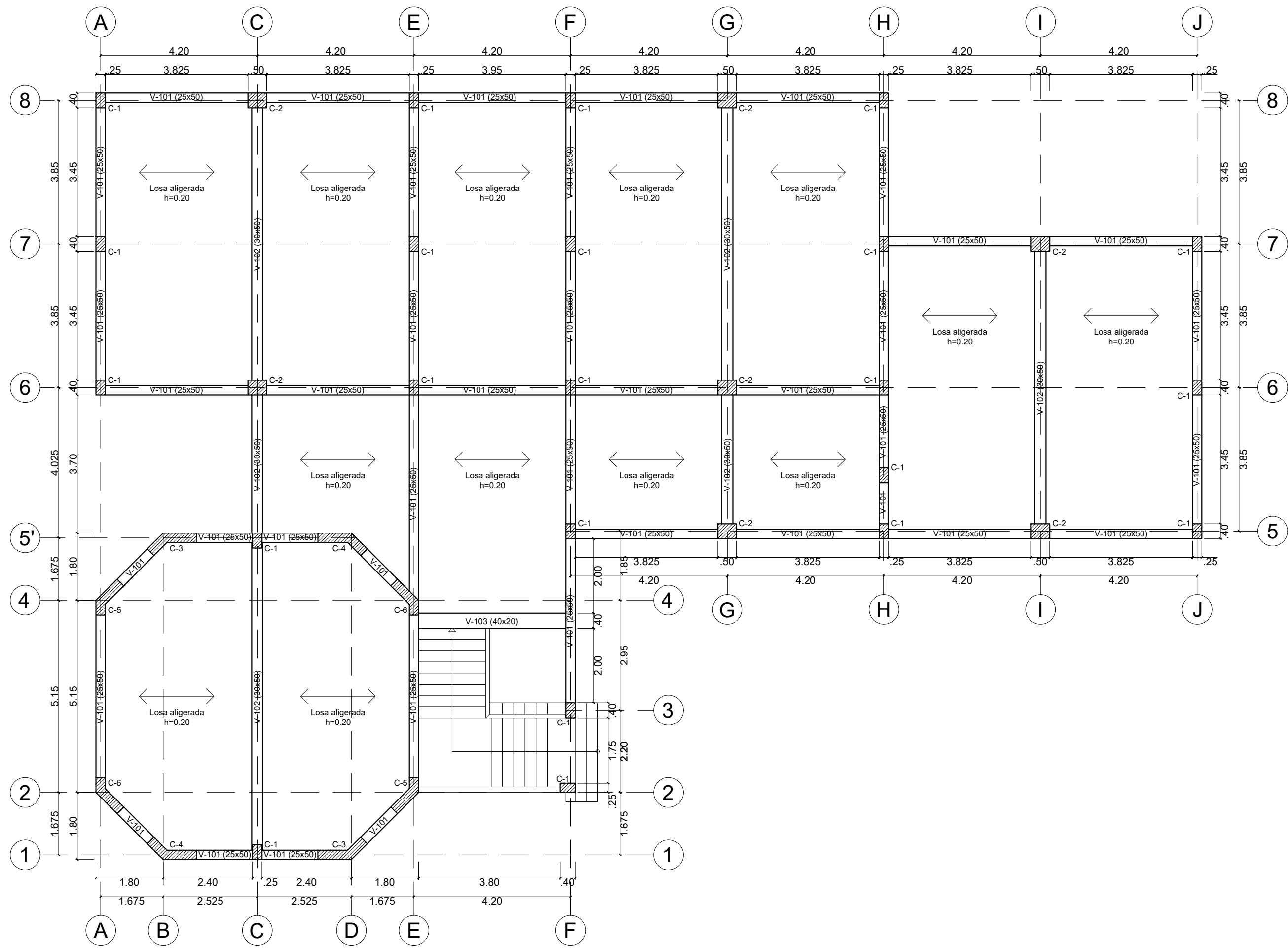
PROYECTO: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN PABELLÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MIGUEL PRO, TACNA, 2022"

BACHILLERES:  
BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA  
BACH. ARTURO REY SERRUTO SALAS  
ASESOR:  
MTRÓ. GIANCARLOS JAVIER MACHACA FRIAS

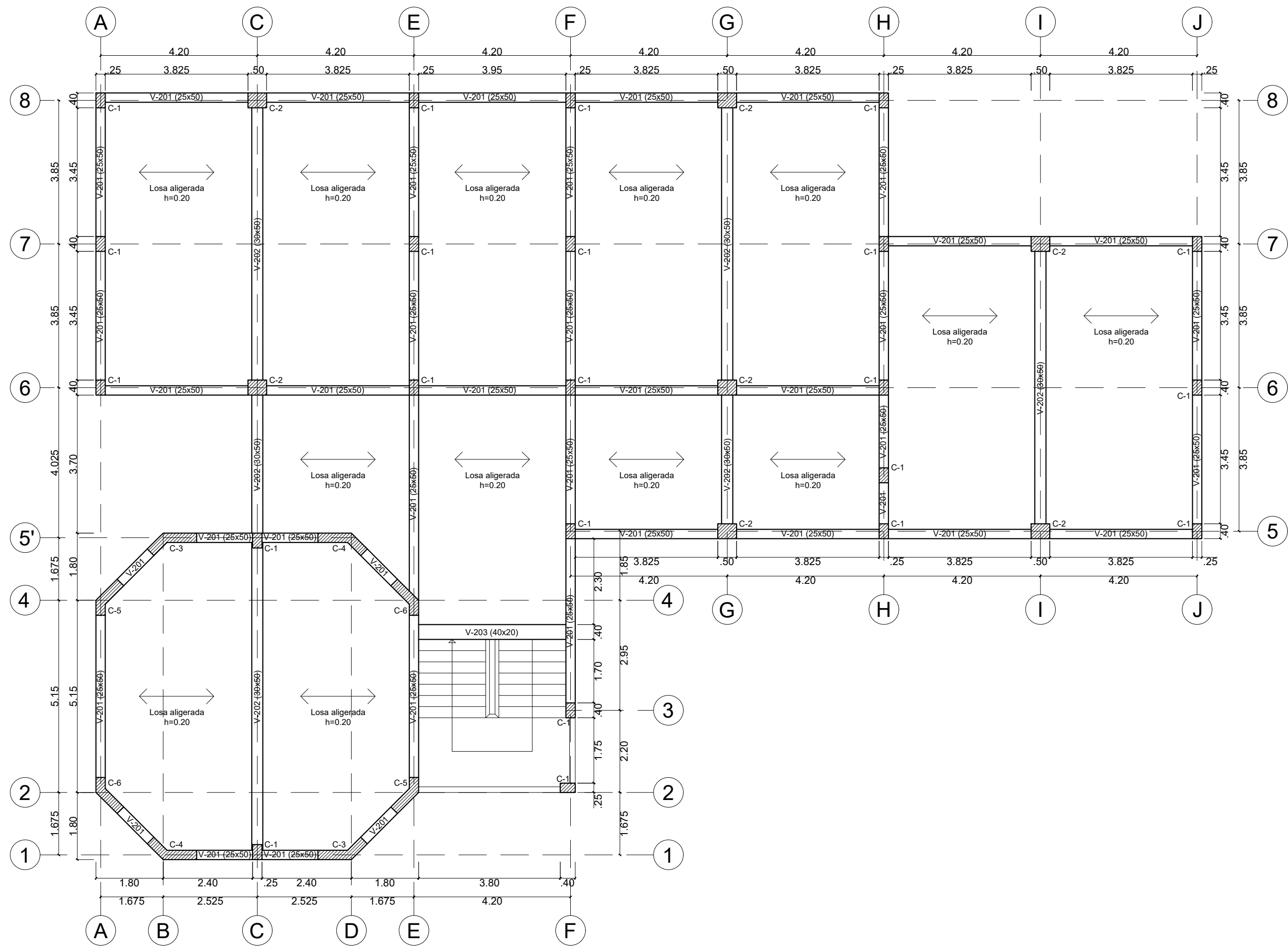
PLANO:  
CORTES  
ESCALA:  
INDICADA  
FECHA:  
FEBRERO 2022  
UBICACIÓN:  
DEPARTAMENTO : TACNA  
PROVINCIA : TACNA  
DISTRITO : TACNA  
LOCALIDAD : URB. CIUDAD DE DIOS

LÁMINA:

**A-05**

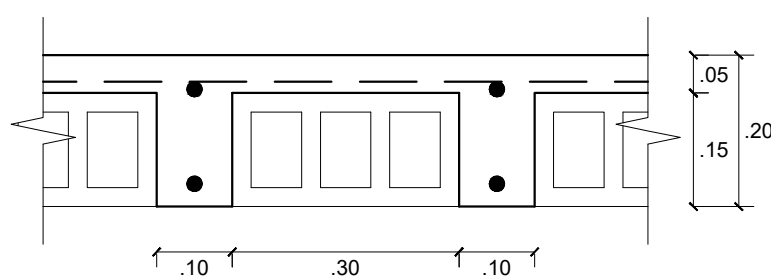


**LOSA ALIGERADA - 1er NIVEL**  
ESC. 1:100



**LOSA ALIGERADA - 2do NIVEL**  
ESC. 1:100

**SECCIÓN TÍPICA DE LOSA ALIGERADA**  
ESC. 1:10



**CUADRO DE COLUMNAS**  
ESC. 1:50

C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

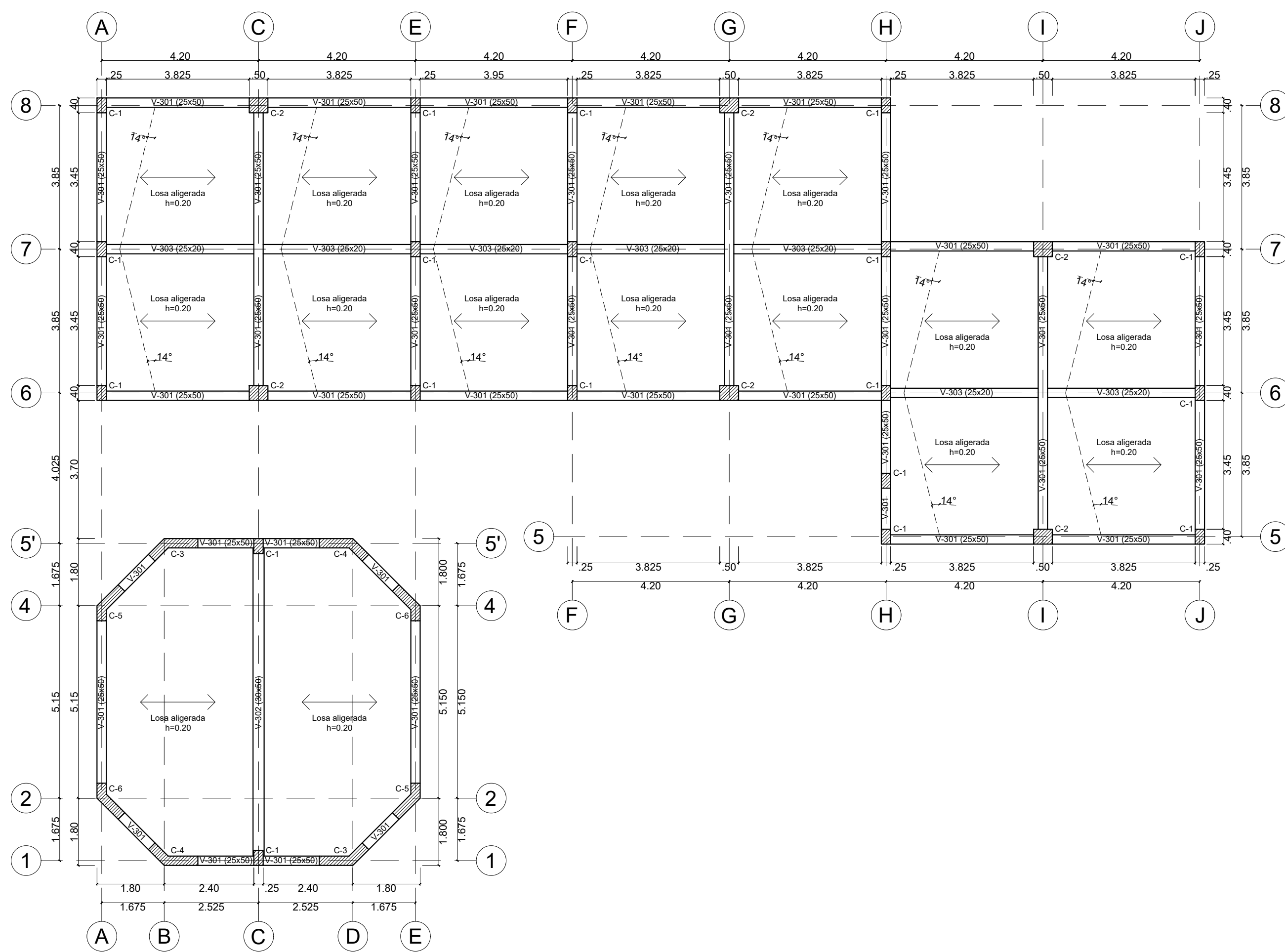
PROYECTO: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN PABELLÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MIGUEL PRO, TACNA, 2022"

BACHILLERES:  
BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA  
BACH. ARTURO REY SERRUTO SALAS  
ASESOR:  
MTR. GIANCARLOS JAVIER MACHACA FRIAS

PLANO:  
ESTRUCTURA EN TECHOS  
ESCALA:  
INDICADA  
FECHA:  
FEBRERO 2022  
UBICACIÓN:  
DEPARTAMENTO : TACNA  
PROVINCIA : TACNA  
DISTRITO : TACNA  
LOCALIDAD : URB. CIUDAD DE DIOS

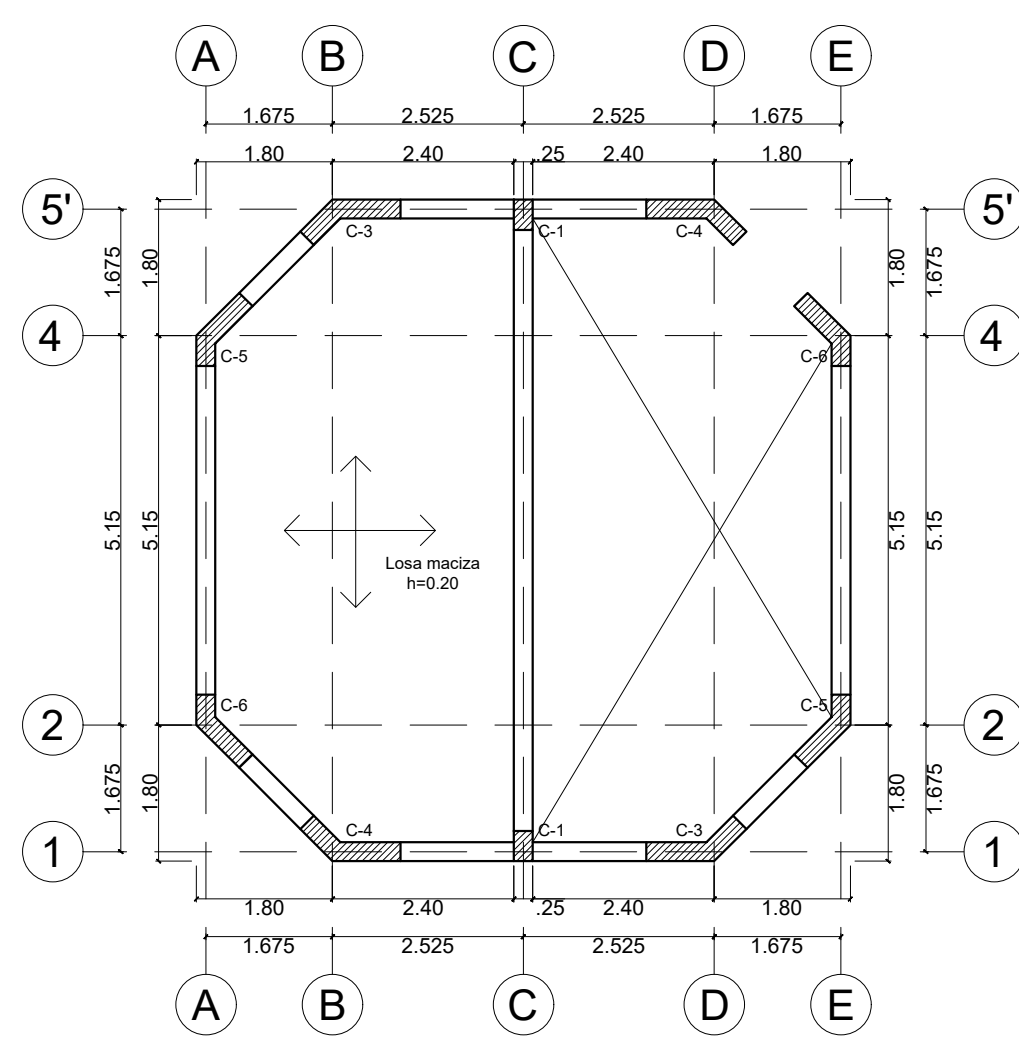
LÁMINA:

**E-01**



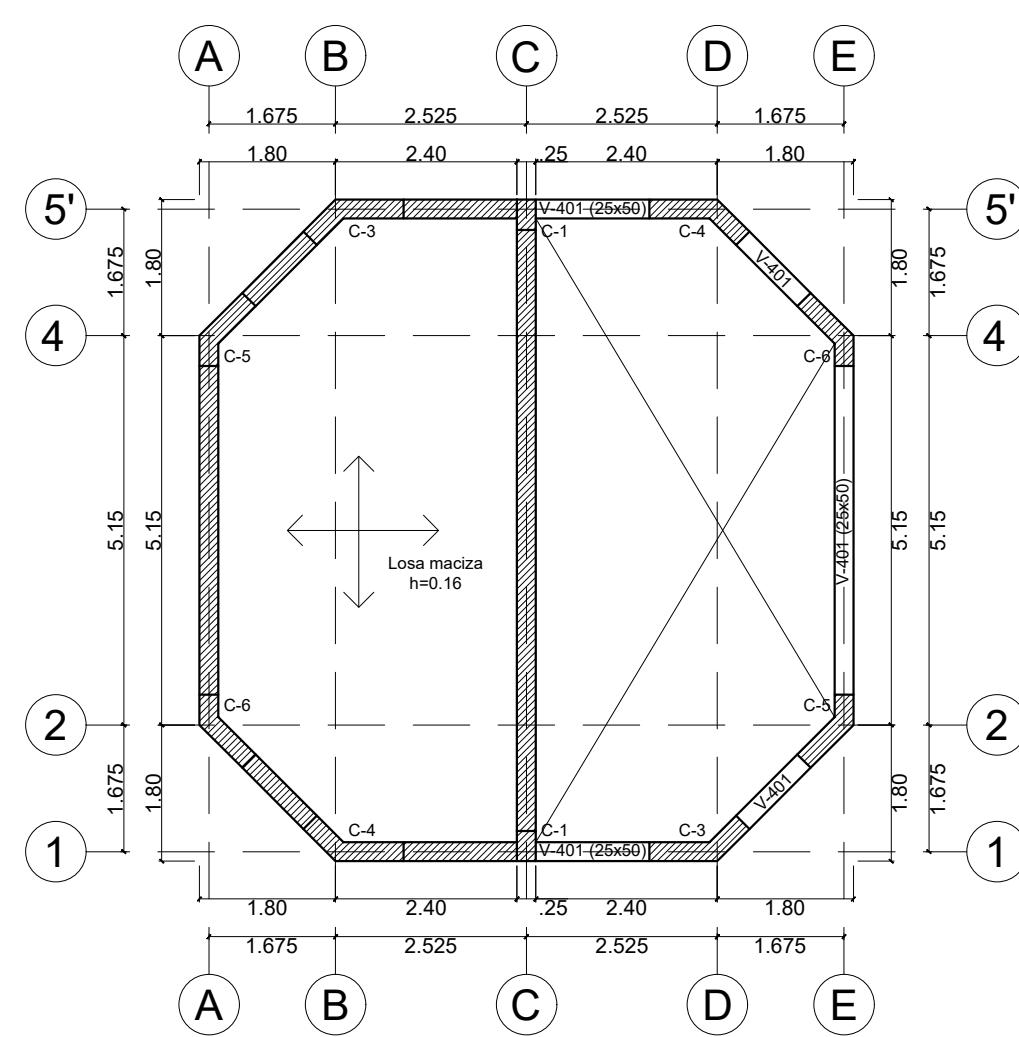
**LOSA ALIGERADA - 3er NIVEL**

ESC. 1:100



**LOSA MACIZA - FONDO DE TANQUE DE AGUA**

ESC. 1:100

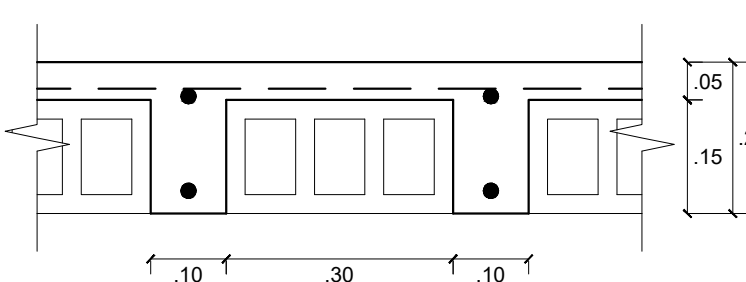


**LOSA MACIZA - TECHO DE TANQUE DE AGUA**

ESC. 1:100

**SECCIÓN TÍPICA DE LOSA ALIGERADA**

ESC. 1:10



**CUADRO DE COLUMNAS**

ESC. 1:50

C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6

	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	PROYECTO: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN PABELLÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MIGUEL PRO, TACNA, 2022"	
BACHILLERES: BACH. PAMELA DEL ROSARIO CUCHILLO CHOQUEZA BACH. ARTURO REY SERRUTO SALAS	PLANO: ESTRUCTURA EN TECHOS	UBICACIÓN: DEPARTAMENTO : TACNA PROVINCIA : TACNA DISTRITO : TACNA LOCALIDAD : URB. CIUDAD DE DIOS
ASESOR: MTR. GIANCARLOS JAVIER MACHACA FRIAS	ESCALA: INDICADA FECHA: FEBRERO 2022	<b>E-02</b>