



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





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

Tesis

**Evaluación de vulnerabilidad estructural mediante el método de Hirosawa y demanda – resistencia para determinar la seguridad sísmica de las edificaciones de la facultad de ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, 2021**

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

**Autores:**

Pamela Del Carmen Díaz Bocanegra  
<https://orcid.org/0000-0003-4871-6609>

Llener Reátegui Cenepo  
<https://orcid.org/0000-0002-8063-3494>

**Asesor:**

Ing. M. Sc. Víctor Hugo Sánchez Mercado  
<https://orcid.org/0000-0001-5513-7678>

Tarapoto, Perú

2023



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

Tesis

**Evaluación de vulnerabilidad estructural mediante el método de Hirosawa y demanda – resistencia para determinar la seguridad sísmica de las edificaciones de la facultad de ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, 2021**

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

**Autores:**

Pamela Del Carmen Díaz Bocanegra  
Llener Reátegui Cenepo

**Sustentada y aprobada el 23 de junio del 2023, ante el honorable jurado:**

**Presidente de Jurado**  
Ing. M. Sc. Santiago Chávez Cachay

**Secretario de Jurado**  
Ing. M. Sc. Ernesto Eliseo García Ramírez

**Vocal de Jurado**  
Ing. M. Sc. Gilberto Aliaga Atalaya

**Asesor:**  
Ing. M. Sc. Víctor Hugo Sánchez Mercado

**Tarapoto, Perú**

**2023**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**

**CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD.**

Yo Ing. Dr. Fernando Ruiz Saavedra en mi condición de Director de la Unidad de Investigación he realizado la verificación de similitud del informe final titulado: **EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL MEDIANTE EL MÉTODO DE HIROSAWA Y DEMANDA – RESISTENCIA PARA DETERMINAR LA SEGURIDAD SÍSMICA DE LAS EDIFICACIONES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS E INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO, 2021**, presentado por los bachilleres Pamela Del Carmen Díaz Bocanegra y Llener Reategui Cenepo para optar el título de Ingeniero Civil.

Que, habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de similitud y originalidad y considerando la revisión, evaluación y análisis realizado utilizando el reporte del software de similitud textual cuyo porcentaje es 7%.

Certifico que la similitud del documento está en nivel **ACEPTABLE**.

Se emite el presente certificado con fines de continuar con el trámite respectivo.

\_\_\_\_\_  
Director UDI

Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE  
INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA



*Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo*  
*Acta de Sustentación de Trabajo de*  
*Investigación Para Título de*  
*Ingeniero Civil N° 773*



Jurado reconocido con Resolución N° 159-2023-LINSM/FICA-CF-NUU  
Facultad: INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
Escuela profesional: INGENIERIA CIVIL

A las 11:10AM del Viernes 23 de Junio del 2023, inició al acto público de sustentación del trabajo de investigación: "Evaluación de Vulnerabilidad Estructural Mediante el Método de Hinosawa y Demanda-Resistencia para Determinar la Seguridad Sísmica de las Edificaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Nacional de San Martín-Torpato, 2021"

para optar el título de Ingeniero Civil, presentado por Bach. Henry Ríosqui Cenepe y Bach. Pamela del Carmen Díaz Becanegra asesoría de Ing. M.Sc. Víctor Hugo Sánchez Mercado

Instalada la Mesa Directiva conformada por Ing. M.Sc. Santiago Chávez Cachay (presidente de jurado), Ing. M.Sc. Ernesto Elviro García Ramírez

(secretario), Ing. M.Sc. Gilberto Aliaga Atalaya (vocal), y

acompañados por Ing. M.Sc. Víctor Hugo Sánchez Mercado (asesor) y; el presidente del jurado dirigió brevemente unas palabras y a continuación el secretario dio lectura a la Circular

N° 033-2023-LINSM/FICA

Seguidamente los autores expusieron el trabajo de investigación y el jurado realizó las preguntas pertinentes, respondidas por los sustentantes y eventualmente, con la venia del jurado, por el asesor.

Una vez terminada la ronda de preguntas el jurado procedió a deliberar para determinar la calificación final, para lo cual dispuso un receso de quince (15) minutos, con participación del asesor con voz pero sin voto; sin la presencia del sustentante y otros participantes del acto público.

Luego de aplicar los criterios de calificación con estricta observancia del principio de objetividad y de acuerdo con los puntajes en escala vigesimal (de 0 a 20), según el Anexo 4.2 del RG - CTI, la nota de sustentación otorgada resultante del promedio aritmético de los calificativos emitidos por cada uno de los miembros del jurado fue asesor (17); tal como se deja constar en la siguiente descripción:

Se deja constancia que la presente acta se inscribe en el Libro de Sustentaciones N° 773 De la Escuela profesional de Ingeniería civil

Firman los integrantes de la Mesa Directiva y los autores del trabajo de investigación en señal de conformidad, dando por concluido el acto a las 12:20PM horas el mismo día de Viernes 23 de Junio del 2023.



Ing. M.Sc. Ernesto E. García R.  
Secretario del Jurado



Ing. M.Sc. Santiago Chávez C.  
Presidente del Jurado



Ing. M.Sc. Gilberto Aliaga  
Vocal del Jurado



Ing. M.Sc. Víctor H. Sánchez M.  
Asesor

## Declaratoria de autenticidad

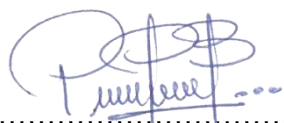
**Pamela Del Carmen Díaz Bocanegra**, con DNI N° 73669394 y **Llener Reátegui Cenepo**, con DNI N° 74725874, egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín, autores de la tesis titulada: **Evaluación de vulnerabilidad estructural mediante el método de Hirosawa y demanda – resistencia para determinar la seguridad sísmica de las edificaciones de la facultad de ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, 2021.**

Declaramos bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de nuestra autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumimos bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de nuestro accionar, sometiéndonos a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Tarapoto 23 de junio del 2023.



**Pamela Del Carmen Díaz Bocanegra**

DNI N° 73669394



**Llener Reátegui Cenepo**

DNI N° 74725874



## Declaración jurada

**Pamela Del Carmen Díaz Bocanegra**, con DNI N° 73669394, y **Llener Reátegui Cenepo**, con DNI N° 74725874, en cumplimiento de las normas aplicables consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín, **Declaramos bajo juramento** que, todos los documentos, datos e información de esta tesis, son totalmente veraces, auténtico y verdadero.

En ese sentido somos debidamente responsables ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las Normas Académicas de la Universidad Nacional de San Martín.

Tarapoto 23 de junio del 2023.



**Pamela Del Carmen Díaz Bocanegra**

DNI N° 73669394



**Llener Reátegui Cenepo**

DNI N° 74725874

## Ficha de identificación

<p><b>Título del proyecto</b> Evaluación de vulnerabilidad estructural mediante el método del Hirosawa y demanda – resistencia para determinar la seguridad sísmica de las edificaciones de la facultad de ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial en la universidad nacional de San Martín – Tarapoto, 2021</p>	<p><b>Área de investigación:</b> Estructuras <b>Línea de investigación:</b> Estrategias de tecnología de información y comunicación (TIC) y sistemas constructivos convencionales y no convencionales para el desarrollo sostenible. Línea de Investigación: Espacio rural integrado al hábitat. <b>Sublínea de investigación:</b> Mejoramiento estructural de las edificaciones. <b>Tipo de investigación:</b> Básica <input type="checkbox"/>, Aplicada <input checked="" type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p>
<p><b>Autores:</b>  Pamela Del Carmen Díaz Bocanegra Llener Reátegui Cenepo</p>	<p>Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil <a href="https://orcid.org/0000-0003-4871-6609">https://orcid.org/0000-0003-4871-6609</a> <a href="https://orcid.org/0000-0002-8063-3494">https://orcid.org/0000-0002-8063-3494</a></p>
<p><b>Asesor:</b>  Ing. M. Sc. Víctor Hugo Sánchez Mercado</p>	<p><b>Dependencia local de soporte:</b> Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil Unidad o Laboratorio Ingeniería Civil <a href="https://orcid.org/0000-0001-5513-7678">https://orcid.org/0000-0001-5513-7678</a></p>



## **Dedicatoria**

A nuestros padres y hermanos por su soporte absoluto y por ser las piezas fundamentales para culminar la tesis de investigación, además por sus constantes consejos y aliento en cada momento difícil durante este proceso, quienes nos enseñaron a nunca rendirse y que con constancia y dedicación podemos cumplir nuestras metas o sueños a pesar de las peripecias o dificultades que se presentan a lo largo del proceso.

A nuestros maestros, quienes, con sus enseñanzas, instrucciones y motivaciones, influyeron de gran manera a motivarnos a realizar y culminar nuestro trabajo de investigación, además de transmitirnos constantemente sus sabios consejos y ese espíritu emprendedor de nunca retroceder y siempre luchar hasta cumplir nuestros sueños con el fin de llegar a ser grandes profesiones y personas de bien para la sociedad, y de ser ejemplo para las futuras generaciones.

**Los autores**

## **Agradecimientos**

A Dios principalmente, por brindarnos la salud y la vida y permitirnos llegar hasta este punto de nuestra investigación, por su infinito amor y cuidado durante esta trayectoria de nuestra vida, además de iluminarnos con su sabiduría e inteligencia para el desarrollo adecuado de nuestra tesis y mostrarnos el camino correcto para llegar a cumplir nuestros sueños.

A nuestros Padres por su apoyo incondicional tanto emocional como material, por enseñarnos desde muy pequeños el valor del sacrificio y perseverancia para cumplir nuestras metas, y que cada sacrificio tiene su recompensa.

A nuestra casa de estudios, Universidad Nacional de San Martín, por acogernos dentro de sus aulas y brindarnos una educación de calidad.

A nuestros docentes de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura por sus constantes enseñanzas de calidad en el ámbito académico en las diferentes áreas de la carrera de Ingeniería Civil, siendo piezas fundamentales para la elección de nuestro tema de investigación; además de transmitirnos ese espíritu de superación y perseverancia hasta cumplir con nuestros proyectos de vida.

**Los autores**

## Índice general

Ficha de identificación.....	6
Dedicatoria.....	7
Agradecimientos .....	8
Índice general.....	9
Índice de tablas .....	11
Índice de figuras.....	13
RESUMEN .....	17
ABSTRACT .....	18
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN .....	19
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	23
2.1. Antecedentes de la investigación.....	23
2.2. Fundamentos teóricos.....	24
2.3. Definición de Términos Básicos .....	34
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS .....	36
3.1. Ámbito y condiciones de la investigación .....	36
3.1.1 Ubicación Política .....	36
3.1.2 Ubicación Geográfica .....	36
3.1.3 Contexto histórico .....	36
3.2. Sistema de variables.....	38
3.3 Diseño de la investigación .....	40
3.3.1 Objetivo específico 1: Evaluar la condición del terreno de las Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial para determinar el índice de demanda sísmica a través del método Hirosawa y Demanda – Resistencia.....	40
3.3.2 Objetivo específico 2: Evaluar la configuración estructural de las Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial para determinar el índice de resistencia sísmica a través del método Hirosawa y Demanda – Resistencia. ....	44
3.3.3 Objetivo específico 3: Evaluar el deterioro de las edificaciones de las Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial para determinar el índice de resistencia sísmica a través del método Hirosawa y Demanda – Resistencia. ....	53

3.3.4	Objetivo específico 4: Evaluar el comportamiento básico estructural de las Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial para determinar el índice de resistencia sísmica a través del método Hirosawa y Demanda – Resistencia. ....	57
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		92
4.1	Resultado específico 1.....	92
4.2	Resultado específico 2.....	93
4.3	Resultado específico 3.....	94
4.4	Discusión .....	100
CONCLUSIONES .....		102
RECOMENDACIONES .....		104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		105
ANEXOS .....		108

## Índice de tablas

Tabla 1: Los valores de $G_i$ y $R_i$ , recomendados por Hirosawa .....	31
Tabla 2: Deformación permanente (T1).....	32
Tabla 3: Grietas en muros o columnas debido a corrosión del acero del refuerzo (T2).....	32
Tabla 4: Incendios (T3) .....	33
Tabla 5: Uso del cuerpo o bloqueo (T4) .....	33
Tabla 6: Topo de daño estructural (T5) .....	33
Tabla 7: Clasificación de daños causados por sismo .....	34
Tabla 8: Variable independiente.....	38
Tabla 9: Matriz de variable dependiente.....	39
Tabla 10: Factor del suelo “S” .....	43
Tabla 11: Periodos “TP” y “TL” .....	43
Tabla 12: Valores de $G_i$ y $R_i$ .....	44
Tabla 13: Categoría de las edificaciones y factor “U” .....	47
Tabla 14: Sistemas estructurales .....	48
Tabla 15: Irregularidades estructurales en altura .....	49
Tabla 16: Irregularidades estructurales en planta.....	50
Tabla 17: Categoría y regularidad de las edificaciones .....	51
Tabla 18: Parámetros de la configuración estructural por el Método de Hirosawa .....	51
Tabla 19: Valores del índice T para diferentes causas y tipos de deterioro.....	53
Tabla 20: Índice básico de comportamiento estructural para la evaluación en dirección “X” e “Y” .....	59
Tabla 21: Valores del índice de resistencia sísmica ( $I_s$ ) y el Índice de resistencia demandada ( $I_{so}$ ) .....	61
Tabla 22: Parámetros sísmicos - Pabellones de Aulas, SS-HH, Administrativo 02 de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial, y el Pabellón de Laboratorios y Gabinetes de la Facultad de Ciencias Agrarias. .....	71
Tabla 23: Parámetros sísmicos - Pabellón de Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial, y el Pabellón de Administrativo 01 de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial.....	72
Tabla 24: Factor para la aceleración espectral - Pabellones de Aulas, SS-HH, Administrativo 02 de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial, y el Pabellón de Laboratorios y Gabinetes de la Facultad de Ciencias Agrarias .....	72

Tabla 25: Factor para la aceleración espectral - Pabellón de Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial, y el Pabellón de Administrativo 01 de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial. ....	72
Tabla 26: Periodo Fundamental (T) vs Factor de Ampliación Sísmica (C) .....	73
Tabla 27: Periodos de modos de vibración - Pabellón de Aulas de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.).....	74
Tabla 28: Periodos de modos de vibración - Pabellón de Laboratorios y Gabinetes de la Facultad de Ciencias Agrarias (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.) .	75
Tabla 29: Periodos de modos de vibración - Pabellón de Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.).....	76
Tabla 30: Periodos de modos de vibración - Pabellón de SS-HH de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.).....	77
Tabla 31: Periodos de modos de vibración - Pabellón de Administrativo 01 de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.).....	78
Tabla 32: Periodos de modos de vibración - Pabellón de Administrativo 02 de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.).....	79
Tabla 33: Factores de Escala sísmica.....	80
Tabla 34: Valores Obtenidos en función a los Parámetros sísmicos .....	92
Tabla 35: Valores Obtenidos en función a los Parámetros sísmicos .....	92
Tabla 36: Valores del grado de deterioro .....	93
Tabla 37: Resultados por el metodo de HIROSAWA .....	94
Tabla 38: Resultados de las Derivas Maximas.....	95
Tabla 39: Tabla de resultados de las areas de acero en vigas.....	96
Tabla 40: Tabla de resultados de las areas de acero en columnas.....	97
Tabla 41: Tabla de resultados de la resistencia del concreto en vigas.....	98
Tabla 42: Tabla de resultados de la resistencia del concreto en columnas .....	99
Tabla 43: Matriz de consistencia .....	108

## Índice de figuras

Figura 1: Ubicación geográfica del proyecto de investigación .....	32
Figura 2: Especificaciones técnicas y capacidad portante del suelo, tomadas de los planos de estructuras del Pabellón de Aulas de las Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Plano de Estructura: Cimentación, Junio de 1994, Aulas Facultades).....	41
Figura 3: Especificaciones técnicas y capacidad portante del suelo, tomadas de los planos de estructuras del Pabellón de Laboratorios y Gabinetes de la Facultad de Ciencias Agrarias (Fuente: Plano de Estructura: Cimentación (Bloque 01), Noviembre de 1994, Laboratorios y Gabinetes – FAC. DE AGRONOMIA).....	42
Figura 4: Factores de zona “Z” para cada zona sísmica (Fuente: Norma E-030, Capítulo II, Artículo 10 – Figura N°1) .....	43
Figura 5: Ficha de Reporte (Fuente: Elaboración Propia) .....	54
Figura 6: Ficha de Reporte (Fuente: Elaboración Propia) .....	55
Figura 7: Ficha de Reporte (Fuente: Elaboración Propia) .....	56
Figura 8: Ficha de Reporte (Fuente: Elaboración Propia) .....	57
Figura 9: Ficha de Campo (Fuente: Elaboración Propia) .....	62
Figura 10: Ficha de Campo (Fuente: Elaboración Propia).....	63
Figura 11: Sistemas de ejes definidos tanto para la dirección X-X y Y-Y - Pabellón de aulas para ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1. y Plano de Estructuras Junio 1994) .....	64
Figura 12: Modelo estructural para el análisis, vista Isométrica Renderizada - Pabellón de aulas para ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.).....	64
Figura 13: Sistemas de ejes definidos tanto para la dirección X-X y Y-Y – Pabellón de Laboratorios y Gabinetes para la Facultad de Ciencias Agrarias (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1. y Plano de Estructuras Noviembre 1994).....	65
Figura 14: Modelo estructural para el análisis, vista Isométrica Renderizada – Pabellón de Laboratorios y Gabinetes para la Facultad de Ciencias Agrarias (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.) .....	65

Figura 15: Sistemas de ejes definidos tanto para la dirección X-X y Y-Y - Pabellón de Laboratorios para la Facultad de Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1. y Plano de Estructuras Junio 1994).....	66
Figura 16: Modelo estructural para el análisis, vista Isométrica Renderizada - Pabellón de Laboratorios para la Facultad de Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.) .....	66
Figura 17: Sistemas de ejes definidos tanto para la dirección X-X y Y-Y – Pabellón de SS-HH para ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1. y Plano de Estructuras Junio 1994) .....	67
Figura 18: Modelo estructural para el análisis, vista Isométrica Renderizada - Pabellón de SS-HH para ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.).....	67
Figura 19: Sistemas de ejes definidos tanto para la dirección X-X y Y-Y – Pabellón de Administrativo 01 para ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1. y Plano de Estructuras Junio 1994) .....	68
Figura 20: Modelo estructural para el análisis, vista Isométrica Renderizada - Pabellón de Administrativo 01 para ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.) .....	68
Figura 21: Sistemas de ejes definidos tanto para la dirección X-X y Y-Y - Pabellón de Administrativo 02 para ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1. y Plano de Estructuras Junio 1994) .....	69
Figura 22: Modelo estructural para el análisis, vista Isométrica Renderizada - Pabellón de Administrativo 02 para ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.) .....	69
Figura 23: Definición de estados de carga (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.)... 70	
Figura 24: Gráfico del Espectro Pseudoaceleraciones “T” vs “C” (Fuente: Elaboración propia) .....	74
Figura 25: Periodo fundamental en la dirección “X” e “Y” - Pabellón de Aulas de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.) .....	75
Figura 26: Periodo fundamental en la dirección “X” e “Y” - Pabellón de Laboratorios y Gabinetes de la Facultad de Ciencias Agrarias (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.).....	76



Figura 27: Periodo fundamental en la dirección “X” e “Y” - Pabellón de Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.) .....	77
Figura 28: Periodo fundamental en la dirección “X” e “Y” - Pabellón de SS-HH de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.) .....	78
Figura 29: Periodo fundamental en la dirección “X” e “Y” - Pabellón de Administrativo 01 de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.).....	79
Figura 30: Periodo fundamental en la dirección “X” e “Y” - Pabellón de Administrativo 02 de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.).....	80
Figura 31: Distorsiones máximas en la Dirección X-X - Pabellón de Aulas de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.) .....	81
Figura 32: Distorsiones máximas en la Dirección Y-Y - Pabellón de Aulas de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.) .....	81
Figura 33: Distorsiones máximas en la Dirección X-X - Pabellón de Laboratorios y Gabinetes de la Facultad de Ciencias Agrarias (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.).....	82
Figura 34: Distorsiones máximas en la Dirección Y-Y - Pabellón de Laboratorios y Gabinetes de la Facultad de Ciencias Agrarias (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.).....	82
Figura 35: Distorsiones máximas en la Dirección X-X - Pabellón de Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.) .....	83
Figura 36: Distorsiones máximas en la Dirección Y-Y - Pabellón de Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.) .....	84
Figura 37: Distorsiones máximas en la Dirección X-X - Pabellón de SS-HH de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.) .....	84
Figura 38: Distorsiones máximas en la Dirección Y-Y - Pabellón de SS-HH de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.).....	85

Figura 39: Distorsiones máximas en la Dirección X-X - Pabellón de Administrativo 01 de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.) .....	85
Figura 40: Distorsiones máximas en la Dirección Y-Y - Pabellón de Administrativo 01 de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.) .....	86
Figura 41: Distorsiones máximas en la Dirección X-X - Pabellón de Administrativo 02 de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.) .....	86
Figura 42: Distorsiones máximas en la Dirección Y-Y - Pabellón de Administrativo 02 de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.) .....	87
Figura 43: Consideraciones para el diseño y cálculo estructural para un sistema Aporticado de Concreto Armado (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.)..	87
Figura 44: Diseño por flexión en cm <sup>2</sup> por el caso más crítico (Envolvente) de toda la edificación - Pabellón de Aulas de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.) .....	89
Figura 45: Diseño por flexión en cm <sup>2</sup> por el caso más crítico (Envolvente) de toda la edificación - Pabellón de Laboratorios y Gabinetes de la Facultad de Ciencias Agrarias (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.).....	89
Figura 46: Diseño por flexión en cm <sup>2</sup> por el caso más crítico (Envolvente) de toda la edificación - Pabellón de Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.).....	89
Figura 47: Diseño por flexión en cm <sup>2</sup> por el caso más crítico (Envolvente) de toda la edificación - Pabellón de SS-HH de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.) .....	90
Figura 48: Diseño por flexión en cm <sup>2</sup> por el caso más crítico (Envolvente) de toda la edificación - Pabellón de Administrativo 01 de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.).....	90
Figura 49: Diseño por flexión en cm <sup>2</sup> por el caso más crítico (Envolvente) de toda la edificación - Pabellón de Administrativo 02 de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.) .....	91

## RESUMEN

Este trabajo de investigación tiene como enfoque la “Evaluación de vulnerabilidad estructural mediante el método de Hirosawa y Demanda – Resistencia para determinar la seguridad Sísmica de las Edificaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial en la UNSM Martin – Tarapoto”. Para este fin, se recopiló información y muestras de estructuras, pruebas de esclerometría, ultra sonido y planos de arquitectura de los diferentes pabellones de ambas Facultades de estudio. La evaluación por el método de Hirosawa se divide en dos indicadores, el índice de Juicio Estructural (Iso) y el índice de Vulnerabilidad Estructural (Is), donde se explica que si “Is” es mayor a Iso el edificio tendrá un comportamiento seguro frente a acontecimiento de sismos. La metodología de Demanda – Resistencia se compara con la resistencia que tiene una estructura con su esfuerzo sísmico. Se realizaron evaluaciones y análisis insitu de las construcciones y documentos obtenidos para cada edificio, posteriormente se procedió a crear programáticamente tablas, hojas de cálculos y modelos matemáticos utilizando el software ETABS 2016 v16.2.1, con el propósito de cualificar el comportamiento estructural de cada edificio, los resultados de este estudio fueron procesados. Tras la aplicación de los dos métodos analizados, se puede resaltar que el método más conservador para determinar la seguridad sísmica es el de Demanda – Resistencia, esto se debe a que este compara la capacidad resistente y demandante del edificio, además gracias a los modelos matemáticos sísmicos y estudios realizados se alcanzó a obtener valores más conservadores. Los resultados logrados nos concluyeron que las edificaciones de las Facultades en estudio resultaron ser inseguras ante eventos sísmicos, ya que presentan una vulnerabilidad estructural alta, por lo que se recomienda el refuerzo estructural de cada una de las construcciones.

**Palabras clave:** vulnerabilidad estructural, seguridad sísmica, comportamiento estructural, método de Demanda – Resistencia, método de Hirosawa.

## ABSTRACT

This research work focuses on the "Evaluation of structural vulnerability using the Hirosawa and Demand-Resistance method in order to determine the seismic safety of the buildings of the Faculty of Agricultural Sciences and Agroindustrial Engineering at the UNSM Martin - Tarapoto". For this purpose, information and samples of structures, sclerometry tests, ultra sound and architectural plans of the different pavilions of both study faculties were collected. The evaluation by the Hirosawa method is divided into two indicators, the Structural Judgment Index (Iso) and the Structural Vulnerability Index (Is), where it is explained that if Is is greater than Iso, the building will have a safe behavior in the event of earthquakes. The Demand - Resistance methodology compares the resistance of a structure with its seismic stress. Evaluations and on-site analysis of the constructions and documents obtained for each building were carried out, then tables, spreadsheets and mathematical models were programmatically created using ETABS 2016 v16.2.1 software, in order to qualify the structural behavior of each building, the results of this study were processed. After the application of the two analyzed methods, it can be highlighted that the most conservative method to determine the seismic safety is the Demand - Resistance one, this is due to the fact that it compares the resistant and demanding capacity of the building; in addition, thanks to the seismic mathematical models and studies carried out, it was possible to obtain more conservative values. The results concluded that the buildings of the faculties under study were unsafe in case of seismic events, since they have a high structural vulnerability, so structural reinforcement of each of the constructions is recommended.

**Keywords:** structural vulnerability, seismic safety, structural behavior, Demand - Resistance method, Hirosawa method.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. Marco general del problema

Situados en el Cinturón de Fuego, los epicentros de más del 80% de los terremotos que sacuden el planeta se encuentran en Sudamérica, donde también se encuentra Perú. Además de la devastación de la flora y la pérdida de vidas humanas, también se producen importantes pérdidas económicas en las infraestructuras. Por otra parte, el Perú a nivel nacional cuenta con 51 universidades públicas según la SUNEDU (2019), donde actualmente se presenta faltas de información estadística sobre la fragilidad de los edificios de las universidades públicas y privadas que pueden correr el riesgo de cualquier posible evento sísmico.

Se puede llegar afirmar que, mediante simple observación, los edificios de las facultades de la ciudad universitaria en su totalidad son vulnerables estructuralmente a eventos sísmicos debido a que estuvieron edificadas en períodos de la década de los 70, 80 y 90, tiempo en que el RNE, NTE-E030, E050, E060, E070 abarca conceptos y parámetros básicos para el diseño estructural sismo-resistente en comparación con los criterios y exigencias actuales de dichas normas mencionadas. Cabe mencionar que actualmente las normas vinculadas al E030 se van actualizando conforme la ISR (Ingeniería Sismorresistente) avanza, entre ellas los factores Sísmicos de diseño, procedimientos y valores adoptados por cada actualización de las normas, con el fin de lograr los objetivos de desempeño que se plantean hoy en nuestra norma vigente.

De acuerdo al RNE NTE-E030, las localidades de Juanjuí, sufrieron el golpe de un sismo el 22 de marzo de 1972 (Fig. 4) a las 02:34 horas, mientras que el resto del departamento de San Martín se encuentra en la zona sísmica 3. Veintidós personas resultaron heridas y quinientas viviendas dañadas (INDECI, 2006, p. 5). Departamentos cercanos también sufrieron terremotos alrededor de las 21:34 hora local del 29 de mayo de 1990 (Fig. 4) de 6,4 grados Richter. 58.835 personas resultaron afectadas y 11.000 viviendas dañadas; 77 personas perdieron la vida (INDECI, 2006, p. 6).

La UNSM – Tarapoto, cuenta con sedes en la ciudad de Moyobamba, Rioja y Juanjuí, pero la ciudad universitaria que contempla casi todas las facultades profesionales, está se encuentra situada en San Martín. La iniciación de sus servicios fue por el programa académico de Agroindustrias, Agronomía, Ingeniería Civil y Obstetricia, puesto que, ahora tiene diez facultades y veintiuna carreras profesionales (UNSM, 2018). Con respecto a sus edificaciones cuenta con uno o dos, incluso tres niveles construidos de manera aporricada.

Las infraestructuras de la ciudad universitaria iniciaron su construcción en el año de 1997 donde se aprobó la tercera disciplina del modelo sismorresistente, dicha normatividad corrigió y agregó distintos criterios al modelo sismorresistente cuya finalidad era disminuir los daños que ocasionó algún tipo de fenómeno sísmico. Así mismo, puede mencionarse que mucho antes de ese periodo las edificaciones construidas tenían un diseño sismo resistente básico, mientras que las otras edificaciones continúan usando la misma estructura convencional. Mientras tanto se puede observar, que las edificaciones construidas en la última década, tiene el mismo sistema estructural en la mayoría de los casos, pero con algunas mejoras como elementos estructurales más grandes y juntas sísmicas duales entre el pórtico y tabique.

La Facultad de Ciencias Agrarias, presenta sus servicios desde 1996; mediante (Resolución Rectoral N° 435-96-UNSM/R, de fecha 19/08/96); aunque fue creada en 1981 inicialmente como Programa Académico de Agronomía y mediante la Resolución N° 138-2008-UNSM/CU-R del 10/12/08, con la creación de la sede en Tocache, incluidas las escuelas profesionales de agronomía y medicina veterinaria. Además, el 17 de mayo de 1982, la Facultad de Ingeniería Agroindustrial, empezó sus actividades administrativas y académicas, de esta manera, se aprobó su creación el 12 de marzo de 1984, mediante Resolución N° 4183-84- por la Comisión Nacional Interuniversitaria y se ratificó por la Comisión Organizadora de la UNSM–T. Actualmente, la Facultad de Ciencias Agrarias utiliza los siguientes sistemas: Hay dos niveles en cada uno de los siguientes edificios: Bloque Administrativo N°01, Bloque Administrativo N°02, Bloque de Aulas, Bloque de Aseos, Bloque de Laboratorios N°01, y Bloque de Laboratorios N°02. Los bloques de aulas y laboratorios son más antiguos, y dentro de ellos hay diversas áreas que se describirán con más detalle a continuación.

Por lo tanto, se planteó la hipótesis de que una evaluación de la vulnerabilidad estructural mediante el método de Hirosawa y Demanda - Resistencia revelaría que las edificaciones que albergan a la Facultad de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Mayor de San Martín - Tarapoto no son sismorresistentes. Asimismo, el objetivo general es utilizar el método de Hirosawa y Demanda - Resistencia para evaluar la seguridad sísmica de las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Mayor de San Martín - Tarapoto.

Así también, se plantearon los objetivos específicos: Evaluar la configuración estructural de las Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial para determinar el índice de resistencia sísmica a través del método Hirosawa y Demanda – Resistencia.

Evaluar el deterioro de las edificaciones de las Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial para determinar el índice de resistencia sísmica a través del método Hirosawa y Demanda – Resistencia. Evaluar el comportamiento básico estructural de las Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial para determinar el índice de resistencia sísmica a través del método Hirosawa y Demanda – Resistencia. Evaluar la condición del terreno de las Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial para determinar el índice de demanda sísmica a través del método Hirosawa y Demanda – Resistencia.

## **1.2. Formulación del Problema de Investigación**

¿Cuál es el estado de vulnerabilidad estructural mediante el método Hirosawa y Demanda – Resistencia para determinar la seguridad sísmica de las edificaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, 2021?

## **1.3. Hipótesis de Investigación**

La evaluación de vulnerabilidad estructural mediante el método Hirosawa y Demanda – Resistencia permitirá determinar la seguridad sísmica de las edificaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, 2021; por lo cual resulta seguro.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Evaluar la vulnerabilidad estructural mediante el método Hirosawa y Demanda – Resistencia para determinar la seguridad Sísmica de las edificaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, 2021.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Evaluar la condición del terreno de las Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial para determinar el índice de demanda sísmica a través del método Hirosawa y Demanda – Resistencia.
  
- ✓ Evaluar la configuración estructural de las Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial para determinar el índice de resistencia sísmica a través del método Hirosawa y Demanda – Resistencia.

- ✓ Evaluar el deterioro de las edificaciones de las Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial para determinar el índice de resistencia sísmica a través del método Hirosawa y Demanda – Resistencia.
- ✓ Evaluar el comportamiento básico estructural de las Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial para determinar el índice de resistencia sísmica a través del método Hirosawa y Demanda – Resistencia



## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### ✓ Antecedentes Internacionales

Agostini y Gerbaudo (2018), en su estudio denominado “Análisis estático no-lineal para cuantificar la vulnerabilidad sísmica de edificios de hormigón armado. *Asociacion Argentina de Mecanica Computacional*”, análisis estático no-lineal para cuantificar la vulnerabilidad sísmica de edificios de hormigón armado, tuvo el objetivo de determinar si los edificios pueden resistir terremotos más graves sin derrumbarse, concluyo que los parámetros de respuesta estructural, como las derivadas del suelo y la pseudo - aceleración, para ser aplicadas a las funciones de fragilidad probabilísticas individuales de cada componente no estructural, y se utilizan para evaluar el grado de daño (pág. 9)

Cifuentes y Fuentes (2018), su investigación denominada “Evaluación de vulnerabilidad sísmica actual de albergues temporales en Bucaramanga aplicando algoritmos de clasificación supervisada”, tuvo por objetivo la clasificación supervisada de los diseños de los modelos con la finalidad de evaluar la vulnerabilidad sísmica en las casas temporales (albergues) existentes en la ciudad de Bucaramanga; utilizando el porcentaje de un conjunto de prueba de datos clasificados correctamente, se llegó a la conclusión de que un modelo de máquina de soporte vectorial con una función de núcleo lineal tuvo el mejor rendimiento general, con un 64,29% (pág. 93).

#### ✓ Antecedentes Nacionales

Enriquez (2018), en su investigación denominada “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del edificio de Ingeniería de la Universidad Señor de Sipán, Actualizada a la Norma E-030-2016”, planteo como objetivo en evaluar la vulnerabilidad sísmica del edificio de ingeniería de la universidad Señor de Sipán, concluyo que los parámetros que influyen en el puntaje fueron: la zona sísmica alta, que proporciona valores bajos para los modificadores de puntaje (en comparación con otras zonas sísmicas) y el valor para cada sistema estructural (pág. 103).

Uver (2019), en su investigación denominada “Vulnerabilidad sísmica en edificaciones esenciales mediante curvas de fragilidad analíticas – edificio administrativo de la Universidad Nacional del Perú Centro del Perú” tuvo por objetivo determinar la vulnerabilidad sísmica de la infraestructura administrativa de la universidad, concluyo que la estructura del edificio administrativo de la UNCP desempeña los requisitos de

resistencia, rigidez y durabilidad de la (E.030, 1997) sin embargo no se cumple los requisitos de la (E.030, 2018), (pág. 103).

Soto (2018), en su investigación denominada “Comparación de los métodos: fema 154, Hirosawa y demanda - resistencia para evaluar Vulnerabilidad Sísmica en Infraestructura Educativa – Baños del Inca“ y mediante una comparación de los métodos FEMA 154, Hirosawa y Demanda - Resistencia, el autor de este estudio pudo determinar que el método Demanda - Resistencia es la metodología más conservadora para evaluar la vulnerabilidad sísmica de la infraestructura de una escuela. Este método contrasta la capacidad resistente del edificio con su capacidad de demanda (pág. 64)

#### ✓ **Antecedentes Locales**

Diaz (2019), en su investigación denominada “Riesgo sísmico en las edificaciones de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura – Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto”, el objetivo general de este estudio es el de establecer los riesgos sísmicos existentes en los edificios estructurales de la F.I.C.A. de la UNSM – Tarapoto, por la peligrosidad sísmica media y su vulnerabilidad sísmica alta a baja, llegó a la conclusión de que las edificaciones de la Facultad en estudio se encuentran en un grado de riesgo sísmico medio a alto (pág. 259).

Castillo (2018), en su tesis denominada “Evaluación del comportamiento sísmico, post constructivo dentro del límite elástico, de la infraestructura del policlínico - Policía Nacional del Perú –Tarapoto- 2018” tuvo por objetivo determinar el deterioro estructural inevitable en cualquier tipo de edificio frente a acontecimientos provocados por sismos, se concluye que el estado actual del edificio presenta un riesgo bajo para las personas y sus bienes, mientras que las medidas de seguridad son inadecuadas (pág. 76)

## **2.2. Fundamentos teóricos**

### ✓ **Vulnerabilidad sísmica**

En términos claros, si una estructura no se encuentra en un área Consideración del riesgo sísmico específico, pueden ser susceptibles, pero no estar en peligro. Asimismo, es fundamental considerar la vulnerabilidad de una estructura que sufrió daños por la magnitud de situaciones sísmicas con características particulares (Vizconde, 2004, p.37).

En ese sentido Bonnett (2003), menciona que reducir la amenaza y la vulnerabilidad es necesario para disminuir el riesgo sísmico de una región, asimismo, comprender el

riesgo sísmico potencial nos permite pensar en el diseño de nuevas estructuras y posibles sitios de construcción. Sin embargo, no se puede hacer mucho para disminuir el peligro que enfrentan las estructuras ya existentes. Por lo tanto, la intervención directa sobre la vulnerabilidad es necesaria si el objetivo es reducir el riesgo.

Esto son algunos ejemplos de factores que pueden determinar la vulnerabilidad de una zona: la influencia del terreno, irregularidades en la estructura, las resistencias, y el mecanismo de conservación (Bonett, 2003, p10).

Ante una amenaza natural o antrópica de una dimensión estudiada, la vulnerabilidad es el grado de fragilidad o manifestación de un componente o grupos de componentes. Esto significa que es fluidez como estructura, que puede ser un hogar, un negocio, un centro comercial u otras infraestructuras, puede soportar daños estructurales y vidas humanas (INDECI, 2006, p. 18).

Asimismo, el Centro Internacional de Métodos Numéricos de Ingeniería (2008), explica que la vulnerabilidad de un edificio es una condición necesaria, que depende de cómo se diseñó previamente pero que no se relacione con el grado de peligrosidad sísmica. Asimismo, el estado de los componentes de cada vivienda determinará la vulnerabilidad correspondiente de cada estructura, y el método empleado puede cambiar dependiendo del comportamiento de los componentes.

#### ✓ **Clases de vulnerabilidad**

La investigación del INDECI hace hincapié en niveles de vulnerabilidad considerados a la luz de conservar la estructura. Además, las clasificaciones son 3, comprendidas de la siguiente forma.

##### **a) Vulnerabilidad estructural**

El término vulnerabilidad estructural describe la probabilidad de que un edificio sufra perjuicios en los componentes estructurales que lo sostienen de pie en caso de un fuerte terremoto, donde cimientos, columnas, paredes y vigas están incluidos en esto. Asimismo, dependiendo de si un establecimiento ya existe o está a punto de construirse, se utilizarán diferentes formas y técnicas de implementación. Por ejemplo, el componente de estructura debe considerarse en las fases cuando se diseñan y construyen, de esta manera prevenir problemas económicos y sociales considerables, particularmente en lugares que están desarrollándose, la vulnerabilidad estructural debe corregirse total o parcialmente. Finalmente, existen preocupaciones sobre la certeza de que estos edificios seguirán operando después de un terremoto debido a que muchos fueron construidos en el pasado y otros no fueron diseñados o construidos utilizando

estándares sismorresistentes. En estas situaciones, se deben utilizar estudios de vulnerabilidad para evaluar exhaustivamente la posibilidad que tiene la estructura para resistir sismos fuertes y moderados (OPS, 2000).

### **b) Vulnerabilidad no estructural**

Así mismo la OPS (2000), declara que aunque las estructuras pueden estar físicamente intacta después de una tragedia, queda inutilizable debido a daños no estructurales. Del mismo modo, se trata de identificar la susceptibilidad al daño de estos componentes, que pueden verse afectados por terremotos leves y, en consecuencia, más frecuentes a lo largo de la vida de las estructuras.

El componente no estructural, como las estructuras arquitectónicas y sistemas tanto eléctricos como el mecánico, representan un 85% y el 90% del coste total de un edificio. Del mismo modo los movimientos sísmicos de menor grado si generan deterioros no estructurales considerables, que pueden producirse incluso si los componentes estructurales no se ven afectados. El objetivo principal de esta sección es prevenir las pérdidas operativas debidas a falla no estructural que puedan comprometer la estabilidad de un edificio.

### **c) Vulnerabilidad funcional**

La capacidad de un edificio para funcionar bien es el propósito para el que ha sido diseñado, esto crea una vulnerabilidad funcional a los efectos que causan los terremotos (OPS, 2000).

### **✓ Métodos para evaluar la vulnerabilidad**

Las metodologías de la revisión estructural se describen a continuación. Además, se indica que, si no se realiza un examen completo de los componentes no estructurales junto con la revisión, será insuficiente. La literatura internacional ofrece una variedad de técnicas para inspección de vulnerabilidad sísmica en una construcción que se clasifican en las siguientes categorías (OPS, 2000, p.60).

#### **a) Métodos cuantitativos**

Se necesita una evaluación más exhaustiva para la recuperación de estructuras críticas tras un terremoto; por ello que se necesita de los métodos cuantitativos.

Por otra parte, para realizar el análisis de vulnerabilidad mediante este método, se necesita contar con algunos datos fundamentales, que incluyen, por ejemplo, las

características de los materiales del edificio, una descripción del suelo de donde se ubica y las características estructurales (OPS, 2000, p.65).

La modelización matemática de la estructura se utiliza a menudo para las evaluaciones cuantitativas, y es importante tener en cuenta lo siguiente:

- Relación entre la organización y los componentes no estructurales.
- Presiones ejercidas sobre un edificio por su contenido real.
- Se analizan posibles escenarios sísmicos.

Los métodos cuantitativos estudiados por diferentes autores se describe el método principal: Demanda-Resistencia.

#### ✓ **Métodos de Demanda – Resistencia**

Se muestran los resultados del proceso de evolución, que revelan la capacidad de la estructura al ilustrar cómo se calcula y define la demanda a la luz de las normas y resistencias aplicables. Por lo tanto, puede realizarse un análisis de vulnerabilidad de las estructuras contrastando la demanda con la resistencia del sistema estructural, usando el parámetro de resistencia o capacidad máxima, esta estimación mostrará si es segura o vulnerable a la demanda. De tal manera, ubicaremos la debilidad estructural donde continuaremos con la comparación (Bazzo et al., 2004).

En los casos en que los métodos cualitativos no arrojen resultados concluyentes sobre la seguridad de la estructura, este enfoque cuantitativo puede utilizarse para complementar esos resultados mediante una modelización matemática en profundidad de la estructura, teniendo en cuenta factores a los que puede ser vulnerable. En este caso se aplicará la NTE E-030. Esto analizará la cantidad de trabajo requerido para soportar eventos sísmicos en la estructura.

Sin embargo, la eficacia de la estructura se evaluará empleando el método de falla simplificada porque, típicamente, este tipo de estructuras se demuestra utilizando modelos empíricos que tienen en cuenta la resistencia, así como la calidad de los elementos empleados ya presentes en la estructura, sin embargo, se utilizará para evaluar la resistencia de la estructura. Para ello se utilizan los planos estructurales del edificio, que ofrecen los detalles necesarios para evaluar la resistencia de la estructura, se realizan pruebas de esclerometría que confirmaran la tensión de diseño del hormigón especificada en planos estructurales, así como la resistencia mecánica de las herramientas de construcción.

Luego se crean prototipos matemáticos para el análisis dinámico estructural. Estos prototipos se examinarán usando la aplicación informática ETABS (Análisis Tridimensional Extendido de Sistemas de Construcción), que también se utilizará para calcular la demanda sísmica para varias excitaciones. Se comprobará la validez que tiene el prototipo estructural y los valores de resistencia mecánica del material.

Se utilizará una evaluación de demanda-resistencia para comparar los hallazgos en respuesta sísmica que exige las exigencias con la resistencia de la estructura para determinar si es probable que el edificio sea vulnerable o no. Los mayores esfuerzos se mostrarán aquí, junto con cualquier cambio en el sistema estructural que esté presente para los diversos eventos sísmicos (MINSA et al., 1997).

La vulnerabilidad estructural se establece por comparación, teniendo en cuenta que:

- Si:  $R \geq V$  en este caso se da un evento sísmico, se puede decir que el edificio se comportará de manera segura.
- Si:  $R < V$  es la posibilidad de considerar al edificio que tiene comportamiento sísmico inseguro frente a acontecimientos sísmico.

Donde:

R= Resistencia del Material

V=Demanda sísmica

De forma similar a cómo se evalúan las restricciones de desplazamiento máximo de la norma, la respuesta sísmica máxima ( $\Delta$ ) entre la altura del suelo entre plantas se compara con el umbral de la norma, que se define como la distorsión máxima del suelo entre plantas.

$$\Delta/h \leq \gamma_{\max}$$

## **b) Métodos cualitativos**

Según la OPS (2000), los enfoques cualitativos están pensados para evaluar rápida y fácilmente una amplia gama de estructuras y elegir aquellas que necesitan una investigación más exhaustiva. Por consiguiente, se evalúa de forma masiva las estructuras con el objetivo de cuantificar el daño por un desastre sísmico en una vasta área de la ciudad, y darle resultado, pero lo esencial para completar dicho cribado, en realidad no pueden aceptarse como concluyentes en ninguna situación dada.

En general, se puede decir que estos métodos son extremadamente cuantitativos, en los que se otorga una calificación a la construcción en función de factores como su irregularidad en altura y plantación, su condición e implicancias con el suelo, evaluación que habitualmente no requiere cálculos ofimáticos de gran complejidad. Por otro lado, el primer grado del método japonés necesita el cálculo de algunas variantes, y sus ecuaciones en relación con otros métodos.

Las técnicas cualitativas primarias que fueron analizadas por varios autores fueron:

### **b.1. Método NAVFAC**

Mattos (2014), es apropiado para cualquier tipo de edificio, evalúa un índice que cuantifica el daño potencial que un terremoto específico puede causar a un edificio.

### **b.2. Métodos del ATC-21**

Según Mattos (2014), este método radica en asignar una calificación inicial al edificio evaluado en relación estricta con el tipo de estructura sismorresistente que esta posee, y la puntuación inicial dada se calculan los puntos según cada parámetro a medida que se revisan aquellas características de la estructura y, simultáneamente, dichas características se filtran. Asimismo, suele denominarse técnica de filtrado para evaluar la seguridad de una estructura en caso de terremoto. Las diferencias de altura de las entreplantas, las imperfecciones geométricas, la flexibilidad del suelo y la presencia de torsión en el diseño del suelo son algunos de los criterios que contribuyen a las evaluaciones negativas o positivas. La altura máxima permitida de los edificios oscila entre cero y seis pisos.

### **✓ Método de Hirosawa**

Iglesias (1986, citado en la OPS 2000), determinó que es un enfoque establecido para estimar la susceptibilidad sísmica de los centros de salud; se formó en 1992 y se considera como el capaz de prever el peligro y el daño de la estructura.

En Japón se ha utilizado este enfoque en las evaluaciones de seguridad sísmica de estructuras de concreto armado, pero otras naciones como Brasil, Argentina, Chile, etc. lo han utilizado con el de determinar la vulnerabilidad por sismos no solo de hospitales sino de instituciones educativas, municipalidades, etc.

Inicialmente este método se sugirió por primera vez para su uso en edificios de hormigón armado o dañados aproximadamente de ocho pisos que tenían paredes o porche. La técnica se ha utilizado en obras de albañilería y en estudios recientes hormigón armado.

La base de la vulnerabilidad estructural es que:

- Si:  $I_s \geq I_{s0}$  al momento de un acontecimiento sísmico, se puede decir que el edificio se comportará de manera segura.
- Si:  $I_s < I_{s0}$  es posible suponer que la estructura se comportará de manera impredecible en caso de un evento sísmico, haciéndola insegura.

### **Cálculo del índice $I_S$**

Este índice se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$I_S = E_0 * S_D * T$$

Donde:

$E_0$ : Índice sísmico básico de comportamiento estructural.

$S_D$ : Índice de configuración estructural.

T: Índice de deterioro de la edificación.

### **Cálculo de $E_0$**

El primer nivel se calcula computando directamente la resistencia a cortante del piso inferior cuando se emplea el criterio "Eo" para la evaluación. La resistencia total de un muro o columna en una dirección determinada se calcula sumando su sección transversal y su resistencia a cortante. Los pilares cortos y los muros de mampostería, reforzados o no, tienen una menor resistencia a la deformación que el resto de los componentes sismorresistentes, por lo que su existencia reduce el producto en un factor. La resistencia y la maleabilidad se muestran en este índice.

$$E_0 \propto C * F$$

Para el cálculo de  $E_0$ , cualquier componente vertical de estructura sismorresistente, incluidas las subestructuras, debe encontrarse en una de las categorías:

$$E_0 \propto C * F$$

Para el cálculo de  $E_0$ , todo elemento o subestructura vertical que forma parte de la estructura sismorresistente debe clasificarse en alguna de las categorías siguientes:

- i. Columna corta de hormigón armado.
- ii. Columna de hormigón armado.



- iii. Muro de hormigón armado.
- iv. Muro de albañilería.
- v. Muros de albañilería.

### Cálculo de $S_D$

Este coeficiente mide el efecto de las anomalías en una estructura, la distribución de rigidez y comportamiento sísmico del edificio.

Para determinar la investigación del  $S_D$ , principalmente se consiguen planos estructurales y se las inspecciones sobre el terreno. Asimismo, para determinar este coeficiente se considera las características del edificio como la estabilidad, las dimensiones, el ancho de las juntas de dilatación, ubicación de patios interiores, etc.

Para calcular el  $S_D$  se sugiere utilizar el primer nivel de evaluación de la vulnerabilidad mediante ecuación siguiente:

$$S_D = \prod_{i=1}^{1-8} q_i$$

Donde:

$$q_i = \{1,00 - (1,00 - G_i) * R_i\} \text{ para } i=1; 2; 3; 4; 5; 7 \text{ y } 8$$

$$q_i = \{1,20 - (1,00 - G_i) * R_i\} \text{ para } i=6$$

**Tabla 1**

Los valores de  $G_i$  y  $R_i$ , recomendados por Hirosawa

Ítems ( $q_i$ )	$G_i$			$R_i$
	1,0 Regular (a <sub>1</sub> )	0,9 Mediano (a <sub>2</sub> )	0,8 Irregular (a <sub>3</sub> )	
<b>1. Regularidad</b>				1,0
<b>2. Relación</b>	$B \leq 5$	$5 < B \leq 8$	$B > 8$	0,5
<b>3. Contratación de</b>	$0,8 \leq c$	$0,5 \leq c \leq 0,8$	$c < 0,5$	0,5
<b>4. Atrio o patio</b>	$R_{ap} = 0,1$	$0,1 < R_{ap} \leq 0,3$	$0,3 < R_{ap}$	0,5
<b>5. Excentricidad de atrio o patio interior</b>	$f = 0,4$ $f_2 \leq 0,4$	$f_1 \leq 0,4$ $0,1 < f_2 \leq 0,3$	$0,4 < f_1$ $0,3 < f_2$	0,25
<b>6. Subterráneo</b>	$1,0 \leq R_{st}$	$0,5 \leq R_{st} < 1,0$	$R_{st} < 0,5$	1,0
<b>7. Junta de dilatación</b>	$0,01 \leq s$	$0,005 \leq s < 0,01$	$s < 0,005$	0,5
<b>8. Uniformidad de altura de piso</b>	$0,8 \leq R_h$ 7	$0,7 \leq R_h < 0,8$	$R_h < 0,7$	0,5

Fuente: Archivo recuperado, Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud, Organización Panamericana de la Salud, 2000.

## Cálculo de T

Este índice mide los daños sufridos por un edificio a causa de catástrofes naturales, como terremotos, y actividades humanas, como el vandalismo y la negligencia. El índice se determina cotejando los datos recogidos durante las inspecciones in situ y los datos facilitados por el propietario del edificio. Para calcular el índice T se utiliza la tabla 2; como sólo se utiliza este índice para la estructura, se deduce que debe utilizarse el valor más bajo del índice que se encuentra en la tabla 3.

**Tabla 2**

*Deformación permanente (T1)*

Característica	(T <sub>1</sub> )
El edificio presenta inclinación debido a asentamiento diferencial	0,7
El edificio está construido sobre relleno artificial	0,9
El edificio ha sido reparado debido a deformaciones presentadas anteriormente.	0,9
Visible deformación de vigas o columnas	0,9
No presenta signos de deformación	1,0

Fuente: Archivo recuperado, Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud, Organización Panamericana de la Salud, 2000.

**Tabla 3**

*Grietas en muros o columnas debido a corrosión del acero del refuerzo (T2)*

Característica	(T <sub>2</sub> )
Presenta filtraciones con corrosión visible de armaduras	0,7
Grietas inclinadas visibles en columnas	0,9
Grietas visibles en muros	0,9
Presenta filtraciones, pero sin corrosión de armaduras	0,9
Nada de lo anterior	1,0

Fuente: Archivo recuperado, Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud, Organización Panamericana de la Salud, 2000.

**Tabla 4***Incendios (T3)*

Característica	(T3)
Ha experimentado incendio, pero no fue reparado	0,7
Ha experimentado incendio y fue adecuadamente reparado	0,8
<b>No ha experimentado incendio</b>	<b>1,0</b>

Fuente: Archivo recuperado, Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud, Organización Panamericana de la Salud, 2000.

**Tabla 5***Uso del cuerpo o bloqueo (T4)*

Característica	(T4)
Almacena sustancias químicas	0,8
No contiene sustancias químicas	1.0

Fuente: Archivo recuperado, Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud, Organización Panamericana de la Salud, 2000.

**Tabla 6***Topo de daño estructural (T5)*

Característica	(T5)
Daño estructural grave	0,7
Daño estructural fuerte	0,8
Daño estructural ligero o no estructural	1,0

Fuente: Archivo recuperado, Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud, Organización Panamericana de la Salud, 2000.

**Tabla 7***Clasificación de daños causados por sismo*

Característica	Descripción
<b>No estructural</b>	Daños únicamente en elementos no estructurales
Estructural ligero	Grietas de menos de 0,5 mm de espesor en elementos de hormigón armado. Grietas de menos de 3 mm de espesor en muros de albañilería.
Estructural fuerte	Grietas de 0,5 a 1 mm de espesor en elementos de hormigón armado. Grietas de 3 a 10 mm de espesor en muros de albañilería.
Estructural grave	Grietas de más de 1 mm de espesor en elementos de hormigón armado. Aberturas en muros de albañilería. Aplastamiento del hormigón, rotura de estribos y pandeo del refuerzo en vigas, columnas y muros de hormigón armado. Agrietamiento de capiteles y consolas. Desplome de columnas. Desplome del edificio en más de 1 % de su altura. Asentamiento de más de 20 cm.

Fuente: Archivo recuperado, Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud, Organización Panamericana de la Salud, 2000.

### 2.3. Definición de Términos Básicos

**Vulnerabilidad sísmica:** El potencial de daños sísmicos de una estructura depende de su modelo, la calidad de los materiales y el método utilizado en su construcción (OPS, 2000, p.77).

**Peligro sísmico:** La posibilidad de que se produzca un terremoto durante un lapso de tiempo determinado y en una zona o zonas concretas (OPS, 2000, p.82)

**Ensayo de esclerometría:** Estimación por la resistencia de compresión del hormigón curado mediante un ensayo no destructivo (Danna, 2017, p.44).

**Escala de Richter:** De acuerdo con el registro sismográfico, es la que demuestra de energía sísmica que se da en cada terremoto (Pecori y Cruz, 2018, p.61).

**Factor de importancia del edificio por uso (U):** según la NTE E-030. se tiene en cuenta el  $U= 1$  para sótanos aislados sísmicamente en estructuras (Mattos, 2014, p.54).

**Factor de influencia de las condiciones topográficas (G):** Frecuencia sísmica del suelo en algún área de la región, la correlación de las propiedades dinámicas de la estructura y del terreno determinan la magnitud del impacto del movimiento del suelo en la base del edificio (Mattos, 2015, p.54).

**Factor de zona sísmica (Z):** la superficie del país se divide en cuatro regiones distintas. La zonificación sugerida está basada en características básicas de movimientos sísmicos y en la distribución geográfica de los sismos registrados. (NTE.030, 2018).

**Índice de configuración estructural (Sd):** Tanto si una estructura es regular como si no, su forma es la composición más importante al momento de determinar la disposición de las partes estructurales, tanto en planta como en altura total. Se analizan tablas de calidades y se llega a un veredicto final (OPS, 2000, p.151).

**Índice de resistencia demandada (Iso):** es conocido como índice de juicio estructural, esta métrica se utiliza para determinar si es probable o no que una estructura sufra daños importantes en caso de choque sísmico (OPS, 2000, p.43).

**Índice de resistencia sísmica (Is):** Esto significa que es el resultado de una triangulación entre el "Eo", "Sd" y la temperatura (T) (OPS, 2000, p.44).

## CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Ámbito y condiciones de la investigación

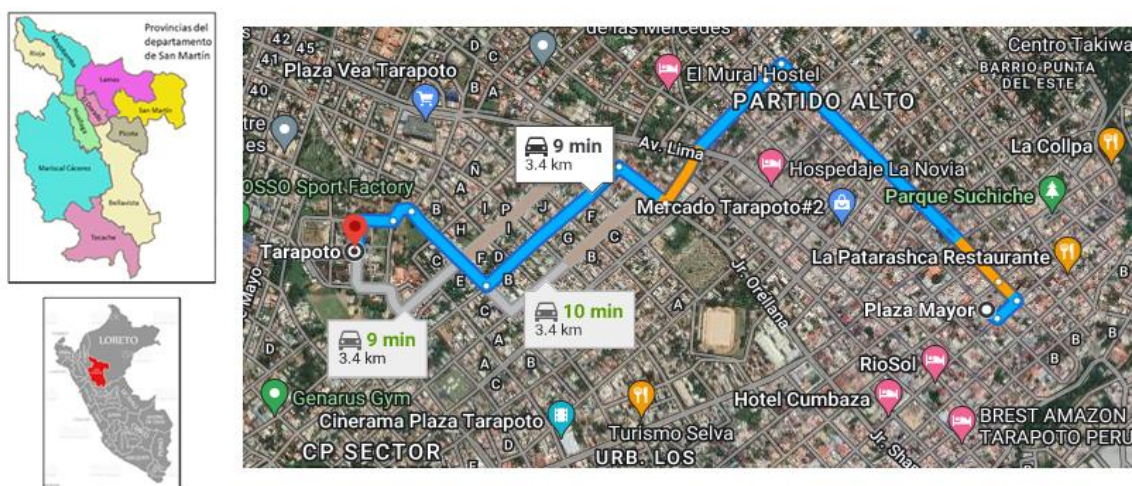
#### 3.1.1 Ubicación Política

- ✓ Departamento: San Martín
- ✓ Provincia: San Martín
- ✓ Distrito: Tarapoto

#### 3.1.2 Ubicación Geográfica

La zona de servicio del proyecto se encuentra en elevación de 350.00 m.s.n.m., de la provincia de San Martín.

Coordenadas Geográficas: 6°29'39"S y 76°22'11"O



**Figura 1.** Ubicación geográfica del proyecto de investigación

Fuente: Elaboración Propia.

#### 3.1.3 Contexto histórico

La Facultad de Ciencias Agrarias, presenta sus servicios desde 1996; mediante (R. R. N° 435-96-UNSM/R, de fecha 19-08-96); aunque fue creada en 1981 inicialmente como Programa Académico de Agronomía y mediante la Resolución N° 138-2008-UNSM/CUR del 10-12-08, con la creación de la sede en Tocache, incluidas las escuelas

profesionales de agronomía y medicina veterinaria. Además, el 17 de mayo de 1982, la Facultad de Ingeniería Agroindustrial, empezó sus actividades administrativas y académicas, de esta manera, se aprobó su creación el 12 de marzo de 1984, mediante Resolución N° 4183-84- por la Comisión Nacional Interuniversitaria y se ratificó por la Comisión Organizadora de la UNSM–T.

Actualmente, la Facultad de Ciencias Agrarias utiliza los siguientes sistemas: Hay dos niveles en cada uno de los siguientes edificios: Bloque Administrativo N°01, Bloque Administrativo N°02, Bloque de Aulas, Bloque de Aseos, Bloque de Laboratorios N°01, y Bloque de Laboratorios N°02. Los bloques de aulas y laboratorios son más antiguos, y dentro de ellos hay diversas áreas que se describirán con más detalle a continuación.

### **3.1.2 Periodo de ejecución**

El proyecto de investigación se ejecutó durante el periodo enero 2022 – diciembre 2022

### **3.1.3 Autorizaciones y permisos**

No aplica

### **3.1.4. Control ambiental y protocolos de bioseguridad**

El presente informe de investigación no considera este ítem.

### **3.1.5 Aplicación de principios éticos internacionales**

Los principios éticos internacionales aplicados en el presente informe de investigación son en primer lugar, la integridad, porque se ha generado resultados fidedignos y particulares de acuerdo a la zona de estudio; respeto a las personas, porque con los resultados obtenidos se anticipa a la población estudiantil que las edificaciones en estudio son estructuralmente vulnerables frente a eventos sísmicos, Autonomía, porque se ha elegido los métodos que como profesionales conducimos que son los más adecuados para el desarrollo del presente informe de investigación.

## 3.2. Sistema de variables

### 3.2.1 Variables principales

Tabla 8

Variable independiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Vulnerabilidad estructural	OPS (2000) indica que “La vulnerabilidad estructural se refiere a la susceptibilidad que la estructura presenta frente a posibles daños en aquellas partes del establecimiento que lo mantienen en pie ante un sismo intenso. Esto incluye cimientos, columnas, muros, vigas y losas” (p.27)	Para recolectar las muestras, aplicar el ensayo esclerometría y realizar el modelamiento matemático se aplicará el Método de Hirosawa y Demanda – Resistencia con la finalidad de determinar la seguridad sísmica	Vulnerabilidad estructural.	Eo= Índice sísmico básico de comportamiento estructural. Sd= índice de configuración estructural. T= índice de deterioro de la edificación. Gi = Factor de grado Ri = Factor de reajuste	Intervalo y de razón
			Configuración estructural	T1=Deformación permanente T2=Grietas en muros o columnas debido a corrosión del acero de refuerzo. T3= Incendios. T4= Uso del cuerpo o bloque. T5=Tipo de daño estructural. Cc= Índice de resistencia proporcionada por las columnas no cortas de hormigón armado. F’c= Resistencia de ensayo de compresión. F=Factor de ductilidad $\alpha$ =Valor de coeficiente de reducción de resistencia	
			Deterioro de la edificación	Eso= Resistencia sísmica básica requerida. Z = Factor de zona sísmica. G= Factor de influencia de las condiciones topográficas. U = Factor de importancia del edificio por su uso	
			Comportamiento básico estructura		
			Condición del terreno		

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 9

Matriz de variable dependiente

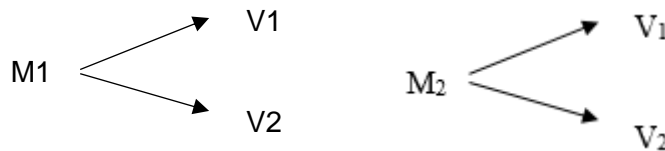
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Seguridad sísmica	Según el Organización Panamericana de la Salud (2000) la seguridad sísmica es una medida que combina la protección del peligro sísmico, con la vulnerabilidad y la posibilidad de que se produzcan en ella daños por movimientos sísmicos en un período determinado (p.43)	Para determinar la seguridad sísmica se empleará la Norma Técnica E.030 del RNE, ficha de campo y ficha de reporte que debe ser obligatoriamente considerado en el diseño.	Seguridad Sísmica	Comportamiento sísmico, Estado actual y Estabilidad del sistema estructural	Intervalo y de razón
			Parámetros para el análisis Sísmico	Zonificación Sísmica (Z). Categoría Edificación (U). Coeficiente de Amplificación (C). Perfil de suelo (S). Coeficiente de Reducción Sísmica (R).	

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3 Diseño de la investigación

Con finalidad de cuantificar la medición de las variables en valores contables, cuantificables y proporcionales; el diseño será no experimental, transversal, observándose la edificación in situ y recogiendo los datos en un solo instante y en un solo tiempo. Para evaluar adecuadamente la vulnerabilidad de las estructuras a fin de establecer la seguridad ante sismos para las edificaciones de las facultades en estudio de la UNSM – Tarapoto mediante los métodos de Hirosawa y Demanda – Resistencia, y concurrentemente aplicar la NTE E.030, que desarrolló un diseño de tipo retrospectivo (Sampieri, et al. 2014).

Para contrastar nuestra hipótesis se usará el diseño “descriptivo”, cuyo esquema es:



Dónde:

M1 = Edificio de la Facultad de Ciencias Agrarias

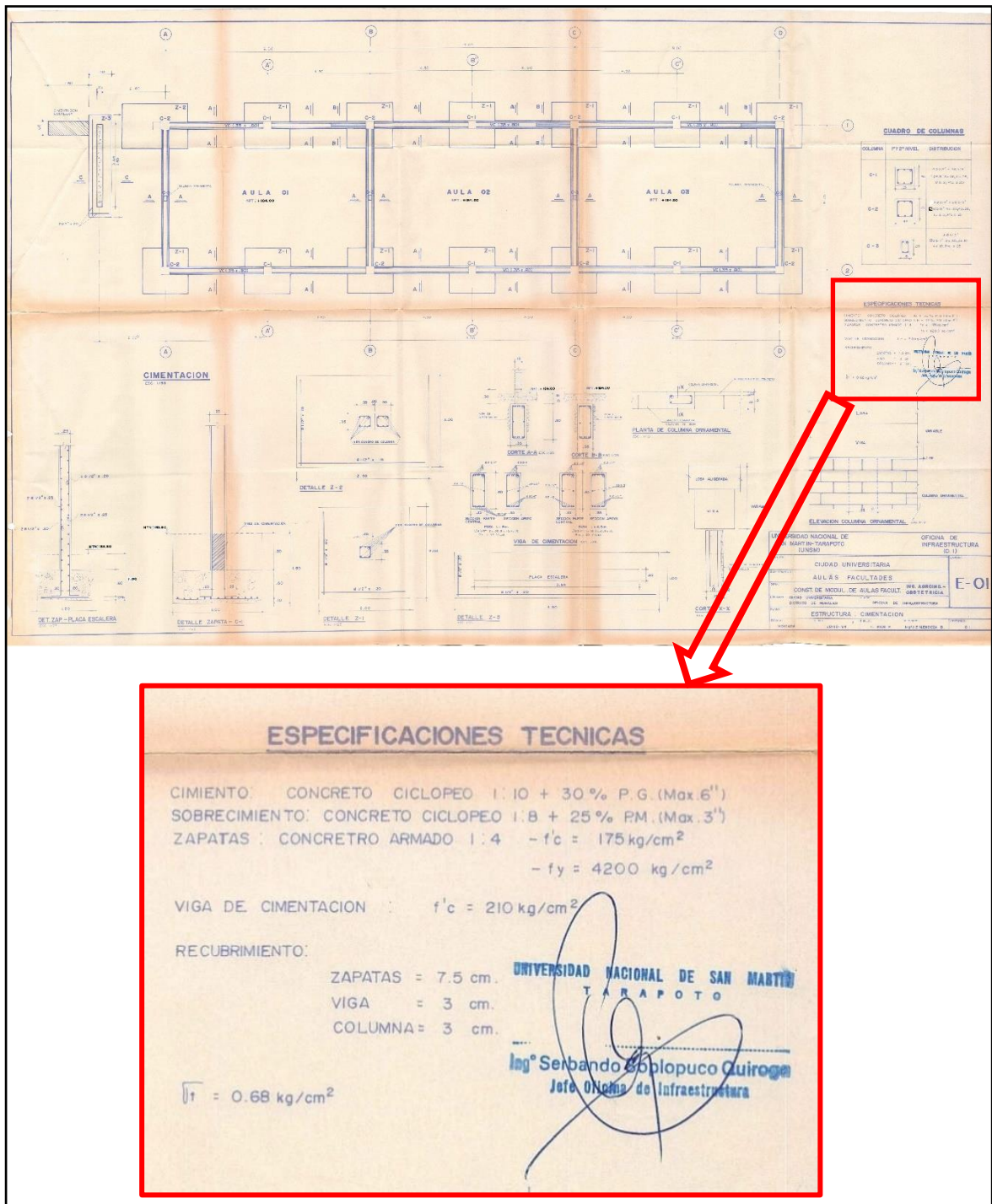
M2 = Edificio de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial

V1 = Seguridad sísmico

V2 = Método de Hirosawa y Demanda – Resistencia

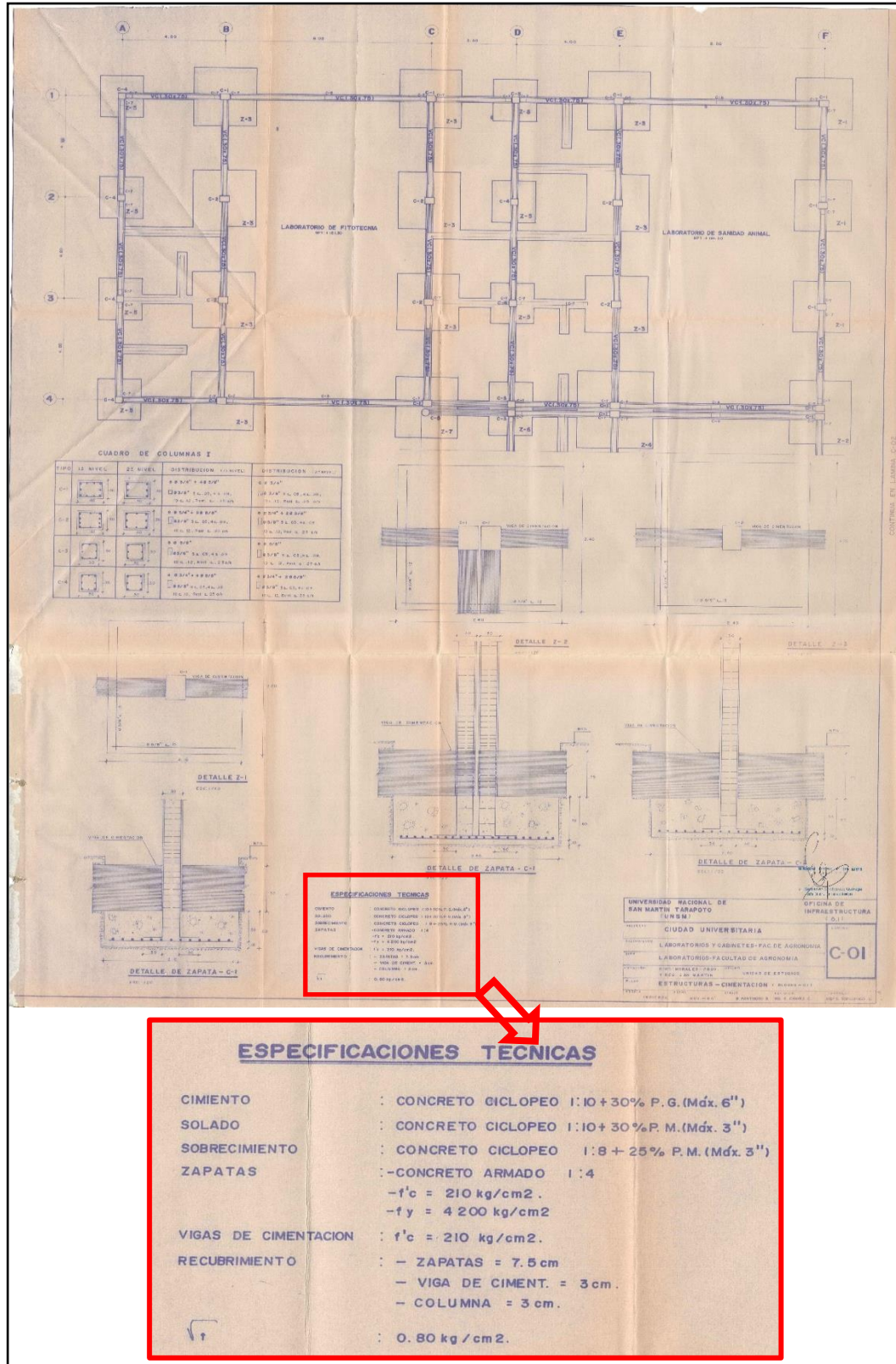
#### 3.3.1 Objetivo específico 1: Evaluar la condición del terreno de las Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial para determinar el índice de demanda sísmica a través del método Hirosawa y Demanda – Resistencia.

Se ha tenido en cuenta la ubicación geográfica del área de estudio, para identificar a que zona sísmica corresponde cada uno de las edificaciones en estudio, según el mapa de peligro sísmico plasmado en el capítulo II de la norma E030; asimismo se ha considerado las características físicas-mecánicas del suelo de fundación, obtenidas de los expedientes de obras ejecutados años anteriores en la zona de estudio, con el fin de determinar los factores de zona y suelo que posteriormente serán utilizados al aplicar los métodos de Hirosawa y demanda – Resistente, cuya información se presenta en las siguientes figuras 2, 3, 4, tablas 10 y 11.



**Figura 2.** Especificaciones técnicas y capacidad portante del suelo, tomadas de los planos de estructuras del Pabellón de Aulas de las Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial

Fuente: Plano de Estructura: Cimentación, junio de 1994, Aulas Facultades.



**Figura 3.** Especificaciones técnicas y capacidad portante del suelo, tomadas de los planos de estructuras del Pabellón de Laboratorios y Gabinetes de la Facultad de Ciencias Agrarias

Fuente: Plano de Estructura: Cimentación (Bloque 01), noviembre de 1994, Laboratorios y Gabinetes – FAC. DE AGRONOMIA.



**Figura 4.** Factores de zona “Z” para cada zona sísmica

Fuente: Norma E-030, Capítulo II, Artículo 10 – Figura N°1

**Tabla 10**

Factor del suelo “S”

FACTOR DE SUELO “S”				
SUELO ZONA	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z1	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: Norma E-030, Capítulo II, Artículo 13 – Tabla N° 3

**Tabla 11**

Periodos “ $T_P$ ” y “ $T_L$ ”

PERIODOS “ $T_P$ ” Y “ $T_L$ ”				
	Perfil de suelo			
	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$T_P$	0.3	0.4	0.6	1.0
$T_L$	3.0	2.5	2.0	1.6

Fuente: Norma E-030, Capítulo II, Artículo 13 – Tabla N° 4

### 3.3.2 Objetivo específico 2: Evaluar la configuración estructural de las Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial para determinar el índice de resistencia sísmica a través del método Hirosawa y Demanda – Resistencia.

Se ha determinado la categoría y uso de la edificación, el sistema estructural y la regularidad estructural de cada uno de las edificaciones pertenecientes a las Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial, de acuerdo a lo estipulado en la Norma E030 Diseño sismorresistente capítulo III y el OPS (2000). para el cálculo del parámetro SD, para ello nos apoyamos de los planos arquitectónicos y visitas a la zona de estudio incite, con el fin de visualizar y analizar cada una de las características geométricas y físicas de los componentes estructurales de las edificaciones, a continuación se detalla los siguientes parámetros considerados para su evaluación:

A) Parámetros según la OPS (2000). para el cálculo SD

**Tabla 12**

Valores de  $G_i$  y  $R_i$

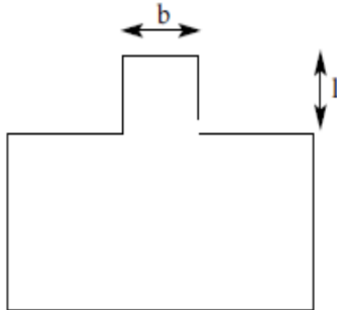
ITEM (qi)	$G_i$			$R_i$
	1.0	0.9	0.8	
1. Regularidad ai	Regular (a1)	Mediana (a2)	Irregular (a3)	1.0
2. Relación largo – ancho $B=n/m$	$B < 5$	$5 < B < 8$	$B > 8$	0.5
3. Contratación de planta $c=d1/d0$	$0.8 < C$	$0.5 < C < 0.8$	$C < 0.5$	0.5
4. Atrio o patio interior	$R_{ap} = 0.1$	$0.1 < R_{ap} < 0.3$	$0.3 < R_{ap}$	0.5
5. Excentricidad de Atrio o patio interior	$f1 = 0.4$ $f2 = 0.1$	$f > 0.4$ $0.1 < f2 < 0.3$	$0.4 < f1$ $0.3 < f2$	0.25
6. Subterráneo	$1.0 < R_{as}$	$0.5 < R_{as} < 1.0$	$R_{as} < 0.5$	1.0
7. Junta de dilatación	$0.01 < s$	$0.005 < 0.01$	$s < 0.005$	0.5
8. Uniformidad de altura de piso	$0.9 < R_h$	$0.7 < R_h < 0.8$	$R_h < 0.7$	0.5

Fuente: OPS 2000-

La descripción de cada una de las características se entrega a continuación:

### 1. Regularidad $a_i$ :

La planta es bilateralmente simétrica, lo que significa que la parte que sobresale no es superior al 10% de la superficie total de la planta. En caso de que  $l/b$  sea inferior a 0,5, deberán tenerse en cuenta estos salientes.



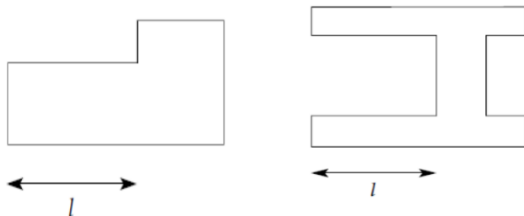
Fuente: OPS 2000

a2: La planta es irregular, con voladizos que no cubren más del 30% de la superficie total. Aquí se incluyen los tipos de plantas L, T, U y quizás más.

a3: La planta es mucho más asimétrica que en el ejemplo a2, con un saliente que cubre más del 30% de su superficie.

### 2. Relación largo – ancho, B:

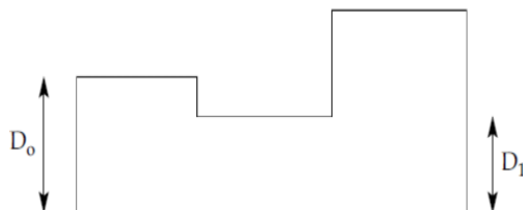
una comparación de las dimensiones mayor y menor de la planta expresada en forma de cociente. En el caso de las plantas de los tipos L, T, U u otros, se considera que el lado mayor es  $2 \cdot l$ , donde  $l$  es el valor indicado en el diagrama.



Fuente: OPS 2000

### 3. Contracción de planta, c:

Se produce cuando, en un forjado cualquiera, la superficie de la losa disminuye desde su perímetro hacia su interior.



Fuente: OPS 2000

**4. Atrio o patio interior,  $R_{ap}$** 

Tamaño del atrio como porcentaje de la superficie total. Sin embargo, este cálculo no tiene en cuenta un hueco de escalera construido con muros de hormigón armado.

**5. Excentricidad de Atrio o patio inferior,  $f$** 

f1: La relación entre la longitud menor de la planta y la distancia desde su centro al centro del atrio.

f2: La relación entre la longitud menor de la planta y la distancia desde el centro de la planta al centro del atrio.

**6. Subterráneo,  $R_{as}$** 

Proporción del metro de plata respecto a la superficie total de una estructura.

**7. Junta de dilatación,  $s$** 

Sólo las estructuras con junta de dilatación cumplen este requisito.

una comparación del espesor de la junta de dilatación sísmica con la elevación sobre el nivel del suelo en la que está instalada.

**8. Uniformidad de altura de piso,  $R_h$** 

una comparación de la altura de este nivel con la del piso superior en términos de ratio. Para el nivel superior, se sustituye el nivel inferior por el superior.

Según Hirosawa, la SD se determina tomando el peor valor encontrado para el atributo en todas las plantas, ya que se cree que es el típico para toda la estructura.

B) Parámetros según la E030 Diseño sismorresistente capítulo III



Tabla 13

Categoría de las edificaciones y factor "U"

CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimiento del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	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: <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, cuartales 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 presentar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos.</li> <li>- Edificios que almacenan archivos e información esencial del Estado</li> </ul>	1.5
B Edificaciones Importantes	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. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1.3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1.0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Nota 1: Cuando se construyen en las zonas sísmicas 4 y 3, las nuevas estructuras de categoría A1 incluyen el aislamiento de la base. El aislamiento sísmico es opcional en las zonas sísmicas 1 y 2, a discreción del organismo responsable. U debe ser superior a 1,5 si no se utiliza el aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2.

Nota 2: En estas edificaciones se provee resistencia y rigidez adecuados para acciones laterales, criterio del proyectista.

Fuente: NTP E-030, Capítulo III, Artículo 15.

### F) Coeficiente Básica de Reducción de las Fuerzas Sísmicas ( $R_o$ )

Las edificaciones de los diferentes pabellones de las facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto están construidas bajo un sistema estructural de Pórticos de Concreto armado, por lo tanto, el coeficiente básico de reducción  $R_o$  para todas las estructuras en evaluación es de  $R_o=8.0$ , de acuerdo la tabla N°7 fijada en la NTP E-030, Capítulo III, Artículo 18.

**Tabla 14**

*Sistemas estructurales*

<b>SISTEMAS ESTRUCTURALES</b>	
<b>Sistema Estructural</b>	<b>Coeficiente Básico de Reducción <math>R_o</math> (*)</b>
<b>Acero:</b>	
Pórticos Especiales Resistente a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
<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>
<b>Madera</b>	<b>7 (**)</b>

(\*) Estos coeficientes se aplican únicamente a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad de la estructura. No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido.

(\*\*) Para diseño por esfuerzos admisibles.

Fuente: NTP E-030, Capítulo III, Artículo 18.

Sin embargo, el Coeficiente Básico de Reducción  $R_o$  se ve afectado por los factores de Irregularidad estructural existente en altura ( $I_a$ ) y en planta ( $I_p$ ) en las dos direcciones de análisis, cuyos valores están plasmadas en las tablas N° 8 y 9 de la NTP E-030, Capítulo III, Artículo 20 para Estructuras Irregulares; y para estructuras Regulares el valor de " $I_a$ " y el " $I_p$ " es igual a 1.0.

**Tabla 15***Irregularidades estructurales en altura*

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad la
<p><b>Irregularidad de Rigidez – Piso Blando</b>            Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes.            Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.</p>	0.75
<p><b>Irregularidad de Resistencia – Piso Débil</b>            Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	
<p><b>Irregularidad Extrema de Rigidez</b>            Existe irregularidad extrema de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes.            Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga</p>	0.50
<p><b>Irregularidad Extrema de Resistencia</b>            Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fueras cortantes es inferior a 65% de la resistencia del entrepiso inmediato superior</p>	
<p><b>Irregularidad de Masa o Peso</b>            Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el artículo 26, es mayor que 1.5 veces del peso de un piso adyacente. Este criterio no es aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0.90
<p><b>Irregularidad Geométrica Vertical</b>            La configuración es irregular cuando en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cagas laterales es mayor que 1.3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoterias ni en sótanos.</p>	0.90
<p><b>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes</b>            Se clasifica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10% de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25% de la correspondiente dimensión del elemento,</p>	0.80
<p><b>Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes</b>            Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25% de la fuerza cortante total,</p>	0.60

Fuente: NTP E-030, Capítulo III, Artículo 20.

**Tabla 16***Irregularidades estructurales en planta*

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad Ip
<p><b>Irregularidad Torsional</b></p> <p>Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo de edificio (<math>\Delta_{max}</math>) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1.3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (<math>\Delta_{prom}</math>).</p> <p>Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N°11.</p>	0.75
<p><b>Irregularidad Torsional Extrema</b></p> <p>Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (<math>\Delta_{max}</math>) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1.5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (<math>\Delta_{prom}</math>).</p> <p>Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.</p>	0.60
<p><b>Esquinas Entrantes</b></p> <p>La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta.</p>	0.90
<p><b>Discontinuidad del Diafragma</b></p> <p>La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50% del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal de diafragma con un área neta resistente menor que 25% del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.</p>	0.85
<p><b>Sistemas no Paralelos</b></p> <p>Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos, No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resistentes menor que 10% de la fuerza cortante del piso</p>	0.90

Fuente: NTP E-030, Capítulo III, Artículo 20.

**Tabla 17***Categoría y regularidad de las edificaciones*

<b>CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES</b>		
<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

Fuente: NTP E-030, Capítulo III, Artículo 21.

Este análisis se registró en la tabla 18 y sirve como base para tablas 34 y 35 del ítem de los resultados:

**Tabla 18***Parámetros de la configuración estructural por el Método de Hirosawa*

<b>Pabellón</b>	<b>Ítem</b>	<b>Análisis</b>	<b>Valor</b>	<b>Condición</b>
Aulas de FCA y FIAI	1	Regularidad	a2	Mediano
	2	Relación largo - ancho	3.11	$B < 5$
	3	Contracción en planta	1.0	$0.8 < C$
	4	Atrio o patio interior	0.1	$Rap = 0.1$
	5	Excentricidad de Atrio	f1 = 0.4 f2 = 0.1	f1 = 0.4 f2 = 0.1
	6	Subterráneo	-	-
	7	Junta de dilatación	0.0042	$s < 0.005$
	8	Uniformidad de altura de piso	1.27	$0.8 < Rh$
Laboratorios y Gabinetes de FCA	1	Regularidad	a2	Mediano
	2	Relación largo - ancho	3.48	$B < 5$
	3	Contracción en planta	0.57	$0.5 < C < 0.8$
	4	Atrio o patio interior	0.1	$Rap = 0.1$
	5	Excentricidad de Atrio	f1 = 0.14 f2 = 0.06	$0.4 < f1$ $0.3 < f2$
	6	Subterráneo	-	-
	7	Junta de dilatación	0.0054	$0.005 < s$

	8	Uniformidad de altura de piso	1.07	$0.8 < Rh$
	1	Regularidad	a2	Mediano
	2	Relación largo - ancho	1.37	$B < 5$
	3	Contracción en planta	0.60	$0.5 < C < 0.8$
	4	Atrio o patio interior	0.104	$0.1 < Rap < 0.3$
Laboratorios de FIAI	5	Excentricidad de Atrio	f1 = 0.33 f2 = 0.16	f1 < 0.4 0.1 < f2 < 0.3
	6	Subterráneo	-	-
	7	Junta de dilatación	0.0036	$0.005 < s$
	8	Uniformidad de altura de piso	1.35	$0.8 < Rh$
	1	Regularidad	a2	Mediano
	2	Relación largo - ancho	1.72	$B < 5$
	3	Contracción en planta	0.80	$0.5 < C < 0.8$
Pabellón de SS-HH de FCA y FIAI	4	Atrio o patio interior	0.1	Rap = 0.1
	5	Excentricidad de Atrio	f1 = 0.4 f2 = 0.1	f1 = 0.4 f2 = 0.1
	6	Subterráneo	-	-
	7	Junta de dilatación	0.0049	$s < 0.005$
	8	Uniformidad de altura de piso	1.16	$0.8 < Rh$
	1	Regularidad	a2	Mediano
	2	Relación largo - ancho	1.35	$B < 5$
	3	Contracción en planta	0.33	$C < 0.5$
	4	Atrio o patio interior	0.1	Rap = 0.1
	5	Excentricidad de Atrio	f1 = 0.4 f2 = 0.1	f1 = 0.4 f2 = 0.1
Administrativo 01 de FCA y FIAI	6	Subterráneo	-	-
	7	Junta de dilatación	0.0075	$0.005 < s$
	8	Uniformidad de altura de piso	0.59	$Rh < 0.7$
	1	Regularidad	a1	Regular
	2	Relación largo - ancho	1.0	$B < 5$
	3	Contracción en planta	1.0	$0.8 < C$
	4	Atrio o patio interior	0.1	Rap = 0.1
Administrativo 02 de FCA y FIAI	5	Excentricidad de Atrio	f1 = 0.4 f2 = 0.1	f1 = 0.4 f2 = 0.1
	6	Subterráneo	-	-
	7	Junta de dilatación	0.0044	$s < 0.005$
	8	Uniformidad de altura de piso	1.43	$0.8 < Rh$

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.3 Objetivo específico 3: Evaluar el deterioro de las edificaciones de las Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial para determinar el índice de resistencia sísmica a través del método Hirosawa y Demanda – Resistencia.


Se realizó la evaluación del índice de deterioro de las edificaciones de las Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial, considerando algunas tablas ya elaboradas que están establecidas por el método de Hirosawa; tales como daños leves, inclinaciones, deformaciones, grietas, sustancias químicas y tiempo de uso de las estructuras ya mencionadas, para lo cual se realizó una visita a los dos pabellones de la universidad. A continuación, se detalla las tablas de valores consideradas para el cálculo del Índice de Deterioro plasmadas en la OPS 2000, así mismo las fichas de reporte que sirvieron para estimar dichos coeficientes:

**Tabla 19**


*Valores del índice T para diferentes causas y tipos de deterioro.*

<b>Deformación permanente (T1)</b>	
<b>Características</b>	<b>T1</b>
El edificio presenta inclinación debido a asentamiento diferencial.	0.7
El edificio está construido sobre relleno artificial.	0.9
El edificio ha sido reparado debido a deformaciones presentadas anteriormente.	0.9
Tiene visible deformación de vigas o columnas.	0.9
No presenta signos de deformación.	1.0
<b>Grietas en muros o columnas debido a corrosión del acero de refuerzo (T2)</b>	
<b>Características</b>	<b>T2</b>
Presenta filtraciones con corrosión visible de armaduras.	0.8
Presenta grietas inclinadas visibles en columnas.	0.9
Presenta grietas visibles en muros.	0.9
Presenta filtraciones, pero sin corrosión de armaduras.	0.9
Nada de lo anterior.	1.0
<b>Incendios (T3)</b>	
<b>Características</b>	<b>T2</b>
Ha experimentado incendio, pero no fue reparado.	0.7
Ha experimentado incendio y fue adecuadamente reparado.	0.8
No ha experimentado incendio.	1.0
<b>Incendios (T4)</b>	
<b>Características</b>	<b>T2</b>
Almacena sustancias químicas.	0.8
No contiene sustancias químicas.	1.0
<b>Incendios (T5)</b>	
<b>Características</b>	<b>T2</b>
Presenta daño estructural grave.	0.8
Presenta daño estructural fuerte.	0.9
Presenta daño estructural ligero o no estructural.	1.0

Fuente: OPS 2000



**EVALUACION DE VULNERABILIDAD  
SISMICA POR METODO HIROSAMA**



Fecha: / /

**Proyecto:**

**Autores:** Bach. Llener Reátegui Cenepo  
Bach. Pamela del Carmen Diaz Bocanegra

**Datos Generales**

Ubicación: .....

Edificación Evaluada: .....

Módulo Evaluado: .....

Año de construcción: .....

**CUALIDADES TÉCNICAS**

Nota: marcar con "X" donde corresponde

Zona Sismica	Z-1	Z-2	Z-3	Z-4

Tipo de Perfil de Suelo	Roca Dura (So)	Roca o Suelos Muy Rígidos (S1)	Suelos Intermedios (S2)	Suelos Blandos (S3)	Condiciones Excepcionales (S4)

Categoría de la Edificación	Edificaciones Especiales (A)		Edificaciones Importantes (B)	Edificaciones Comunes (C)	Edificaciones Temporales (D)
	A1				
	A2				

**CARACTERÍSTICAS DE LA EDIFICACION**

Número de pisos: .....

Altura de entre piso 1º piso: ..... m

Altura de entre piso 2º piso: ..... m

Altura de entre piso 3º piso: ..... m

Altura total: ..... m

*Fuente: Elaboración Propia (2022)*

**Figura 5.** Ficha de Reporte

Fuente: Elaboración Propia



DATOS DE COLUMNAS					
SECCION	b(cm)	h(cm)	AREA(cm <sup>2</sup> )	PISO N°	N° DE
				1° PISO	
				2° PISO	
				3° PISO	
				1° PISO	
				2° PISO	
				3° PISO	
				1° PISO	
				2° PISO	
				3° PISO	
				1° PISO	
				2° PISO	
				3° PISO	
				1° PISO	
				2° PISO	
				3° PISO	
				1° PISO	
				2° PISO	
				3° PISO	
				1° PISO	
				2° PISO	
				3° PISO	
CAUSAS Y TIPOS DE DETERIORO					
Nota: marcar con "X" donde corresponde					
A. DEFORMACIÓN PERMANENTE					
CARACTERISTICA				SI	NO
El edificio presenta inclinación debido a asentamiento diferencial					
El edificio está construido sobre relleno artificial					
El edificio ha sido reparado debido a deformaciones presentadas anteriormente					
Visible deformación de vigas o columnas					
No presenta signos de deformación					
Fuente: Elaboración Propia (2022)					

**Figura 6.** Ficha de Reporte

Fuente: Elaboración Propia

<b>B. GRIETAS EN MUROS O COLUMNAS DEBIDO A CORROSIÓN DEL ACERO DE REFUERZO</b>			
<b>CARACTERISTICA</b>		<b>SI</b>	<b>NO</b>
Presenta filtraciones con corrosión visible de armaduras			
Grietas inclinadas visibles en columnas			
Grietas visibles en muros			
Presenta filtraciones, pero sin corrosión de armaduras			
Nada de lo anterior			
<b>C. INCENDIOS</b>			
<b>CARACTERISTICA</b>		<b>SI</b>	<b>NO</b>
Ha experimentado incendio, pero no fue reparado			
Ha experimentado incendio y fue adecuadamente reparado			
No ha experimentado incendio			
<b>D. USO DEL CUERPO O BLOQUE</b>			
<b>CARACTERISTICA</b>		<b>SI</b>	<b>NO</b>
Almacena sustancias y químicas			
No contiene sustancias químicas			
<b>E. TIPO DE DAÑO ESTRUCTURAL</b>			
<b>CARACTERISTICA</b>		<b>SI</b>	<b>NO</b>
Daño estructural grave			
Daño estructural fuerte			
Daño estructural ligero o no estructural			
<b>CLASIFICACION DE DAÑOS CAUSADOS POR SISMO</b>			
<b>TIPO DE DAÑO</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
NO ESTRUCTURAL	Daños únicamente en elementos no estructurales		
ESTRUCTURAL LIGERO	Grietas de menos de 0.5 mm de espesor en elementos de hormigón armado. Grietas de menos de 3mm de espesor en muros de albañilería.		
ESTRUCTURAL FUERTE	Grietas de 0.5 a 1mm de espesor en elementos de hormigón armado. Grietas de 3mm a 10mm de espesor en muros de albañilería.		
	Grietas de más de 1mm de espesor en elementos de hormigón armado. Aberturas en muros de albañilería. Aplastamiento del hormigón, rotura de estribos y pandeo del refuerzo en vigas, columnas y muros de hormigón. Agrietamiento de capiteles y consolas. Desplome de columnas. Desplome del edificio enmas de 1% de su altura. Asentamiento de más de 20cm.		

**Figura 7.** Ficha de Reporte

Fuente: Elaboración Propia



## A. Evaluación de vulnerabilidad por método Hirosawa

El enfoque compara el potencial de resistencia en relación con el aspecto, cuidado y el daño previo del edificio con respecto al nivel de demanda, esto se basa en el cálculo de los coeficientes “Is” e “Iso” respectivamente.

Para determinar los valores de los coeficientes antes mencionados, realizamos los cálculos correspondientes de acuerdo a las fórmulas y parámetros plasmados en la OPS (2000), según se detalla a continuación:

### Cálculo del Is:

$I_s = E_o * SD * T$
Donde: $E_o$ = Índice sísmico básico de comportamiento estructural $SD$ = Índice de configuración estructural $T$ = Índice de deterioro de la edificación

### Cálculo de Eo:

$E_P = \frac{(n_p + 1)}{(n_p + i)} * \alpha_3 * C_c * F$
Donde: $N_p$ = Número de pisos del Edificio $I$ = Nivel que se evalúa $\alpha_3$ = Factor de reducción de la capacidad resistencia – columnas $C_c$ = Columnas no cortas de hormigón armado $F$ = Índice de ductilidad asociado a los elementos verticales

### Cálculo de Cc:

$C_P = \frac{f'c}{200} * \frac{10 * \Sigma A_{C1} + 7 * \Sigma A_{C2}}{\Sigma_{j=1}^{n_p} W_j}$
Donde: $f'c$ = Resistencia a la comprensión del concreto (*) $W_j$ = Peso del Piso $\Sigma A_{C1}$ = Suma de las áreas de las columnas de hormigón armado donde la relación h y D es < 6 $\Sigma A_{C2}$ = Suma de las áreas de las columnas de hormigón armado donde la relación h y D es > 6

**Cálculo del SD:**

$$SD = q_i = \{1.0 - (1 - G_i) * R_i\}$$

**Cálculo del Índice Iso:**

$$Iso = E_{so} * Z * G * U (*)$$

Al finalizar el método, se comparará los valores de los coeficientes “Is” e “Iso”, con el fin de establecer la siguiente relación:

- Si:  $Is \geq Iso$  al momento de un acontecimiento sísmico, se puede decir que el edificio se comportará de manera segura.
- Si:  $Is < Iso$  es posible suponer que la estructura se comportará de manera impredecible en caso de un evento sísmico, haciéndola insegura.

Estos cálculos se registraron en las tablas 20 y 21, y sirve como base para tabla 37 del ítem de los resultados.

**Tabla 20**

*Índice básico de comportamiento estructural para la evaluación en dirección “X” e “Y”*

Pabellón	Nivel de Evaluación	Factores	Valor	Índice (Eo)
Aulas de FCA y FIAI	1	Np	2	<b>Eo1= 0.259</b>
		I	1	
		$\alpha 3$	1	
		Cc	0.259	
		F	1	
	2	Np	2	<b>Eo2=0.451</b>
		I	2	
		$\alpha 3$	1	
		Cc	0.601	
		F	1	
Laboratorios y Gabinetes de FCA	1	Np	2	<b>Eo1= 0.273</b>
		I	1	
		$\alpha 3$	1	
		Cc	0.273	
		F	1	
		Np	2	
		I	2	

	2	α3	1	<b>Eo2=0.502</b>
		Cc	0.669	
		F	1	
		Np	2	
		I	1	
	1	α3	1	<b>Eo1= 0.301</b>
		Cc	0.301	
		F	1	
Laboratorios de FIAI		Np	2	
		I	2	
	2	α3	1	<b>Eo2=0.502</b>
		Cc	0.669	
		F	1	
		Np	2	
		I	1	
	1	α3	1	<b>Eo1= 0.378</b>
		Cc	0.378	
		F	1	
Pabellón de SS-HH de FCA y FIAI		Np	2	
		I	2	
	2	α3	1	<b>Eo2=0.572</b>
		Cc	0.763	
		F	1	
		Np	2	
		I	1	
	1	α3	1	<b>Eo1= 0.263</b>
		Cc	0.263	
		F	1	
Administrativo 01 de FCA y FIAI		Np	2	
		I	2	
	2	α3	1	<b>Eo2=0.392</b>
		Cc	0.523	
		F	1	
		Np	2	
		I	1	
	1	α3	1	<b>Eo1= 0.263</b>
		Cc	0.244	
		F	1	
Administrativo 02 de FCA y FIAI		Np	2	
		I	2	
	2	α3	1	<b>Eo2=0.378</b>
		Cc	0.504	
		F	1	

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 21**

Valores del índice de resistencia sísmica ( $I_s$ ) y el Índice de resistencia demandada ( $I_{so}$ )

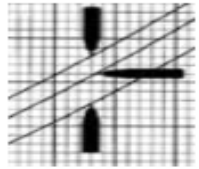
Pabellón	Nivel de Evaluación	Sub Índices	Valor	Índice ( $I_s$ )	Índice ( $I_{so}$ )
Aulas de FCA y FIAI	1	Eo1	0.259	$I_{s_1} = 0.210$	Iso x-x =0.175
		SD1	0.903		
		T1	0.900		
	2	Eo2	0.451	$I_{s_2} = 0.329$	Iso y-y =0.162
		SD2	0.810		
		T2	0.900		
Laboratorios y Gabinetes de FCA	1	Eo	0.273	$I_{s_1} = 0.199$	Iso x-x =131
		SD	0.812		
		T	0.900		
	2	Eo2	0.502	$I_{s_2} = 0.349$	Iso y-y =0.129
		SD2	0.772		
		T2	0.900		
Laboratorios de FIAI	1	Eo1	0.301	$I_{s_1} = 0.194$	Iso x-x =145
		SD1	0.715		
		T1	0.900		
	2	Eo2	0.502	$I_{s_2} = 0.322$	Iso y-y =170
		SD2	0.713		
		T2	0.900		
Pabellón de SS-HH de FCA y FIAI	1	Eo1	0.378	$I_{s_1} = 0.323$	Iso x-x =0.189
		SD1	0.95		
		T1	0.900		
	2	Eo2	0.572	$I_{s_2} = 0.396$	Iso y-y =0.189
		SD2	0.769		
		T2	0.900		
Administrativo 01 de FCA y FIAI	1	Eo1	0.263	$I_{s_1} = 0.164$	Iso x-x =0.210
		SD1	0.693		
		T1	0.900		
	2	Eo2	0.392	$I_{s_2} = 0.257$	Iso y-y =0.210
		SD2	0.729		
		T2	0.900		
Administrativo 02 de FCA y FIAI	1	Eo1	0.244	$I_{s_1} = 0.198$	Iso x-x =0.189
		SD1	0.903		
		T1	0.900		
	2	Eo2	0.378	$I_{s_2} = 0.306$	Iso y-y =0.189
		SD2	0.90		
		T2	0.900		

Fuente: Elaboración Propia

## B. Evaluación de vulnerabilidad por método Demanda - Resistencia

La estrategia se basa en una comparación entre la resistencia de la estructura y la demanda sísmica que debe satisfacer. Para evaluar la aplicación, es necesario comparar la resistencia mecánica de la f'c resistente con la f'c exigida y la resistencia mecánica de la armadura existente con la armadura exigida.

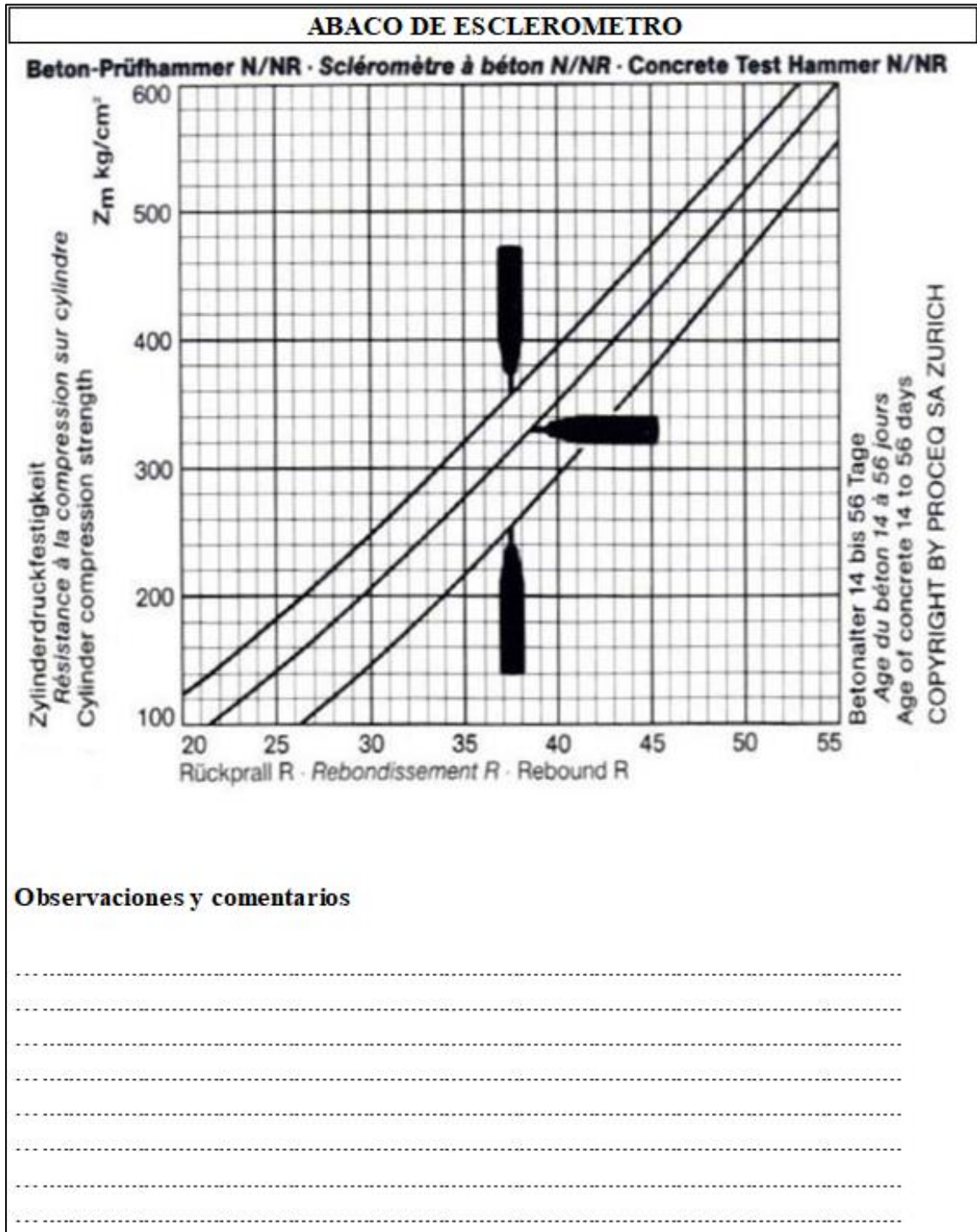
Para determinar el  $f'_c$  resistente de los elementos estructurales de las edificaciones en estudio se elaboraron ensayos de ultra sonido y esclerometría; para ello realizamos fichas de campo para facilitar la recopilación de datos y resultados de los ensayos antes mencionados, conforme se detalla en las siguientes imágenes:

TOM A DE DATOS ENSAYO DE ESCLEROMETRIA EN .....						
						Fecha: / /
<b>Proyecto:</b>						
<b>Autores:</b> Bach. Llener Reátegui Cenepo Bach. Pamela del Carmen Díaz Bocanegra						
<b>Datos Generales</b>						
Ubicación: .....						
Edificación Evaluada: .....						
Módulo Evaluado: .....						
Año de construcción: .....						
IDENTIFICACION DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL ENSAYADA						
SECCION	b (cm)	h (cm)	Ejes	Nivel de Piso		
DATOS DEL MARTILLO						
Marca: .....						
Modelo: .....						
Unidad de Lectura: .....						
N° de serie: .....						
Tipo de Sistema: Análogo: <input type="checkbox"/> Digital: <input type="checkbox"/>						
Fecha de Calibración: / /						
DATOS DEL ENSAYO						
Norma aplicada: ASTM C-805						
Tamaño de la zona de ensayo: 15x15 cm						
Grado de inclinación del Martillo durante el ensayo: 0°/Pos A						
Número promedio de Rebote en la zona de ensayo: .....						
VALORES Y RESULTADOS DE LA MUESTRA						
N° de Toma	N° de Disparos	Indice de Rebote	Promedio	Desviacion Estandar	$f'_c$ (PSI)	$f'_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )

**Figura 9.** Ficha de Campo

Fuente: Elaboración Propia





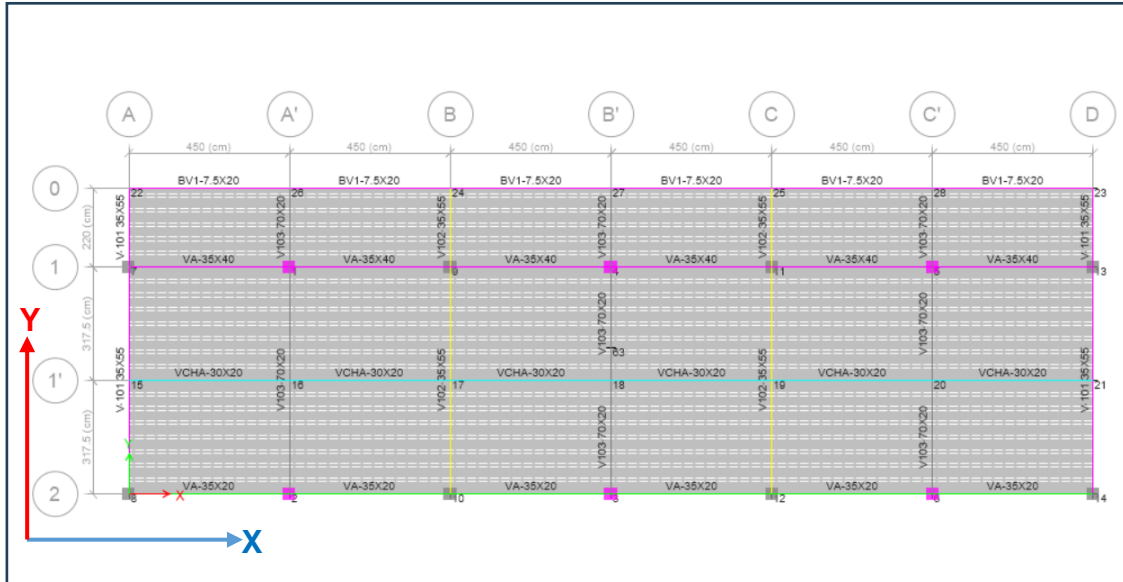
**Figura 10.** Ficha de Campo

Fuente: Elaboración Propia

Para determinar el refuerzo demandante, las deformaciones y el desplazamiento de los elementos estructurales de las edificaciones, se modeló la estructura en el programa Etabs 2016 V16.2.1., teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

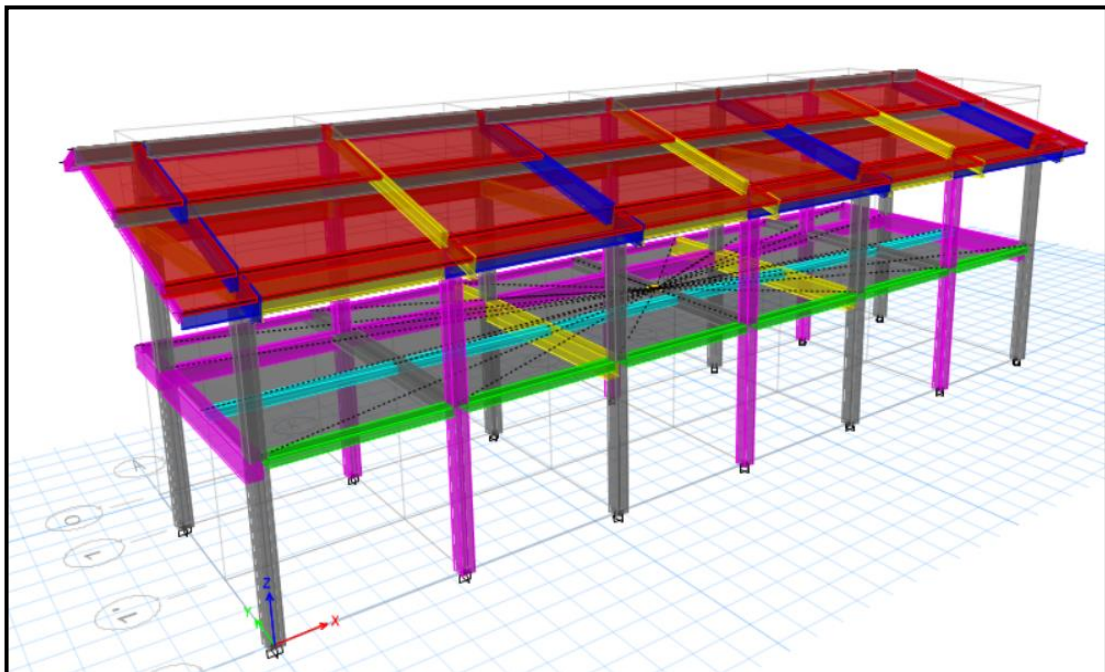
### A) Modelo Estructural adoptado

Se relaciona al sistema estructural predominante en las direcciones "X" y "Y" de las edificaciones en estudio, examinando la distribución de los elementos estructurales tales como las vigas, columnas y losas aligeradas que permiten generar modelos matemáticos para su análisis. Según se detalla a continuación:



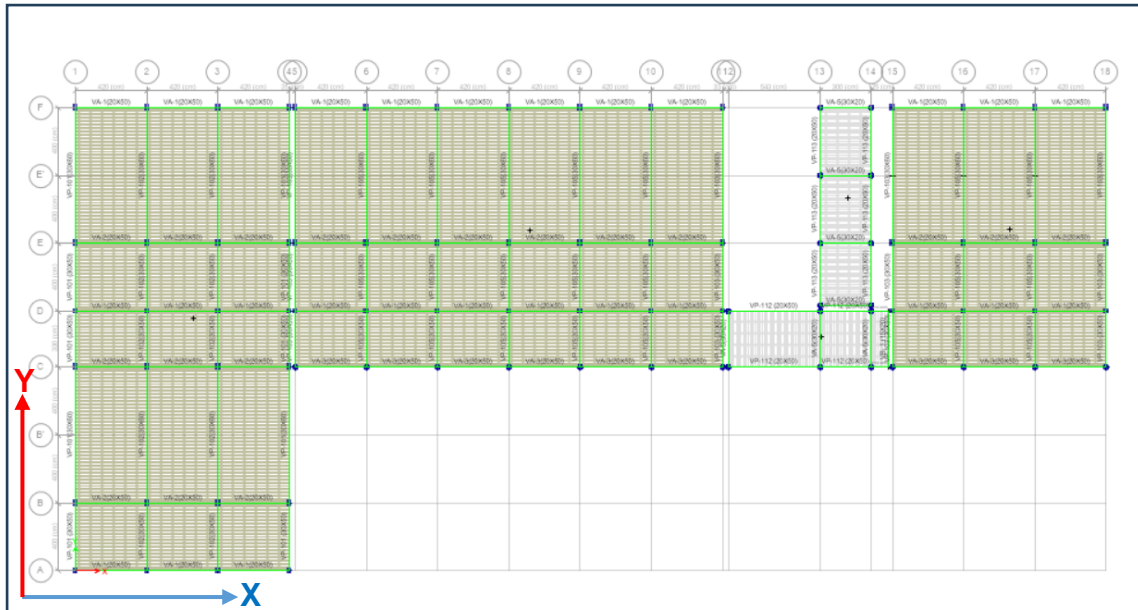
**Figura 11.** Sistemas de ejes definidos tanto para la dirección X-X y Y-Y - Pabellón de aulas para ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1. y Plano de Estructuras junio 1994



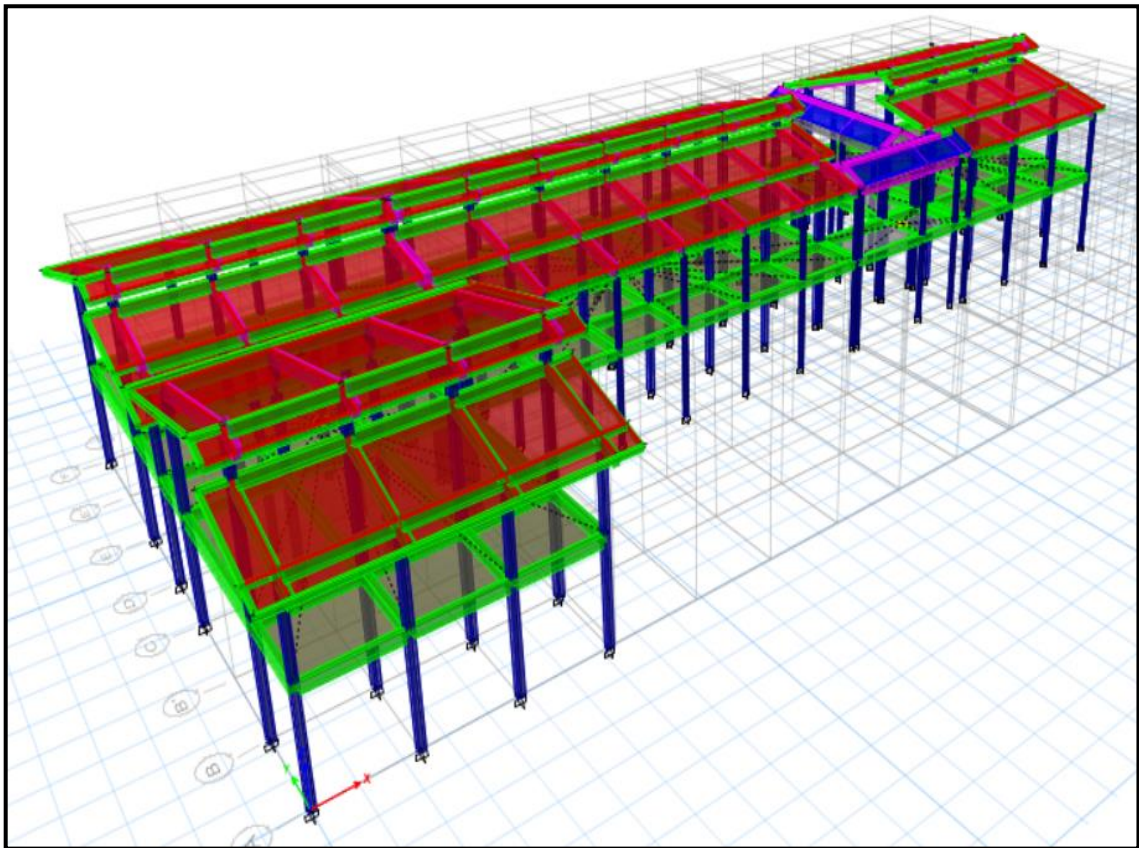
**Figura 12.** Modelo estructural para el análisis, vista Isométrica Renderizada - Pabellón de aulas para ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.



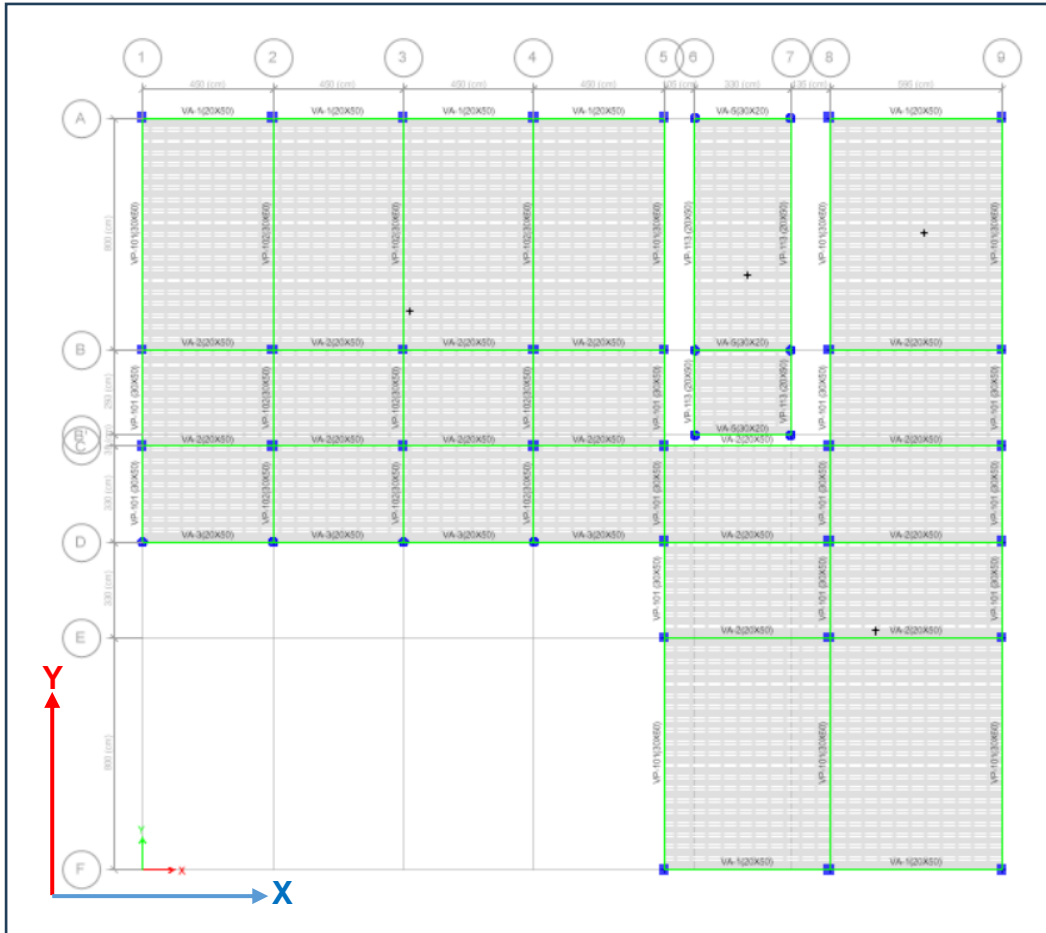
**Figura 13.** Sistemas de ejes definidos tanto para la dirección X-X y Y-Y – Pabellón de Laboratorios y Gabinetes para la Facultad de Ciencias Agrarias

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1. y Plano de Estructuras noviembre 1994



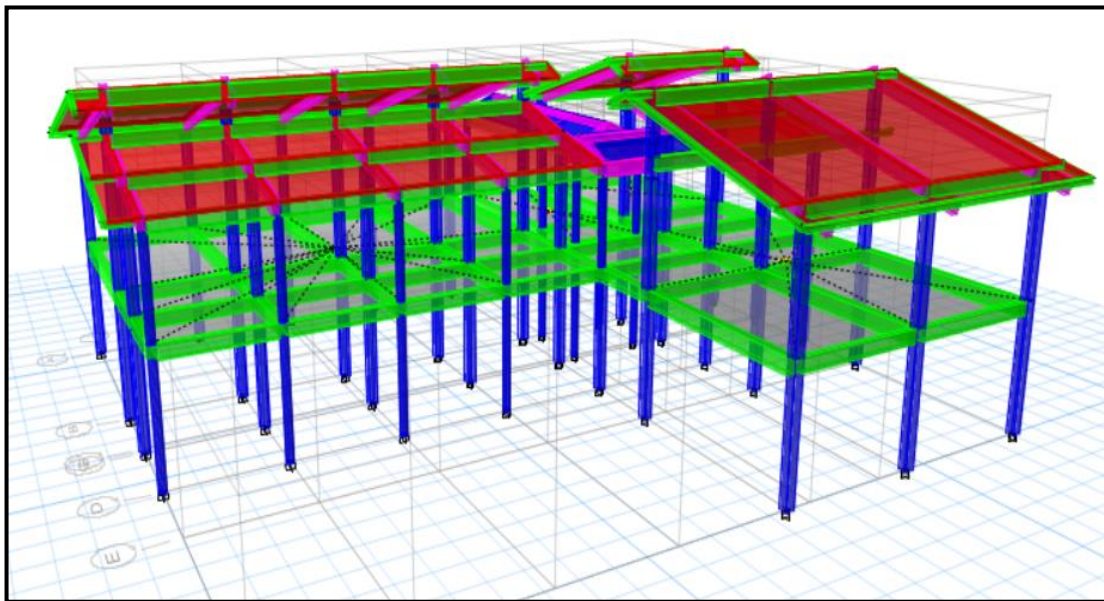
**Figura 14.** Modelo estructural para el análisis, vista Isométrica Renderizada – Pabellón de Laboratorios y Gabinetes para la Facultad de Ciencias Agrarias

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.



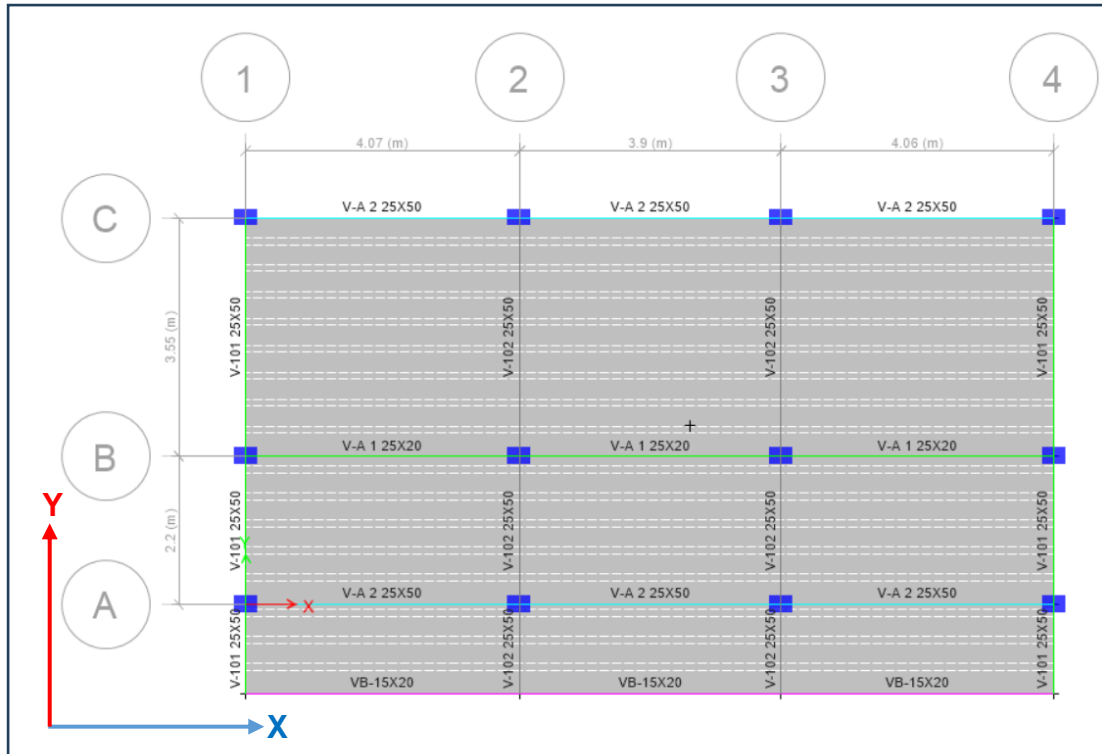
**Figura 15.** Sistemas de ejes definidos tanto para la dirección X-X y Y-Y - Pabellón de Laboratorios para la Facultad de Ingeniería Agroindustrial

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1. y Plano de Estructuras junio 1994.



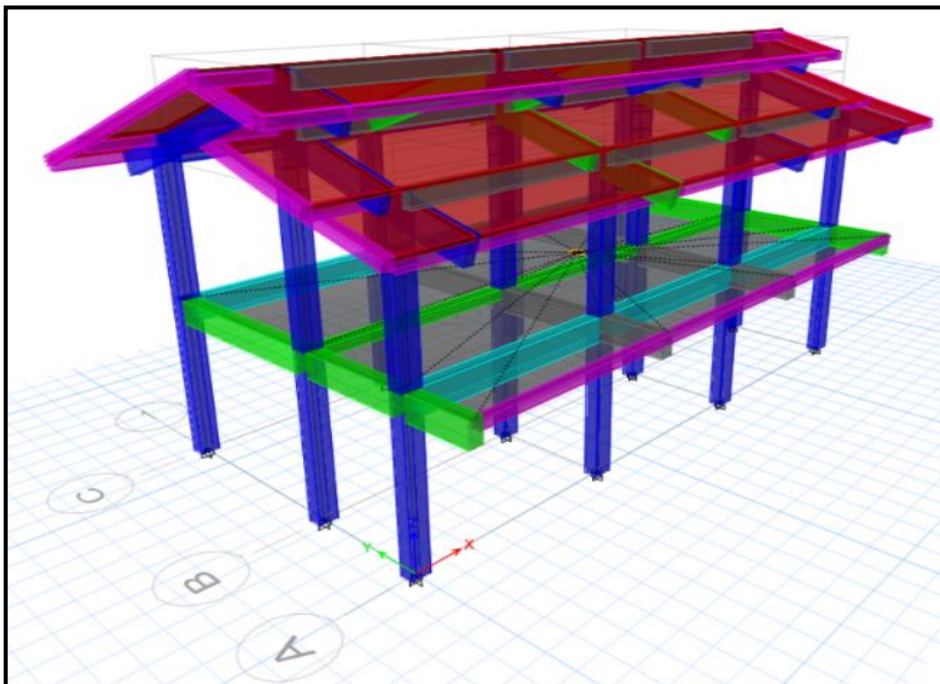
**Figura 16.** Modelo estructural para el análisis, vista Isométrica Renderizada - Pabellón de Laboratorios para la Facultad de Ingeniería Agroindustrial

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.

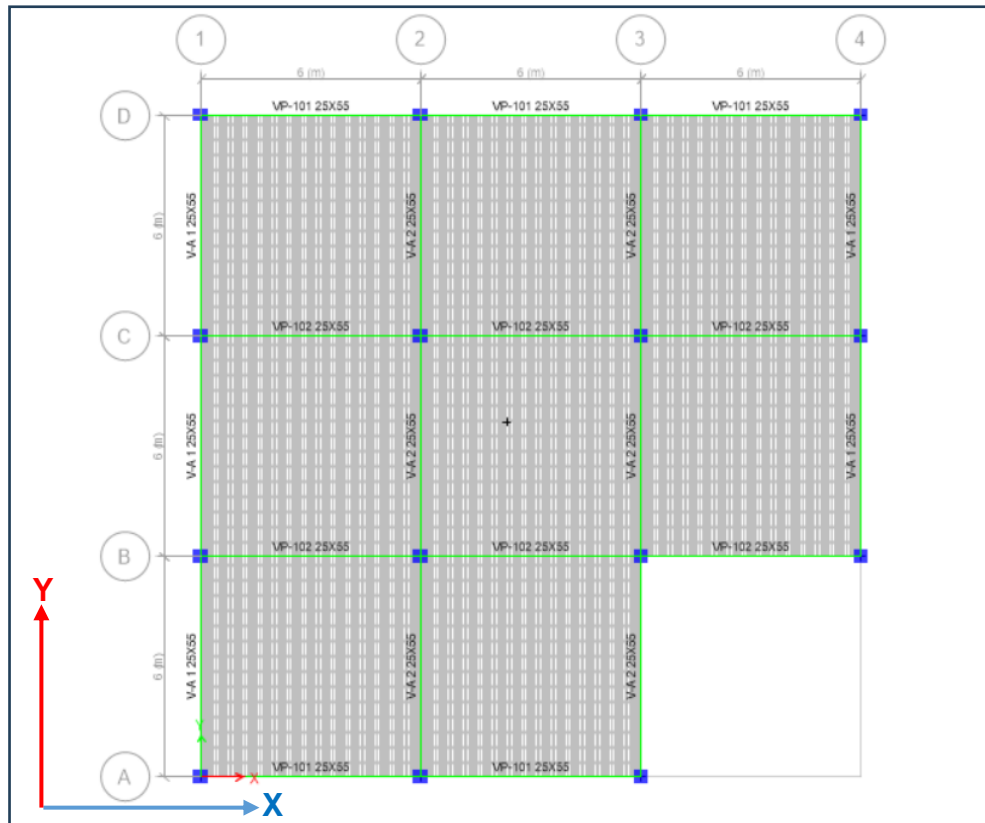


**Figura 17.** Sistemas de ejes definidos tanto para la dirección X-X y Y-Y - Pabellón de SS-HH para ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1. y Plano de Estructuras Junio 1994

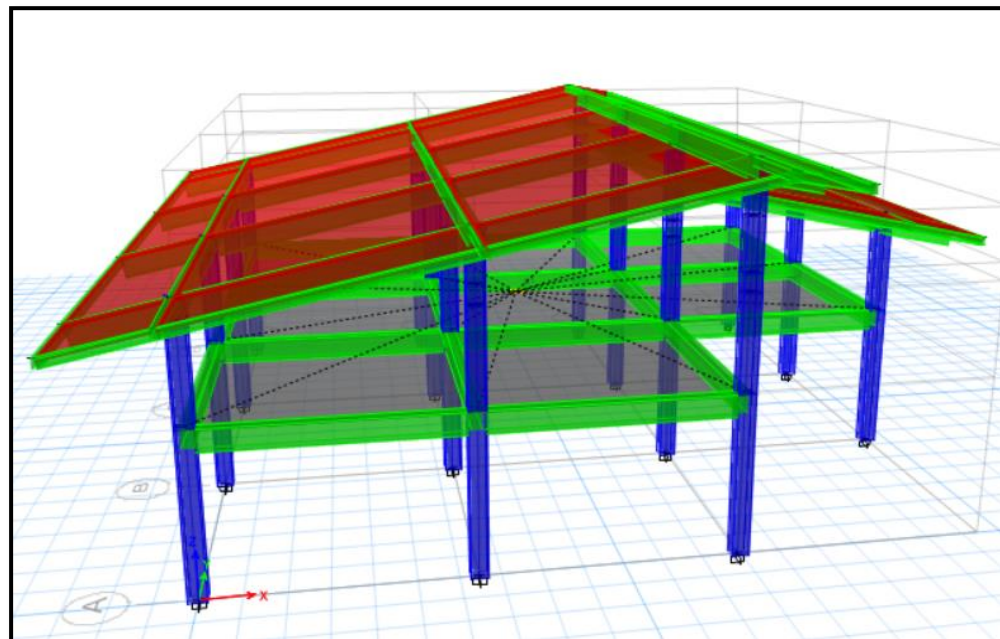


**Figura 18:** Modelo estructural para el análisis, vista Isométrica Renderizada - Pabellón de SS-HH para ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial  
Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.



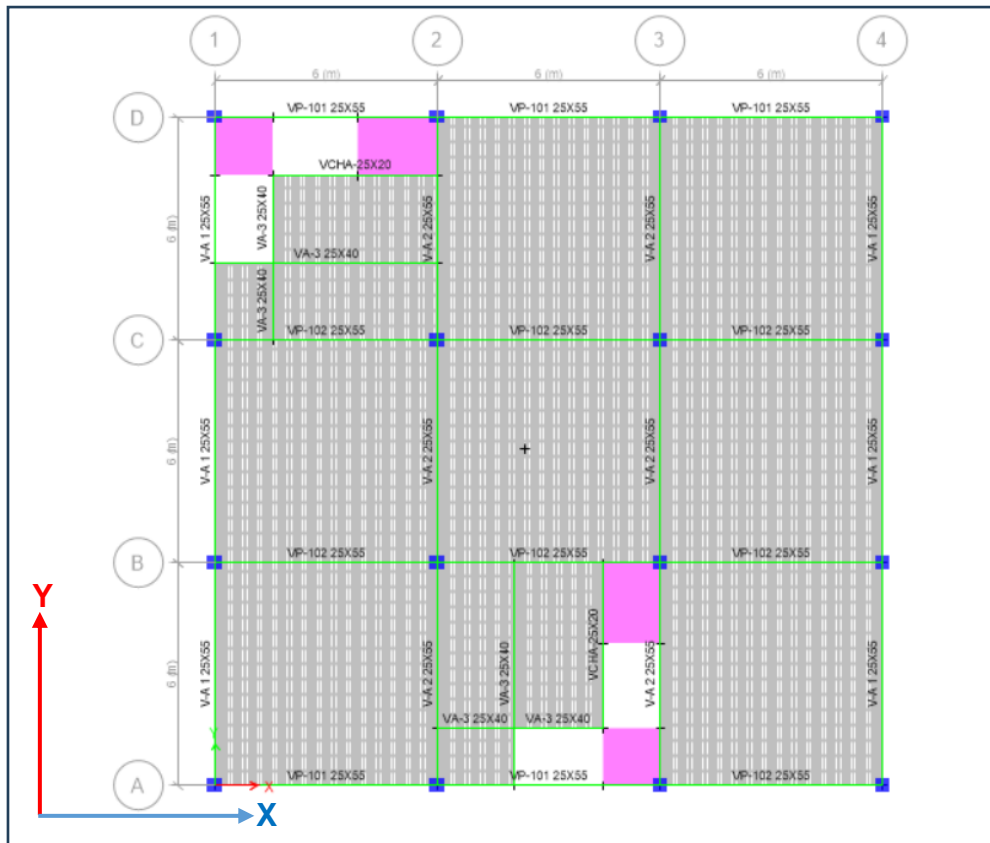
**Figura 19.** Sistemas de ejes definidos tanto para la dirección X-X y Y-Y - Pabellón de Administrativo 01 para ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1. y Plano de Estructuras junio 1994



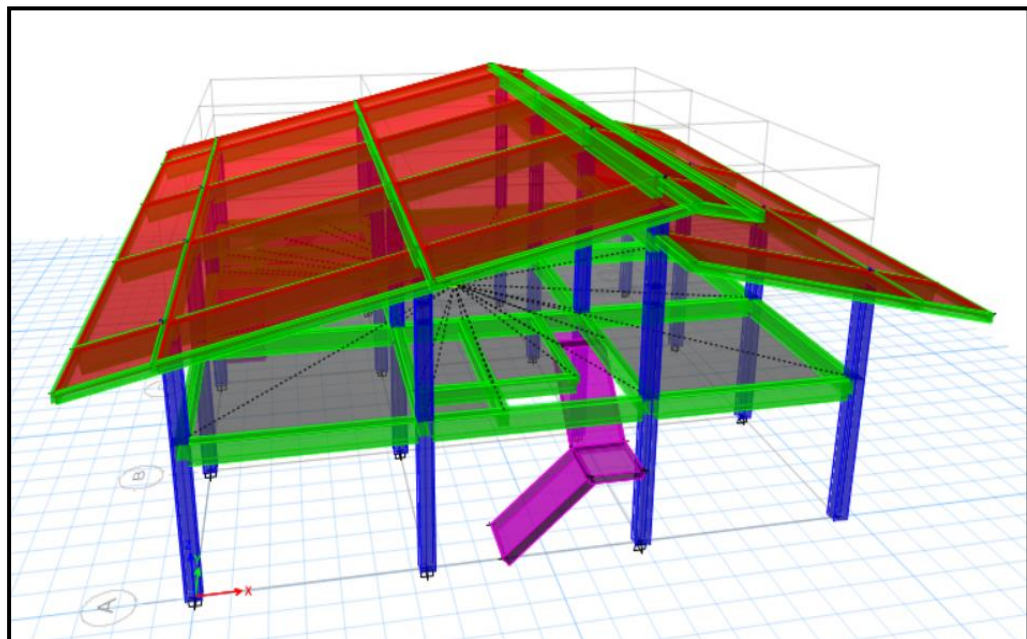
**Figura 20.** Modelo estructural para el análisis, vista Isométrica Renderizada - Pabellón de Administrativo 01 para ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.



**Figura 21.** Sistemas de ejes definidos tanto para la dirección X-X y Y-Y - Pabellón de Administrativo 02 para ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial.

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1. y Plano de Estructuras junio 1994



**Figura 22.** Modelo estructural para el análisis, vista Isométrica Renderizada - Pabellón de Administrativo 02 para ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.

## B) Propiedades de los Materiales

### Concreto

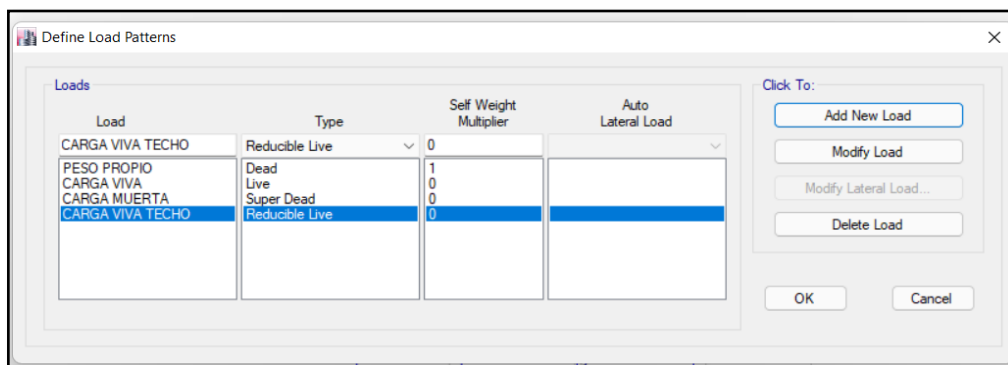
- Resistencia a la compresión ( $f^c$ )	:	210 kg/cm <sup>2</sup>
- Peso específico	:	2,400 kg/m <sup>3</sup>
- Módulo de elasticidad ( $E_c=15000\sqrt{f^c}$ )	:	217,370.65 kg/cm <sup>2</sup>
- Módulo de corte ( $G_c=E_c/2(u_c+1)$ )	:	94,509.98 kg/cm <sup>2</sup>
- Módulo de poisson ( $u_c$ )	:	0.15

### Acero

- Esfuerzo de fluencia ( $f_y$ )	:	4200 kg/cm <sup>2</sup>
- Peso específico	:	7850 kg/m <sup>3</sup>
- Módulo de elasticidad	:	$2 \times 10^6$ kg/cm <sup>2</sup>

## C) Estados de Cargas

De acuerdo a las Normas NTE. E - 020 y E - 060, se consideran los siguientes estados de carga en la estructura según valores definidos:



**Figura 23.** Definición de estados de carga

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.

Dónde:

- CARGA VIVA Y CARGA VIVA DE TECHO es la opción para la carga viva
- CARGA MUERTA es la carga permanente de muros y acabados
- PESO PROPIO es la carga propia de los elementos estructurales calculados por el software Etabs 2016 V16.2.1.

### Carga muertas

Son cargas provenientes del peso de los materiales, tabiquería fija, y otros elementos que forman parte de la edificación y/o se consideran permanentes.



-	Peso propio elementos de concreto armado	:	2400 kg/m <sup>3</sup>
-	Peso propio elementos de albañilería	:	1800 kg/m <sup>3</sup>
-	Peso propio del tarrajeo	:	2000 kg/m <sup>3</sup>
-	Peso propio de losa aligerada (h=0.20m)	:	300 kg/m <sup>2</sup>
-	Peso propio de piso terminado	:	100 kg/m <sup>2</sup>
-	Peso propio de tabiquería repartida	:	115 kg/m <sup>2</sup>
-	Peso tabiquería (h=2.50 m)	:	740 kg/m

### Cargas vivas

Cargas que provienen de los pesos no permanentes en la estructura, que incluyen a los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos móviles en la estructura.

-	Sobrecarga en aulas	:	300 kg/m <sup>2</sup>
-	Pasadizos	:	400 kg/m <sup>2</sup>
-	Sobrecarga en techos aligerados	:	150 kg/m <sup>2</sup>

### D) Parámetros sísmicos según norma E-030 – 2018 de Diseño Sismo Resistente

Los parámetros empleados para el Cálculo del Espectro de respuesta fueron:

**Tabla 22**

*Parámetros sísmicos - Pabellones de Aulas, SS-HH, Administrativo 02 de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial, y el Pabellón de Laboratorios y Gabinetes de la Facultad de Ciencias Agrarias.*

Factor de zona	Z=0.35 (Zona 3)	
Factor de Uso	U=1.50 (Categoría A1)	
Factor de Suelo	S=1.15 (Según E.M.S S2)	
Periodo que define la plataforma del Espectro	TP=0.60	
	TL=2.00	
Factor de Básico de Reducción de Fuerza Sísmica	Rox=8 (Sistema Apoticado de Concreto Armado)	
	Roy=8 (Sistema Apoticado de Concreto Armado)	
Factor de Reducción de Fuerza Sísmica	lax=1, lpx=1	R=la*lp*Ro=1*1*8=8
	lay=1, lpy=1	R=la*lp*Ro=1*1*8=8

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 23**

*Parámetros sísmicos - Pabellón de Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial, y el Pabellón de Administrativo 01 de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial.*

Factor de zona	Z=0.35 (Zona 3)	
Factor de Uso	U=1.50 (Categoría A1)	
Factor de Suelo	S=1.15 (Según E.M.S S2)	
Periodo que define la plataforma del Espectro	TP=0.60	
	TL=2.00	
Factor de Básico de Reducción de Fuerza Sísmica	Rox=8 (Sistema Apoticado de Concreto Armado)	
	Roy=8 (Sistema Apoticado de Concreto Armado)	
Factor de Reducción de Fuera Sísmica	lax=1, lpx=0.9	R=la*lp*Ro=1*0.9*8=7.20
	lay=1, lpy=0.9	R=la*lp*Ro=1*0.9*8=7.20

Fuente: Elaboración propia

### **E) Espectro de Pseudo – Aceleraciones RNE (E-030-2018)**

**Tabla 24**

*Factor para la aceleración espectral - Pabellones de Aulas, SS-HH, Administrativo 02 de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial, y el Pabellón de Laboratorios y Gabinetes de la Facultad de Ciencias Agrarias*

Factor XX = $Z * U * S * g / R_x =$	$0.350 * 1.500 * 1.150 * 9.810 / 8 = 0.74035$
Factor YY = $Z * U * S * g / R_y =$	$0.350 * 1.500 * 1.150 * 9.810 / 8 = 0.74035$

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 25**

*Factor para la aceleración espectral - Pabellón de Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial, y el Pabellón de Administrativo 01 de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial.*

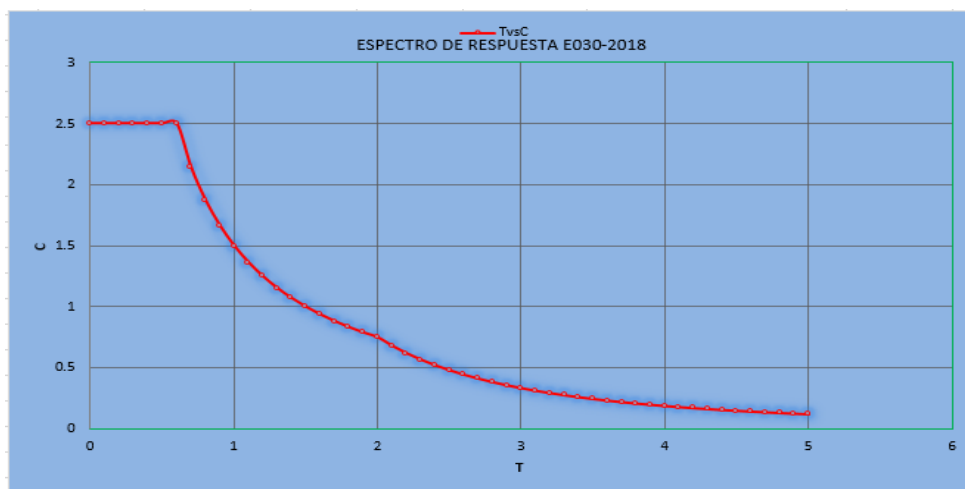
Factor XX = $Z * U * S * g / R_x =$	$0.350 * 1.500 * 1.150 * 9.810 / 7.2 = 0.82261$
Factor YY = $Z * U * S * g / R_y =$	$0.350 * 1.500 * 1.150 * 9.810 / 7.2 = 0.82261$

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 26***Periodo Fundamental (T) vs Factor de Ampliación Sísmica (C)*

<b>T</b>	<b>C</b>
0.0	2.50000
0.10	2.50000
0.20	2.50000
0.30	2.50000
0.40	2.50000
0.50	2.50000
0.60	2.50000
0.70	2.14290
0.80	1.87500
0.90	1.66670
1.00	1.50000
1.10	1.36360
1.20	1.25000
1.30	1.15380
1.40	1.07140
1.50	1.00000
1.60	0.93750
1.70	0.88240
1.80	0.83330
1.90	0.78950
2.00	0.75000
2.10	0.68030
2.20	0.61980
2.30	0.56710
2.40	0.52080
2.50	0.48000
2.60	0.44380
2.70	0.41150
2.80	0.38270
2.90	0.35670
3.00	0.33330
3.10	0.31220
3.20	0.29300
3.30	0.27550
3.40	0.25950
3.50	0.24490
3.60	0.23150
3.70	0.21910
3.80	0.20780
3.90	0.19720
4.00	0.18750
4.10	0.17850
4.20	0.17010
4.30	0.16220
4.40	0.15500
4.50	0.14810
4.60	0.14180
4.70	0.13580
4.80	0.13020
4.90	0.12490
5.00	0.12000

Fuente: Elaboración propia



**Figura 24.** Gráfico del Espectro Pseudoaceleraciones “T” vs “C”

Fuente: Elaboración propia

### F) Análisis modal de la estructura

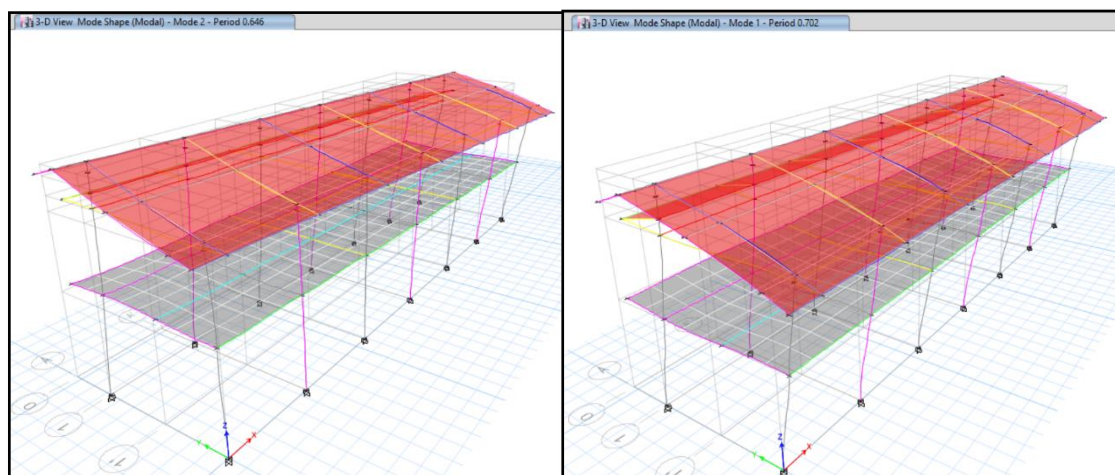
Como la suma de las masas efectivas es superior al 90% de la masa total, y como los seis primeros modos de vibración son los más indicativos de la estructura, éstos son los que calcula el algoritmo Etabs. La relevancia relativa de cada modo en su propia dirección se muestra en la tabla con su duración de vibración y la proporción de masa participante.

**Tabla 27**

*Periodos de modos de vibración - Pabellón de Aulas de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial*

Mod e	Perio d	U X	U Y	U Z	SumU X	SumU Y	SumU Z	R X	R Y	R Z	SumR X	SumR Y	Sum R Z
	.702	.0001	.9058	.0012	.0001	.9058	.0012	.0505		.0014	.0505		.0014
	.646	.6368	.0008	.30E-06	.6369	.9066	.0012	.82E-05	.0018	.2974	.0505	.0018	.2988
	.617	.3089	.0006	.54E-07	.9458	.9073	.0012	.37E-05	.003	.6208	.0506	.0048	.9197
	.225		.082	.021	.9458	.9892	.0222	.2807	.77E-06		.3313	.0048	.9197
	.207	.0168		.40E-06	.9626	.9892	.0222	.81E-06	.03E-05	.05	.3313	.0048	.9697
	.182	.0081	.0001	.0007	.9707	.9893	.0229	.0001	.0062	.0011	.3313	.011	.9708

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.)



T x-x = 0.646

T y-y = 0.702

**Figura 25.** Periodo fundamental en la dirección “X” e “Y” - Pabellón de Aulas de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial

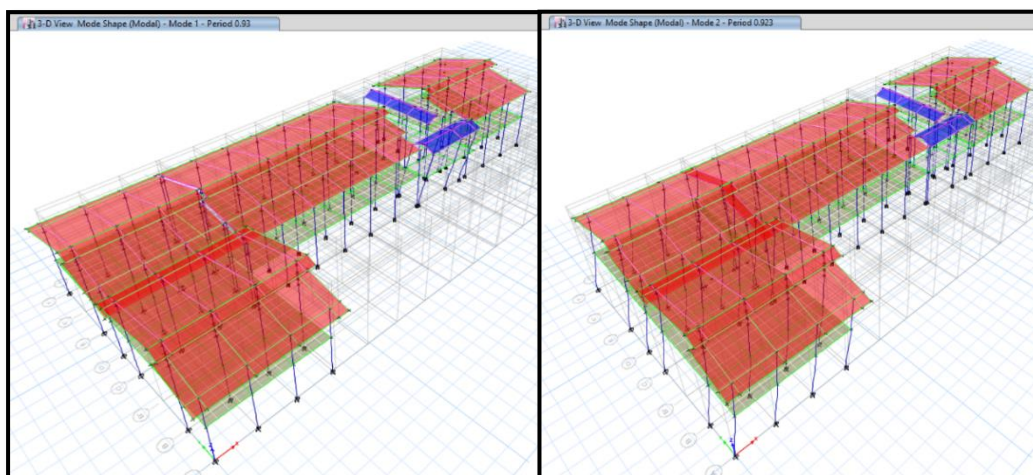
Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.

**Tabla 28**

Periodos de modos de vibración - Pabellón de Laboratorios y Gabinetes de la Facultad de Ciencias Agrarias

Mod e	Peri od	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	R X	R Y	R Z	Sum R X	Sum R Y	Sum R Z
	.93		.027			.027		.27E-06		.0201	.27E-06		.0201
	.923	.3368	.89E-06		.3368	.027		.18E-07	.0008	.0072	.89E-06	.0008	.0273
	.916	.3493	.0002		.6861	.0272		.62E-06	.0005	.0104	.50E-06	.0013	.0376
	.914	.1819	.96E-05		.868	.0272			.0004	.0074	.72E-06	.0018	.0451
	.824	.0034	.0056		.8714	.0329		.0002	.00E-05	.124	.0002	.0018	.1691
	.815	.001	.3224	.83E-06	.8724	.3553	.00E-05	.0041		.0042	.0043	.0018	.1733

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.



T x-x = 0.93

T y-y = 0.923

**Figura 26.** Periodo fundamental en la dirección “X” e “Y” - Pabellón de Laboratorios y Gabinetes de la Facultad de Ciencias Agrarias

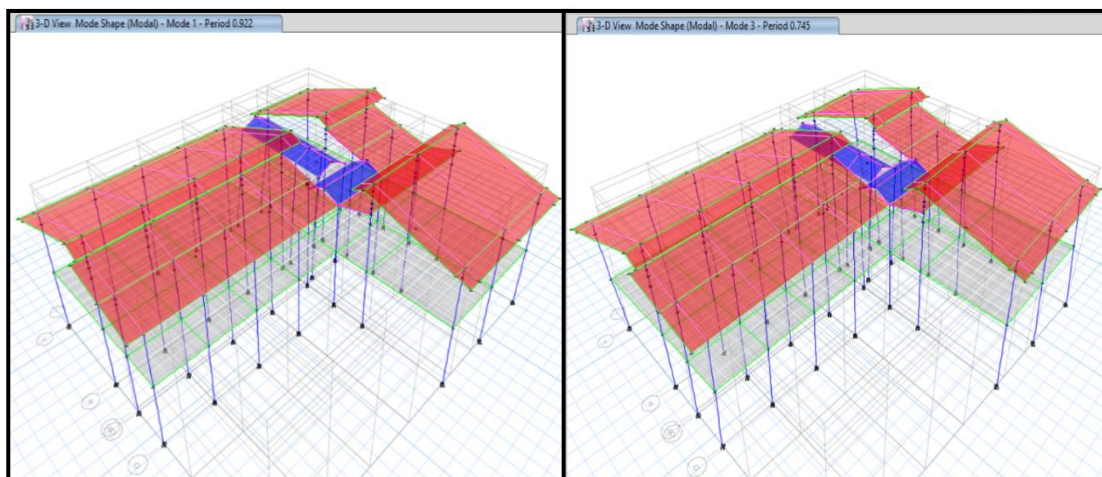
Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.

**Tabla 29**

*Periodos de modos de vibración - Pabellón de Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial*

Mod e	Perio d	U X	U Y	U Z	SumU X	SumU Y	SumU Z	R X	R Y	R Z	SumR X	SumR Y	Sum R Z
	.922	.0541	.37E- 07		.0541	.37E- 07				.0146			.0146
	.772	.8273	.0009		.8814	.0009		.03E- 05	.0084	.0558	.03E- 05	.0084	.0704
	.745	.0372	.2278	.73E- 07	.9186	.2288	.83E- 07	.0037	.0004	.5986	.0037	.0088	.6691
	.735	.0065	.6346	.99E- 06	.9251	.8633	.57E- 06	.0093	.0001	.2446	.013	.009	.9136
	.701	.0041	.002		.9293	.8654	.78E- 06	.30E- 06	.20E- 06	.0047	.013	.009	.9183
	.692	.0001	.0604	.87E- 06	.9294	.9257	.47E- 05	.0002	.65E- 06	.0048	.0132	.009	.9232

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.



T x-x = 0.922

T y-y = 0.745

**Figura 27.** Periodo fundamental en la dirección “X” e “Y” - Pabellón de Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial

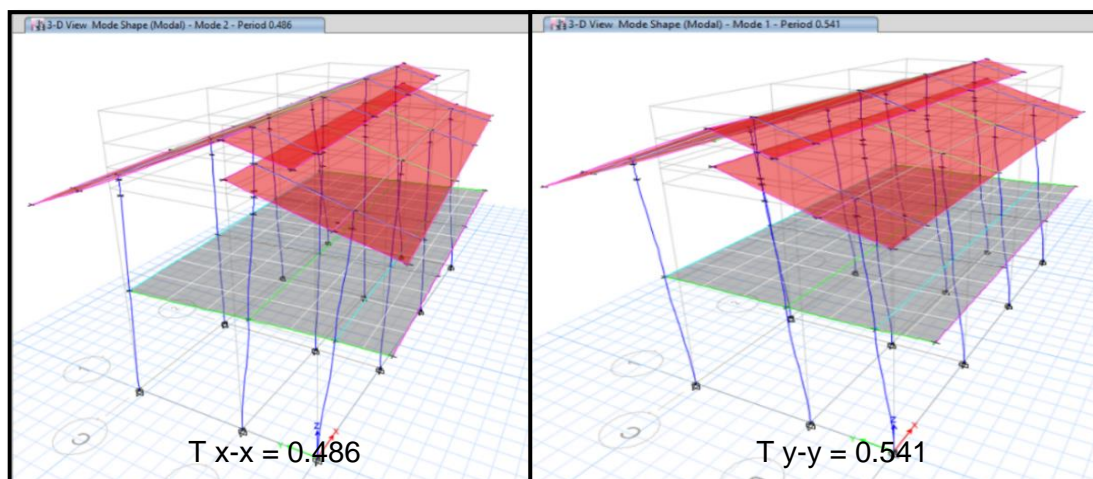
Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.

**Tabla 30**

*Periodos de modos de vibración - Pabellón de SS-HH de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial*

Mod e	Perio d	U X	U Y	U Z	SumU X	SumU Y	SumU Z	R X	R Y	R Z	SumR X	SumR Y	Sum R Z
	.541	.04E-06	.9174	.36E-05	.04E-06	.9174	.36E-05	.0513		.0007	.0513		.0007
	.486	.0046	.0007		.0046	.9181	.36E-05	.0004	.0001	.919	.0517	.0001	.9198
	.432	.9056			.9101	.9181	.36E-05	.02E-06	.0237	.005	.0517	.0238	.9247
	.192	.42E-06	.0812	.65E-05	.9101	.9992	.0001	.3604	.49E-05	.0005	.4121	.0238	.9252
	.155	.0167	.0005	.03E-07	.9268	.9997	.0001	.0019	.0351	.0626	.414	.059	.9879
	.141	.0729	.66E-05		.9997	.9997	.0001	.0002	.1333	.0119	.4142	.1923	.9998

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.



**Figura 28.** Periodo fundamental en la dirección “X” e “Y” - Pabellón de SS-HH de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.

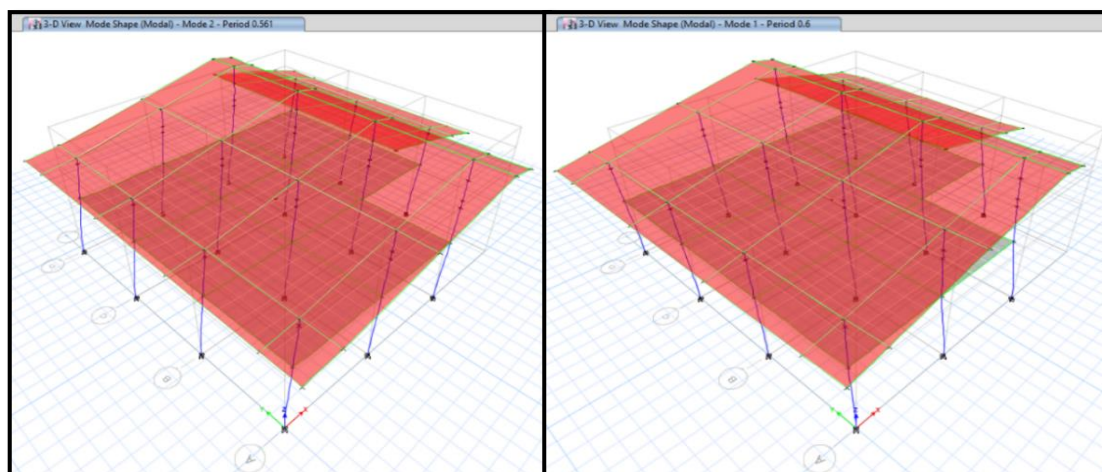
**Tabla 31**

*Periodos de modos de vibración - Pabellón de Administrativo 01 de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial*

Mod e	Peri od	U X	U Y	U Z	Sum U X	Sum U Y	Sum U Z	R X	R Y	R Z	Sum R X	Sum R Y	Sum R Z
	.6	.0001	.9173		.0001	.9173		.0095	.88E-06	.0318	.0095	.88E-06	.0318
	.561	.9289	.0006		.929	.9179		.0099	.0083	.0095	.0099	.0099	.0401
	.537	.0081	.0328		.937	.9507	.28E-07	.0001	.0002	.9151	.0096	.0101	.9552
	.206	.42E-06	.24E-05	.0001	.937	.9508	.0001	.0113	.0006	.84E-05	.0209	.0107	.9552
	.205	.95E-06	.81E-06	.0002	.937	.9508	.0003	.0029	.0056	.89E-06	.0238	.0163	.9552
	.204	.0001	.48E-06	.0209	.9372	.9508	.0212	.38E-06	.0018	.72E-06	.0238	.018	.9552

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.





T x-x = 0.561

T y-y = 0.60

**Figura 29.** Periodo fundamental en la dirección “X” e “Y” - Pabellón de Administrativo 01 de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial

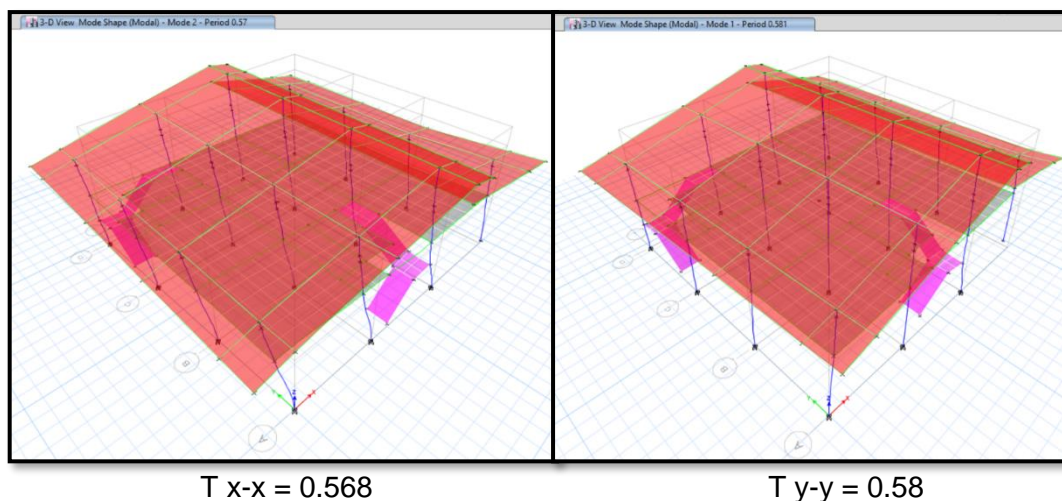
Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.

**Tabla 32**

*Periodos de modos de vibración - Pabellón de Administrativo 02 de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial*

Mod e	Peri od	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	R X	R Y	R Z	Sum R X	Sum R Y	Sum R Z
	.58	.1412	.6687	.0001	.1412	.6687	.0001	.0078	.001	.1398	.0078	.001	.1398
	.568	.5075	.2466	.0008	.6487	.9153	.0009	.0051	.0128	.1481	.0129	.0138	.2879
	.505	.2595	.0165	.40E- 05	.9082	.9318	.001	.0005	.0063	.6566	.0135	.0201	.9446
	.319	.0058	.0001	.005	.9141	.9319	.006	.0083	.0058	.003	.0218	.0259	.9476
	.317		.0032	.0043	.9141	.9351	.0102	.0094	.0243	.0042	.0312	.0502	.9518
	.296	.0203	.0147	.0439	.9344	.9498	.0541	.1005	.0859	.39E- 05	.1317	.1361	.9518

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.



**Figura 30.** Periodo fundamental en la dirección “X” e “Y” - Pabellón de Administrativo 02 de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.

### G) Fuerza Cortante Mínima

Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no podrá ser menor que el 80% del valor calculado para estructuras regulares, ni menor que el 90% para estructuras irregulares, según el artículo 25 de la NTP E-030.

Si fuera necesario incrementar el cortante para cumplir los mínimos señalados, se deberán escalar proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos, excepto los desplazamientos.

**Tabla 33**

*Factores de Escala sísmica*

PABELLÓN	DIRECCIÓN	CORTANTE ESTÁTICA	CORTANTE DINÁMICA	FACTOR DE ESCALA SISMO
Aulas de FCA y FIAI	X-X	74.82	67.76	1.0
	Y-Y	68.85	61.67	1.0
Laboratorios y Gabinetes de FCA	X-X	234.19	198.34	1.0
	Y-Y	232.42	131.12	1.4181
Laboratorios de FIAI	X-X	133.90	137.84	1.0
	Y-Y	165.71	148.82	1.0
Pabellón de SS-HH de FCA y FIAI	X-X	33.80	30.08	1.0
	Y-Y	33.80	30.08	1.0
Administrativo 01 de FCA y FIAI	X-X	110.32	101.28	1.0
	Y-Y	110.32	100.97	1.0
Administrativo 02 de FCA y FIAI	X-X	114.05	87.89	1.038153
	Y-Y	114.05	102.11	1.0

Fuente: Elaboración Propia

## H) Desplazamiento Relativo de Entrepiso

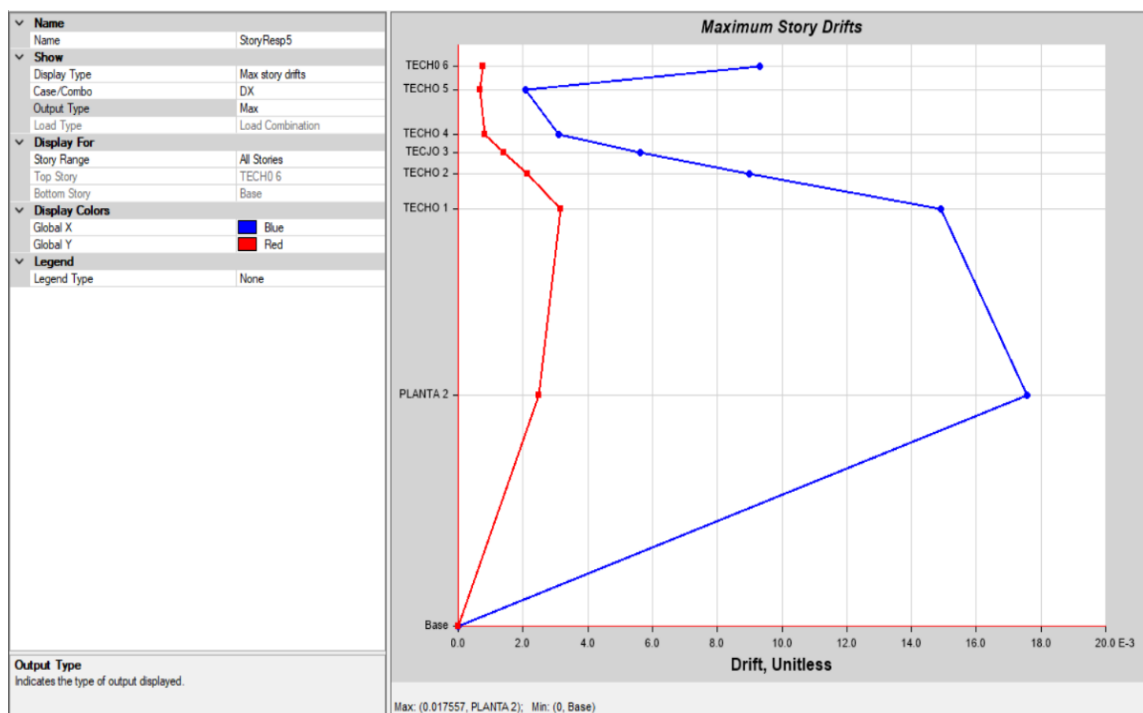
El desplazamiento relativo máximo del espacio del suelo no superará el porcentaje de la altura del espacio del suelo correspondiente al tipo de material predominante cuando se emplee el análisis elástico lineal con tensiones sísmicas reducidas por el coeficiente R.

Máximo Desplazamiento Relativo de Entrepiso:

$$DI_x = \frac{0.75 \cdot R_d}{h} \leq 0.007 ; DI_y = \frac{0.75 R_d}{h} \leq 0.007$$

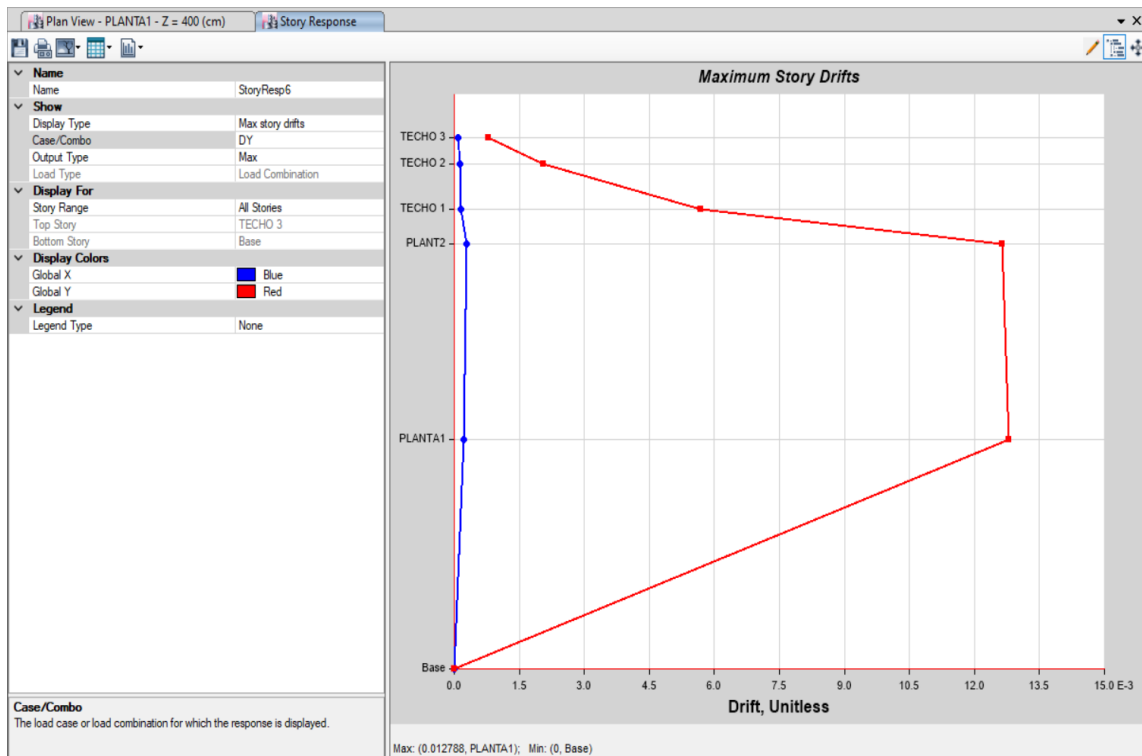
Para los sistemas de pórticos de hormigón armado, la Norma Técnica de Diseño Sismorresistente E0.30 - 2018 de RNE especifica un valor máximo de distorsión entre plantas de 0,007, que se cumplirá tanto en la dirección del eje X como en la del eje Y.

Tanto para estructuras regulares como irregulares, se proporcionan a continuación los desplazamientos elásticos relativos máximos, con los valores incrementados en un factor de 0,75xR y 0,85xR, respectivamente (ver NTE-030):



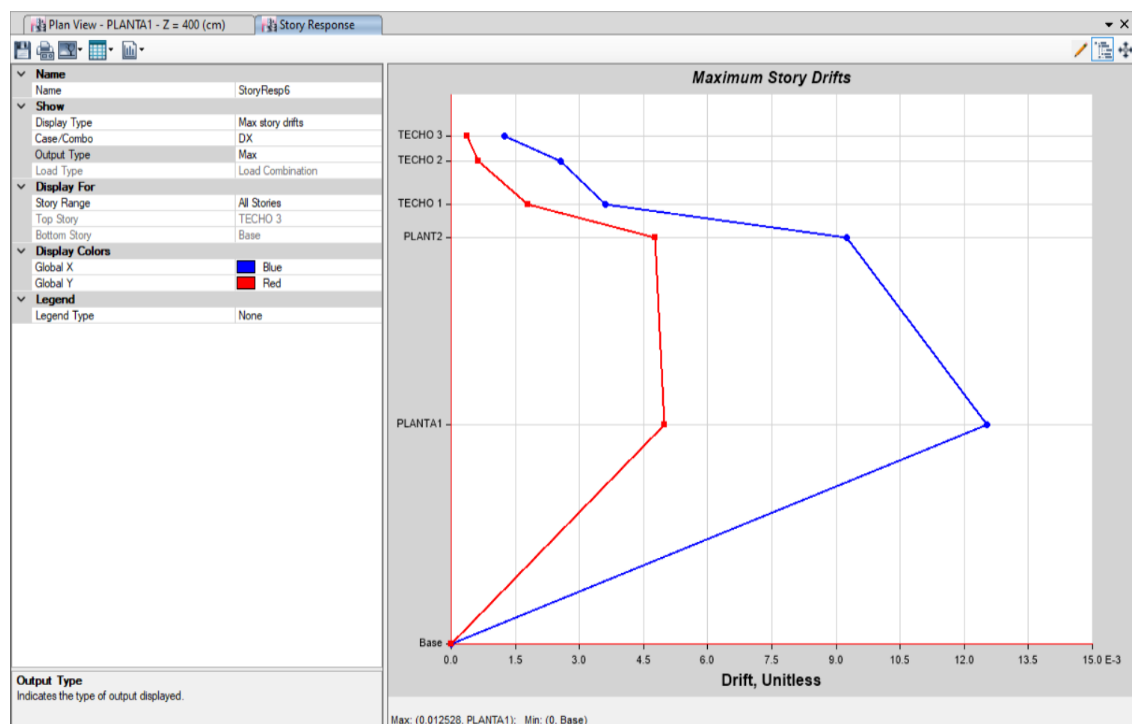
**Figura 31.** Distorsiones máximas en la Dirección X-X - Pabellón de Aulas de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.



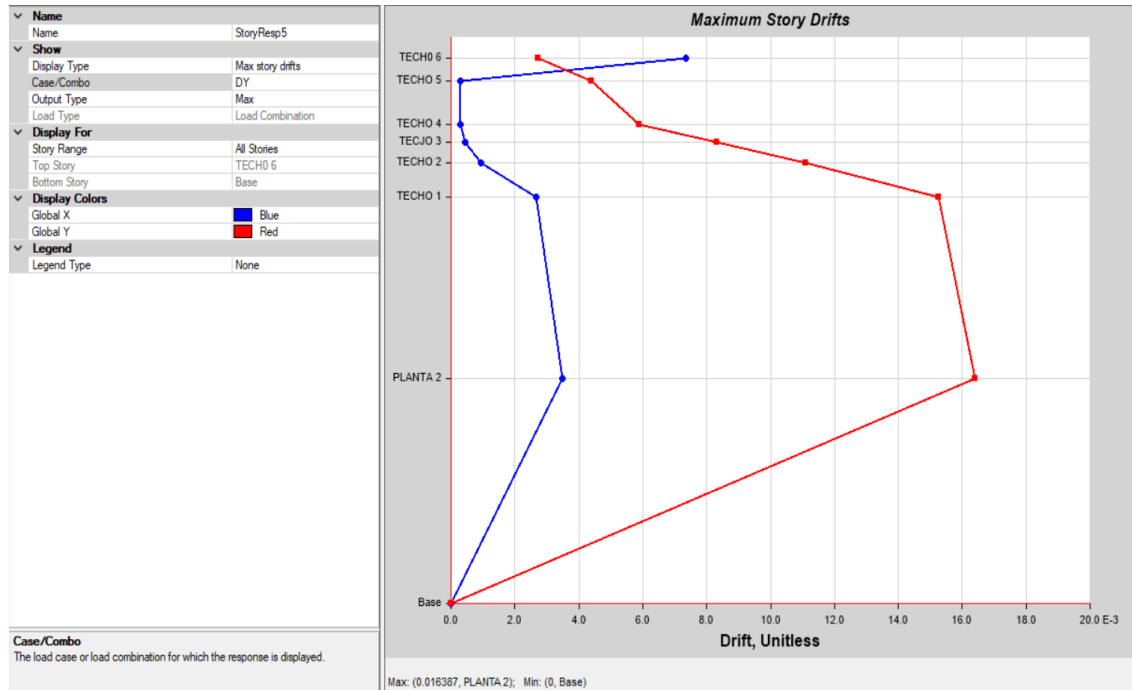
**Figura 32.** Distorsiones máximas en la Dirección Y-Y - Pabellón de Aulas de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.



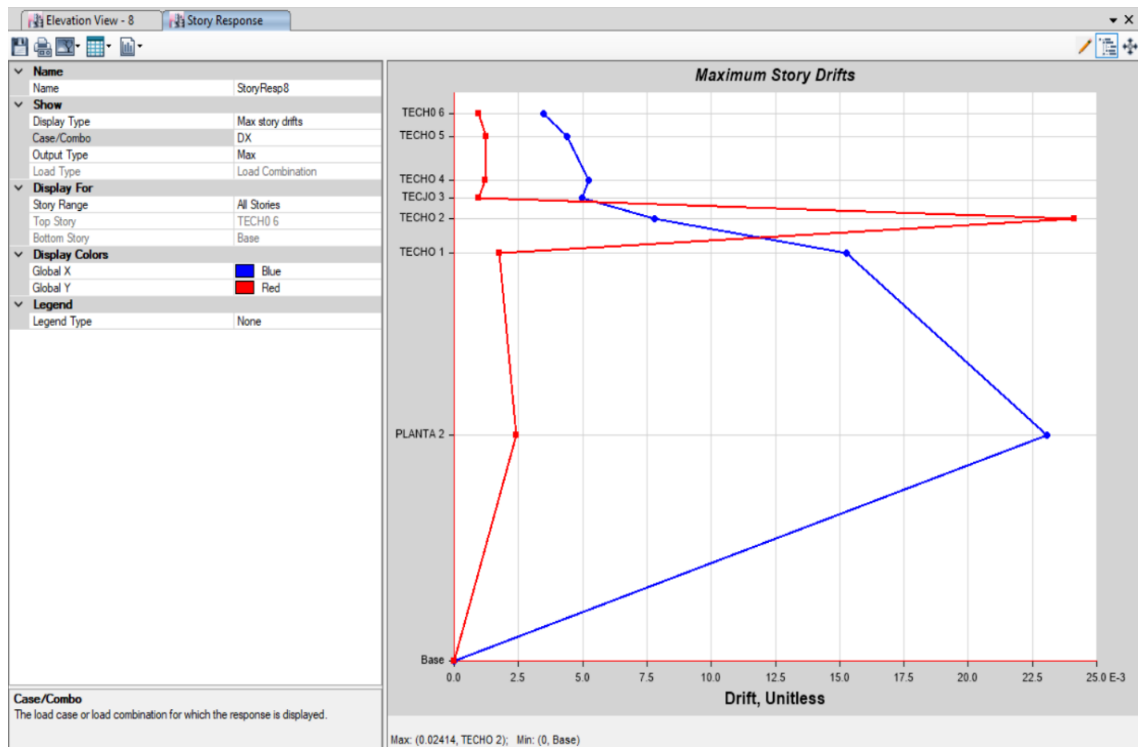
**Figura 33:** Distorsiones máximas en la Dirección X-X - Pabellón de Laboratorios y Gabinetes de la Facultad de Ciencias Agrarias

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.



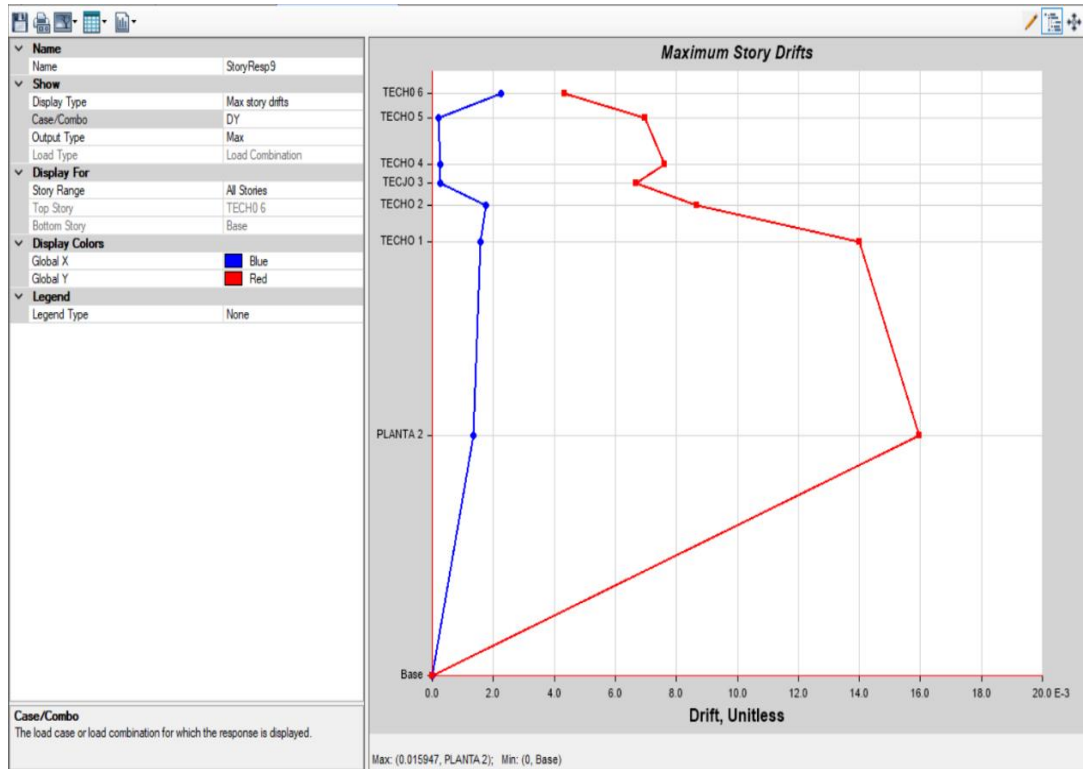
**Figura 34.** Distorsiones máximas en la Dirección Y-Y - Pabellón de Laboratorios y Gabinetes de la Facultad de Ciencias Agrarias

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.



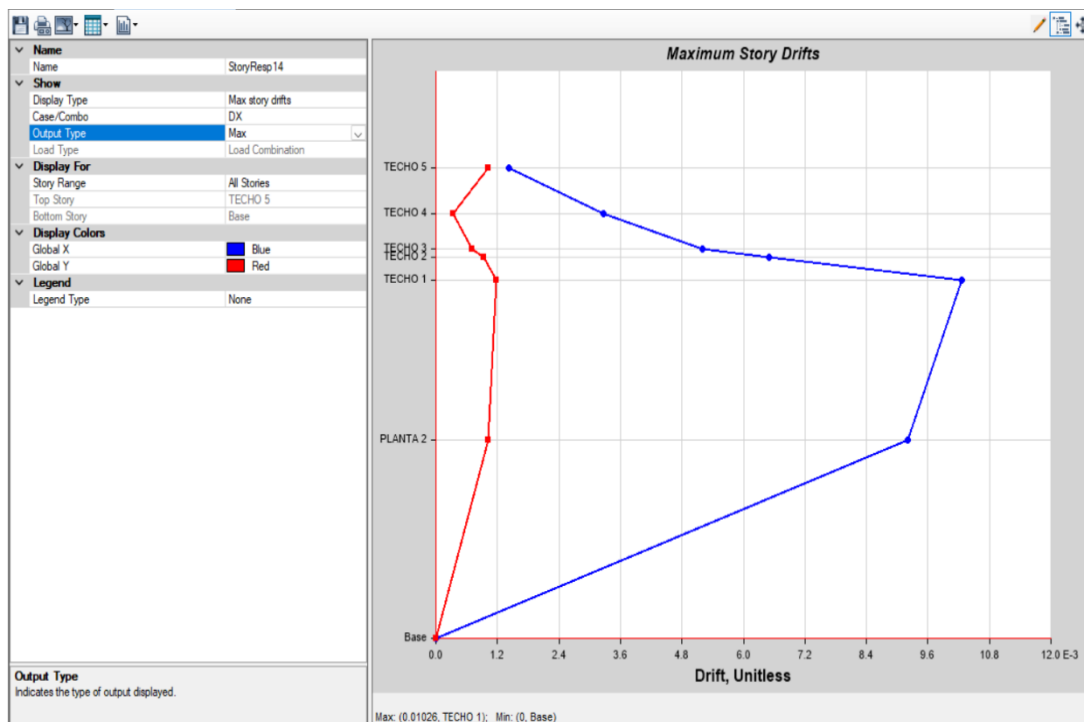
**Figura 35.** Distorsiones máximas en la Dirección X-X - Pabellón de Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.



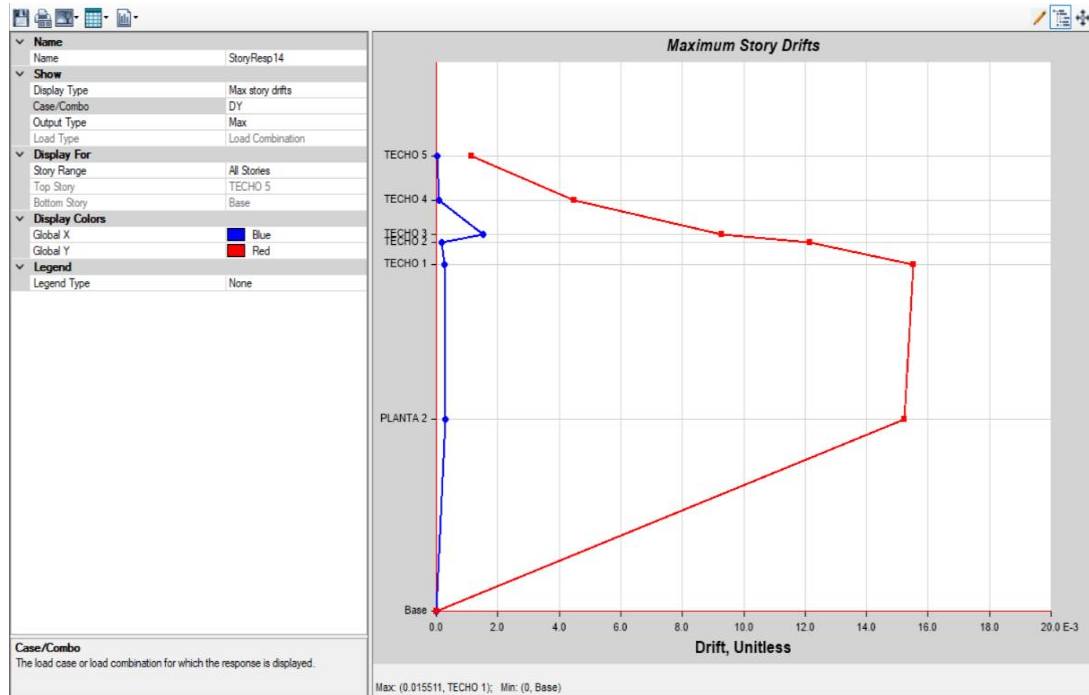
**Figura 36.** Distorsiones máximas en la Dirección Y-Y - Pabellón de Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.



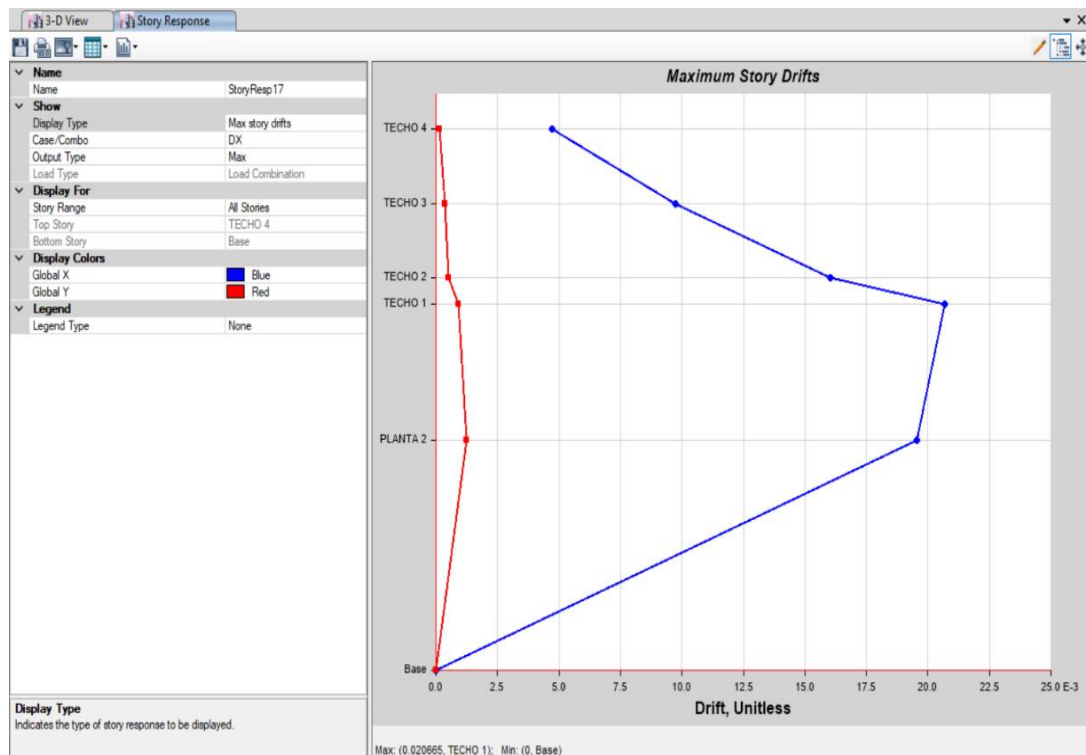
**Figura 37.** Distorsiones máximas en la Dirección X-X - Pabellón de SS-HH de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.



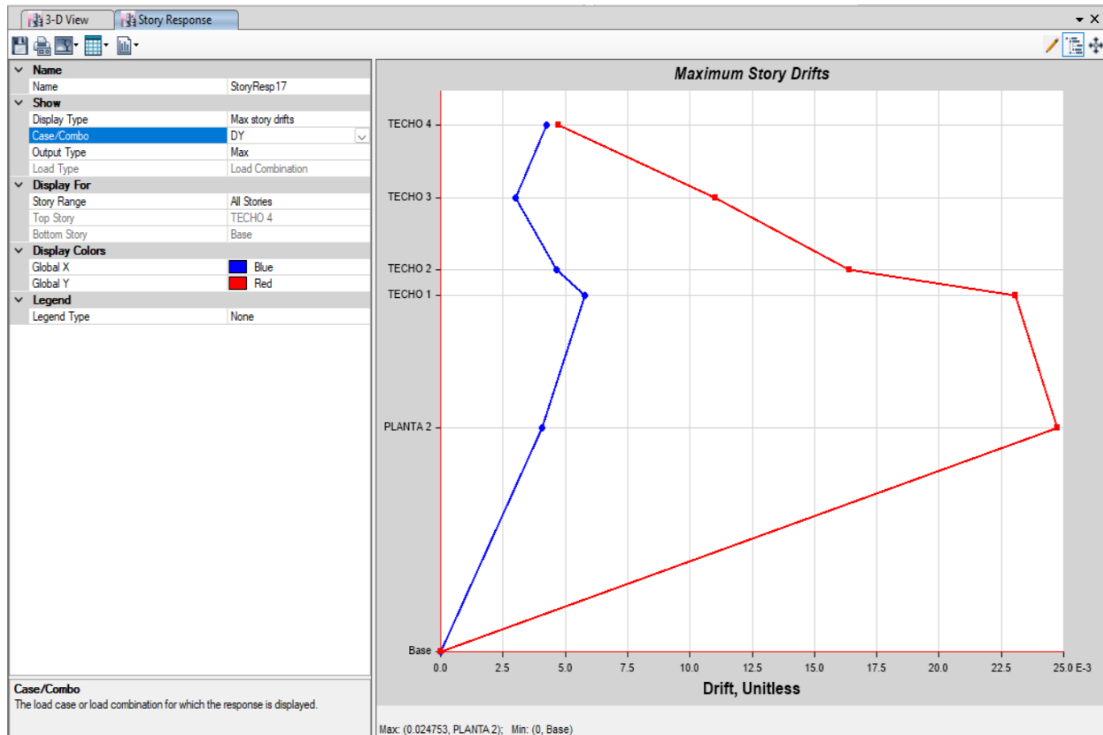
**Figura 38.** Distorsiones máximas en la Dirección Y-Y - Pabellón de SS-HH de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1



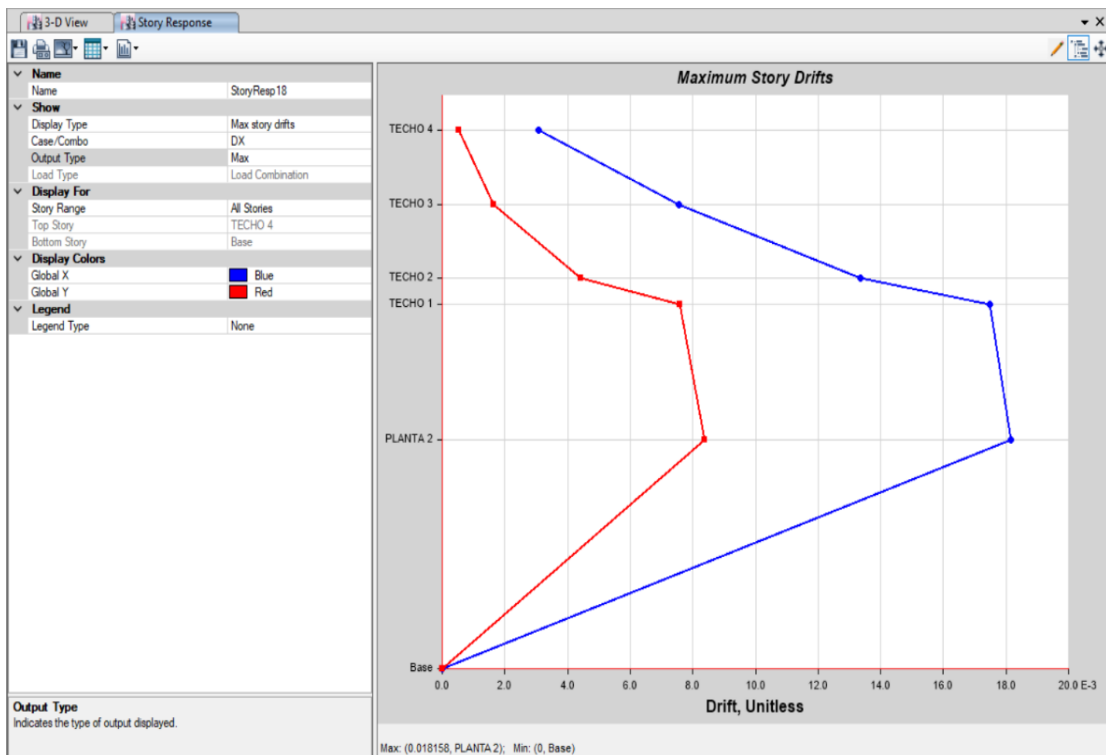
**Figura 39.** Distorsiones máximas en la Dirección X-X - Pabellón de Administrativo 01 de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.



**Figura 40.** Distorsiones máximas en la Dirección Y-Y - Pabellón de Administrativo 01 de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial

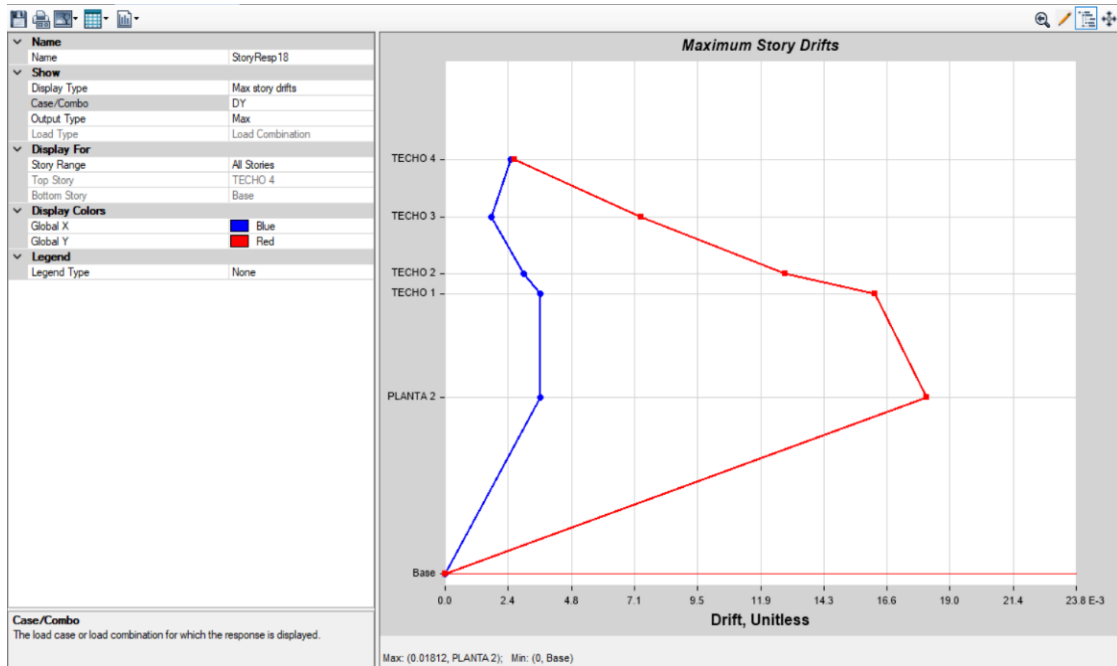
Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.



**Figura 41.** Distorsiones máximas en la Dirección X-X - Pabellón de Administrativo 02 de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.





**Figura 42.** Distorsiones máximas en la Dirección Y-Y - Pabellón de Administrativo 02 de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.

### I) Factores de amplificación y combinación de cargas

Utilizamos los factores de amplificación y combinación de cargas especificados en la N.T.E E.060 Concreto Armado, de manera que se estará analizando a la estructura en su etapa ultima, la cual se detalla a continuación:

$$\text{COMBO1} = 1.4D + 1.7L$$

$$\text{COMBO2} = 1.25 * ( D + L ) + S X$$

$$\text{COMBO3} = 1.25 * ( D + L ) - S X$$

$$\text{COMBO4} = 1.25 * ( D + L ) + S Y$$

$$\text{COMBO5} = 1.25 * ( D + L ) - S Y$$

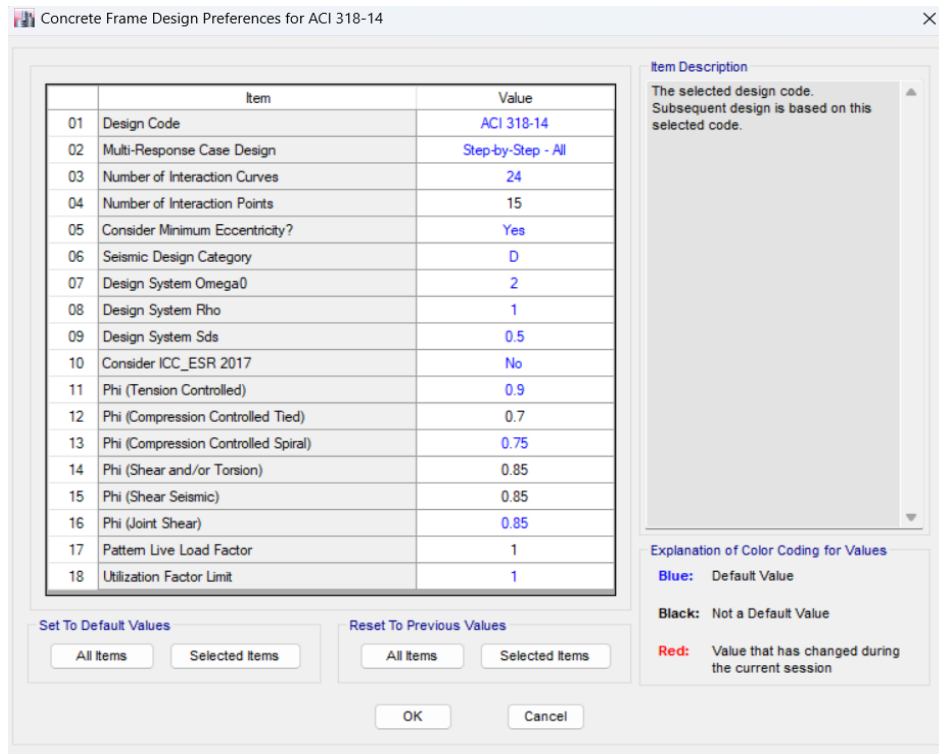
$$\text{COMBO6} = 0.90 * D + S X$$

$$\text{COMBO7} = 0.90 * D - S X$$

$$\text{COMBO} = 0.90 * D + S Y$$

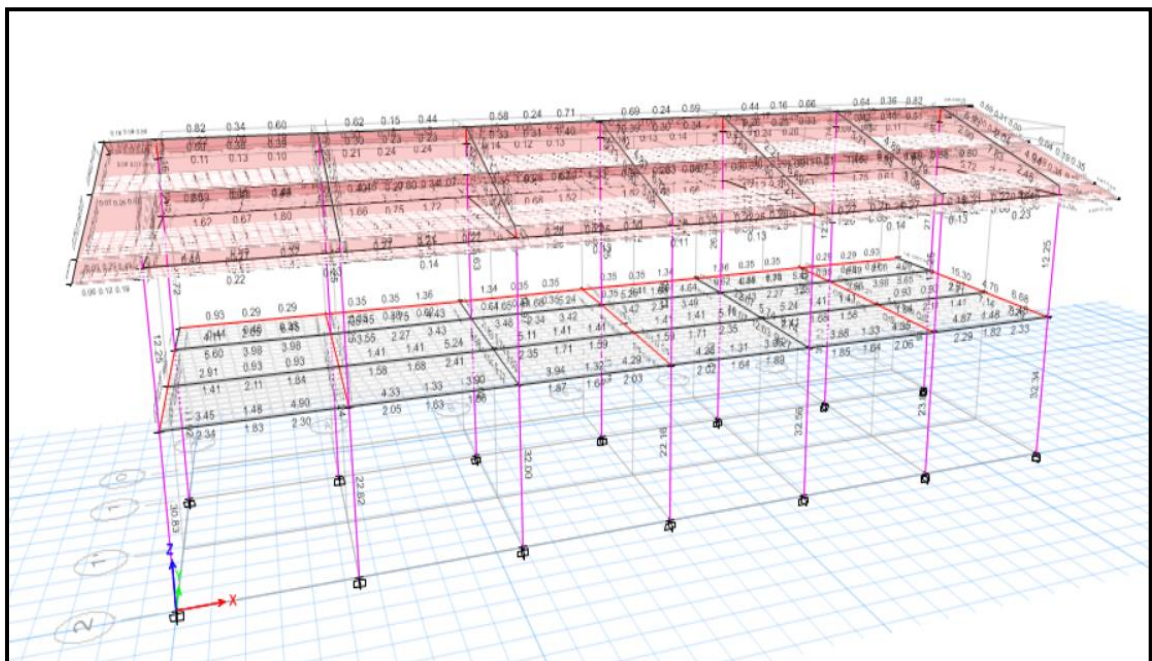
$$\text{COMBO 9} = 0.90 * D - S Y$$

Para el procedimiento de cálculo nos apoyamos del Software Etabs 2016 V16.2.1., la cual se detalla en las figuras 36, 37, 38, 39, 40, 41 y sirvieron de base para las tablas 39 y 40 del ítem de los resultados:



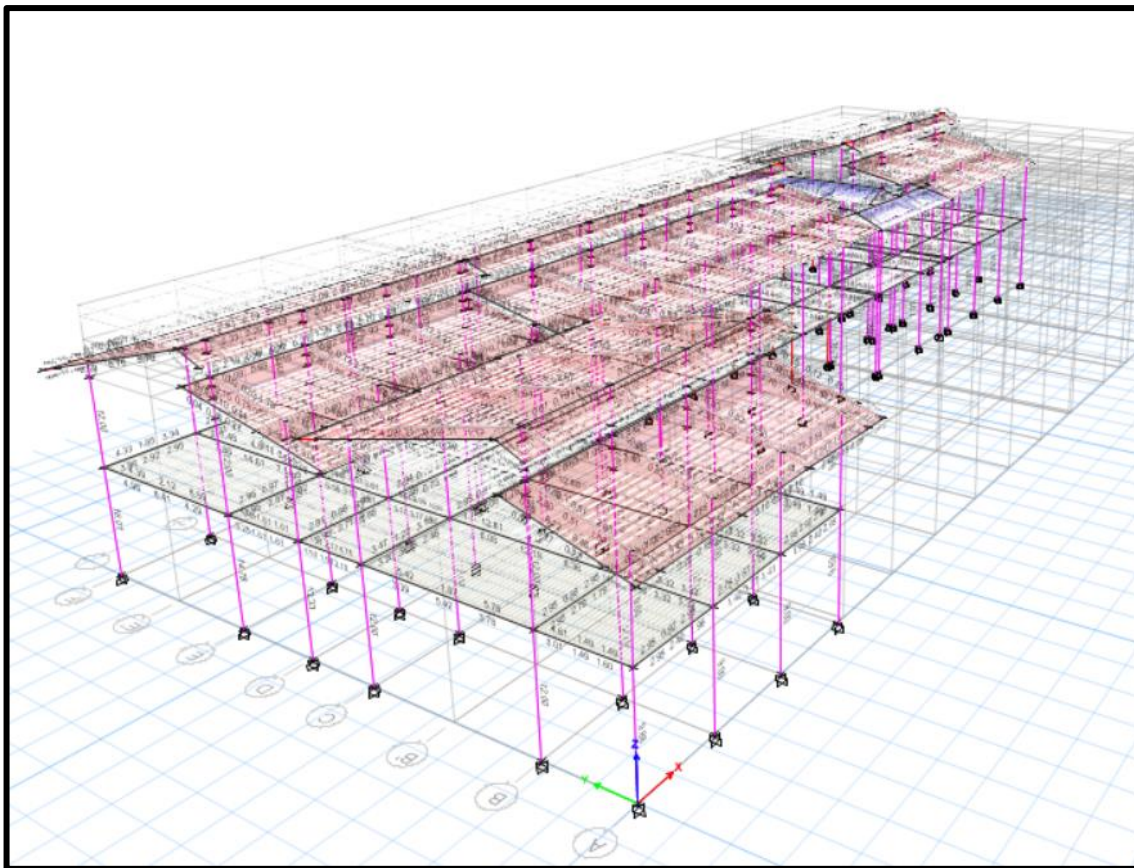
**Figura 43.** Consideraciones para el diseño y cálculo estructural para un sistema Aporticado de Concreto Armado

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.



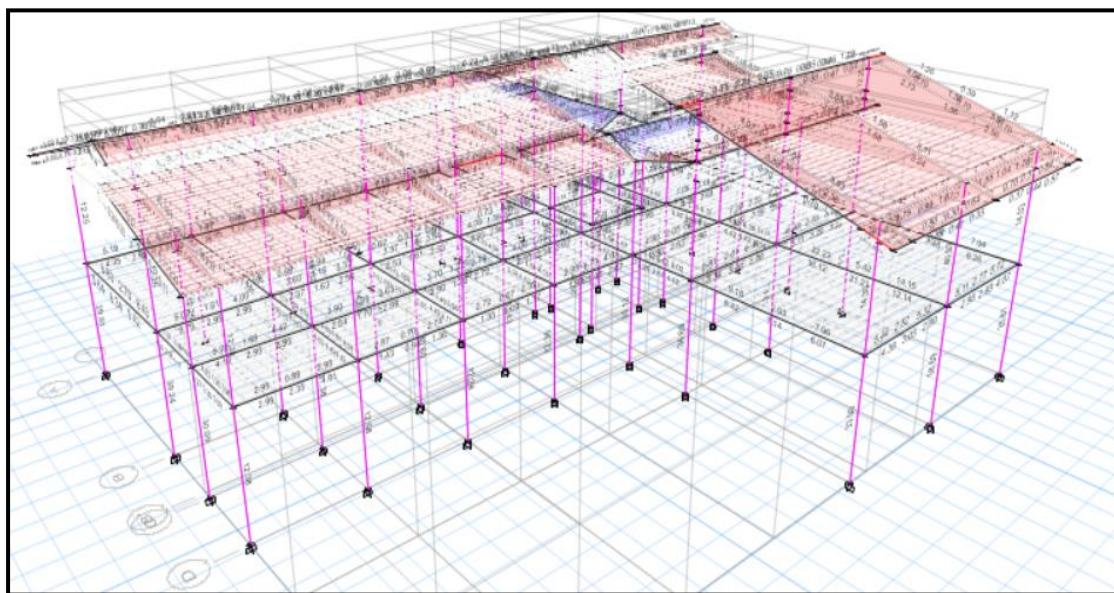
**Figura 44.** Diseño por flexión en cm<sup>2</sup> por el caso más crítico (Envolvente) de toda la edificación - Pabellón de Aulas de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.



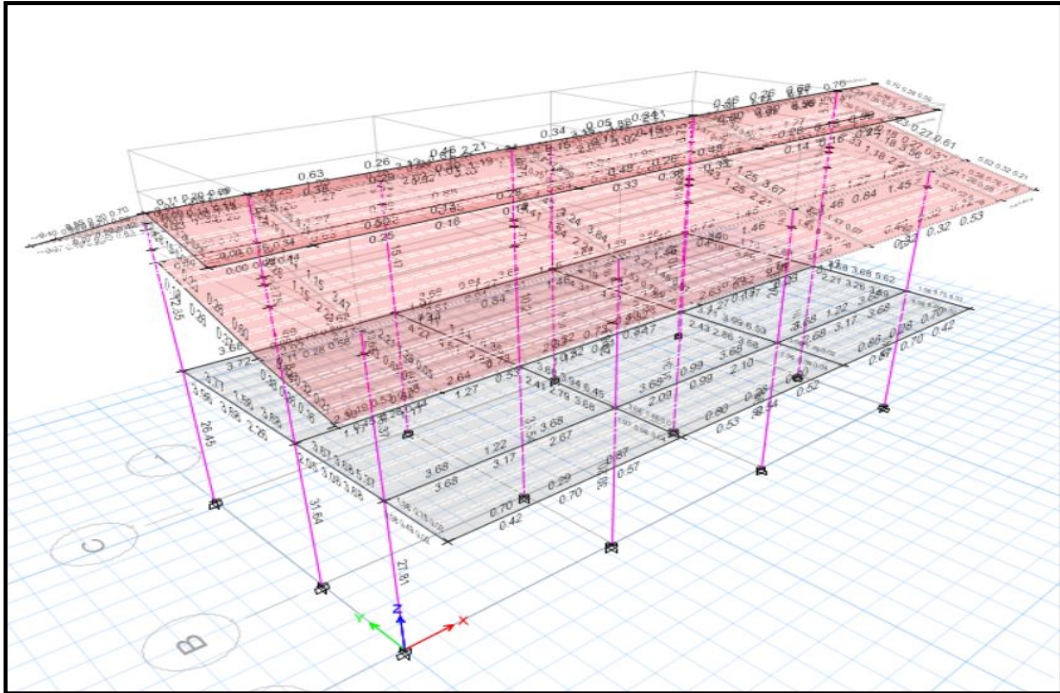
**Figura 45.** Diseño por flexión en cm<sup>2</sup> por el caso más crítico (Envolvente) de toda la edificación - Pabellón de Laboratorios y Gabinetes de la Facultad de Ciencias Agrarias

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.



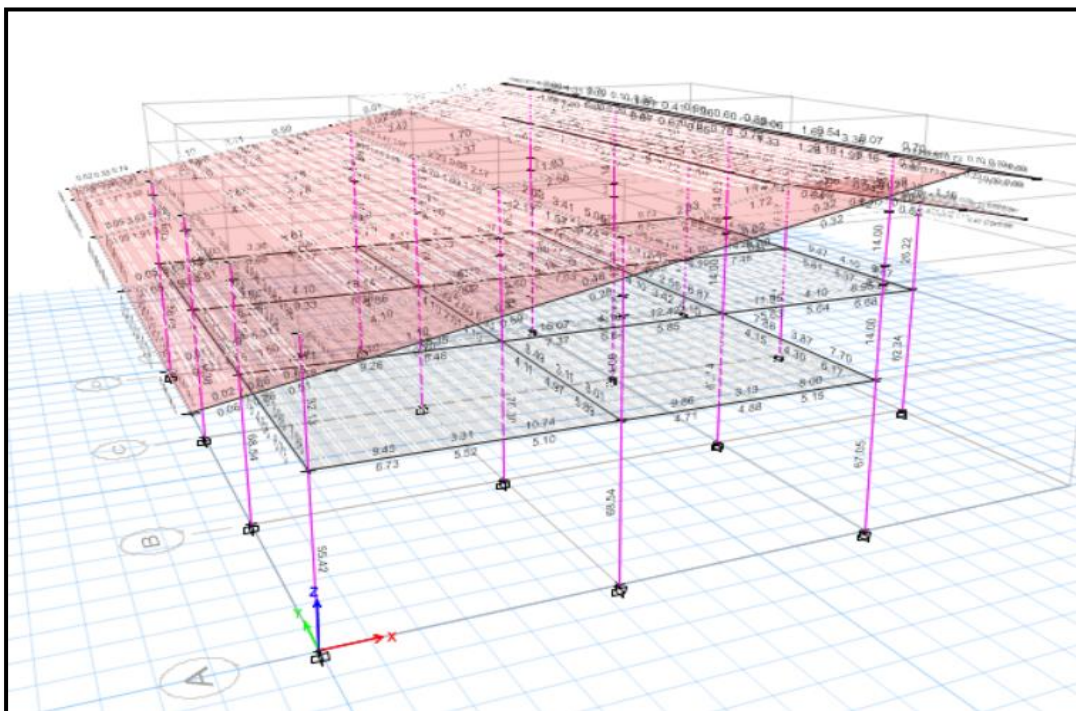
**Figura 46.** Diseño por flexión en cm<sup>2</sup> por el caso más crítico (Envolvente) de toda la edificación - Pabellón de Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.



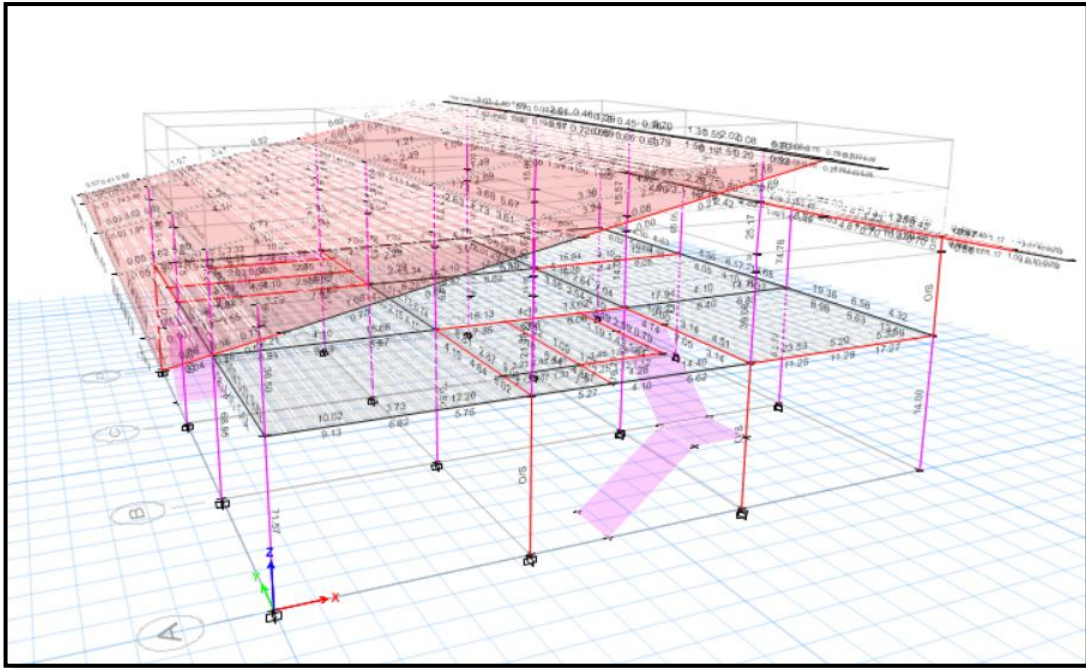
**Figura 47.** Diseño por flexión en  $\text{cm}^2$  por el caso más crítico (Envolvente) de toda la edificación - Pabellón de SS-HH de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.



**Figura 48.** Diseño por flexión en  $\text{cm}^2$  por el caso más crítico (Envolvente) de toda la edificación - Pabellón de Administrativo 01 de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.



**Figura 49.** Diseño por flexión en  $\text{cm}^2$  por el caso más crítico (Envolvente) de toda la edificación - Pabellón de Administrativo 02 de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial

Fuente: Software Etabs 2016 V16.2.1.

## CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Resultado específico 1

En base a los parámetros estipulados en la NTP E.030, se llegó a obtener los siguientes resultados, el cual se detalla a continuación:

- Valores obtenidos respecto a Los parámetros empleados para el Cálculo del Espectro de respuesta de los Pabellones de Aulas, SS-HH, Administrativo 02 de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial, y el Pabellón de Laboratorios y Gabinetes de la Facultad de Ciencias Agrarias fueron:

**Tabla 34**

*Valores Obtenidos en función a los Parámetros sísmicos*

Factor de zona	Z=0.35 (Zona 3)	
Factor de Uso	U=1.50 (Categoría A1)	
Factor de Suelo	S=1.15 (Según E.M.S S2)	
Sistema Estructural	Aporticado de Concreto Armado	
Periodo que define la plataforma del Espectro	TP=0.60 TL=2.00	
Factor de Básico de Reducción de Fuerza Sísmica	Rox=8 (Sistema Aporticado de Concreto Armado) Roy=8 (Sistema Aporticado de Concreto Armado)	
Factor de Reducción de Fuerza Sísmica	lax=1, lpx=1	R=la*Ip*Ro=1*1*8=8
	lay=1, lpy=1	R=la*Ip*Ro=1*1*8=8

Fuente: Elaboración propia

- Valores obtenidos respecto a Los parámetros empleados para el Cálculo del Espectro de respuesta del Pabellón de Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial, y el Pabellón de Administrativos 01 de ambas Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial fueron:

**Tabla 35**

*Valores Obtenidos en función a los Parámetros sísmicos*

Factor de zona	Z=0.35 (Zona 3)	
Factor de Uso	U=1.50 (Categoría A1)	
Factor de Suelo	S=1.15 (Según E.M.S S2)	
Sistema Estructural	Aporticado de Concreto Armado	
Periodo que define la plataforma del Espectro	TP=0.60 TL=2.00	
Factor de Básico de Reducción de Fuerza Sísmica	Rox=8 (Sistema Aporticado de Concreto Armado) Roy=8 (Sistema Aporticado de Concreto Armado)	
Factor de Reducción de Fuerza Sísmica	lax=1, lpx=0.9	R=la*Ip*Ro=1*0.9*8=7.20
	lay=1, lpy=0.9	R=la*Ip*Ro=1*0.9*8=7.20

Fuente: Elaboración propia

## 4.2 Resultado específico 2

Evaluación de la segunda planta en las direcciones "X" e "Y" en la Facultad de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial mediante el Índice T, con resultados desglosados por causa y tipo de degradación.

**Tabla 36**

*Valores del grado de deterioro*

Tipo de deterioro	Característica	Pabellones				
		Aulas	Laboratorios y Gabinetes	Pabellón de SS-HH	Administrativo 01	Administrativo 02
		Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
<b>T1</b>	Visible deformación de vigas o columnas	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9
<b>T2</b>	Grietas inclinadas visibles en columnas	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
<b>T3</b>	No ha experimentado incendio	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
<b>T4</b>	No contiene sustancias químicas	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
<b>T5</b>	Daño estructural ligero o no estructural	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
<b>T (Valor más crítico)</b>		<b>0.9</b>	<b>0.9</b>	<b>0.9</b>	<b>0.9</b>	<b>0.9</b>

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla mostrada, se señala que las estructuras de ambas facultades presentan un grado de deterioro promedio del 90%.

### 4.3 Resultado específico 3

Resultados obtenidos de la evaluación por los métodos de Hirosawa, Demanda-Resistencia en dirección “X” e “Y” de la Facultad de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial, la cual se detalla a continuación:

**Tabla 37**

*Resultados por el metodo de HIROSAWA*

Pabellón	Dirección X-X			Dirección Y-Y		
	Is	Iso	Observación	Is	Iso	Observación
Aulas de FCA y FIAI	0.210	0.175	Is > Iso Comportamiento seguro frente a un evento sísmico.	0.210	0.162	Is > Iso Comportamiento seguro frente a un evento sísmico.
Laboratorios y Gabinetes de FCA	0.199	0.131	Is > Iso Comportamiento seguro frente a un evento sísmico.	0.205	0.129	Is > Iso Comportamiento seguro frente a un evento sísmico.
Laboratorios de FIAI	0.194	0.145	Is > Iso Comportamiento seguro frente a un evento sísmico.	0.194	0.170	Is > Iso Comportamiento seguro frente a un evento sísmico.
Pabellón de SS-HH de FCA y FIAI	0.323	0.189	Is > Iso Comportamiento seguro frente a un evento sísmico.	0.323	0.189	Is > Iso Comportamiento seguro frente a un evento sísmico.
Administrativo 01 de FCA y FIAI	0.164	0.210	Is < Iso Comportamiento inseguro frente a un evento sísmico.	0.173	0.210	Is < Iso Comportamiento inseguro frente a un evento sísmico.
Administrativo 02 de FCA y FIAI	0.198	0.189	Is > Iso Comportamiento seguro frente a un evento sísmico.	0.198	0.189	Is > Iso Comportamiento seguro frente a un evento sísmico.

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar gran parte de las Edificaciones de Ambas Facultades presentan comportamientos Estructurales seguros, ya que los valores del índice de resistencia sísmica (Is) son superiores a los valores del índice de resistencia demandada (Iso); a excepción del Pabellon Administrativos 01 de la Facultad de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial que presentan comportamientos Estructurales Inseguros frente a Eventos sísmicos.



➤ **Método de demanda-resistencia**

**Derivas máximas**

Se realizó un análisis de las derivas máximas permisibles en base a la NTP E.030, Asimismo se realizó un cuadro comparativo de las áreas de acero y la resistencia del concreto de los Elementos Estructurales de Ambas Facultades, tal como se muestra en las siguientes tablas:

**Tabla 38**

*Resultados de las Derivas Maximias*

Pabellón	Dirección X-X		Dirección Y-Y	
	Deriva máxima	Observación	Deriva máxima	Observación
Aulas de FCA y FIAI	0.012528	Dx Max > 0.007 (No cumple)	0.012788	Dy Max > 0.007 (No cumple)
Laboratorios y Gabinetes de FCA	0.017395	Dx Max > 0.007 (No cumple)	0.016376	Dy Max > 0.007 (No cumple)
Laboratorios de FIAI	0.02414	Dx Max > 0.007 (No cumple)	0.015947	Dx Max > 0.007 (No cumple)
Pabellón de SS-HH de FCA y FIAI	0.01026	Dx Max > 0.007 (No cumple)	0.015511	Dx Max > 0.007 (No cumple)
Administrativo 01 de FCA y FIAI	0.01956	Dx Max > 0.007 (No cumple)	0.024753	Dx Max > 0.007 (No cumple)
Administrativo 02 de FCA y FIAI	0.018158	Dx Max > 0.007 (No cumple)	0.01812	Dx Max > 0.007 (No cumple)

Fuente: Elaboración propia

De la tabla se aprecia que los Desplazamientos laterales de las Edificaciones de las Facultades superan los máximos permisibles, teniendo en cuenta el Capítulo V, Artículo 32, de la NTP E.030.

**Áreas de acero de las estructuras**

Se realizó un análisis de las Áreas de Acero de los elementos Estructurales (vigas y columnas) de las Edificaciones de Ambas facultades, lo que se detalla a continuación:

Tabla 39

Tabla de resultados de las áreas de acero en vigas

DEMANDA – RESISTENCIA DEL ACERO EN VIGAS						
Pabellón	Sección / Ubicación	Punto Analizado	As Demandate (cm2)	As Existente (cm2)	Observación	
Aulas de FCA y FIAI	V-102 (35X55) / EJE C-C entre los ejes 1 y 2 / Planta 2	AS1 - (PARA EL Mu -)	9.74	11.36	As D < As E (Si cumple)	
		AS2 + (PARA EL Mu+)	12.03	11.36	As D > As E (No cumple)	
		AS3 - (PARA EL Mu -)	22.07	14.2	As D > As E (No cumple)	
Laboratorios y Gabinetes de FCA	VP - 105 (30X60) / EJE 17 -17 entre los ejes E y F / Planta 2	AS1 - (PARA EL Mu -)	20.99	15.36	As D > As E (No cumple)	
		AS2 + (PARA EL Mu+)	14.85	13.36	As D > As E (No cumple)	
		AS3 - (PARA EL Mu -)	16.43	11.36	As D > As E (No cumple)	
Laboratorios de FIAI	VP - 101 (30X60) / EJE 8 - 8 entre los ejes F – E / Planta 2	AS1 - (PARA EL Mu -)	14.15	15.34	As D < As E (Si cumple)	
		AS2 + (PARA EL Mu+)	21.21	15.63	As D > As E (No cumple)	
		AS3 - (PARA EL Mu -)	22.23	11.36	As D > As E (No cumple)	
Pabellón de SS-HH de FCA y FIAI	V-102 (25X50) / EJE 3-3 entre los ejes B y C / Planta 2	AS1 - (PARA EL Mu -)	4.39	6.58	As D < As E (Si cumple)	
		AS2 + (PARA EL Mu+)	4.54	6.58	As D < As E (Si cumple)	
		AS3 - (PARA EL Mu -)	4.19	6.58	As D < As E (Si cumple)	
Administrativo 01 de FCA y FIAI	VP - 102 (25X55) / EJE C - C entre los ejes 2 – 3 / Planta 2	AS1 - (PARA EL Mu -)	15.22	14.52	As D > As E (No cumple)	
		AS2 + (PARA EL Mu+)	5.60	11.68	As D < As E (Si cumple)	
		AS3 - (PARA EL Mu -)	15.23	14.52	As D > As E (No cumple)	
Administrativo 02 de FCA y FIAI	VP - 101 (25X55) / EJE A - A entre los ejes 1 - 2	AS1 - (PARA EL Mu -)	10.02	10.00	As D > As E (No cumple)	
		AS2 + (PARA EL Mu+)	6.82	11.68	As D < As E (Si cumple)	
		AS3 - (PARA EL Mu -)	12.26	11.68	As D > As E (No cumple)	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40

Tabla de resultados de las áreas de acero en columnas

DEMANDA – RESISTENCIA DEL ACERO EN COLUMNAS						
Pabellón	Sección Ubicación	/ Punto Analizado	As (cm2)	Demandate	As Existente (cm2)	Observación
<b>Aulas de FCA y FIAI</b>	C2 - 35x35 / Entre los ejes B - B y 1 - 1	Planta 1	19.36		15.36	<b>As D &gt; As E (No cumple)</b>
<b>Laboratorios y Gabinetes de FCA</b>	C1 - 30x40 / Entre los ejes 5 - 5 y E - E	Planta 1	O/S esforzado (Aumentar sección) 40X40, 27.36 cm2	Sobre	25.04	<b>As D &gt; As E (No cumple)</b>
	C2 - 30x40 / Entre los ejes 6 - 6 y E - E	Planta 1	O/S esforzado (Aumentar sección) 40X40, 30.72 cm2	Sobre	26.72	<b>As D &gt; As E (No cumple)</b>
	C3 - 30x30 / Entre los ejes 11 - 11 y D - D	Planta 1	O/S esforzado (Aumentar sección) 35X35, 20.00 cm2	Sobre	16	<b>As D &gt; As E (No cumple)</b>
	C4 - 30x30 / Entre los ejes 17 - 17 y D - D	Planta 1	O/S esforzado (Aumentar sección) 35X35, 19.36 cm2	Sobre	19.36	<b>As D &gt; As E (No cumple)</b>
	C - 5 D = 30 / Entre los ejes 11 - 11 y C - C	Planta 1	O/S esforzado (Aumentar sección) D= 35cm, 12.00 cm2	Sobre	12	<b>As D &gt; As E (No cumple)</b>
<b>Laboratorios de FIAI</b>	C1 - 35x35 / Entre los ejes 2 - 2 y A - A	Planta 1	19.36		15.36	<b>As D &gt; As E (No cumple)</b>
	C2 - 35x35 / Entre los ejes 2 - 2 y B - B	Planta 1	22.72		19.36	<b>As D &gt; As E (No cumple)</b>
	C3 D = 30 / Entre los ejes 7 - 7 y B - B	Planta 1	12.00		12.00	<b>As D &lt; As E (Si cumple)</b>
<b>Pabellón de SS-HH de FCA y FIAI</b>	C1 - 25x35 / Entre los ejes 1 - 1 y C - C	Planta 1	15.36		15.36	<b>As D &lt; As E (Si cumple)</b>
<b>Administrativo 01 de FCA y FIAI</b>	C1 - 35x40 / Entre los ejes 2 - 2 y A - A	Planta 1	30.72		26.72	<b>As D &gt; As E (No cumple)</b>
	C2 - 35x40 / Entre los ejes 2 - 2 y B - B	Planta 1	O/S esforzado (Aumentar sección) 40X40, 26.72 cm2	Sobre	26.72	<b>As D &gt; As E (No cumple)</b>
<b>Administrativo 02 de FCA y FIAI</b>	C1 - 35x40 / Entre los ejes 1 - 1 y A - A	Planta 1	O/S esforzado (Aumentar sección) 40X40, 26.72 cm2	Sobre	26.72	<b>As D &gt; As E (No cumple)</b>
	C2 - 35x40 / Entre los ejes 2 - 2 y C - C	Planta 1	O/S esforzado (Aumentar sección) 40X40, 30.72 cm2	Sobre	26.72	<b>As D &gt; As E (No cumple)</b>

Fuente: Elaboración propia

Cabe resaltar que para realizar el análisis se tomaron los puntos más críticos en vigas y columnas, se aprecia en las tablas, que las áreas de acero existentes en su mayoría son menores al área de acero demandada.

### **Resistencia del concreto de las estructuras**

A continuación, se resumen los resultados de un examen de la resistencia del hormigón de los componentes estructurales (vigas y pilares) de los edificios de ambas facultades:

**Tabla 41**

*Tabla de resultados de la resistencia del concreto en vigas*

DEMANDA – RESISTENCIA DEL CONCRETO EN VIGAS					
Pabellón	Sección / Ubicación	Punto Analizado	F <sup>c</sup> Demandate (kg/cm <sup>2</sup> )	F <sup>c</sup> Existente (kg/cm <sup>2</sup> )	Observación
<b>Aulas de FCA</b>	VA 1 - (15X35) / EJE A'-A' entre los ejes 1 y 2	Techo	210	218.40	F <sup>c</sup> D < F <sup>c</sup> E (Si cumple)
<b>Aulas de FIAI</b>	V-102 (35X55) / EJE C-C entre los ejes 1 y 2	Planta 2	210	255.40	F <sup>c</sup> D < F <sup>c</sup> E (Si cumple)
<b>Laboratorios y Gabinetes de FCA</b>	VA4 - 20X50 / EJE A -A entre los ejes 1 y 2	Techo	210	231.593	F <sup>c</sup> D < F <sup>c</sup> E (Si cumple)
<b>Laboratorios de FIAI</b>	VA - 4 (20X50) / EJE A - A entre los ejes 2 - 3	Techo	210	244.77	F <sup>c</sup> D < F <sup>c</sup> E (Si cumple)
<b>Pabellón de SS-HH de FCA</b>	V - 101 (25X50) / EJE 1- 1 entre los ejes A y B	Planta 2	210	242.39	F <sup>c</sup> D < F <sup>c</sup> E (Si cumple)
<b>Pabellón de SS-HH de FIAI</b>	VA2 - (25X50) / EJE C-C entre los ejes 1 y 2	Planta 2	210	245.07	F <sup>c</sup> D < F <sup>c</sup> E (Si cumple)
<b>Administrativo 01 de FCA</b>	VA - 1 (25X55) / EJE 1 - 1 entre los ejes A - B	Planta 2	210	246.27	F <sup>c</sup> D < F <sup>c</sup> E (Si cumple)
<b>Administrativo 01 de FIAI</b>	VA - 4 (25X50) / EJE 3 - 3 entre los ejes A - B	Techo	210	249.59	F <sup>c</sup> D < F <sup>c</sup> E (Si cumple)
<b>Administrativo 02 de FCA</b>	VA - 5 (25X50) / EJE 3 - 3 entre los ejes C - D	Techo	210	249.59	F <sup>c</sup> D < F <sup>c</sup> E (Si cumple)
<b>Administrativo 02 de FIAI</b>	VA - 5 (25X50) / EJE 3 - 3 entre los ejes C - D	Techo	210	248.38	F <sup>c</sup> D < F <sup>c</sup> E (Si cumple)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42

Tabla de resultados de la resistencia del concreto en columnas

DEMANDA – RESISTENCIA DEL CONCRETO EN COLUMNAS					
Pabellón	Sección / Ubicación	Punto Analizado	F`C Demandate (kg/cm2)	F`C Existente (kg/cm2)	Observación
<b>Aulas de FCA</b>	C1 - 35x35/ Entre los ejes A´-A´ y 2 - 2	Planta 2	210	233.61	F`C D < F`C E (Si cumple)
<b>Aulas de FIAI</b>	C2 - 35x35 / Entre los ejes D - D y 2 - 2	Planta 1	210	226.76	F`C D < F`C E (Si cumple)
<b>Laboratorios y Gabinetes de FCA</b>	C1 - 30x40 / Entre los ejes 18 - 18 y F - F	Planta 2	210	227.89	F`C D < F`C E (Si cumple)
<b>Laboratorios de FIAI</b>	C1 - 35x35 / Entre los ejes 9 - 9 y E - E	Planta 2	210	217.04	F`C D < F`C E (Si cumple)
<b>Pabellón de SS-HH de FCA</b>	C1 - 25x35 / Entre los ejes 4 - 4 y C - C	Planta 2	210	218.95	F`C D < F`C E (Si cumple)
<b>Pabellón de SS-HH de FIAI</b>	C1 - 25x35 / Entre los ejes 1 - 1 y A - A	Planta 2	210	215.25	F`C D < F`C E (Si cumple)
<b>Administrativo 01 de FCA</b>	C1 - 35x40 / Entre los ejes 4 - 4 y B - B	Planta 1	210	235.63	F`C D < F`C E (Si cumple)
<b>Administrativo 01 de FIAI</b>	C1 - 35x40 / Entre los ejes 4 - 4 y C - C	Planta 1	210	238.26	F`C D < F`C E (Si cumple)
<b>Administrativo 02 de FCA</b>	C1 - 35x40 / Entre los ejes 1 - 1 y A - A	Planta 1	210	237.97	F`C D < F`C E (Si cumple)
<b>Administrativo 02 de FIAI</b>	C1 - 35x40	Planta 1	210	235.05	F`C D < F`C E (Si cumple)

Fuente: Elaboración propia

Para realizar el análisis se tomaron los puntos más críticos en vigas y columnas, se aprecia en las tablas, que la Resistencia del concreto existente en su Totalidad son superiores a la Resistencia del concreto demandado.

#### 4.4 Discusión

- De acuerdo a los resultados obtenidos se evidenció, que guarda similitud con Enriquez (2018), que, en su investigación, planteo como objetivo en evaluar la vulnerabilidad sísmica del edificio de ingeniería de la universidad Señor de Sipán, concluyo que los parámetros que influyen en el puntaje fueron: la zona sísmica alta, que proporciona valores bajos para los modificadores de puntaje (en comparación con otras zonas sísmicas) y el valor para cada sistema estructural. Tal como se indica en el presente estudio, que los parámetros de zona (Zona sísmica, factor de suelo, Periodos “Tp” y “TL”), suelo (Tipo de suelo) y configuración estructural (sistemas aporricados de concreto armado, tipo de uso, irregularidades en planta y altura) son importante identificar y definirlos en la zona de estudio, para realizar una buena evaluación estructural. Tal como se evidencia en las tablas 34 y 35.
- Con base en los hallazgos, se puede concluir que el estado actual del edificio representa un bajo riesgo para las personas y sus bienes, mientras que las medidas de seguridad son inadecuadas, muy parecido a lo que plantea Castillo (2018), cuya tesis buscó determinar el deterioro estructural inevitable en cualquier tipo de edificación frente a eventos causados por sismos. El propósito de esta investigación fue estimar la respuesta sísmica de las edificaciones que albergan las Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial mediante el cálculo de un coeficiente de degradación utilizando las circunstancias y/o parámetros de la técnica de Hirosawa. Véase el cuadro 36 para más detalles.
- De acuerdo a los resultados obtenidos se constató, que existe semejanza con Soto (2018), ya que Los autores del estudio pretendían determinar cuál de los tres métodos de evaluación sísmica -FEMA 154, Hirosawa y el método Demanda-Resistencia- era el más conservador, y llegaron a la conclusión de que el método Demanda-Resistencia era el más fiable. Se recalca que en el presente estudio los resultados arrojados por los métodos empleados, demuestra una vez más que el método de Hirosawa es menos conservador frente al método

Demanda – Resistencia, tal como se puede apreciar en la Tabla 37, evidenciando que los valores del método de Hirosawa no guarda relación con la realidad de las estructuras en estudio.

- Se demuestra que el procedimiento para los cálculos realizados por el método Demanda-Resistencia, se rigen de la NTP E.030 y NTP E.060, lo que genera resultados confiables y reales, lo que nos permitió desarrollar una evaluación más conservadora, se puede constatar lo antes señalado en las tablas 38, 39, 40, 41 y 42. Asimismo se corrobora a través de los valores de los desplazamientos laterales, áreas de acero, resistencia de concreto en vigas y columnas que las Edificaciones tienen un comportamiento Estructural vulnerable frente a eventos sísmicos, puesto que no cumplen con los parámetros estipulados en la NTP E.030 y la NTP E.060.
- Los hallazgos alcanzados por el presente estudio previo análisis realizado punto del estudio se realizó, sostenidas por los métodos aplicados en conformidad con las normas vigentes; así mismo nos facilitó alcanzar nuestras conclusiones y recomendaciones.

## CONCLUSIONES

1. Se concluye que las edificaciones de las facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial, están en la zona sísmica de categoría 3, según el mapa de Peligro sísmico, capítulo II, Artículo 10 de la NTP E.030. Es decir, pertenece a una zona altamente sísmica, motivo por el cual se consideró necesario realizar un estudio que tenga como objetivo la evaluación estructural de estas dos facultades.
2. Se Concluye que los Pabellones de Aulas , SS-HH, Administrativos 02, de ambas Facultades (Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial), y el Pabellón de Laboratorios y Gabinetes de la Facultad de Ciencias Agrarias están definidos por un Sistema Estructural Aporticado de Concreto Armado, Pertenecen a una Categoría A1 (Edificación Esencial), Asimismo se definió que las edificaciones son estructuras regulares tanto en Planta como en Altura, a excepción del Pabellón de Administrativos 01 de ambas facultades y el pabellón de Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial que son estructuras irregulares en planta. Se recalca que todos estos factores son de vital importancia para realizar Evaluaciones Estructurales frente a eventos sísmicos. Como se muestran en las tablas 34 y 35.
3. Se concluye que las condiciones actuales de las edificaciones que conforman las Facultades de la UNSM del presente estudio, se encuentran en un 90 % de deterioro, definido en base a los criterios del método de Hirosawa, tal como se evidencia en la tabla 36; se evidencia en la actualidad, la existencia de fisuras en los muros y vigas, presencia de corrosión en los aceros expuestos de algunos elementos estructurales y la filtración de aguas pluviales en temporadas de invierno a través de las losas aligeradas.
4. La prueba de la vulnerabilidad estructural de las edificaciones de las Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial de la UNSM – Tarapoto, aplicando el método de Hirosawa, argumenta que el pabellón de aulas, resulta seguro para el análisis en dirección X e Y, ya que el Índice de resistencia sísmica ( $I_s$ ) es mayor al Índice de resistencia demandada ( $I_{so}$ ); El Pabellón de Laboratorios y Gabinetes, resulta seguro tanto para el análisis en dirección X e Y, ya que el Índice de resistencia sísmica Índice de resistencia sísmica ( $I_s$ ) es mayor al Índice de resistencia demandada ( $I_{so}$ ). El Pabellón de SS-HH, resulta seguro tanto para el análisis en dirección X e Y, ya que el Índice de resistencia sísmica Índice de resistencia sísmica ( $I_s$ ) es mayor al Índice de resistencia demandada ( $I_{so}$ ). El Pabellón de Administrativo 01, resulta inseguro tanto para el análisis en dirección X



e Y, ya que Índice de resistencia sísmica Índice de resistencia sísmica ( $I_s$ ) es menor al Índice de resistencia demandada ( $I_{so}$ ). El Pabellón de Administrativo 02, resulta seguro tanto para el análisis en dirección X e Y, ya que el Índice de resistencia sísmica Índice de resistencia sísmica ( $I_s$ ) es mayor al Índice de resistencia demandada ( $I_{so}$ ), tal como se demuestra en la tabla 37.

5. Los desplazamientos relativos de entrepisos o derivas de todas las edificaciones conformado por los diferentes pabellones antes mencionadas de las Facultades de la UNSM – Tarapoto, ante la presencia de la acción de un evento sísmico severo en las direcciones X e Y, producirán derivas máximas que sobrepasan al límite tolerable de valor 0.007 para edificaciones de concreto armado, fijada en el Capítulo V, Artículo 32 de la norma técnica E.030, tal como se observa en la tabla 38.
6. El comportamiento estructural de todas las vigas y columnas que forman parte del sistema estructural de los Pabellones de Aulas, Laboratorios, Gabinetes, SS-HH, Administrativos 01 y Administrativos 02 de las Edificaciones de las Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial de la UNSM – Tarapoto; con respecto a la resistencia del concreto  $f_c'$  resistente que forman parte de sus propiedades físicas, cumple con las especificaciones técnicas plasmadas en los planos (concreto  $f_c'$  210 kg/cm<sup>2</sup>), ya que a través de los ensayos de esclerometría y ultra sonido realizados, se concluye que son mayores a la resistencia del concreto  $f_c'$  demandante, tal como se puede constatar en las tablas 41 y 42. Asimismo, con respecto a la evaluación estructural, ante la acción de un sismo severo mediante el modelamiento matemático a través del ETABS 2016 V16.2.1., se concluye que las dimensiones de las secciones de las de algunas vigas y columnas, y el área de acero existente son insuficientes e inadecuados, y en consecuencia esas vigas y columnas fallarían, ocasionando el colapso parcial o total de las edificaciones, tal como se puede corroborar en las tablas 39 y 40.
7. Tras los hallazgos conseguidos por medio de los métodos que se aplicaron para la evaluación de vulnerabilidad estructural de las edificaciones que conforman las Facultades en estudio de la UNSM – Tarapoto, se considera que el método de Demanda – Resistencia es la más adecuada y convencional para evaluar la capacidad estructural, esto se debe a que compara la fuerzas demandantes con la capacidad requerida de un edificio ante la acción de un evento sísmico severo, sustentados a través de los ensayos y el modelamiento matemático con el fin de obtener resultados conservadores.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda considerar los hallazgos obtenidos de este estudio para el criterio de reforzamiento estructural tanto del aumento de secciones de vigas y columnas, como el aumento de varillas de acero faltante para superar el área de acero demandante de las edificaciones conformado por los diferentes pabellones de las Facultades en estudio de la UNSM – Tarapoto, que tiene como propósito vital, salvar vidas humanas ante presencia de un evento sísmica severo.
2. A las autoridades competentes de la UNSM – Tarapoto, de llevar a efecto el reforzamiento de los elementos estructurales de las diferentes estructuras que forman parte de los pabellones de ambas facultades en estudio.
3. Se recomienda a los futuros profesionales o proyectistas ligados al área de estructuras el uso del método de Demanda-Resistencia para evaluar la vulnerabilidad Estructural de Edificaciones frente a eventos sísmicos severos, ya que sus resultados son conservadores y se rigen de la NTP E.030 y E.060
4. Se recomienda a los profesionales ligados a la construcción de edificaciones, ser minuciosos y cuidadosos durante el proceso constructivo, es decir con la calidad de los materiales y la eficiencia en la supervisión y residencia del personal responsable en la zona de trabajo. Asimismo, tener en cuenta las especificaciones y exigencias técnicas plasmadas en el expediente técnico. Y de haber alguna observación por parte del contratista durante la evaluación del expediente técnico y el informe de compatibilidad del mismo, hacer llegar en el momento oportuno y solucionar los inconvenientes encontrados en un tiempo prudente, y evitar errores durante el proceso constructivo que perjudicarían el comportamiento estructural y la vida útil de la estructura.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOSTINI, M. y GERBAUDO, G., 2018. *Análisis estático no-lineal para cuantificar la vulnerabilidad sísmica de edificios de hormigón armado. Asociación Argentina de Mecánica Computacional*, vol. XXXVI, no. San Miguel de Tucumán, 6-9 Noviembre 2018, pp. 10.
- ABANTO VALDIVIA, S. Y CÁRDENAS CRUZ, 2015. *Determinación de la Vulnerabilidad Sísmica Aplicando el Método de Benedetti-Petrini en las Instituciones Educativas del Centro Histórico de Trujillo, Provincia de Trujillo, Región la Libertad*, Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego.
- ALBARRACIN , S. 2019. *Aplicación de metodologías simplificadas pre-evento sísmico, para la determinación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática de la UCE. QUITO : S.N., 2019.*
- ALVAYAY, D., 2016. *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del casco urbano de la ciudad de Valdivia, empleando índices de vulnerabilidad*. S.l.: Universidad Austral de Chile.
- ANAYA, R., 2019. *Vulnerabilidad estructural ante riesgo sísmico de las viviendas de la subcuenca Chucchun - Carhuaz*. S.l.: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- ARÉVALO, M., 2017. *Análisis de la vulnerabilidad físico estructural y funcional en edificaciones públicas y privadas ante el riesgo de inundaciones generadas por el desborde de la quebrada serrano en el Sector Urbano de la Ciudad de Saposoa*. S.l.: Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto.
- BAZZO, L. y Barbat, A., 2004. *Fuente: Archivo recuperado, Diseño sismo resistente de edificios, Técnicas convencionales y avanzadas*, Editorial Reverte, S.A. ISBN: 84-291-2011-4.
- BARBAT, A., 1998. *Riesgo Sísmico en el Diseño de Edificios*, Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, España
- BONNET, R., 2003. *Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico de Edificios - Aplicación a Entornos Urbanos en Zonas de Amenaza Alta y Moderada*, Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña, España.
- CASTILLO, J., 2018. *Evaluación del comportamiento sísmico, post constructivo dentro del límite elástico, de la infraestructura del policlínico - Policía Nacional del Perú –*

- Tarapoto- 2018. S.I.: Universidad Cesar Vallejo.
- CIFUENTES, A. y FUENTES, J., 2018. *Evaluación de vulnerabilidad sísmica actual de albergues temporales en Bucaramanga aplicando algoritmos de clasificación supervisada*. S.I.: Universidad Industrial de Santander.
- CUCHO, H. y NUÑEZ, K., 2018. *Evaluación de la vulnerabilidad estructural aplicando el Método Hirosawa para determinar la seguridad sísmica del Hospital Regional de Lambayeque*. S.I.: Universidad San Martín de Porres.
- DÍAZ, R., 2018. *Evaluación del índice de daño mediante Hirosawa para determinar la vulnerabilidad sísmica en los centros educativos en la victoria, Chiclayo*. S.I.: Universidad Señor de Sipán.
- DANNA, J., 2017. *Caracterización y evaluación de la vulnerabilidad sísmica de puentes*. S.I.: Universidad Nacional de Tucumán.
- DÍAZ, J., 2019. *Riesgo sísmico en las edificaciones de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura – Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto*. S.I.: UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO.
- ENRIQUEZ, J., 2018. *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del edificio de Ingeniería de la Universidad Señor de Sipán, Actualizada a la Norma E-030-2016*. S.I.: Universidad Señor de Sipán.
- GOMEZ PRADO, WALTER Y LOAYZA YAÑEZ, ANTONIO, 2014. *Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Centros de Salud del Distrito de Ayacucho*. S.I.: Universidad Nacional de Huancavelica.
- HANAMPA, J., 2020. *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica a través del método Hirosawa*. S.I.: Universidad Peruana Unión.
- MERCEDES, L. y REYES, F., 2018. *Evaluación de vulnerabilidad sísmica de la infraestructura Educativa N° 86686 Av. Atusparia distrito y provincia de Huaraz – Región Ancash*. S.I.: Universidad César Vallejo.
- HIROSAWA, M., 1988. *Evaluation of Seismic Safety and Guidelines on Seismic Retrofitting Design of Existing Reinforced Concrete Buildings*, Tokyo, 1976, VI Seminar on Seismology and Earthquake Engineering for Structural Engineers.
- HIROSAWA, M., 1992. *Retrofitting and Retraction of Building in Japan*, IISEE, Tsukaba, Japón.
- MESTA, C., 2016. *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones comunes*

- en la ciudad de pimentel*. S.I.: Universidad de San Martín de Porres.
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, 2000. *Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud*. Edición 2. Mexico: s.n.
- PECORI, C. y CRUZ, O., 2018. *ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA I.E. EMBLEMÁTICA SAN JUAN DE LA CIUDAD DE TRUJILLO*". S.I.: Universidad Privada del Norte.
- PINCHI, J., 2016. *Vulnerabilidad en los establecimientos de Salud de Tarapoto*. S.I.: Universidad Nacional De San Martin.
- QUIROZ, J., 2020. *Análisis de vulnerabilidad sísmica basado en el método hirosawa para los colegios públicos secundarios del distrito de chiclayo - lambayeque*. S.I.: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P., 2016. *Metodología de la investigación*. McGRAW-HIL. Mexico: s.n. ISBN 9781456223960.
- SOTO, E., 2018. *Comparación de los métodos: fema 154, Hirosawa y demanda - resistencia para evaluar Vulnerabilidad Sísmica en Infraestructura Educativa – Baños del Inca*. S.I.: Universidad Privada del Norte.
- TORRES, W., 2021. *Vulnerabilidad Sísmica de Estructura con el Metodo Hirosawa del Hospital San Martin de Porres Macusani, Puno - 2021*. S.I.: Universidad Cesar Vallejo.
- UVER, S., 2019. *Vulnerabilidad sísmica en edificaciones esenciales mediante curvas de fragilidad analíticas – edificio administrativo de la Universidad Nacional del Perú Centro del Perú*. S.I.: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- YSLA, F., 2018. *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de viviendas del sector San Gabriel Alto Distrito Villa María del Triunfo – Lima 2018*. S.I.: Universidad Cesar Vallejo.

## ANEXOS

## Anexo 1: Matriz de consistencia

Tabla 43: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN		METODOLOGÍA
			VARIABLES Y SUBVARIABLES	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
¿Cuál es el estado de vulnerabilidad estructural mediante el método Hirosawa y Demanda – ¿Resistencia para determinar la seguridad sísmica de las edificaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, 2021?	<p><b>Objetivo General:</b></p> <p>Evaluar la vulnerabilidad estructural mediante el método Hirosawa y Demanda – Resistencia para determinar la seguridad Sísmica de las edificaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, 2021</p> <p><b>Objetivos Específicos:</b></p>	<p><b>Hipótesis General:</b></p> <p>La evaluación de vulnerabilidad estructural mediante el método Hirosawa y Demanda – Resistencia permitirá determinar la seguridad sísmica de las edificaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Nacional de San Martín –</p>	<p><b>Variable independiente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vulnerabilidad estructural</li> </ul> <p><b>Variable dependiente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Seguridad sísmica</li> </ul>	<p><b>Para la Variable Independiente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eo= Índice sísmico básico de comportamiento estructural.</li> <li>- Sd= índice de configuración estructural.</li> <li>- T= índice de deterioro de la edificación.</li> <li>- Gi= Factor de grado.</li> <li>- Ri= Factor de reajuste.</li> <li>- Factores: T1, T2, Z, G y U.</li> </ul> <p><b>Variable dependiente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Comportamiento sísmico, Estado actual y</li> </ul>	<p><b>Diseño de la Investigación:</b></p> <p>Con finalidad de cuantificar la medición de las variables en valores contables, cuantificables y proporcionales; el diseño será no experimental, transversal, observándose la edificación in situ y recogiendo los datos en un solo instante y en un solo tiempo. Para evaluar adecuadamente la vulnerabilidad de las estructuras a fin de establecer la seguridad ante sismos para las edificaciones de las facultades en estudio de la UNSM – Tarapoto mediante los métodos de Hirosawa y Demanda – Resistencia, y concurrentemente aplicar la NTE E.030, que desarrolló un diseño de tipo retrospectivo (Sampieri, et al. 2014).</p> <p><b>Tipo y nivel de la Investigación:</b></p> <p><b>Tipo de la Investigación:</b></p> <p>El enfoque es cuantitativo, tipo básico ya que cuantifican y son proporcionales a la medida de las variables de estudio con el único propósito de interpretar numéricamente los resultados que se llegará para obtener la seguridad sísmica, además porque solo se evaluará a nivel de vulnerabilidad estructural y no se alterará el comportamiento de las variables (Sampieri, et al. 2014).</p> <p><b>Nivel de la Investigación:</b></p>

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN		METODOLOGÍA
			VARIABLES Y SUBVARIABLES	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
	<p>- Evaluar la configuración estructural de las Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial para determinar el índice de resistencia sísmica a través del método Hirosawa y Demanda – Resistencia.</p> <p>- Evaluar el deterioro de las edificaciones de las Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial para determinar el índice de resistencia sísmica a través del método Hirosawa y Demanda – Resistencia.</p> <p>- Evaluar el comportamiento</p>	Tarapoto, 2021; por lo cual resulta seguro.		<p>Estabilidad del sistema estructural (Z).</p> <p>- Zonificación sísmica.</p> <p>Categoría edificación (U).</p> <p>Coficiente de Amplificación (C).</p> <p>- Perfil DE SUELO (S).</p> <p>- Coficiente de Reducción Sísmica (R).</p>	<p>Con el propósito de brindar una adecuada valoración de vulnerabilidad estructural y determinar la seguridad sísmica de los edificios en los Ambientes de la Facultad en estudio, de la UNSM – Tarapoto, el estudio tendrá un alcance descriptivo y explicativo. (Sampieri, et al. 2014).</p> <p><b>Técnicas de procesamiento y análisis de datos</b></p> <p>Para evaluar el estado de vulnerabilidad estructural a fin de establecer la seguridad sísmica en las estructuras de los pabellones de las Facultades de la UNSM – Tarapoto, se realizará de la siguiente forma:</p> <p>Primer paso: Toda la recolección y procesamiento de datos de este estudio se realizará en el marco de la Facultad de la UNSM – Tarapoto.</p> <p>Haciendo comparaciones y relacionándolo con la regla japonesa es como se determina el Iso.</p> <p>Segundo paso: El Eo se calculará con fórmulas del método de Hirosawa, teniendo en cuenta el peso de cada pilote estructural de los pabellones de las facultades, el índice Cc en ambas direcciones, el coeficiente de factor de reducción (<math>\alpha</math>), y la única dependencia del método de aplicado tipo C en la falla de la columna.</p> <p>Tercer paso: El índice Sd se determina en base a las propiedades del edificio, incluyendo su regularidad, relación ancho- largo, deformaciones, uniformidad de la altura, el grosor de las juntas de dilatación, tamaño, presencia de suelo, ubicación de los jardines interiores, excentricidad de la rigidez e irregularidades en la distribución de masas.</p> <p>Cuarto paso: Se realiza la evaluación del índice de deterioro del edificio de la Facultad considerando algunas tablas ya elaboradas que están establecidas por el método de Hirosawa;</p>

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN		METODOLOGÍA
			VARIABLES Y SUBVARIABLES	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
	<p>básico estructural de las Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial para determinar el índice de resistencia sísmica a través del método Hirosawa y Demanda – Resistencia.</p> <p>- Evaluar la condición del terreno de las Facultades de Ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial para determinar el índice de demanda sísmica a través del método Hirosawa y Demanda – Resistencia.</p>				<p>tales como daños leves, inclinaciones, deformaciones, grietas, sustancias químicas y tiempo de uso de las estructuras ya mencionadas, para lo cual se realizó una visita a los dos pabellones de la universidad.</p> <p>Quinto paso: Asimismo se realizará los ensayos de esclerometría en diferentes puntos de aplicación entre los dos pabellones del campus universitario con finalidad de diagnosticar la uniformidad del concreto insitu de los componentes de construcción y asimismo estimar la resistencia del sitio; posteriormente dichos resultados serán comparadas con las especificaciones técnicas plasmados en los planos que serán requisitos para aplicar el método de Resistencia y Demanda.</p> <p>Sexto paso: Para la modelación del edificio se utilizará Etabs 2016, aplicándose al procesador la versión 2018 de la norma E-030. De esta manera se pretende calcular la vulnerabilidad de la estructura y determinar de qué manera tener en cuenta la seguridad sísmica de las facultades de la UNSM - Tarapoto, es necesario primero determinar las distorsiones, luego verificar las secciones y áreas de refuerzo de los elementos estructurales mostrados en los planos.</p> <p><b>Técnicas de recolección de datos:</b></p> <p>Para el desarrollo de la investigación se utilizamos la técnica de observación directa, esta técnica se ha utilizado durante la etapa de recolección de datos tanto en campo, así como en laboratorio, se ha podido observar desde el proceso de elaboración del concreto en obra, conteo de dosificaciones utilizadas, temperatura, asentamiento del concreto y carga de rotura con la que se realizó el cálculo de la resistencia a la compresión del concreto y junto a todos los datos recolectados se pudo determinar la calidad del concreto.</p> <p>Así mismo, el método PCI se basa en los resultados de un</p>



PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN		METODOLOGÍA
			VARIABLES Y SUBVARIABLES	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
					<p>inventario visual de la condición del pavimento, por ello, las fallas se clasifican según su tipo, severidad y cantidad, se obtiene como resultado un índice estructural del pavimento y la condición operacional de la superficie, lo cual, es fundamental para plantear las alternativas de intervención en la vía y mejorar su condición actual.</p> <p>Así mismo, como instrumento para aplicar el método PCI, se utiliza un formato de recolección de datos que consolida información principal de la vía y permite el relevamiento correcto de las fallas en la zona de estudio.</p> <p><b>Instrumentos de recolección de datos:</b></p> <p>Con su respectiva prueba de seguridad sísmica a los pabellones de la facultad en estudio, se emplearán los siguientes métodos: Formulario de examen técnico establecido por la NT Peruana E.030, versión 2018.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Algunos de los factores cuyos valores pueden encontrarse en un cuestionario o formato de informe que utilice las metodologías Hirosawa son: el comportamiento estructural fundamental, la configuración de la estructura, la degradación de la edificación, y el estado del suelo, y Demanda - Resistencia para evaluarlos.</li> </ul>

Nota: Elaboración propia

## Anexo 2. Declaratoria de autenticidad de los investigadores


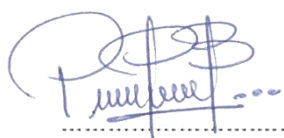
**Pamela Del Carmen Díaz Bocanegra**, con DNI N° 73669394, egresado de la Escuela profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto y **Llener Reátegui Cenepo**, con DNI N° 74725874, egresado de la Escuela profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, autores de la tesis titulada: **Evaluación de vulnerabilidad estructural mediante el método de Hirosawa y demanda – resistencia para determinar la seguridad sísmica de las edificaciones de la facultad de ciencias Agrarias e Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, 2021.**

Declaramos bajo juramento que:



1. La tesis presentada es de nuestra autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 29 de Mayo del 2023



**Bach. Pamela Del Carmen Díaz Bocanegra**  
DNI N° 73669394



**Bach. Llener Reátegui Cenepo**  
DNI N° 74725874

**Anexo 3. Declaratoria de autenticidad del asesor**

DECLARO BAJO JURAMENTO DE LEY QUE LA TESIS DESARROLLADA CON EL TEMA "EVALUACION DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL MEDIANTE EL METODO DE HIROSAWA Y DEMANDA-RESISTENCIA PARA DETERMINAR LA SEGURIDAD SISMICA DE LAS EDIFICACIONES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS E INGENIERIA AGROINDUSTRIAL EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN-TARAPOTO 2021", ES UNICA DE MI AUTORÍA Y TENIENDO COMO ASESOR AL **Ing. M.Sc. Víctor Hugo Sánchez Mercado**, QUIEN CERTIFICA LA ORIGINALIDAD DE LA TESIS EN MENCIÓN.

EN HONOR A LA VERDAD Y FIEL CUMPLIMIENTO DE LO ESTIPULADO, FIRMAN EL SUSCRITO Y EL ASESOR EL PRESENTE DOCUMENTO Y LO REPRESENTO CON HUELLA DACTITAL.

TARAPOTO, 29 DE MAYO DE 2023




.....  
Bach. Llener Reátegui Cenepo

DNI N° 74725874  
**Tesista**



.....  
Bach. Pamela del Carmen Díaz Bocanegra

DNI N° 73669394  
**Tesista**



.....  
Ing. M.Sc. Víctor Hugo Sánchez Mercado  
DNI No 26676942

**Asesor**

#### Anexo 4. Cálculo del índice de vulnerabilidad estructural (Is)

<b>Cálculo del Is</b>	
Este índice se calcula mediante la ecuación siguiente:	
$I_s = E_o * S_D * T \quad \text{ec.01}$	
Donde:	
E <sub>o</sub> : Índice sísmico básico de comportamiento estructural.	
S <sub>D</sub> : Índice de configuración estructural.	
T: Índice de deterioro de la edificación.	
<b>Cálculo de Eo</b>	
Al aplicar el primer nivel de evaluación, el termino E <sub>o</sub> se determina a partir de un cálculo simple de la resistencia última de corte de cada piso. Esta resistencia se calcula para cada dirección de la planta por la suma de los productos del área de la sección transversal de un muro o columna y de su resistencia de corte, reduciendo este producto por un factor ( $\alpha_i$ ) que considera la presencia de elementos que alcanzan su resistencia a un nivel de deformación menor que el resto de los elementos sísmicos resistentes como, por ejemplo, columnas cortas o muros de albañilería, reforzados o no, si se comparan con muros o columnas de hormigón armado.	
El índice E <sub>o</sub> es proporcional al producto del coeficiente de resistencia (C) y de la ductilidad (F).	
$E_o * \alpha * C * F \quad \text{ec.02}$	
El índice E <sub>o</sub> se calculó con la ecuación siguiente:	
$E_p = \frac{(n_p+1)}{(n_p+i)} * \{ \alpha_1 * (C_{mar} + C_{sc} + C_a + C_{ma}) + \alpha_2 * C_w + \alpha_3 * C_c \} * F \quad \text{ec.03}$	
Donde:	
$\alpha_i$ : Factor de reducción de la capacidad resistente de acuerdo con el nivel de deformación en que alcanzan la resistencia los elementos que controlan el comportamiento sísmico. Los valores de estos factores se entregan en la tabla 5 cuando la capacidad sísmica está controlada por los elementos más frágiles (Tipo A), los menos frágiles (Tipo B) y los dúctiles (Tipo C) respectivamente.	
$n_p$ : Número de pisos del edificio.	
i: Nivel que se evalúa.	

$C_{mar}$ : Índice de resistencia proporcionada por los muros de relleno de albañilería.

$C_{sc}$ : Índice de resistencia proporcionada por las columnas cortas de hormigón armado.

$C_a$ : Índice de resistencia proporcionada por los muros de albañilería no reforzada o parcialmente confinada.

$C_{ma}$ : Índice de resistencia proporcionada por los muros de albañilería confinada.

$C_w$ : Índice de resistencia proporcionada por los muros de hormigón armado.

$C_c$ : Índice de resistencia proporcionada por las columnas no cortas de hormigón armado.

F: Índice de ductilidad asociado a los elementos verticales.  $F=1.0$  si  $C_{mar}$ ,  $C_a$  y  $C_{sc}$  son iguales a cero.  $F=0.8$  si  $C_{mar}$ ,  $C_a$  y  $C_{sc}$  son distintos de cero.

“En caso de que los muros de albañilería confinada controlen la capacidad resistente, el valor de F es igual a 1.0 considerando la capacidad de deformación inelástica que se logra con los elementos de confinamiento”. (OPS, 2004, p.143).

La capacidad sísmica debe calcularse en primer lugar considerando la falla de elementos más frágiles; sin embargo, si la falla de este grupo no produce inestabilidad del sistema, la capacidad sísmica debe calcularse considerando el próximo grupo y despreciando la resistencia de los elementos que ha fallado. (OPS, 2004, p.143).

Valores de los coeficientes $\alpha_i$				
Tipo	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	Modo de Falla
A	1.0	0.7	0.5	Muros de rellenos de albañilería o columnas cortas o muros de albañilería no reforzada y parcialmente confinada o muros de albañilería confinada controlan la falla.
B	0.0	1.0	0.7	Muros de hormigón armado controlan la falla.
C	0.0	0.0	1.0	Columnas de hormigón armado controlan la falla.

El término  $\frac{(np+1)}{(np+i)}$  considera la relación entre el coeficiente de corte basal y el coeficiente de corte del piso i, cuando estos esfuerzos de corte se establecen en función del peso del edificio por sobre el nivel considerado.

Establece la OPS (2004), menciona que los índices de resistencia ( $C_i$ ) se han determinado considerando las características de refuerzo de los muros de hormigón armado construidos en Chile (cuantía y modalidad de refuerzo), lo que incorpora modificaciones en las expresiones propuestas por Hirosawa e Iglesias. Para los muros de albañilería se usa la resistencia propuesta por Iglesias para los muros de relleno (muros tipo diafragma) y la

resistencia de agrietamiento diagonal recomendada para los muros de albañilería confinada (p.143).

Las ecuaciones usadas son:

$$C_{mar} = \frac{0.6 \cdot 0.85 \cdot \tau_0 \cdot \Sigma A_{mar}}{\Sigma_{j=i}^{np} W_j} \quad \text{ec.04}$$

$$C_{sc} = \frac{f'c}{200} * \frac{15 \cdot \Sigma A_{sc}}{\Sigma_{j=i}^{np} W_j} \quad \text{ec.05}$$

$$C_{ma} = \frac{0.6 \cdot (0.45 \cdot \tau_0 + 0.25 \cdot \sigma_0) \cdot \Sigma A_{ma}}{\Sigma_{j=i}^{np} W_j} \quad \text{ec.06}$$

$$C_a = C_{ma}$$

$$C_w = \frac{f'c}{200} * \frac{30 \cdot \Sigma A_{m1} + 20 \cdot \Sigma A_{m2} + 12 \cdot \Sigma A_{m3} + 10 \cdot \Sigma A_{m4}}{\Sigma_{j=i}^{np} W_j} \quad \text{ec.07}$$

$$C_c = \frac{f'c}{200} * \frac{30 \cdot \Sigma A_{c1} + 7 \cdot \Sigma A_{c2}}{\Sigma_{j=i}^{np} W_j} \quad \text{ec.08}$$

Donde:

$f'c$  = Resistencia cilíndrica a la compresión del hormigón.

$\Sigma A_{mar}$  = Suma de las áreas de los muros de relleno de albañilería del piso en evaluación en la dirección analizada.

$\Sigma A_{sc}$  = Suma del área de las columnas cortas de hormigón armado del piso en evaluación.

$\Sigma A_{ma}$  = Suma de las áreas de los muros de albañilería confinada del piso en evaluación en la dirección en la dirección analizada.

$\Sigma A_{m1}$  = Suma de las áreas de los muros de hormigón armado del piso en evaluación con columnas en ambos extremos, con cuantía de refuerzo horizontal igual o mayor que 1.2% y una esbeltez (HIL) del muro mayor que 2. En estos muros la resistencia al corte está controlada por la resistencia de aplastamiento de la diagonal comprimida debido a su alta cuantía de refuerzo horizontal.

$\Sigma A_{m2}$  = Suma de las áreas de los muros de hormigón armado del piso en evaluación con columnas en ambos extremos y cuantía de refuerzo horizontal mínima. En estos muros la resistencia al corte es proporcionada principalmente por la armadura horizontal.

$\Sigma A_{m3}$  = Suma de las áreas de los muros de hormigón armado del piso en evaluación, sin columnas o con una columna en alguno de sus extremos, una esbeltez del muro igual o menor que 2 y una cuantía de armadura mínima. En estos muros la resistencia al corte está definida por la carga de agrietamiento diagonal del hormigón, debido a su reducida cuantía de armadura de refuerzo.

$\Sigma A_{m4}$  = Suma de las áreas de los muros de hormigón armado del piso en evaluación, sin columnas o con una columna en alguno de sus extremos y una esbeltez del muro mayor que 2. En estos muros la resistencia al corte está dada por las ecuaciones de la norma ACI-318.

$\Sigma A_{c1}$  = Suma de las áreas de las columnas de hormigón armado donde la relación entre la altura libre (h) y el ancho (D) es menor que 6.

$\Sigma A_{c2}$  = Suma de las áreas de las columnas de hormigón armado donde la relación entre la altura libre (h) y el ancho (D) es igual o mayor que 6.

$W_j$  = Peso del piso j.

$\tau_o$  = Resistencia básica de corte de la albañilería.

$\sigma_o$  = Tensión normal debida al esfuerzo axial que producen las cargas verticales de peso propio y las sobrecargas de uso.

L = Largo del muro.

H = Altura del piso si L es igual o mayor que 3 metros o altura libre del muro si L es menor que 3 m.

En estas ecuaciones las áreas se deben expresar en cm<sup>2</sup>, las resistencias y tensiones en kg/cm<sup>2</sup> y los pesos en kgf. Los coeficientes que acompañan a las áreas corresponden a la resistencia al corte de los diferentes tipos de elementos que forman el sistema sismo resistente, expresados en kgf/cm<sup>2</sup> (OPS, 2004, p.147).

### **Cálculo de SD**

La información para calcular SD se obtiene principalmente de los planos arquitectónicos y se complementa con visitas a terreno. Las características del edificio que se consideran en la determinación de este coeficiente son regularidad de la planta, relación largo-ancho de la planta, estrangulaciones de la planta, espesor de las juntas de dilatación, dimensiones y ubicación de patios interiores, existencia de subterráneo, uniformidad de la altura de los pisos, excentricidad de rigidez en planta, irregularidades de la distribución de las masas y de la rigidez de entrepiso de los pisos en altura, etc. (OPS, 2004, p.147).

Hirosawa propone calcular SD cuando se una el primer nivel de evaluación de vulnerabilidad con la ecuación siguiente:

$$SD = \prod_{i=1}^8 q_i \quad \text{ec.09}$$

Donde:

$$q_i = \{1.0 - (1 - G_i) * R\} \text{ para } i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 \text{ y } 8$$

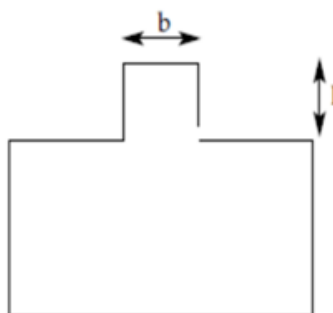
Los valores de  $G_i$  y  $R_i$  recomendados por Hirosawa:

ITEM (qi)	Gi			Ri
	1.0	0.9	0.8	
1. Regularidad: ai	Regular (a1)	Mediano (a2)	Irregular (a3)	1.0
2. Relación largo – ancho: $B=n/m$	$B < 5$	$5 < B < 8$	$B > 8$	0.5
3. Contratación de planta $c=d1/do$	$0.8 < C$	$0.5 < C < 0.8$	$C < 0.5$	0.5
4. Atrio o patio interior	$Rap = 0.1$	$0.1 < Rap < 0.3$	$0.3 < Rap$	0.5
5. Excentricidad de Atrio o patio interior	$f1 = 0.4$ $f2 = 0.1$	$f1 > 0.4$ $0.1 < f2 < 0.3$	$0.4 < f1$ $0.3 < f2$	0.25
6. Subterráneo	$1.0 < Ras$	$0.5 < Ras < 1.0$	$Ras < 0.5$	1.0
7. Junta de dilatación	$0.01 < s$	$0.005 < 0.01$	$s < 0.005$	0.5
8. Uniformidad de altura de piso	$0.8 < Rh$	$0.7 < Rh < 0.8$	$Rh < 0.7$	0.5

La descripción de cada una de las características se entrega a continuación:

### 1. Regularidad ai:

ai: La planta es simétrica en cada dirección y el área de salientes es menor o igual al 10% del área total de la planta. Estas salientes, son consideraciones en el caso que  $l/b \geq 0.5$ .



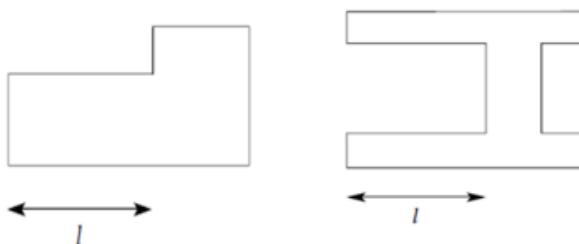
a2: La planta no es regular, y el área de salientes es igual o menor que el 30% del área de la planta. Dentro de esta categoría se encuentran las plantas tipo L, T, U y otras.

a3: La planta es más irregular que el caso a2, y el área de salientes es mayor que el 30% del área de la planta.

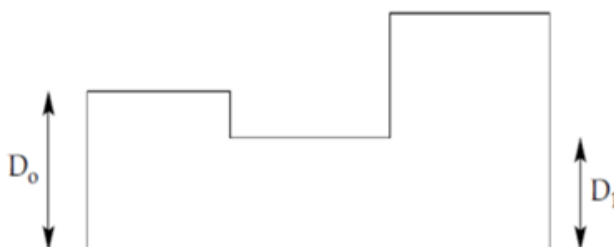


**2. Relación largo – ancho, B:**

Razón entre la dimensión mayor y menor de la planta. En las plantas tipo L, T, U u otras se considera el lado mayor como  $2 \cdot l$ , para  $l$  indicado en la figura.

**3. Contracción de planta, c:**

Sucede cuando en cualquier de los niveles, se reduce el área de la losa de piso desde el borde hasta el interior.

**4. Atrio o patio interior,  $R_{ap}$** 

Razón entre el área del atrio y el área total de la planta, incluida el área del atrio. Sin embargo, una caja de escaleras estructurada con muros de hormigón armado no se considera en este análisis.

**5. Excentricidad de Atrio o patio inferior, f**

f1: Razón entre la distancia del centro de la planta al centro del atrio y la longitud menor de la planta.

f2: Razón entre la distancia del centro de la planta al centro del atrio y la longitud mayor de la planta.

**6. Subterráneo,  $R_{as}$** 

Razón entre el área promedio de la planta de los subterráneos y el área promedio de la planta de edificio.

**7. Junta de dilatación, s**

Este criterio se aplica a edificios que tienen junta de dilatación.

Razón entre el espesor de la junta de dilatación sísmica y la altura del nivel sobre el suelo donde se encuentra.

**Cálculo T**

El índice T se determina a continuación; considerando que se usa un valor único del índice T para el edificio, este valor debe corresponder al menor valor obtenido.	
<b>Deformación permanente (T1)</b>	
<b>Características</b>	<b>T1</b>
El edificio presenta inclinación debido a asentamiento diferencial.	0.7
El edificio está construido sobre relleno artificial.	0.9
El edificio ha sido reparado debido a deformaciones presentadas anteriormente.	0.9
Tiene visible deformación de vigas o columnas.	0.9
No presenta signos de deformación.	1.0
<b>Grietas en muros o columnas debido a corrosión del acero de refuerzo (T2)</b>	
<b>Características</b>	<b>T2</b>
Presenta filtraciones con corrosión visible de armaduras.	0.8
Presenta grietas inclinadas visibles en columnas.	0.9
Presenta grietas visibles en muros.	0.9
Presenta filtraciones, pero sin corrosión de armaduras.	0.9
Nada de lo anterior.	1.0
<b>Incendios (T3)</b>	
<b>Características</b>	<b>T3</b>
Ha experimentado incendio, pero no fue reparado.	0.7
Ha experimentado incendio y fue adecuadamente reparado.	0.8
No ha experimentado incendio.	1.0
<b>Incendios (T4)</b>	
<b>Características</b>	<b>T4</b>
Almacena sustancias químicas.	0.8
No contiene sustancias químicas.	1.0
<b>Incendios (T5)</b>	
<b>Características</b>	<b>T5</b>
Presenta daño estructural grave.	0.8
Presenta daño estructural fuerte.	0.9
Presenta daño estructural ligero o no estructural.	1.0

**Anexo 5. Enlaces de las hojas de cálculos utilizadas para los estudios de investigación.**

Enlace 1: Ejecución de cálculos.

[https://docs.google.com/document/d/1W9wjSn39i-qNyCxBipnokvtv69kwzY1T/edit?usp=share\\_link&oid=115244313297973459702&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/document/d/1W9wjSn39i-qNyCxBipnokvtv69kwzY1T/edit?usp=share_link&oid=115244313297973459702&rtpof=true&sd=true)

Enlace 2: Ensayo de Ultrasonido.

[https://drive.google.com/drive/folders/1SPQcWN13XuveX08MSJAJXBhrMbHCpOC7?usp=share\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/1SPQcWN13XuveX08MSJAJXBhrMbHCpOC7?usp=share_link)

Enlace 3: Ensayo de Esclerometría.

[https://drive.google.com/drive/folders/1SScY\\_4ZuxRM8fVqy\\_t0bAX8CjOOsdMB4?usp=share\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/1SScY_4ZuxRM8fVqy_t0bAX8CjOOsdMB4?usp=share_link)

Enlace 4: Planos de Arquitectura.

[https://drive.google.com/drive/folders/1SVmF-7-8fFpIWAES15A2nQs0OjfNgAlu?usp=share\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/1SVmF-7-8fFpIWAES15A2nQs0OjfNgAlu?usp=share_link)

**Anexo 6. Panel Fotográfico.**

Foto N° 01: Pabellón de Aulas de la Facultad de Ciencias Agrarias (Fuente: Elaboración propia)



Foto N° 02: Pabellón Administrativo 01 de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Elaboración propia)



Foto N° 03: Pabellón Administrativo 02 de la Facultad Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Elaboración propia)



Foto N° 04: Pabellón Administrativo 02 de la Facultad de Ciencias Agrarias (Fuente: Elaboración propia)



Foto N° 05: Pabellón de Laboratorios y Gabinetes de la Facultad de Ciencias Agrarias (Fuente: Elaboración propia)



Foto N° 06: Toma de datos In situ la realizar la evaluación por el método de Hirosawa del primer nivel del Pabellón de Laboratorios y Gabinetes de la Facultad de Ciencias Agrarias (Fuente: Elaboración propia)



Foto N° 07: Toma de datos In situ para realizar la evaluación por el método de Hirosawa del segundo nivel del Pabellón de Aulas de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Elaboración propia)



Foto N° 08: Toma de datos In situ para realizar la evaluación por el método de Hirosawa del segundo nivel del Pabellón Administrativo 02 de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Elaboración propia)



Foto N° 09: Presencia de humedad en la losa del segundo nivel del Pabellón Administrativo 02 de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Elaboración propia)



Foto N° 10: Presencia de humedad en la losa del segundo nivel del Pabellón de Aulas de la Facultad de Ciencias Agrarias (Fuente: Elaboración propia)



Foto N° 11: Presencia de paredes fisuradas segundo nivel del Pabellón Administrativo 01 de la Facultad de Ciencias Agrarias (Fuente: Elaboración propia)



Foto N° 12: Presencia de paredes fisuradas por falta de confinamiento y aislamiento entre las paredes colindantes y las ventanas del segundo nivel del Pabellón Administrativo 01 de la Facultad de Ciencias Agrarias (Fuente: Elaboración propia)



Foto N° 13: Presencia de fisuras entre las juntas en las vigas del segundo nivel del Pabellón de Aulas de la Facultad de Ciencias Agrarias (Fuente: Elaboración propia)

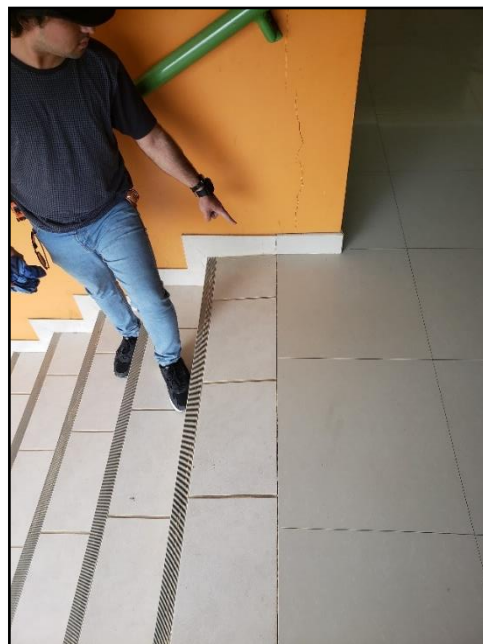


Foto N° 14: Presencia de fisuras en las paredes justo en los bloques de la escalera de acceso y los ambientes de Administrativo 02 donde no existe junta de separación de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Elaboración propia)



Foto N° 15: Desprendimiento del concreto en vigas del segundo nivel del Pabellón de SS-HH de la Facultad de Ciencias Agrarias (Fuente: Elaboración propia)



Foto N° 16: Desprendimiento del concreto y la exposición de acero de refuerzo en vigas del segundo nivel del Pabellón de Laboratorios y Gabinetes de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Elaboración propia)



Foto N° 17: Presencia de fisuras y desprendimiento del concreto de la escalera de acceso por falta de junta sísmica en el Pabellón de Laboratorios y Gabinetes de la Facultad de Ciencias Agrarias (Fuente: Elaboración propia)



Foto N° 18: Realizando el ensayo de esclerometría con el equipo electrónico en las columnas del Pabellón de Laboratorios y Gabinetes de la Facultad de Ciencias Agrarias (Fuente: Elaboración propia)



Foto N° 19: Realizando el ensayo de esclerometría con el equipo electrónico en las columnas del Pabellón de Aulas de la Facultad de Ciencias Agrarias (Fuente: Elaboración propia)





Foto N° 20: Realizando el ensayo de esclerometría con el equipo electrónico en las columnas del Pabellón de SS-HH de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Elaboración propia)



Foto N° 21: Realizando el ensayo de esclerometría con el equipo electrónico en las columnas del Pabellón Administrativo 01 de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial (Fuente: Elaboración propia)



Foto N° 22: Realizando el ensayo de ultra sonido con el equipo electrónico en las columnas del Pabellón de Laboratorios y Gabinetes de la Facultad de Ciencias Agrarias (Fuente: Elaboración propia)



Foto N° 23: Realizando el ensayo de ultra sonido con el equipo electrónico en las columnas del Pabellón de Aulas de la Facultad de Ciencias Agrarias (Fuente: Elaboración propia)

# Evaluación de vulnerabilidad estructural mediante el método de Hirosawa y demanda – resistencia para determinar la seguridad sísmica de las edificaciones de la facultad de ciencias Agrarias e Ingenier

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>9%</b>	<b>9%</b>	<b>1%</b>	<b>4%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.unsm.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.usmp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>tesis.unsm.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>revistas.unsm.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>es.slideshare.net</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>www.mef.gob.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

9	Submitted to Universidad Nacional de San Martín Trabajo del estudiante	<1 %
10	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
11	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %
13	unsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad del Atlántico Medio Trabajo del estudiante	<1 %
15	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	"VII Latin American Congress on Biomedical Engineering CLAIB 2016, Bucaramanga, Santander, Colombia, October 26th -28th, 2016", Springer Nature, 2017 Publicación	<1 %
17	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
18	1library.co Fuente de Internet	<1 %

19 repositorio.untrm.edu.pe  
Fuente de Internet

<1%

---

20 m.riunet.upv.es  
Fuente de Internet

<1%

---

Excluir citas      Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía      Activo