

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**Optimización del diseño estructural utilizando análisis estático no lineal
pushover en la I.E San Carlos-Monsefú**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

Greta Xiomara Llontop Mora

ASESOR

Jorge Enrique Alvarez Ruffran

<http://orcid.org/0000-0002-5321-8500>

Chiclayo, 2023

**Optimización del diseño estructural utilizando análisis estático no
lineal pushover en la I.E San Carlos-Monsefú**

PRESENTADA POR:

Greta Xiomara Llontop Mora

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR:

José Alberto Acero Martínez

PRESIDENTE

Robert Manuel Carrasco Canales

SECRETARIO

Jorge Enrique Alvarez Ruffran

ASESOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, quienes me han apoyado siempre en todo momento, se han esforzado por darme una educación superior y han llenado mi vida de amor.

A mis hermanos por su comprensión y alegrías en los momentos difíciles

A mis mejores amigos de la universidad, quienes han estado conmigo en las buenas y en las malas durante esta carrera universitaria, son el mejor equipo de trabajo que he podido encontrar, gracias por sus consejos y ánimos de seguir adelante.

A mi mascota Honey, por ser mi amiga fiel

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por ayudarme a cumplir una de mis metas trazadas.

A mi madre María Goretti Mora Becerra y mi padre Edgar Fernando Llontop Santamaría, por su dedicación, amor y sus enseñanzas.

A mi asesor de tesis Ing. Jorge Alvarez Ruffran por guiarme en este proyecto de investigación.

A mis docentes de mi casa de estudios, quienes me han ido formando a lo largo de mi carrera universitaria, en especial al Ing. José Alberto Acero Martínez quien ha sido mi inspiración como profesional y gracias a él descubrí mi pasión por la rama de estructuras.

A mis mejores amigas Nicole Alexandra Herrera Campos, Adriana Cecilia Rojas Samamé y Tiffany Belén Vega Acuña, quienes me han demostrado el significado de amistad verdadera y son lo más bonito que me ha podido dar la universidad.

PROYECTO DE TESIS LLONTOP MORA

INFORME DE ORIGINALIDAD

| | | | |
|---------------------|---------------------|---------------|-------------------------|
| 24% | 24% | 1% | 10% |
| INDICE DE SIMILITUD | FUENTES DE INTERNET | PUBLICACIONES | TRABAJOS DEL ESTUDIANTE |

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 9% |
| 2 | repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet | 2% |
| 3 | repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet | 2% |
| 4 | vsip.info Fuente de Internet | 1% |
| 5 | es.scribd.com Fuente de Internet | 1% |
| 6 | tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 7 | Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante | 1% |
| 8 | Submitted to Universidad Internacional SEK Trabajo del estudiante | 1% |
| 9 | Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante | 1% |

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| Resumen | 13 |
| Abstract | 14 |
| Introducción | 15 |
| Revisión de la literatura..... | 18 |
| Antecedentes del problema | 18 |
| Bases Teórico Científicas..... | 23 |
| Bases legales | 23 |
| Bases teóricas | 24 |
| Materiales y métodos | 42 |
| Tipo y nivel de investigación | 42 |
| Diseño de investigación | 42 |
| Población, muestra, muestreo..... | 42 |
| Criterios de selección | 42 |
| Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 43 |
| Procedimientos | 44 |
| Plan de procesamiento y análisis de datos | 44 |
| Consideraciones éticas | 45 |
| Resultados y discusión | 46 |
| Informe situacional..... | 46 |
| Estructuración y predimensionamiento..... | 46 |
| Losas aligeradas | 46 |
| Columnas de confinamiento..... | 49 |
| Vigas de confinamiento..... | 50 |
| Espesor efectivo | 50 |
| Vigas estructurales | 50 |
| Densidad mínima de muros reforzados..... | 54 |
| Metrado por muro..... | 58 |
| Esfuerzo axial máximo..... | 61 |
| Espectro de respuesta | 64 |
| Patrones de carga..... | 65 |
| Peso sísmico | 66 |
| Verificaciones..... | 66 |
| Verificación por participación modal..... | 66 |
| Verificación por desplazamiento laterales | 68 |
| Verificación por irregularidades estructurales | 69 |
| Fuerza cortante mínima..... | 72 |

| | |
|--|-----|
| Diseño de elementos estructurales | 74 |
| Diseño de vigas estructurales | 74 |
| Diseño de losas aligeradas..... | 77 |
| Diseño de columnas estructurales | 79 |
| Diseño de elementos de albañilería confinada | 85 |
| Junta sísmica | 93 |
| Diseño de cimentaciones | 94 |
| Análisis estático no lineal pushover | 99 |
| Conclusiones | 119 |
| Recomendaciones..... | 123 |
| Referencias bibliográficas | 124 |
| Anexos..... | 126 |

LISTA DE TABLAS

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabla 1: | Categorías y Sistema estructural de las Edificaciones..... | 25 |
| Tabla 2: | Factores de zona “Z”..... | 26 |
| Tabla 3: | Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 43 |
| Tabla 4: | Espesores para losas unidireccionales | 46 |
| Tabla 5: | Peralte elegido de la losa aligerada unidireccional del Módulo 01 | 47 |
| Tabla 6: | Peralte elegido de la losa aligerada unidireccional del Módulo 02 | 48 |
| Tabla 7: | Predimensionamiento de columnas de confinamiento del pabellón 01/02/04/05/06 y 08 | 49 |
| Tabla 8: | Predimensionamiento de las vigas del eje x del Módulo 01 | 51 |
| Tabla 9: | Predimensionamiento de las vigas del eje x del Módulo 02..... | 52 |
| Tabla 10: | Predimensionamiento de las vigas del eje y del Módulo 01 y 02 | 53 |
| Tabla 11: | Área corte de los muros reforzados del Módulo 01 | 55 |
| Tabla 12: | Área corte de los muros reforzados del Módulo 02 | 55 |
| Tabla 13: | Área corte de los muros reforzados del Módulo 02 | 56 |
| Tabla 14: | Área corte de los muros reforzados del Módulo 02 | 57 |
| Tabla 15: | Cargas axiales acumuladas del Pabellón 01/02/04/06 y 98..... | 59 |
| Tabla 16: | Cargas Axiales acumuladas del Pabellón 07..... | 60 |
| Tabla 17: | Esfuerzo axial máximo del Pabellón 01/02/04/05/06 y 08 | 62 |
| Tabla 18: | Esfuerzo axial máximo del Pabellón 07..... | 63 |
| Tabla 19: | Verificación por participación modal del Pabellón 01/02/04/05/06 y 08 | 67 |
| Tabla 20: | Periodos y participación modal del Pabellón 01/02/04/05/06 y 08..... | 67 |
| Tabla 21: | Verificación por desplazamientos laterales del Módulo 01 del Pabellón 01/02/04/05/06 y 08 | 68 |
| Tabla 22: | Verificación por desplazamientos laterales del Módulo 02 del Pabellón 01/02/04/05/06 y 08 | 69 |
| Tabla 23: | Verificación por irregularidad torsional del Módulo 01 en el Pabellón 01 /02/04/05/6 y 08 | 70 |
| Tabla 24: | Verificación por irregularidad torsional del Módulo 02 en el Pabellón 01 /02/04/05/6 y 08 | 71 |
| Tabla 25: | Verificación de fuerza cortante del módulo 01 del Pabellón 01/02/04/05/06 y 08 | 72 |
| Tabla 26: | Verificación de fuerza cortante del módulo 02 del Pabellón 01/02/04/05/06 y 08 | 72 |
| Tabla 27: | Verificación de fuerza cortante del módulo 01 del Pabellón 07 | 73 |
| Tabla 28: | Verificación de fuerza cortante del módulo 02 del Pabellón 07 | 73 |
| Tabla 29: | Verificación de fuerza cortante del módulo 01 del Pabellón 03 | 74 |
| Tabla 30: | Momentos de diseño de la viga..... | 75 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| Tabla 31: | Acero de la losa Aligerada del Pabellón 01/02/04/05/06 y 08..... | 78 |
| Tabla 32: | Cargas directas | 85 |
| Tabla 33: | Cargas indirectas del Pabellón 01/02/04/05/06 y 08..... | 85 |
| Tabla 34: | Cargas indirectas del Pabellón 07 | 86 |
| Tabla 35: | Cargas de gravedad acumuladas del Pabellón 01/02/04/05/06 y 08 | 86 |
| Tabla 36: | Cargas de gravedad del Pabellón 07 | 87 |
| Tabla 37: | Fuerzas de inercia ante el sismo moderado del Pabellón 01/02/04/05/06 y 08.. | 88 |
| Tabla 38: | Fuerzas internas del Pabellón 01/02/04/05/06 y 08 | 89 |
| Tabla 39: | Fuerzas internas del Pabellón 07 | 89 |
| | Verificación ante el sismo moderado del Pabellón 01/02/04/05/0y y 08..... | 90 |
| Tabla 40: | Resultados del diseño de los elementos de confinamiento del pabellón 01/02/04/05/06 y 08 | 92 |
| Tabla 41: | Resultados del diseño de los elementos de confinamiento del pabellón 07..... | 93 |
| Tabla 42: | Tabla de valores del factor C_m | 111 |
| Tabla 43: | : Datos para la curva bilineal dirección X - módulo 01 | 112 |
| Tabla 44: | Tabla de valores del factor C_m | 115 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|------------|--|----|
| Figura 1: | Zonas sísmicas en el Perú | 27 |
| Figura 2: | Esquema del procedimiento para determinar la curva de capacidad | 30 |
| Figura 3: | Criterio de áreas iguales..... | 31 |
| Figura 4: | Zona de desplazamientos elásticos e inelásticos de la estructura..... | 32 |
| Figura 5: | Representación bilineal de la curva de capacidad..... | 34 |
| Figura 6: | Objetivo de diseño de la Norma E.030 según el criterio de Visión 2000..... | 36 |
| Figura 7: | Curva esfuerzo- deformación..... | 37 |
| Figura 8: | Curva esfuerzo - deformación del concreto confinado - modelo de Mander | 37 |
| Figura 9: | Curva esfuerzo - deformación del concreto confinado - modelo de Mander | 38 |
| Figura 10: | Tipos de plasticidad para concreto armado y para albañilería | 38 |
| Figura 11: | Modelo no lineal del muro de albañilería..... | 40 |
| Figura 12: | Sectorización de la curva de capacidad según el SEAOC | 41 |
| Figura 13: | Módulo 01 del Pabellón 01/02/04/06 y 08..... | 46 |
| Figura 14: | Módulo 02 del Pabellón 01/02/04/06 y 08..... | 48 |
| Figura 15: | Factor de Suelo “S” | 54 |
| Figura 16: | Periodos “Tp” y “Tl” | 64 |
| Figura 17: | Peso sísmico de los pabellones..... | 66 |
| Figura 18: | Cálculo del acero | 75 |
| Figura 19: | Sección de la viga del eje 1-1 en el tramo A y B | 75 |
| Figura 20: | Distribución de estribos de la viga del eje 1-1 en el Tramo A y B | 76 |
| Figura 21: | Elección del acero de temperatura | 79 |
| Figura 22: | Falla en compresión Pura de una columna T | 81 |
| Figura 23: | Fisuración incipiente de una columna T | 81 |
| Figura 24: | Falla balanceada de una Columna T | 82 |
| Figura 25: | Carga de transición de una columna T | 82 |
| Figura 26: | Falla en flexión de una Columna T | 83 |
| Figura 27: | Tracción pura de una Columna T..... | 83 |
| Figura 28: | Diagrama de iteración en el sentido x de una Columna T | 84 |
| Figura 29: | Diagrama de iteración en el eje y | 84 |
| Figura 30: | Esquema de diseño de zapatas del eje Pabellón 03..... | 94 |
| Figura 31: | Diseño por punzonamiento..... | 95 |
| Figura 32: | Diseño por cortante | 95 |
| Figura 33: | Diseño por flexión..... | 96 |
| Figura 34: | Diseño de la viga de cimentación..... | 97 |
| Figura 35: | Viga de cimentación del Pabellón 03..... | 97 |
| Figura 36: | Detalle de cimiento corridos | 98 |

| | | |
|------------|---|-----|
| Figura 37: | Definición de las propiedades no lineales del concreto | 99 |
| Figura 38: | Criterios de aceptación para procedimientos no lineales del concreto..... | 100 |
| Figura 39: | Definición de las propiedades no lineales del acero de refuerzo | 100 |
| Figura 40: | Rótulas plásticas en vigas y columnas | 101 |
| Figura 41: | Resultados de la curva de capacidad | 102 |
| Figura 42: | Comprobación de la curva de capacidad..... | 103 |
| Figura 43: | Asignación de rótula de corte en muro de albañilería | 104 |
| Figura 44: | Creación de la carga gravitacional | 105 |
| Figura 45: | Creación de la carga monotónica no lineal en la dirección X..... | 106 |
| Figura 46: | Control de desplazamiento en la dirección X..... | 107 |
| Figura 47: | Curva de capacidad dirección x- módulo 01 del pabellón 01/02/04/05/06 y 08.... | 108 |
| Figura 48: | Curva de capacidad dirección y- módulo 01 del pabellón 01/02/04/05/06 y 08.... | 108 |
| Figura 49: | Tabla de valores del Factor Co..... | 109 |
| Figura 50: | Punto de desempeño en la dirección X según el software | 112 |
| Figura 51: | Punto de desempeño en la dirección X - módulo 01 | 113 |
| Figura 52: | Tabla de valores del Factor Co..... | 113 |
| Figura 53: | Punto de desempeño en la dirección Y según el software | 116 |
| Figura 54: | Datos para la curva bilineal dirección Y - módulo 01..... | 116 |
| Figura 55: | Punto de desempeño en la dirección Y - módulo 01 | 117 |
| Figura 56: | Desempeño estructural dirección X - módulo 01 | 118 |
| Figura 57: | Desempeño estructural dirección Y - módulo 01 | 118 |

LISTA DE ANEXOS

| | | |
|-----------|---|-----|
| Anexo 1: | Grietas identificadas en la I.E San Carlos | 126 |
| Anexo 2: | Fisuras identificadas en la I.E San Carlos | 126 |
| Anexo 3: | Erosión identificada en la I.E San Carlos..... | 127 |
| Anexo 4: | Erosión identificada en la I.E San Carlos..... | 127 |
| Anexo 5: | Ubicación del BM para el levantamiento topográfico | 128 |
| Anexo 6: | Toma de datos | 128 |
| Anexo 7: | Predimensionamiento de losas aligeradas del Pabellón 07 | 129 |
| Anexo 8: | Predimensionamiento de losas aligeradas del Pabellón 03 | 129 |
| Anexo 9: | Predimensionamiento de columnas de confinamiento del pabellón 07 | 130 |
| Anexo 10: | Predimensionamiento de vigas en el eje X del Pabellón 07..... | 131 |
| Anexo 11: | Predimensionamiento de vigas en el eje y del Pabellón 07..... | 132 |
| Anexo 12: | Predimensionamiento de vigas en el eje x del Pabellón 03..... | 132 |
| Anexo 13: | Predimensionamiento de vigas en el eje y del Pabellón 03..... | 133 |
| Anexo 14: | Verificación por participación modal del Pabellón 07 | 134 |
| Anexo 15: | Verificación por participación modal del Pabellón 03 | 134 |
| Anexo 16: | Verificación por desplazamientos laterales del Pabellón 07 | 135 |
| Anexo 17: | Verificación por desplazamientos laterales del Pabellón 03 | 136 |
| Anexo 18: | Verificación por irregularidad torsional del Pabellón 07 | 137 |
| Anexo 19: | Verificación por irregularidad torsional del Pabellón 03 | 138 |
| Anexo 20: | Cuadro resumen del diseño de vigas del Pabellón 01/02/04/05/06 y 08..... | 139 |
| Anexo 21: | Cuadro resumen del diseño de vigas del Pabellón 07 | 140 |
| Anexo 22: | Cuadro resumen del diseño de vigas del Pabellón 03 | 141 |
| Anexo 23: | Acero de la losa aligerada del Pabellón 07 | 142 |
| Anexo 24: | Acero de la losa aligerada del Pabellón 03 | 143 |
| Anexo 25: | Diagrama de interacción de una columna en L | 143 |
| Anexo 26: | Diagrama de interacción de una columna cuadrada..... | 144 |
| Anexo 27: | Fuerzas de inercia ante el sismo moderado del Pabellón 07 | 144 |
| Anexo 28: | Verificación ante el sismo moderado del pabellón 07 | 145 |
| Anexo 29: | Desempeño estructural del módulo 02 del Pabellón 01/02/04/05/06 y 08..... | 146 |
| Anexo 30: | Desempeño estructural del módulo 01 del Pabellón 07 | 147 |
| Anexo 31: | Desempeño estructural del módulo 02 del Pabellón 07 | 148 |
| | | 148 |
| Anexo 32: | Desempeño estructural del del Pabellón 03 | 149 |
| Anexo 33: | Informe situacional..... | 150 |

Resumen

La presente tesis de enfoque explicativo y no experimental tiene como objetivo optimizar el diseño estructural utilizando análisis no-lineal estático Pushover de la I. E San Carlos-Monsefú. Se inicia con la estructuración, predimensionamiento y diseño de los elementos estructurales de los 8 pabellones. Dichos pabellones cumplen con los máximos desplazamientos indicados en la norma E.030 y no presentan ninguna irregularidad, incluso ningún muro portante presenta fallas por pandeo ni por fisuración. Luego se aplicó el análisis no lineal estático pushover, donde primero se asigna las propiedades no lineales a los materiales, se eligió el modelo de mander y modelo trilineal. Después se asignó las rótulas plásticas a los elementos estructurales, en vigas y columnas se consideró formación de rótulas plásticas tipo fibra (P-M2-M3) y en los muros de albañilería se consideró una rótula a corte a una distancia de 0.5 de la longitud total del elemento estructural, finalmente se obtuvo el punto de desempeño y la curva de capacidad, la cual fue sectorizada según el SEAOC. En conclusión, el nuevo diseño de la I.E San Carlos cumple con el nivel de desempeño esperado por la norma E.030 por lo que la presente investigación es útil para una posible reformulación estructural de la institución. Asimismo, el informe resulta beneficioso para futuras investigaciones que contemplen el análisis no lineal estático pushover.

Palabras clave: Optimización, análisis no lineal, curva de capacidad, punto de desempeño.

Abstract

The objective of this explanatory and nonexperimental thesis is to optimize the structural design using Pushover static nonlinear analysis of the I. E San Carlos-Monsefú. It begins with the structuring, pre-dimensioning, and design of the structural elements of the 8 pavilions. All the pavilions comply with the maximum displacements indicated in the norm E.030 and do not present any irregularity, even no bearing wall presents failures by buckling or by cracking. Then the push-over static nonlinear analysis was applied, where nonlinear properties are first assigned to the materials, the mander model and trilinear model were chosen. After the plastic bearings were assigned to the structural elements, in beams and columns it was considered the formation of fiber-type plastic bearings (P-M2-M3) and in the masonry walls was considered a cut bearing at a distance of 0.5 of the total length of the structural element, finally the performance point and capacity curve was obtained, which was sectorized according to the SEAOC. In conclusion, the new design of the I.E San Carlos meets the level of performance expected by standard E.030 so the present research is useful for a possible rehabilitation of the institution. It will also prove helpful for future research of static nonlinear analysis pushover.

Keywords: Optimization, nonlinear analysis, capacity curve, performance point.

Introducción

Los movimientos sísmicos son consecuencia de la interacción de las placas tectónicas, donde las estructuras sufren daños considerables, por lo tanto, es necesario evaluar el comportamiento de los materiales y elementos estructurales para poder anticipar el desempeño de la estructura ante un evento sísmico.

El 95% de terremotos se producen en los bordes entre placas tectónicas, el 5% restante se produce en el interior de las placas [1]. El Perú se encuentra ubicado entre dos placas tectónicas: la Sudamericana y la de Nazca. Esta última cuando se introduce por debajo de la Placa Sudamericana genera una de las zonas de mayor sismicidad en el mundo. [1]

El mapa sísmico de Perú está dividido en cuatro zonas, donde la zona 4 es la que presenta mayor sismicidad, entre los departamentos que conforman esta zona se encuentra Lambayeque. En los últimos 10 años en la región Lambayeque los principales sismos registrados fueron: Lambayeque en el año 2013 con una magnitud de 5.2 ML [2] , Ferreñafe en el año 2019 con una magnitud de 5.2 ML [3], Pimentel en el año 2020 con una magnitud de 4.2 ML [4]. Hasta ahora no ha ocurrido un sismo de gran magnitud por lo tanto nos encontramos en un silencio sísmico, lo cual es preocupante para esta región por la variedad de construcciones informales que se vienen ejecutando sin una correcta supervisión o sin un correcto diseño estructural [5] y también por las construcciones antiguas, las cuales fueron diseñadas con normas remotas sin seguir las exigencias actuales.

La I.E San Carlos a analizar, ubicada en el distrito de Monsefú, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque presenta más de 50 años de haberse construido. En los años 50 se tenía conocimientos limitados sobre antisísmicas, se creía que solo los pórticos de concreto soportaban cargas horizontales y no consideraban los efectos de fuerzas horizontales en los muros de albañilería. Además, cuenta con deficiencias constructivas y patologías del concreto en sus estructuras de los pabellones.

En los últimos años la ingeniería sismorresistente ha brindado una nueva filosofía, llamada Ingeniería Sísmica basada en desempeño, la cual no trabaja con el método elástico lineal, sino que aplica métodos de análisis no lineal permitiendo conocer el comportamiento sísmico de las diversas edificaciones hasta su colapso.

Por lo tanto, la presente investigación es necesaria desde dos aspectos: técnico y social; el primero se refiere a profundizar en el conocimiento relacionado al comportamiento sísmico “real” de una estructura, comprender la aplicación y el procedimiento del método análisis estático no lineal pushover. El segundo aspecto se refiere al correcto balance entre ductilidad y rigidez que una estructura debe tener con la finalidad de garantizar la seguridad de las vidas humanas y evitar pérdidas económicas.

Es importante porque la mayoría de las edificaciones del Perú utilizan análisis elásticos a pesar de que, durante un movimiento telúrico a menudo se producen deformaciones inelásticas. El análisis no lineal permite calcular la respuesta estructural más allá del rango elástico.

Un punto intermedio entre el análisis no lineal y el análisis lineal constituye el análisis no lineal estático, donde se empleará la técnica “Pushover”, la cual es importante porque permite conocer la capacidad de la estructura, hasta qué punto es capaz de resistir ante los movimientos sísmicos.

Esta investigación beneficiará a la I.E San Carlos para poder solicitar una reconstrucción y así prevenir daños considerables que traerían pérdidas humanas, económicas y ambientales. De la misma forma, será de gran utilidad para futuras investigaciones basadas en el análisis no lineal.

Es por esto que la investigación propone como objetivo general optimizar el diseño estructural utilizando análisis no lineal estático Pushover de la I.E San Carlos-Monsefú. A continuación, se detalla los objetivos específicos: a) Recalcular el diseño estructural de la I.E San Carlos según las Normas Técnicas del Reglamento Nacional de Edificaciones; b) Realizar

el análisis estático no lineal pushover a la I. E San Carlos mediante el programa SAP2000 a fin de obtener el punto de desempeño; y c) Determinar el nivel de desempeño sísmico estructural de la I. E San Carlos.

Revisión de la literatura

Antecedentes del problema

Duarte, Martínez y Santamaría [6] narran la problemática de El Salvador, ubicado en una zona altamente sísmica, cuenta con edificaciones con daños considerables sobre todo en construcciones antiguas donde los criterios de diseño no fueron tan elaborados y estudiados como en la actualidad, incluso no presentan planos estructurales de su construcción o alguna reparación, uno de estos casos es el edificio de la facultad de medicina de la Universidad de El Salvador, por lo tanto se utilizó el análisis estático no lineal “Pushover” para evaluar el comportamiento y funcionalidad estructural. Primero se realizó ensayos con pachómetros, extracción de núcleos, grietómetro, etc. Obteniendo como resultados en la extracción de núcleos de la losa 372 kg/cm² y de 318 kg/cm² y con el uso de pachómetros se corroboró que lo construido coincide con lo diseñado. Se utilizó el análisis matricial y el análisis por el método de elementos finitos, técnicas que se desarrollaron por el SAP2000, al momento de modelar el edificio en el programa se tomó en cuenta las condiciones existentes de la estructura tales como daños, dimensiones y cantidad de acero, etc. con la finalidad de obtener como resultado un comportamiento más aproximado a la realidad. Se definió tres patrones de cargas para la distribución de las fuerzas laterales incrementales sobre la estructura (establecido por las masas de cada entrepiso, otro brindado por la NTDS y el último fue el que proporciono el modo fundamental de vibración), donde se obtuvo tres curvas de capacidad, eligiendo la más desfavorable. Se llegó a la conclusión que el edificio tiene un buen desempeño para garantizar seguridad de vida, ya que se alcanzó un desplazamiento de 15.89 y fuerza cortante de 2523.41 ton cm en el cuerpo central de la estructura, cumpliendo con lo establecido en el NTDS.

Filian y Marcías [7] narran la problemática del Centro Educativo Parvulario ubicado en la ciudad de Milagro en la Provincia del Guayas, donde se pudo observar la carencia de procesos constructivos y de un ingeniero civil puesto que el encargado de la obra fue un “maestro constructor”. Esto generó debates sobre diseño de estructuras, reforzamiento estructural y métodos para evaluar las construcciones, por consiguiente, se consideró necesario investigar nuevas técnicas de análisis sismorresistentes. El objetivo de esta investigación fue evaluar la capacidad estructural, así que se utilizó el análisis estático no lineal pushover. Primero se estableció las secciones y propiedades de los elementos estructurales de hormigón armado en el pórtico, luego se aplicó el método donde se obtuvo como resultados que tres modos de los periodos de vibración generan rotación, lo cual no está permitido debido a que manifiestan poca ductilidad y fragilidad por lo tanto se llegó a la conclusión que se debe reajustar los parámetros de diseño para que el edificio cumpla con las Normas Ecuatorianas de Construcción (NEC 15).

Choque y Luque [8] indican que los procedimientos de análisis sísmico en la NTE.030 no comprueban la filosofía de diseño que establecen, También no permiten conocer el desempeño de las edificaciones cuando ocurre sismos de baja escala, debido a que, frente a una acción repetitiva, existe la posibilidad de generar daños en las edificaciones. Los métodos tradicionales presentan muchas limitaciones por consiguiente surgió la necesidad de realizar nuevos diseños de estructuras tomando en cuenta su desempeño sísmico y mejorar deficiencias existentes en el diseño preliminar. En esta investigación se comparó dos sistemas estructurales: Sistemas de muros estructurales y Sistema Estructural de Pórticos a través del diseño de un edificio de 8 niveles, luego se realizó el análisis estático no lineal pushover para ambos sistemas donde se obtuvo como resultados un desplazamiento de 39.43 cm en la dirección X y 33.79 cm en la dirección Y antes del colapso de la edificación en el sistema estructural de pórticos, este sistema demostró un mecanismo de falla dúctil generando rótulas plásticas en las vigas y en la base de columnas. En el sistema de muros estructurales ocurrió una falla por flexión de los

muros de corte interiores, El sistema aporticado obtuvo una rigidez lateral efectiva de 12827.636 *tonf/m* en la dirección X, y 15219.166 *tonf/m* en la dirección Y. El sistema de muros estructurales, su rigidez lateral efectiva fue de 12514.71 *tonf/m* en la dirección X, y 11555.266 *tonf/m* en la dirección Y. Se llegó a la conclusión que el sistema aporticado presenta mayor rigidez en ambas direcciones que el sistema de muros estructurales, pero ninguno de los dos sistemas en el rango no lineal logró el comportamiento esperado para un sismo frecuente. En el rango operacional si cumplieron un adecuado desempeño para el sismo de servicio y en el rango de seguridad de vida también lograron un buen comportamiento de la edificación frente a un sismo de diseño.

Chavesta [9] señala que la NTE 030 se enfoca en el comportamiento elástico de los elementos estructurales y no toma en cuenta los parámetros no lineales, por lo tanto el análisis lineal no estima el nivel de desempeño sísmico de una edificación, La estructura a analizar se encuentra en la ciudad de Lima, tiene uso de vivienda, presenta suelo intermedio y es de sistema aporticado, fue diseñada con la NTE E.030 pero no se pudo saber el nivel de la demanda sísmica ni la capacidad sismorresistente por ende, el objetivo de esta investigación es evaluar la curva de capacidad para poder saber su desempeño sísmico. Se aplicó el método análisis estático no lineal pushover donde se obtuvo como resultados 20.5 cm de desplazamiento en el último nivel y una fuerza cortante de 698.87 ton antes del colapso. El punto de desempeño se encuentra ubicado para el nivel sísmico de servicio, bajo un desplazamiento espectral de 3.87 cm; para el nivel sísmico de diseño se encuentra ubicado bajo un desplazamiento espectral de 8.74 cm. Se llegó a la conclusión que el edificio tiene un aceptable desempeño según el tipo de edificación que es: edificaciones comunes, ya que después de un sismo puede perder resistencia y sufrir daños leves, pero no sirve como refugio a diferencia de las edificaciones esenciales.

Esteba [10] narra la problemática de la Ciudad de Puno, el cual pasó a la Zona 3 (altamente sísmica) gracias a la actualización de la RNE E-0.30 en el 2016. Últimamente han

ocurrido sismos de baja o severa intensidad como el de diciembre del 2015 en la Ciudad de Puno. Se debe destacar que hace 153 años no ocurre un sismo de mayor magnitud en esta ciudad, por ende, el IGP ha señalado que se debe estar alerta porque puede volver a ocurrir en cualquier momento. Los edificios han sido diseñados según la RNE E-030 pero se encuentran alejados del real comportamiento de los elementos estructurales, por lo que el objetivo de esta investigación fue analizar el nivel de desempeño de una edificación ubicada en la ciudad de Puno mediante el análisis no lineal estático y dinámico. Se aplicaron los métodos Pushover y Análisis tiempo- Historia. Los resultados obtenidos fueron: según el análisis estático no lineal, la estructura tiene una deformación de 4.46 cm, lo que significa que se encuentra en un Nivel IO (ocupación inmediata). Según el análisis dinámico no lineal la estructura se encuentra en un nivel “A to B” y B to IO, lo cual significa que es una estructura muy conservadora y presenta un nivel de ocupación inmediata. Se llegó a la conclusión que el edificio tiene un correcto desempeño sísmico y ante un probable sismo de recurrencia en 50 años, sus actividades se pueden retomar de manera inmediata

Vega [5] narra la problemática de Chiclayo, ciudad que se encuentra ubicada en una zona altamente sísmica, se realizan construcciones de manera informal, sin ninguna supervisión por un profesional. Esto causa una gran preocupación a la población debido a que no están preparados para recibir un sismo de gran magnitud, por lo que se decidió evaluar el desempeño sísmico de la vivienda – comercio Miura Grill. Primero se ejecutó el análisis de las fuerzas equivalentes, obteniendo como resultado que la máxima deriva es 0.008291. Después se realizó el análisis dinámico modal espectral obteniendo la máxima deriva de 0.009268 en la dirección X, finalmente se ejecutó el análisis estático no lineal (pushover) donde se generó un desplazamiento de 63.318 mm con una fuerza cortante de 732.357 tn en la dirección X y un desplazamiento de 76.86 mm con una fuerza cortante de 777.83 tn en la dirección Y antes del

colapso. Se llegó a la conclusión que es una estructura flexible, y cumple con todo lo señalado en la norma E.030.

Correa [11] narra la problemática de Chiclayo, donde un 80% de la población viven en edificaciones construidas de manera informal, es decir no cuentan con un correcto diseño estructural y en el caso que ocurra un sismo, estas estructuras serían las más afectados por lo tanto se debe prevenir este daño durante la ejecución de la estructura. Al tomar en cuenta dicha prevención, se logra economizar en lugar de tomar otras medidas tales como reforzar o reparaciones. En esta investigación se va a verificar el diseño sismorresistente del Bloque N°2 del Colegio militar Elías Aguirre, el cual es una estructura esencial. Primero se evaluó la estructura según la E-030 donde se obtuvieron las derivas tanto en la dirección X como en la dirección Y. Después se aplicó el método Pushover a la estructura para conocer la deformación del desplazamiento, giro o desempeño de los elementos, se alcanzó el nivel esperado, así pues, se llegó a la conclusión que el Bloque N°2 de Aulas del Colegio Militar Elías Aguirre presenta un nivel operacional.

Heredia [12] indica que las normas del Perú o de cualquier parte del mundo se centran en criterios de protección ante un solo nivel de peligro sísmico, por ende, es importante analizar el desempeño sísmico de las estructuras ante diferentes niveles de movimientos sísmicos. Esta investigación realiza el método “modal Pushover” en un edificio de 11 pisos en el distrito de Pimentel, Se utilizó el programa ETABS para poder utilizar dicho método, se obtuvo como resultado un desplazamiento de 10.76 cm en la dirección X y un cortante basal de 4894 ton antes del colapso y un desplazamiento de 0.698 cm en la dirección Y con un cortante basal de 4470 ton antes del colapso. Se llegó a la conclusión que la edificación cumple con los criterios de seguridad de vida debido a que las deformaciones se encuentran por debajo de los límites según el estado de seguridad de vida.

Bases Teórico Científicas

Bases legales

Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica E.020: Cargas. Lima.

Indica las cargas que las edificaciones deben ser capaces de resistir según su uso previsto. Estas actuarán en las combinaciones prescritas y no deben producir deformaciones ni esfuerzos que sobrepasen lo señalado para cada material estructural. [13]

Reglamento Nacional de Edificaciones: Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente

Esta Norma establece las solicitaciones sísmicas y los requisitos mínimos de resistencia, configuración y rigidez con los que deben contar las edificaciones. La norma se orienta a principios, entre los cuales, la edificación deberá evitar la pérdida de vidas humanas, minimizar daños y asegurar continuidad de servicios básicos. [14]

Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica E050: Suelos y Cimentaciones. Lima

Indica requisitos para la ejecución de Estudios de Mecánica de Suelos (EMS) con fines de cimentación, además brinda información necesaria para el análisis de cimentaciones y los problemas que estas puedan llegar a presentar. [15]

Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica E060: Concreto Armado. Lima

Indica los parámetros necesarios y especificaciones técnicas para el análisis, diseño y supervisión de estructuras de concreto armado. [16]

Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica E070: Albañilería

Establece los requisitos y las exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la inspección de las construcciones de albañilería conformadas estructuralmente por muros confinados y muros armados [17].

Seismic Performance Asazmente of Building FEMA 356. United States.

Establece los requerimientos para realizar una rehabilitación sísmica de edificios adecuada o también para verificar el cumplimiento de dicha rehabilitación. Esta norma se aplica tanto a los elementos estructurales como a los elementos no estructurales de la edificación. [18]

Seismic Evaluation and retrofit of Existing Buildings. 2014. ASCE/SEI 41-13.

Virginia

Describe procesos utilizados en el diseño por performance, a fin de evaluar edificios existentes. Propone un proceso en tres etapas con la finalidad de una evaluación sísmica desde prevención del colapso a la continuidad operacional que une el comportamiento de los elementos estructurales junto con los elementos no estructurales. [19]

Bases teóricas

Categoría de la edificación:

- **Edificaciones esenciales(A)**

La categoría A1 lo conforma el sector salud tanto público como privado, la categoría A2 lo conforman los puertos, aeropuertos, locales municipales, instituciones educativas, instituciones superiores tecnológicos, universidades, etc.

- **Edificaciones importantes (B)**

La categoría B lo conforman teatros, cines, estadios, coliseos, museos, bibliotecas, centros comerciales, etc.

- **Edificaciones comunes (C)**

La categoría C lo conforman viviendas, hoteles, restaurantes, oficinas, etc.

- **Edificaciones temporales (D)**

Lo conforman aquellas construcciones provisionales como casetas, depósitos, etc.

Categoría y sistema estructural:

Tabla 1: Categorías y Sistema estructural de las Edificaciones

| Categorías y Sistema estructural de las Edificaciones | | |
|--|-----------|---|
| Categoría de la Edificación | Zona | Sistema Estructural |
| A1 | 4 y 3 | Aislamiento sísmico con cualquier sistema estructural |
| | 2y 1 | Estructuras de acero tipo SCBF y EBF Estructuras de Concreto: Sistema dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería armada o confinada |
| A2 | 4,3 y 2 | Estructuras de acero tipo SCBF y EBF Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado Albañilería armada o confinada |
| | 1 | Cualquier sistema |
| B | 4,3 y 2 | Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado Albañilería Armada o Confinada Estructuras de madera |
| | 1 | Cualquier sistema |
| C | 4,3,2 y 1 | Cualquier sistema |

Fuente: Norma E-030

Criterios sísmicos

- **Riesgo sísmico:**

El daño que podría generarse en una construcción por consecuencia del peligro que la amenaza y de su Elaboración Propia vulnerabilidad [20] .Se puede expresar el riesgo sísmico en función del peligro y la vulnerabilidad. Entonces se entiende por riesgo sísmico que son las posibles pérdidas ya sea humanas o económicas producidas por los movimientos sísmicos.

- **Vulnerabilidad sísmica**

Las propiedades de una edificación pueden generar daño, a esto se le llama vulnerabilidad [20]

- **Peligro sísmico**

Se entiende por peligro sísmico a la probabilidad que ocurra un movimiento sísmico. Este factor se relaciona con las características geotécnicas y geológicas de la zona en donde se produjo el sismo.

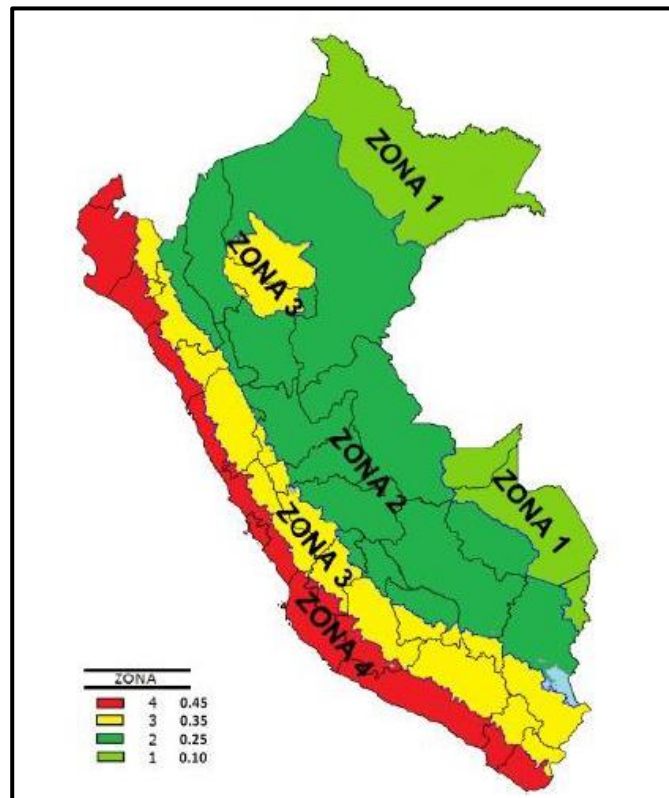
Según la norma E-0.30 clasifica el Perú en 4 zonas con la finalidad de poder evaluar el peligro sísmico. Cada zona tiene su propio factor, el cual significa la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 40 años. [14]

Tabla 2: Factores de zona "Z"

| ZONA | FACTOR DE ZONA |
|------|----------------------|
| 1 | 0.1 |
| 2 | 0.25 |
| 3 | 0.35 |
| 4 | 0.34 |

Fuente: Norma E-030

Figura 1: Zonas sísmicas en el Perú



Fuente: Norma E-030

Factores que influyen en el comportamiento sísmico

- **Materiales**

Los materiales tienen propiedades muy esenciales para la edificación por lo tanto el comportamiento sísmico depende de ellos. Las características que presentan son: Módulo de elasticidad, el cual indica la resistencia de un material ante la acción de alguna carga externa; Peso volumétrico que en el concreto se encuentra alrededor de 2400 kg/m³. [21]

- **Sistema estructural de concreto armado**

La ductilidad varía según el sistema estructural a elegir. La norma E-030 presenta una clasificación de los elementos estructurales en función del porcentaje de la fuerza cortante basal que absorben los elementos:

- Pórticos: En las columnas actúa el 80 % de la fuerza cortante basal. [16]
 - Muros estructurales: En los muros estructurales actúa un 70 % de la fuerza cortante basal. [16]
 - Dual: Es una combinación de muros estructurales y pórticos. [16]
 - Estructuras de Muros de Ductilidad Limitada: Son aquellas edificaciones donde las cargas de gravedad y la resistencia sísmica provienen de muros de concreto armado de espesores reducidos. [16]
- **Irregularidad de la edificación**

Se entiende por irregularidad a la asimetría de la edificación ya que el desempeño sísmico depende de la ubicación de los elementos estructurales. [21]

- **Características de la zona**

La zona donde se encuentra la edificación establece parámetros básicos para el comportamiento sísmico. El tipo de suelo establece intervalos de velocidad de la onda sísmica. [21]

- **Procesos constructivos**

Se debe tener en cuenta la supervisión de obra para poder evitar construcciones informales ya que ello eleva la vulnerabilidad de las edificaciones.

Análisis estructural

El análisis estructural permite diseñar un modelo seguro y económico, determinando la rigidez, durabilidad, resistencia y estabilidad de la estructura [22]

Análisis lineal

El análisis lineal indica que los materiales cumplen con la ley de Hooke, es decir que los esfuerzos son proporcionales a las deformaciones. [22]

Análisis no lineal

El análisis no lineal se diferencia del lineal en que esta toma en cuenta el comportamiento más real posible de los materiales y de los elementos estructurales en general.

[22]

Análisis estático no lineal “Pushover”

El método “Pushover” consiste en someter un patrón de cargas laterales incrementales (F_i) a la estructura hasta llevarla al colapso. Empleando este método se puede lograr reconocer la secuencia del agrietamiento, fallo de los elementos e historia de las deformaciones y cortantes. [23]

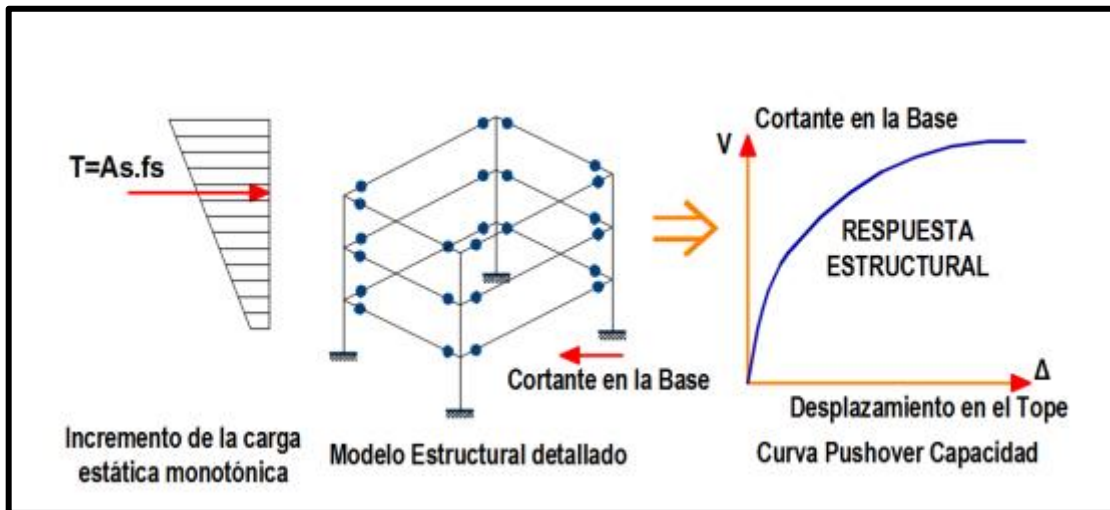
Las fuerzas laterales se pueden distribuir de manera constante, parabólica, lineal, etc. Se utiliza dos distribuciones diferentes estableciendo que no solo hay un solo patrón de cargas por lo tanto la curva de capacidad es la envolvente de los resultados por ambas distribuciones laterales. [23]

Curva de capacidad

Es la relación de la fuerza cortante basal y el desplazamiento en el nivel superior de la estructura para cada incremento. Los incrementos pertenecen al primer modo fundamental de vibración de la edificación en la dirección analizada. [23]

La capacidad de una estructura está relacionada con la resistencia y capacidad de deformación del acero, concreto y la combinación de ambos, la finalidad de la curva de capacidad es identificar la capacidad última y la capacidad a la fluencia. [24]

Figura 2: Esquema del procedimiento para determinar la curva de capacidad



Fuente: Rejas, Ángel: Evaluación por desempeño de módulos de viviendas multifamiliares de concreto armado en la ciudad de Tacna mediante análisis estático y dinámico no lineales

- **Capacidad última:** Fuerza máxima del edificio cuando todo el sistema estructural ha logrado un estado plástico completo. [24]
- **Capacidad de fluencia:** Es la fuerza lateral de resistencia del edificio que el sistema estructural haya obtenido la respuesta no-lineal. [24]

Representación bilineal de la curva de capacidad

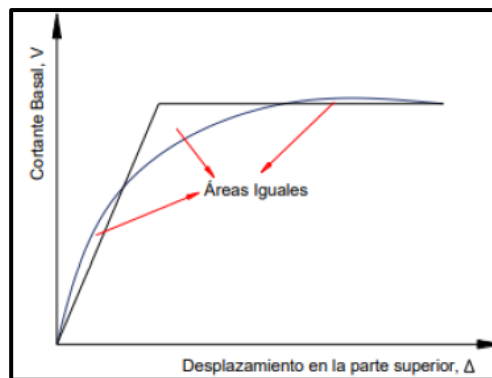
El comienzo del compartimiento no lineal se aprecia cuando aparece la primera rótula plástica pero no existe un cambio de rigidez y resistencia, en otras palabras, no existe algún cambio brusco en la curva de capacidad de la edificación. Por esa razón se debe hallar un punto de fluencia, el cual representa un cambio en el comportamiento y curva de capacidad de la estructura. [25]

Los criterios para hallar el punto de fluencia son los siguientes:

- **Criterio de la rigidez tangente horizontal:** Consiste en dibujar una tangente a la curva de capacidad y luego una línea horizontal en la cortante basal V_u , el punto de fluencia es la intersección de esas dos líneas. [25]

- **Criterio de las rigideces tangentes:** Se caracteriza por trazar dos tangentes a la curva de capacidad de la edificación, la primera en la zona elástica y la segunda en la zona plástica. En conclusión, el punto de fluencia es la intersección de ambas tangentes. [25]
- **Criterio de áreas iguales:** Este criterio se caracteriza por que el área exterior va ser igual al área interior, y cuando esto se logre, la intersección de ambas líneas resulta ser el punto de fluencia. [25]

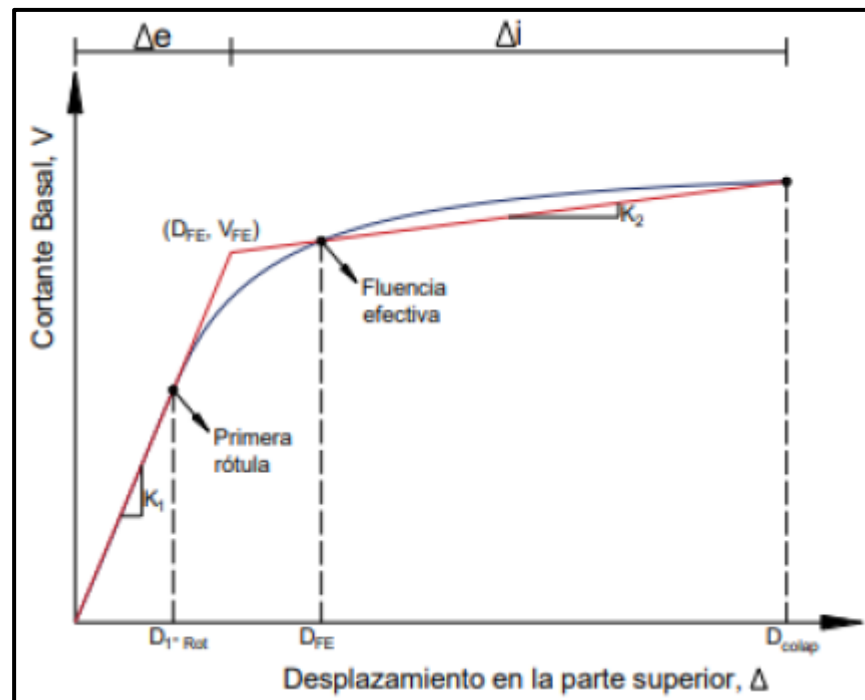
Figura 3: Criterio de áreas iguales



Fuente: Cienfuegos, Melissa: Evaluación del desempeño estructural utilizando el análisis no lineal de la I.E. 10202 “Virgen de la Paz” - Pacora

Gracias al punto de fluencia se puede apreciar el rango de desplazamiento elásticos e inelásticos de las estructuras, como se puede observar en la figura 4.

Figura 4: Zona de desplazamientos elásticos e inelásticos de la estructura



Fuente: Cienfuegos, Melissa: *Evaluación del desempeño estructural utilizando el análisis no lineal de la I.E. 10202 "Virgen de la Paz" - Pacora*

Método de los coeficientes para determinar el punto de desempeño

El estado de daño de la edificación sujeto a un evento sísmico define el punto de desempeño y esto se compara con los objetivos de desempeño deseado. En la presente tesis se determinará a través del software y también aplicando el método de los coeficientes propuesto por el FEMA 440 y el ASCE/SEI 41-13.

El método cambia la respuesta elástica por medio de una serie de coeficientes para hallar el desplazamiento objetivo. El procedimiento es el siguiente:

- Definir la curva de capacidad a través del análisis estático no lineal pushover
- Estimar la cortante basal de fluencia V , teniendo en cuenta que el área interior e exterior deben ser iguales, este es un proceso iterativo.
- Determinar una línea recta con origen 0 y un punto sobre la curva de capacidad con una cortante $0.6V_y$

- Hallar la rigidez lateral efectiva a través de la siguiente expresión:

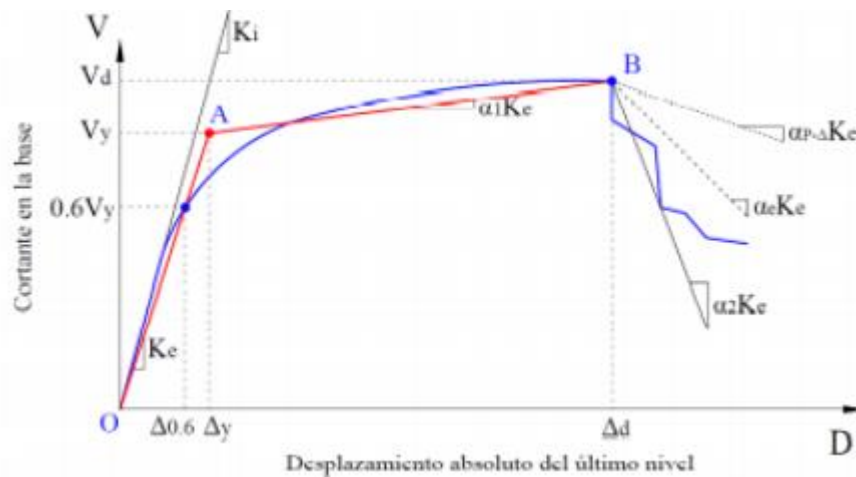
$$K_e = \frac{0.6V_y}{D_{0.6}}$$

- Calcular el desplazamiento de fluencia mediante la siguiente expresión:

$$D_y = \frac{V_y}{K_e}$$

- El primer tramo contiene una recta con un desplazamiento objetivo y cortante en la base
- El segundo tramo es la unión del punto B (V_d ; Δd) y el punto de fluencia A (V_y ; Δy).
- El punto B se encuentra sobre la curva de capacidad real con un desplazamiento objetivo y cortante máximo en la base.
- La intersección de ambos tramos debe tener áreas iguales por abajo y por arriba de la curva de capacidad.
- El último tramo está determinado por el punto (V_{ud} ; Δd) y el punto donde la cortante basal se degrade a un 60% de la resistencia de la fluencia efectiva.

Figura 5: Representación bilineal de la curva de capacidad



Fuente: Cienfuegos, Melissa: Evaluación del desempeño estructural utilizando el análisis no lineal de la I.E. 10202 "Virgen de la Paz" - Pacora

Niveles de desempeño

El nivel de desempeño indica una condición límite determinada en relación con los probables daños físicos que se puedan causar en la edificación, amenazando la seguridad de los usuarios y funcionalidad de la estructura luego del sismo. [26]

Están en función de la seguridad de los usuarios durante un movimiento sísmico, los daños físicos de la estructura y que tan funcional sigue siendo la edificación después de un sismo.

Nivel de desempeño Propuesta del Comité Visión 2000

Establece 5 niveles de desempeño, los cuales se detallarán en la siguiente tabla:

- **Totalmente operacional:** El estado de daño es despreciable por lo que no presenta daños y es completamente segura para los usuarios y los servicios se encuentran en un estado óptimo. [18]
- **Operacional:** El estado de daño es leve debido a que no presenta grandes daños en los elementos estructurales, daños menores en los servicios y no necesita reparaciones para que pueda ser operativa la edificación. [18]

- **Seguridad de vida:** El estado de daño es moderado, presenta una pérdida de rigidez y capacidad de soportar una carga adicional. Además, la estructura requiere de un reforzamiento o rehabilitación para que pueda continuar su operabilidad. [18]
- **Prevención al colapso:** El estado de daño es severa a causa de que en los elementos estructurales y no estructurales presentan daños severos, perdiendo rigidez y resistencia por lo que se encuentra cerca del colapso. Puede haber riesgo en la seguridad de los habitantes y no es posible una rehabilitación. [18]
- **Colapso:** El estado de daño es completo, la edificación a colapsado parcial o totalmente. [18]

La Norma E.030 según el criterio de Visión señala que el objetivo de diseño en una edificación esencial sometida a un sismo máximo con un periodo de retorno de $T_r=2500$ años tiene que encontrarse en un nivel de desempeño de resguardo de vida. En la siguiente Figura N°04 “Objetivo de diseño de la Norma E.030 según el criterio de Visión 2000” podemos observar que un sismo máximo resulta de multiplicar el factor de zona por el factor de uso, en este caso $U=1.5$ según la Norma E.030. El sismo de diseño tiene un periodo de retorno de 475 años, pero para llevarlo a un sismo máximo que tiene un periodo de retorno de 2500 años, se debe multiplicar por un factor que es 1.5, el mismo que se emplea en la Norma E.030 para el diseño de edificaciones esenciales según la Norma E.031 Aislamiento Sísmico.

Figura 6: Objetivo de diseño de la Norma E.030 según el criterio de Visión 2000

| ACELERACIÓN DEL SUELO (G) | NIVEL DE MOVIMIENTO DEL SISMO | NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO DE LOS EDIFICIOS | | | | |
|---------------------------|-------------------------------|---|-------------|-------------------|------------------|---------|
| | | TOTALMENTE OPERACIONAL | OPERACIONAL | RESGUARDO DE VIDA | CERCA AL COLAPSO | COLAPSO |
| ----- | FRECUENTE | Yellow | Orange | Brown | Brown | Red |
| ---- | OCASIONAL | Light Green | Yellow | Orange | Brown | Red |
| 0.45g | SISMO DE DISEÑO | Green | Light Green | Yellow | Orange | Red |
| 0.45x1.5=0.675g | SISMO MÁXIMO | Green | Green | Yellow | Yellow | Red |

Annotations: A black arrow points down from the 'RESGUARDO DE VIDA' column in the 'FRECUENTE' row to the 'RESGUARDO DE VIDA' column in the 'SISMO DE DISEÑO' row. Two red arrows point from the 'SISMO DE DISEÑO' row to the 'RESGUARDO DE VIDA' column in the 'SISMO DE DISEÑO' row and the 'RESGUARDO DE VIDA' column in the 'SISMO MÁXIMO' row. The 'RESGUARDO DE VIDA' column in the 'SISMO DE DISEÑO' row is labeled 'NORMA E030 Edificio Común'. The 'RESGUARDO DE VIDA' column in the 'SISMO MÁXIMO' row is labeled 'NORMA E030 Edificio Esencial'.

Fuente: Cienfuegos, Melissa: Evaluación del desempeño estructural utilizando el análisis no lineal de la I.E. 10202 “Virgen de la Paz” - Pacora

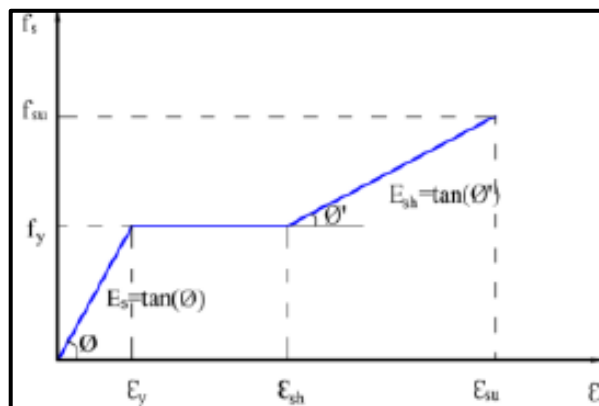
Comportamiento uniaxial para el concreto y acero de refuerzo

Se necesita conocer detalladamente las propiedades de los elementos de una estructura de concreto armado para comprender su comportamiento. Por consiguiente, se realiza un estudio de la curva esfuerzo vs deformación tanto para el concreto sin confinar, concreto confinado y acero de refuerzo. Esta curva tiene en las ordenadas el esfuerzo (fuerza aplicada en una unidad del área del material), y en las abscisas la deformación (es el cambio que sufre el material al estar sometido a dicho esfuerzo). [24]

Modelo de esfuerzo deformación para el acero de refuerzo

El modelo trilineal de esfuerzo deformación para el acero de refuerzo señala que el comportamiento del material más allá del rango lineal. Este modelo tiene tres zonas: lineal elástico, fluencia y endurecimiento por deformación. [25]

Figura 7: Curva esfuerzo- deformación

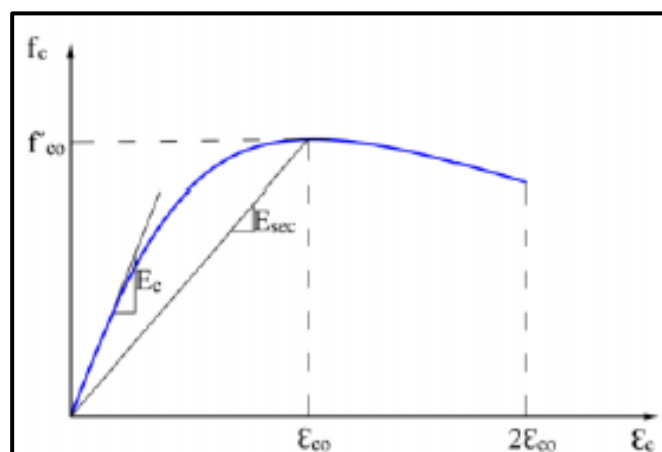


Fuente: Cienfuegos, Melissa: Evaluación del desempeño estructural utilizando el análisis no lineal de la I.E. 10202 “Virgen de la Paz” - Pacora

Modelo de esfuerzo deformación para el concreto no confinado

El modelo de Mander va a ser utilizado en la presente tesis donde el esfuerzo máximo logra una deformación $\epsilon_o=0.002$ y luego se observa una caída hasta la deformación $2\epsilon_o=0.004$, Aparte de esta deformación, hay una pérdida total de capacidad por causa de que ya no presenta recubrimiento. [25]

Figura 8: Curva esfuerzo - deformación del concreto confinado - modelo de Mander

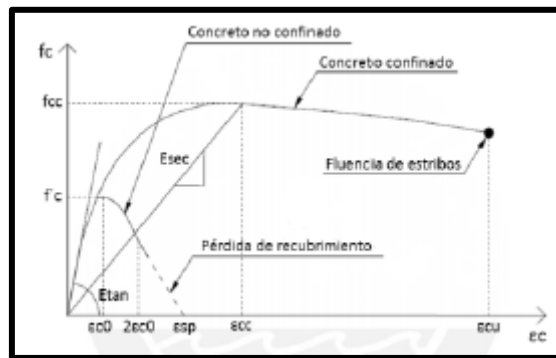


Fuente: Cienfuegos, Melissa: Evaluación del desempeño estructural utilizando el análisis no lineal de la I.E. 10202 “Virgen de la Paz” - Pacora

Modelo de esfuerzo deformación para el concreto confinado

Al colocar confinamiento, es decir, al colocar estribos vamos a aumentar la resistencia última del concreto y su deformación unitaria.

Figura 9: Curva esfuerzo - deformación del concreto confinado - modelo de Mander

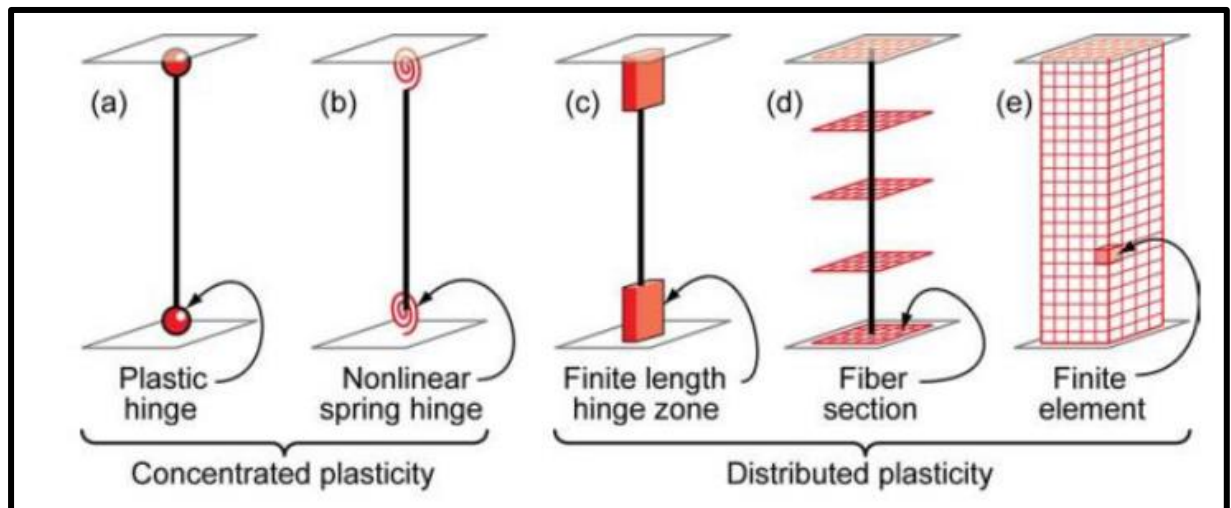


Fuente: Cienfuegos, Melissa: Evaluación del desempeño estructural utilizando el análisis no lineal de la I.E. 10202 "Virgen de la Paz" - Pacora

Tipos de plasticidad para concreto armado y para albañilería

Los elementos de concreto armado pueden simular la no linealidad a través de los modelos de plasticidad concentrada y plasticidad distribuida.

Figura 10: Tipos de plasticidad para concreto armado y para albañilería



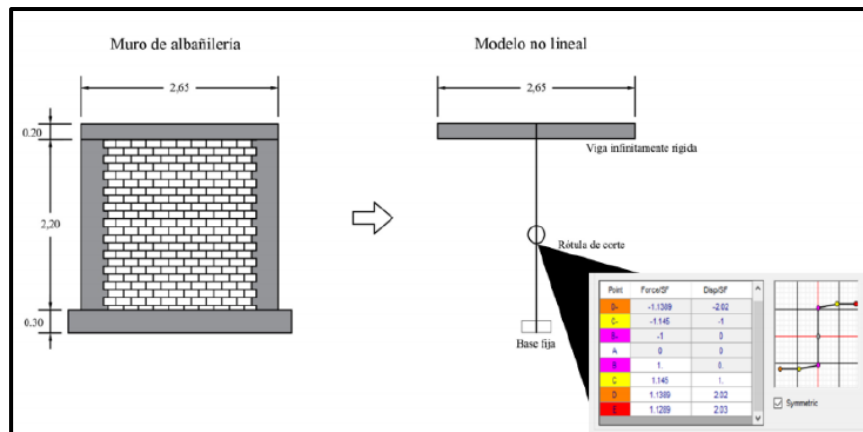
Fuente: Cienfuegos, Melissa: Evaluación del desempeño estructural utilizando el análisis no lineal de la I.E. 10202 "Virgen de la Paz" - Pacora

En la Figura N°08 se puede observar cinco tipos de modelo que representan la no linealidad en vigas y columnas. En el modelo (a) tiene una rótula plástica, concentrando su no linealidad en los extremos del elemento. En el modelo (b) presenta una rótula de resorte no lineal con propiedades histeréticas; el modelo (c) es de una rótula de longitud finita, la cual integra al grupo de plasticidad distribuida con rótulas en los extremos de los miembros; el modelo (d) es de sección fibra distribuyendo la no linealidad en secciones transversales y a lo largo de toda la longitud del elemento, se caracteriza en una división de pequeños trazos en los cuales se puede observar mejor los esfuerzos de cada uno de ellos; y el último modelo (e) es el de los elementos finitos, que se caracteriza por discretizar en secciones transversales a lo largo de toda la longitud de manera continua. [25]

En el presente proyecto de investigación se va a aplicar una plasticidad distribuida de sección fibra en columnas y vigas.

La albañilería se va a modelar como un elemento frame de concreto con la finalidad de simular sus propiedades no lineales, cabe resaltar que en este modelo se debe colocar las propiedades y dimensiones del muro de albañilería en estudio. Después al elemento frame se le asigna una rótula de corte a la mitad de la altura del elemento en su dirección lateral de deformaciones con las propiedades de la curva de capacidad del muro. [25]

Figura 11: Modelo no lineal del muro de albañilería



Fuente: Cienfuegos, Melissa: Evaluación del desempeño estructural utilizando el análisis no lineal de la I.E. 10202 “Virgen de la Paz” – Pacora

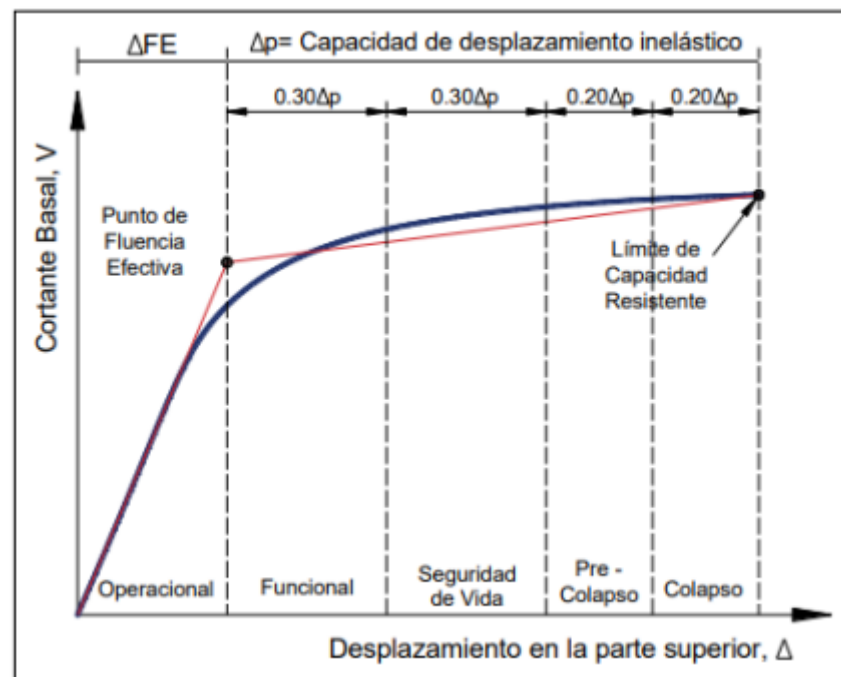
Verificación del desempeño según el SEAOC

El documento Visión 2000 del SEAOC explica varios niveles de desempeño en relación con el daño que se pueda originar en una estructura por consecuencia de un sismo, tanto para los elementos estructurales como no estructurales. Los niveles de desempeño son aquellos que se encuentran divididos en tramos en la curva de capacidad, para ellos primero se debe determinar el desplazamiento de fluencia efectiva (Δ_{FE}) y la capacidad de desplazamiento inelástico (Δ_p) [18]

En la figura 13 se puede observar que cada nivel de desempeño se encuentra demostrado en un cierto porcentaje del desplazamiento inelástico.

En el presente proyecto de investigación se espera que la estructura se encuentre en un nivel de desempeño de resguardo de vida.

Figura 12: Sectorización de la curva de capacidad según el SEAOC



Fuente: Cienfuegos, Melissa: Evaluación del desempeño estructural utilizando el análisis no lineal de la I.E. 10202 "Virgen de la Paz" – Pacora

Materiales y métodos

Tipo y nivel de investigación

El presente proyecto presenta un tipo de investigación aplicada debido a que estamos utilizando un método ya existente para dar solución y el nivel de investigación es explicativo ya que busca dar a conocer cómo ocurre el comportamiento estructural, frente a solicitaciones sísmicas basándose en la investigación básica del análisis no lineal estático pushover.

Diseño de investigación

Es un diseño no experimental porque se analiza la información sin manipulación intencional o al azar de las variables. Las variables independientes no se manipulan porque ya ha sucedido y es de tipo transeccional dado que se describen las variables y se analiza su incidencia e interrelación en un momento dado.

Población, muestra, muestreo

La población está conformada por estructuras de las instituciones educativas del distrito de Monsefú.

La muestra está conformada por estructuras de la institución educativa San Carlos del distrito de Monsefú.

El muestreo fue del tipo no probabilístico ya que la selección dependió de las características de la investigación, se realizó según el criterio del investigador.

Criterios de selección

La I.E San Carlos, ubicada en el distrito de Monsefú, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque es una estructura esencial según la Norma Técnica E.030 donde se indica que su función no debería interrumpirse inmediatamente después que ocurra un sismo severo, incluso puede servir como refugio después de un terremoto. Esta I.E presenta más de 56 años de vida, es decir ya cumplió con su vida útil.

En los años 50 se tenía conocimientos limitados sobre ingeniería antisísmicas, se creía que solo los pórticos de concreto soportaban cargas horizontales y no consideraban los efectos de fuerzas horizontales en los muros de albañilería

En la actualidad este colegio presenta deficiencias en los procesos constructivos. Por ejemplo, la separación de las juntas entre elementos estructurales es muy pequeñas debido a que en ese entonces no se tenía conocimiento acerca que la separación debe ser igual al desplazamiento lateral producido por el sismo. También cuenta con losas planas en los pasadizos, las cuales en otros lugares han producido fallas por punzonamiento en la conexión columna – losa.

La I.E San Carlos presenta diversas patologías del concreto tales como grietas (Ver anexo N°1), fisuras (Ver anexo N°2), erosión (Ver Anexo N°3) y carbonatación (Ver anexo N°4).

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 3: Técnicas e instrumentos de recolección de datos

| MÉTODO/TÉCNICA | INSTRUMENTO |
|-----------------------------------|--|
| OBSERVACIÓN | Guía de Fotos de las fallas estructurales y patologías de la I.E San Carlos. |
| RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN | Planos de estructuras y arquitectura de la I.E San Carlos. |
| ANÁLISIS DE DOCUMENTOS | Tesis o artículos de investigación en temática similar. |
| LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO | Estación total y mira topográfica. |

Fuente: Elaboración Propia

Procedimientos

1. Recopilación e información bibliográfica de tesis y/o artículos científicos.
2. Levantamiento topográfico de la I.E San Carlos para obtener los planos arquitectónicos de los pabellones.
 - i. Se ubicó el BM para iniciar el levantamiento topográfico con la estación total (Ver Anexo N°5)
 - ii. Se realizó la toma de datos de los pabellones de la I.E San Carlos (Ver Anexo N°6)
 - iii. Se midió los ambientes internos con ayuda de una cinta métrica
3. Modelamiento estructural de los pabellones de la I.E San Carlos
4. Verificaciones de las irregularidades según la Norma Técnica E.030: Diseño sismorresistente.
5. Diseño de los elementos estructurales según las Normas Técnicas
6. Aplicación del método Pushover:
7. Determinar el nivel de desempeño de cada pabellón.

Plan de procesamiento y análisis de datos

Fase I

1. Recopilación e información bibliográfica de tesis y/o artículos científicos.
2. Selecciono la información y la organizo.
3. Analizar las normas a emplear tanto nacionales como internacionales.
4. Indagación y redacción del marco teórico.
5. Levantamiento topográfico de la I.E San Carlos

Fase II

1. Estructuración y predimensionamiento de los pabellones de la I.E San Carlos.
2. Modelar los pabellones de la I.E San Carlos
3. Verificación de las irregularidades Según la Norma Técnica E.030: Diseño Sismorresistente.
4. Diseño de los elementos estructurales según la Norma Técnica E.060 y E.070.

Fase III

1. Dibujo y detallado de los planos estructurales.
2. Aplicar el método pushover para obtener la curva de capacidad y punto de desempeño.
3. Determinar el nivel de desempeño sísmico según Comité Visión 2000

Fase IV

1. Elaboración de conclusiones y recomendaciones
2. Redacción del informe final
3. Presentación y sustentación final de tesis

Consideraciones éticas

Los aspectos éticos se demuestran a través de la declaración jurada ,la cual significa que he realizado la búsqueda correspondiente en repositorios de Universidades o Instituciones con la finalidad de elaborar una investigación autentica para obtener el Grado Académico de Bachiller y Título Profesional.

Tomando en cuenta los lineamientos de ética de la Usat, se citará correctamente con el estilo IEE, todas las definiciones e ideas de anteriores investigaciones, estudios sin exceder el porcentaje de coincidencia.

Resultados y discusión

Informe situacional

Se realizó una visita a campo para poder observar las deficiencias constructivas y daños que presentan las estructuras de los distintos pabellones, el informe situacional se puede visualizar en el Anexo N°33

Estructuración y predimensionamiento

Los pabellones de la I.E San Carlos es un sistema híbrido ya que presenta dos sistemas estructurales: muros de concreto armado y albañilería confinada.

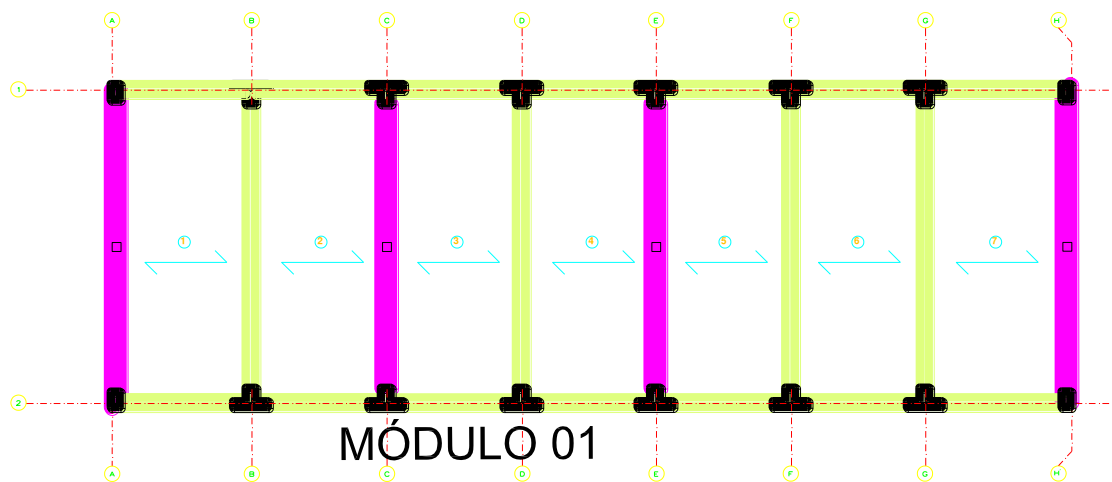
Losas aligeradas

En la estructuración se definió el sentido de la losa aligerada unidireccional donde se tuvo en cuenta el lado más corto del paño. De manera representativa se explicará los dos módulos del Pabellón 01/02/04/05706 y 08

Pabellón 01/02/04/05/06 y 08

a. Módulo 01

Figura 13: Módulo 01 del Pabellón 01/02/04/06 y 08



Fuente: Elaboración Propia

Para el predimensionamiento de la losa aligerada del Módulo 01, se tuvo en cuenta lo indicado en el libro "Apuntes del curso de concreto armado 01" por Gianfranco Otazzi Pasino.

[27]

Tabla 4: Espesores para losas unidireccionales

| H(m) | Peso propio (aproximado) | Luces máximas recomendadas |
|-------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| 0.17 | 280 kg/m ² | Ln<4m |
| 0.20 | 300 kg/m ² | 4<ln<5.5 |
| 0.25 | 350 kg/m ² | 5<ln<6.5 |
| 0.30 | 420 kg/m ² | 6<ln<7.5 |

Fuente: Gianfranco Otazzi Pasino

Tabla 5: Peralte elegido de la losa aligerada unidireccional del Módulo 01

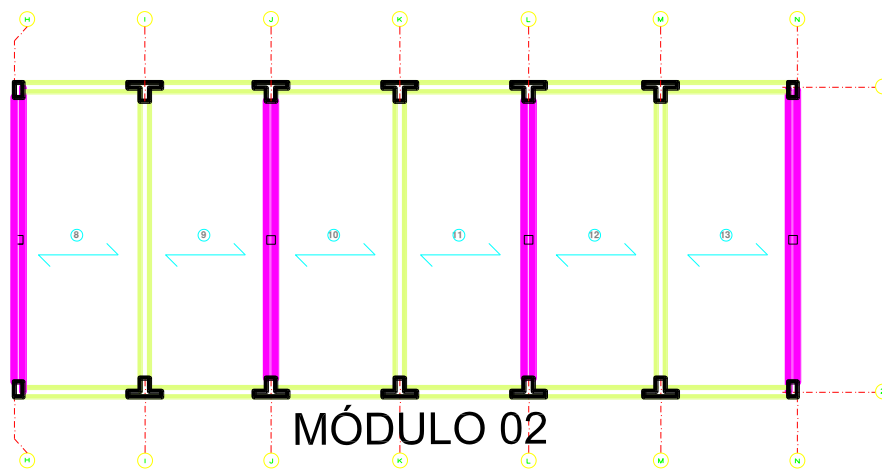
| MÓDULO 01 | | |
|------------------|---------------|-------------------|
| SECCIÓN | Luz(m) | P. ELEGIDO |
| 1 | 3.28 | 0.20 |
| 2 | 3.28 | 0.20 |
| 3 | 3.28 | 0.20 |
| 4 | 3.25 | 0.20 |
| 5 | 3.28 | 0.20 |
| 6 | 3.25 | 0.20 |
| 7 | 3.46 | 0.20 |

Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar que las longitudes son menores que 5 metros, se asumió un espesor de 0.2 para todos los paños.

Módulo 02

Figura 14: Módulo 02 del Pabellón 01/02/04/06 y 08



Fuente: Elaboración Propia

Para el predimensionamiento de la losa aligerada del Módulo 02, se tuvo en cuenta lo indicado en el libro "Apuntes del curso de concreto armado 01" por Gianfranco Otazzi Pasino. (Ver tabla 04)

Tabla 6: Peralte elegido de la losa aligerada unidireccional del Módulo 02

| MÓDULO 02 | | |
|-----------|--------|------------|
| SECCIÓN | Luz(m) | P. ELEGIDO |
| 8 | 3.13 | 0.20 |
| 9 | 3.14 | 0.20 |
| 10 | 3.2 | 0.20 |
| 11 | 3.2 | 0.20 |
| 12 | 3.3 | 0.20 |
| 13 | 3.3 | 0.20 |

Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar que las longitudes son menores que 5 metros, se asumió un espesor de 0.2 para todos los paños.

El predimensionamiento del Pabellón 07 y 03 se encuentra en el Anexo N°07 y Anexo N°08

Columnas de confinamiento

EL capítulo 8 de la norma E.070 de Albañilería, señala requerimientos a considerar en el predimensionamiento de las columnas de confinamiento. El área de la sección de las columnas será la mayor de las que proporcione el diseño por compresión o el diseño por corte fricción, pero no menor que 15 veces el espesor de la columna ($15t$) en cm^2 . [17]

El espesor mínimo será igual al muro efectivo del muro y en la propuesta de Norma 2019 señala que el mínimo de peralte de una columna de confinamiento debe ser 25 cm.

Pabellón 01/02/04/05/06 y 08

Tabla 7: Predimensionamiento de columnas de confinamiento del pabellón 01/02/04/05/06 y 08

| PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS | | | | | | |
|---------------------------------|------|---|-------|-------|--------------|--------|
| EJE Y | | | | | | |
| MURO | b | t | $15t$ | $b*t$ | $b*t > 15*t$ | |
| MÓDULO 01 | | | | | | |
| Y-1 | 0.4 | X | 0.23 | 345 | 920 | CUMPLE |
| | 0.25 | X | 0.23 | 345 | 575 | CUMPLE |
| | 0.4 | X | 0.23 | 345 | 920 | CUMPLE |
| Y-2 | 0.25 | X | 0.23 | 345 | 575 | CUMPLE |
| Y-3 | 0.25 | X | 0.23 | 345 | 575 | CUMPLE |
| Y-4 | 0.25 | X | 0.23 | 345 | 575 | CUMPLE |
| MÓDULO 02 | | | | | | |
| Y-5 | 0.25 | X | 0.23 | 345 | 575 | CUMPLE |
| Y-6 | 0.25 | X | 0.23 | 345 | 575 | CUMPLE |
| Y-7 | 0.25 | X | 0.23 | 345 | 575 | CUMPLE |
| Y-8 | 0.4 | X | 0.23 | 345 | 920 | CUMPLE |
| | 0.25 | X | 0.23 | 345 | 575 | CUMPLE |
| | 0.4 | X | 0.23 | 345 | 920 | CUMPLE |

Fuente: Elaboración Propia

Para el predimensionamiento de las columnas de confinamiento del Pabellón 07 dirigirse al Anexo N°09

Vigas de confinamiento

Se emplea un peralte igual al espesor de la losa, en este caso el peralte va a ser de 20 cm y el espesor va a ser igual al espesor efectivo del muro.

En el caso de las vigas dinteles requieren un peralte mayor que el de la losa con la finalidad de soportar la flexión y la fuerza cortante respectiva.

Espesor efectivo

EL capítulo 7 de la norma E.070 de Albañilería, expone los requerimientos generales mínimos a considerar, uno de ellos acerca del espesor efectivo. En las zonas 2 y 3 será de $h/20$, donde “h” es la altura libre entre los elementos de arriostre horizontales o la altura efectiva de pandeo.

La altura de todos los pabellones es de 3.2m, por lo tanto $3.2/20$ da un espesor de 0.17 eso quiere decir que el espesor efectivo va a ser de 23cm, es decir un muro de cabeza

Vigas estructurales

EL capítulo 21 de la norma E.060 de Concreto armado, señala las consideraciones para sistemas aperticado o de muros estructurales.

21.5.1.2. La luz libre del elemento l_n no debe ser menor que cuatro veces su peralte.

21.5.1.3. El ancho del elemento, b_w , no debe ser menos de 0.25 veces el peralte ni de 250 mm.

Se presenta de manera representativa el predimensionamiento de los Pabellón 01/02/04/05/06 y 08.

Pabellón 01/02/04/05/06 y 08

Tabla 8: Predimensionamiento de las vigas del eje x del Módulo 01

| VIGAS X - X | | | | | | | VERIFICACION | | | | | |
|------------------|-------|-------|-------------------|--------|------|------|---------------|-----------------------|--------------|---------------|------------------|---------------|
| VIGAS EJE X | | L (m) | h= L/12 (m) | b= h/2 | h | b | h \geq L/16 | CONDICIÓN | L \geq 4*h | CONDICIÓN | bw \geq 0.25*h | CONDICIÓN |
| EJE | ENTRE | | | | | | | | | | | |
| MÓDULO 01 | | | | | | | | | | | | |
| 1 | A-B | 2.78 | 0.23 | 0.12 | 0.30 | 0.25 | 0.17 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE |
| | B-C | 2.62 | 0.22 | 0.11 | 0.30 | 0.25 | 0.16 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE |
| | C-D | 3.28 | 0.27 | 0.14 | 0.30 | 0.25 | 0.21 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE |
| | D-E | 3.25 | 0.27 | 0.14 | 0.30 | 0.25 | 0.20 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE |
| | E-F | 3.28 | 0.27 | 0.14 | 0.30 | 0.25 | 0.21 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE |
| | F-G | 3.25 | 0.27 | 0.14 | 0.30 | 0.25 | 0.20 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE |
| | G-H' | 3.46 | 0.29 | 0.14 | 0.30 | 0.25 | 0.22 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE |
| 2 | A-B | 2.78 | 0.23 | 0.12 | 0.30 | 0.25 | 0.17 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE |
| | B-C | 2.62 | 0.22 | 0.11 | 0.30 | 0.25 | 0.16 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE |
| | C-D | 3.28 | 0.27 | 0.14 | 0.30 | 0.25 | 0.21 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE |
| | D-E | 3.25 | 0.27 | 0.14 | 0.30 | 0.25 | 0.20 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE |
| | E-F | 3.28 | 0.27 | 0.14 | 0.30 | 0.25 | 0.21 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE |
| | F-G | 3.25 | 0.27 | 0.14 | 0.30 | 0.25 | 0.20 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE |
| | G-H' | 3.46 | 0.29 | 0.14 | 0.30 | 0.25 | 0.22 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9: Predimensionamiento de las vigas del eje x del Módulo 02

| VIGAS X - X | | | | | | | VERIFICACION | | | | | |
|------------------|-------|----------|----------------|--------|------|------|---------------------------------|-----------------------|----------------|---------------|---------------------|---------------|
| VIGAS EJE X | | L (m) | h= L/12 (m) | b= h/2 | h | b | $\frac{h}{L} \geq \frac{1}{16}$ | CONDICIÓN | $L \geq 4 * h$ | CONDICIÓN | $b_w \geq 0.25 * h$ | CONDICIÓN |
| EJE | ENTRE | | | | | | | | | | | |
| MÓDULO 02 | | | | | | | | | | | | |
| 1 | H-I | 2.78 | 0.23 | 0.12 | 0.30 | 0.25 | 0.17 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE |
| | I-J | 2.62 | 0.22 | 0.11 | 0.30 | 0.25 | 0.16 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE |
| | J-K | 3.28 | 0.27 | 0.14 | 0.30 | 0.25 | 0.21 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE |
| | K-L | 3.25 | 0.27 | 0.14 | 0.30 | 0.25 | 0.20 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE |
| | L-M | 3.28 | 0.27 | 0.14 | 0.30 | 0.25 | 0.21 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE |
| | M-N | 3.25 | 0.27 | 0.14 | 0.30 | 0.25 | 0.20 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE |
| 2 | H-I | 2.78 | 0.23 | 0.12 | 0.30 | 0.25 | 0.17 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE |
| | I-J | 2.62 | 0.22 | 0.11 | 0.30 | 0.25 | 0.16 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE |
| | J-K | 3.28 | 0.27 | 0.14 | 0.30 | 0.25 | 0.21 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE |
| | K-L | 3.25 | 0.27 | 0.14 | 0.30 | 0.25 | 0.20 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE |
| | L-M | 3.28 | 0.27 | 0.14 | 0.30 | 0.25 | 0.21 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE |
| | M-N | 3.25 | 0.27 | 0.14 | 0.30 | 0.25 | 0.20 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10: Predimensionamiento de las vigas del eje y del Módulo 01 y 02

| PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------|----------|-------------------|--------|------|------|--------------|-----------------------|---------|---------------|-------------|---------------|
| VIGAS Y - Y | | | | | | | VERIFICACION | | | | | |
| VIGAS EJE Y | | L (m) | h= L/12 (m) | b= h/2 | h | b | h ≥ L/16 | CONDICIÓN | L ≥ 4*h | CONDICIÓN | bw ≥ 0.25*h | CONDICIÓN |
| EJE | ENTRE | | | | | | | | | | | |
| MÓDULO 01 | | | | | | | | | | | | |
| B | 1-2 | 7.4 | 0.62 | 0.31 | 0.60 | 0.25 | 0.46 | NO SE VERIFICA | 2.400 | CUMPLE | 0.15 | CUMPLE |
| D | 1-2 | 7.4 | 0.62 | 0.31 | 0.60 | 0.25 | 0.46 | NO SE VERIFICA | 2.400 | CUMPLE | 0.15 | CUMPLE |
| F | 1-2 | 7.4 | 0.62 | 0.31 | 0.60 | 0.25 | 0.46 | NO SE VERIFICA | 2.400 | CUMPLE | 0.15 | CUMPLE |
| G | 1-2 | 7.4 | 0.62 | 0.31 | 0.60 | 0.25 | 0.46 | NO SE VERIFICA | 2.400 | CUMPLE | 0.15 | CUMPLE |
| MÓDULO 02 | | | | | | | | | | | | |
| I | 1-2 | 7.4 | 0.62 | 0.31 | 0.60 | 0.25 | 0.46 | NO SE VERIFICA | 2.400 | CUMPLE | 0.15 | CUMPLE |
| K | 1-2 | 7.4 | 0.62 | 0.31 | 0.60 | 0.25 | 0.46 | NO SE VERIFICA | 2.400 | CUMPLE | 0.15 | CUMPLE |
| M | 1-2 | 7.4 | 0.62 | 0.31 | 0.60 | 0.25 | 0.46 | NO SE VERIFICA | 2.400 | CUMPLE | 0.15 | CUMPLE |

Fuente: Elaboración Propia

El predimensionamiento de las vigas en x y vigas en y del Pabellón 07 se encuentran en el Anexo N°10 y Anexo N°11 correspondientemente.

El predimensionamiento de las vigas en x y vigas en y del Pabellón 03 se encuentran en el Anexo N°12 y Anexo N°13 correspondientemente.

Densidad mínima de muros reforzados

En el artículo 7.1.2.b de la Norma E.070 de albañilería explica sobre la densidad mínima de muros portantes a reforzar en cada dirección del edificio, la cual se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Área de Corte de los muros Reforzados}}{\text{Área de la Planta Típica}} = \frac{\sum L \cdot t}{A_p} \geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{K}$$

$K = 40$, ladrillos artesanales

$K = 60$, ladrillos industriales

Para la verificación se tomará un valor promedio entre ambos, es decir $K=50$.

Z (Zonificación)

Monsefú se encuentra en la Zona 4 por lo tanto tendrá un factor de 0.45 (Ver Tabla N°02)

U (Factor Uso)

La I.E San Carlos es considerado una Edificación esencial (A) entonces su factor de Uso será de 1.5.

S (Factor de Suelo)

Monsefú tiene un suelo perfil tipo S3 (Suelos blandos). Según la tabla N°03 de la Norma E.030 Diseño Sismorresistente, el factor de suelo es 1.00

Figura 15: Factor de Suelo "S"

| Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO "S" | | | | |
|-----------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| SUELO ZONA | S ₀ | S ₁ | S ₂ | S ₃ |
| Z ₄ | 0,80 | 1,00 | 1,05 | 1,10 |
| Z ₃ | 0,80 | 1,00 | 1,15 | 1,20 |
| Z ₂ | 0,80 | 1,00 | 1,20 | 1,40 |
| Z ₁ | 0,80 | 1,00 | 1,60 | 2,00 |

Fuente: NTE E.030

N (Número de pisos)

La I.E San Carlos cuenta con un solo piso

Entonces:

$$\frac{ZUSN}{K} = \frac{0.45 * 1.5 * 1.1 * 1}{50} = 0.01485$$

Pabellón 01/02/04/05/06 y 08

Tabla 11: Área corte de los muros reforzados del Módulo 01

| Muro | Longitud L(m) | Espesor t(m) | L x T (m ²) |
|------------------|------------------|-----------------|----------------------------|
| MÓDULO 01 | | | |
| Y-1 | 8.4 | 0.23 | 1.932 |
| Y-2 | 7.35 | 0.23 | 1.6905 |
| Y-3 | 7.35 | 0.23 | 1.6905 |
| Y-4 | 7.35 | 0.23 | 1.6905 |
| TOTAL | | | 7.0035 |

Fuente: Elaboración Propia

El área del módulo 01(A_p) es de 209.71 m²

$$\frac{\sum L \cdot t}{A_p} = \frac{7.0035}{209.71} = 0.033$$

Entonces si cumple que:

$$\frac{\sum L \cdot t}{A_p} \geq \frac{ZUSN}{50}$$

CUMPLE

Tabla 12: Área corte de los muros reforzados del Módulo 02

| Muro | Longitud L(m) | Espesor t(m) | L x T (m2) |
|------------------|------------------|-----------------|------------|
| MÓDULO 02 | | | |
| Y-5 | 8.4 | 0.23 | 1.932 |
| Y-6 | 8.4 | 0.23 | 1.932 |
| Y-7 | 8.4 | 0.23 | 1.932 |
| Y-8 | 8.4 | 0.23 | 1.932 |
| TOTAL | | | 7.728 |

Fuente: Elaboración Propia

El área del módulo 02(Ap.) es de 175.84.m2

$$\frac{\sum L.t}{Ap} = \frac{7.728}{175.84} = 0.0439$$

Entonces si cumple que:

$$\frac{\sum L.t}{Ap} \geq \frac{ZUSN}{50}$$

CUMPLE

Pabellón 07

Tabla 13: Área corte de los muros reforzados del Módulo 02

| Muro | Longitud L(m) | Espesor t(m) | L x T (m2) |
|------------------|------------------|-----------------|---------------|
| MÓDULO 01 | | | |
| Y-1 | 4 | 0.23 | 0.92 |
| Y-2 | 3.2 | 0.23 | 0.736 |
| Y-3 | 3.2 | 0.23 | 0.736 |
| Y-4 | 4 | 0.23 | 0.92 |
| TOTAL | | | 3.3120 |

Fuente:

Elaboración Propia

El área del módulo 01(Ap.) es de 84.52 m2

$$\frac{\sum L.t}{Ap} = \frac{3.3120}{84.52} = 0.039$$

Entonces si cumple que:

$$\frac{\sum L \cdot t}{A_p} \geq \frac{ZUSN}{50}$$

CUMPLE

Tabla 14: Área corte de los muros reforzados del Módulo 02

| Muro | Longitud L(m) | Espesor t(m) | L x T (m2) |
|------------------|------------------|-----------------|------------|
| MÓDULO 02 | | | |
| Y-5 | 4 | 0.23 | 0.92 |
| Y-6 | 4 | 0.23 | 0.92 |
| Y-7 | 4 | 0.23 | 0.92 |
| Y-8 | 4 | 0.23 | 0.92 |
| TOTAL | | | 3.68 |

Fuente: Elaboración Propia

El área del módulo 02(A_p) es de 73.32 m²

$$\frac{\sum L \cdot t}{A_p} = \frac{3.68}{73.32} = 0.0501$$

Entonces si cumple que:

$$\frac{\sum L \cdot t}{A_p} \geq \frac{ZUSN}{50}$$

CUMPLE

Metrado por muro

- **Carga muerta**

Losa aligerada $e=0.20$ cm: 300 kg/cm²

Acabados: 100 kg/cm²

Total: 400 kg/cm²

- **Carga viva**

Azotea (Live up): 100 kg/cm²

Hallamos el Pmv (Carga Axial acumulada)

Pabellón 01/02/04/05/06 y 08

Tabla 15: Cargas axiales acumuladas del Pabellón 01/02/04/06 y 98

| PISO | MURO | Y (Ton/m3) | h(m) | t(m) | L(m) | A. TRIBUTARIA(m2) | PESO PROPIO (tn) | CARGA MUERTA (tn) | CARGA VIVA (tn) | Pmv (tn) |
|------------------|------|---------------|------|------|------|----------------------|------------------------|-------------------------|--------------------|----------|
| MÓDULO 01 | | | | | | | | | | |
| 1 | Y-1 | 1.8 | 3.2 | 0.23 | 8.4 | 13.63 | 11.1 | 5.5 | 1.4 | 17.9 |
| 1 | Y-2 | 1.8 | 3.2 | 0.23 | 7.4 | 25.86 | 9.7 | 10.3 | 2.6 | 22.7 |
| 1 | Y-3 | 1.8 | 3.2 | 0.23 | 7.4 | 25.78 | 9.7 | 10.3 | 2.6 | 22.6 |
| 1 | Y-4 | 1.8 | 3.2 | 0.23 | 7.4 | 26.49 | 9.7 | 10.6 | 2.6 | 23.0 |
| MÓDULO 02 | | | | | | | | | | |
| 1 | Y-5 | 1.8 | 3.2 | 0.23 | 8.4 | 12.37 | 11.1 | 4.9 | 1.2 | 17.3 |
| 1 | Y-6 | 1.8 | 3.2 | 0.23 | 7.4 | 25.03 | 9.7 | 10.0 | 2.5 | 22.3 |
| 1 | Y-7 | 1.8 | 3.2 | 0.23 | 7.4 | 25.65 | 9.7 | 10.3 | 2.6 | 22.6 |
| 1 | Y-8 | 1.8 | 3.2 | 0.23 | 8.4 | 13.03 | 11.1 | 5.2 | 1.3 | 17.6 |

Fuente: Elaboración Propia

Pabellón 07

Tabla 16: Cargas Axiales acumuladas del Pabellón 07

| PISO | MURO | Y (Ton/m3) | h(m) | t(m) | L(m) | A. TRIBUTARIA(m2) | PESO PROPIO (tn) | CARGA MUERTA (tn) | CARGA VIVA (tn) | Pmv (tn) |
|------------------|------|---------------|------|------|------|----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|----------|
| MÓDULO 01 | | | | | | | | | | |
| 1 | Y-1 | 1.8 | 3.2 | 0.23 | 4.0 | 4.36 | 5.3 | 1.7 | 0.4 | 7.5 |
| 1 | Y-2 | 1.8 | 3.2 | 0.23 | 3.2 | 12.72 | 4.2 | 5.1 | 1.3 | 10.6 |
| 1 | Y-3 | 1.8 | 3.2 | 0.23 | 3.2 | 11.46 | 4.2 | 4.6 | 1.1 | 10.0 |
| 1 | Y-4 | 1.8 | 3.2 | 0.23 | 4.0 | 5.50 | 5.3 | 2.2 | 0.6 | 8.0 |
| MÓDULO 02 | | | | | | | | | | |
| 1 | Y-5 | 1.8 | 3.2 | 0.23 | 4.0 | 3.25 | 5.3 | 1.3 | 0.3 | 6.9 |
| 1 | Y-6 | 1.8 | 3.2 | 0.23 | 3.2 | 9.91 | 4.2 | 4.0 | 1.0 | 9.2 |
| 1 | Y-7 | 1.8 | 3.2 | 0.23 | 3.2 | 13.15 | 4.2 | 5.3 | 1.3 | 10.8 |
| 1 | Y-8 | 1.8 | 3.2 | 0.23 | 4.0 | 6.52 | 5.3 | 2.6 | 0.7 | 8.6 |

Fuente: Elaboración Propia

Esfuerzo axial máximo

El esfuerzo axial máximo generado por la carga de gravedad máxima de servicio (P_m) incluyendo el 100% de sobrecarga, será inferior a:

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L \cdot t} \leq 0,2 f_m \left(1 - \left(\frac{h}{3t}\right)^2\right) \leq 0,15 f_m$$

Donde:

L=longitud total del muro (incluyendo el peralte de las columnas para el caso de los muros confinados).

Pabellón 01/02/04/05/06 y 08

Tabla 17: Esfuerzo axial máximo del Pabellón 01/02/04/05/06 y 08

| MURO | Longitud (m) | L*t | Pmv (1 NIVEL) | Pmv Base | Om | $\bar{O}m \leq 0.2f'm(1-(h/35t)^2)$ | | $\bar{O}m \leq 0.15*f'm$ | |
|------------------|--------------|------|---------------|----------|-------|-------------------------------------|---------------|--------------------------|---------------|
| MÓDULO 01 | | | | | | | | | |
| Y-1 | 8.4 | 1.93 | 17.94 | 17.94 | 9.29 | 109.46 | CUMPLE | 97.50 | CUMPLE |
| Y-2 | 7.35 | 1.69 | 22.67 | 22.67 | 13.41 | 109.46 | CUMPLE | 97.50 | CUMPLE |
| Y-3 | 7.35 | 1.69 | 22.63 | 22.63 | 13.38 | 109.46 | CUMPLE | 97.50 | CUMPLE |
| Y-4 | 7.35 | 1.69 | 22.98 | 22.98 | 13.59 | 109.46 | CUMPLE | 97.50 | CUMPLE |
| MÓDULO 02 | | | | | | | | | |
| Y-5 | 8.4 | 1.93 | 17.31 | 17.31 | 8.96 | 109.46 | CUMPLE | 97.50 | CUMPLE |
| Y-6 | 7.35 | 1.69 | 22.25 | 22.25 | 13.16 | 109.46 | CUMPLE | 97.50 | CUMPLE |
| Y-7 | 7.35 | 1.69 | 22.56 | 22.56 | 13.35 | 109.46 | CUMPLE | 97.50 | CUMPLE |
| Y-8 | 8.4 | 1.93 | 17.64 | 17.64 | 9.13 | 109.46 | CUMPLE | 97.50 | CUMPLE |

Fuente: Elaboración Propia

Pabellón 07

Tabla 18: Esfuerzo axial máximo del Pabellón 07

| MURO | Longitud (m) | L*t | Pmv (1 NIVEL) | Pmv Base | Om | $\bar{O}m \leq 0.2f'm(1-(h/35t)^2)$ | $\bar{O}m \leq 0.15*f'm$ |
|------------------|--------------|------|---------------|----------|-------|-------------------------------------|--------------------------|
| MÓDULO 01 | | | | | | | |
| Y-1 | 4 | 0.92 | 7.48 | 7.48 | 8.13 | 109.46 CUMPLE | 97.50 CUMPLE |
| Y-2 | 3.2 | 0.74 | 10.60 | 10.60 | 14.40 | 109.46 CUMPLE | 97.50 CUMPLE |
| Y-3 | 3.2 | 0.74 | 9.97 | 9.97 | 13.55 | 109.46 CUMPLE | 97.50 CUMPLE |
| Y-4 | 4 | 0.92 | 8.05 | 8.05 | 8.75 | 109.46 CUMPLE | 97.50 CUMPLE |
| MÓDULO 02 | | | | | | | |
| Y-5 | 4 | 0.92 | 6.92 | 6.92 | 7.53 | 109.46 CUMPLE | 97.50 CUMPLE |
| Y-6 | 3.2 | 0.74 | 9.19 | 9.19 | 12.49 | 109.46 CUMPLE | 97.50 CUMPLE |
| Y-7 | 3.2 | 0.74 | 10.81 | 10.81 | 14.69 | 109.46 CUMPLE | 97.50 CUMPLE |
| Y-8 | 4 | 0.92 | 8.56 | 8.56 | 9.30 | 109.46 CUMPLE | 97.50 CUMPLE |

Fuente: Elaboración Propia

Espectro de respuesta

- **Zonificación:** Chiclayo se encuentra en la Zona 4 por lo tanto el factor es de 0.45
- **Factor de Uso:** Las instituciones educativas pertenecen a la categoría A por lo tanto el factor es de 1.5
- **Factor de Suelo:** Según el estudio de suelos, Monsefú presenta un S3 entonces el factor que le corresponde es de 1.1
- **Factor de ampliación sísmica:** Se calcula un periodo fundamental de vibración, según las siguientes condiciones

$$T < T_p \qquad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \qquad C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_L \qquad C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$$

Hallamos T, $T = \frac{Ct}{Hn}$

$Ct = 60$; Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada según la E.030 [14]

$$T = \frac{60}{3.2}$$

$$T = 0.053$$

Hallamos T_p y T_L según la Tabla N°04 de la E.030

Figura 16: Periodos “ T_p ” y “ T_L ”

| Tabla N° 4 PERÍODOS “ T_p ” Y “ T_L ” | | | | |
|--|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| | Perfil de suelo | | | |
| | S ₀ | S ₁ | S ₂ | S ₃ |
| T_p (s) | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 1,0 |
| T_L (s) | 3,0 | 2,5 | 2,0 | 1,6 |

Fuente: Norma E.030 Diseño sismorresistente

El suelo es un S3 de modo que el T_p tiene un valor de 1.0 y el T_I tiene un valor de 1.6

Entonces $T < T_p$, por lo tanto, C va a tener un valor de 2.5

- **Coefficiente básico de reducción:** Es un sistema híbrido (muros estructurales y albañilería confinada) por lo que va a ver dos coeficientes. En el eje x se estructuró con muros estructurales por consiguiente el coeficiente será de 6 y en el eje y se estructuró con albañilería confinada por lo tanto el coeficiente será de 3.
- **Irregularidad en planta:** No presenta irregularidad, el factor va a ser de 1
- **Irregularidad en altura:** No presenta irregularidad, el factor va a ser de 1

Para el eje x

$$\frac{ZUCS}{R} = \frac{0.45 * 1.5 * 2.5 * 1.1}{6 * 1 * 1} = 0.3094$$

Para el eje y

$$\frac{ZUCS}{R} = \frac{0.45 * 1.5 * 2.5 * 1.1}{3 * 1 * 1} = 0.6188$$

Patrones de carga

- **Dead:** Peso propio (calculado por el SAP 2000)
- **CM:** Peso de acabados+ Peso de ladrillo de techo
 $100 \text{ kg/cm}^2 + 300 \text{ kg/cm}^2 = 400 \text{ kg/cm}^2$
- **Live up:** La carga viva del techo según la norma E-020, establece: 100 kg/cm

Peso sísmico

Figura 17: Peso sísmico de los pabellones

| Pabellón 01-02-04-05-06-08 | Peso (Tn) | Peso(Tn/m2) |
|-----------------------------------|-------------------|---------------------|
| MÓDULO 01 | 181.82 | 0.87 |
| MÓDULO 02 | 149.05 | 0.85 |
| Pabellón 07 | Peso (Tn) | Peso(Tn/m2) |
| MÓDULO 01 | 77.666 | 0.92 |
| MÓDULO 02 | 65.5139 | 0.89 |
| Pabellón 03 | Peso (Tn) | Peso(Tn/m2) |
| MÓDULO 01 | 150.6604 | 1.08 |

Fuente: Elaboración propia

Verificaciones

Se descartó las verificaciones de irregularidades por altura debido a que la estructura cuenta solo con un piso.

Verificación por participación modal

Como se muestra en la tabla 19 y 20, la participación modal dinámica llega al 100%, superando lo indicado en la norma E.030 Diseño Sismorresistente. El módulo 01 tiene un periodo en X de 0.144s al igual que el módulo 02 en la dirección X, en la dirección Y el módulo 01 cuenta con un periodo de 0.046s y en el módulo 02 con un periodo de 0.044s, por lo que se puede deducir que en la dirección X presenta menor rigidez en comparación con la dirección Y. Además, en el módulo 01 el primer modo de vibración actúa en la dirección X, con una masa participativa de 100% al igual que el módulo 02 y el segundo modo de vibración actúa en la dirección Y con una masa participativa de 69% en el módulo 01 y 51% en el módulo 01

Pabellón 01/02/04/05/06 y 08

Tabla 19: Verificación por participación modal del Pabellón 01/02/04/05/06 y 08

| MÓDULO 01 | | | | | |
|---|-----------------|-------------|---------------|----------------|---------------------|
| TABLE: Modal Load Participation Ratios | | | | | |
| OutputCase | ItemType | Item | Static | Dynamic | Verificación |
| Text | Text | Text | Percent | Percent | |
| MODAL | Acceleration | UX | 100 | 100.00 | CUMPLE |
| MODAL | Acceleration | UY | 100 | 100.00 | CUMPLE |
| MODAL | Acceleration | UZ | 0.00 | 0.00 | CUMPLE |
| MÓDULO 02 | | | | | |
| TABLE: Modal Load Participation Ratios | | | | | |
| OutputCase | ItemType | Item | Static | Dynamic | Verificación |
| Text | Text | Text | Percent | Percent | |
| MODAL | Acceleration | UX | 100 | 100.00 | CUMPLE |
| MODAL | Acceleration | UY | 100 | 100.00 | CUMPLE |
| MODAL | Acceleration | UZ | 0.00 | 0.00 | CUMPLE |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Periodos y participación modal del Pabellón 01/02/04/05/06 y 08

| MÓDULO 01 | | | | | | | | |
|---|-------------|---------------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|--------------|
| TABLE: Modal Participating Mass Ratios | | | | | | | | |
| Case | Mode | Period | UX | UY | UZ | SumUX | SumUY | SumUZ |
| | | sec | | | | | | |
| Modal | 1 | 0.144 | 1 | 0.00 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Modal | 2 | 0.046 | 0 | 0.69 | 0 | 1 | 0.6869 | 0 |
| Modal | 3 | 0.041 | 0.00 | 0.31 | 0 | 1 | 1 | 0.00 |
| MÓDULO 02 | | | | | | | | |
| TABLE: Modal Participating Mass Ratios | | | | | | | | |
| Case | Mode | Period | UX | UY | UZ | SumUX | SumUY | SumUZ |
| | | sec | | | | | | |
| Modal | 1 | 0.144 | 1.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 0.000 | 0.000 |
| Modal | 2 | 0.044 | 0.000 | 0.508 | 0.000 | 1.000 | 0.508 | 0.000 |
| Modal | 3 | 0.038 | 0.000 | 0.492 | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 0.000 |

Fuente: Elaboración propia

El pabellón 07 y 03 también cumplen con esta verificación dirigirse a los Anexos N°014

y N°015

Verificación por desplazamiento laterales

La norma E.030 Diseño sismorresistente indica una distorsión de 0.005 para el sistema estructural de Albañilería confinada y 0.007 para el sistema de muros de concreto armado. Como se muestra en las Tablas 21 y 22 las derivas no superan lo que indica la Norma en ambos módulos del Pabellón 01/02/04/05/06 y 08

*Tabla 21: Verificación por desplazamientos laterales del Módulo 01 del Pabellón
01/02/04/05/06 y 08*

| Módulo 01 | | | | | | |
|--------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|------------------|---------------|---------------------|
| DIRECCIÓN X | | | | | | |
| R= 6.00 | | | | | | |
| PISO | ETIQUETA | ALTURA (m) | DESPLAZAMIENTO | | DERIVA | VERIFICACIÓN |
| | | | ABSOLUTOS | RELATIVOS | | |
| PISO 1 | 1.000000 | 3.200000 | 0.002915 | 0.002915 | 0.000911 | CUMPLE |
| | 2.000000 | 3.200000 | 0.002915 | 0.002915 | 0.000911 | CUMPLE |
| | 9.000000 | 3.200000 | 0.002915 | 0.002915 | 0.000911 | CUMPLE |
| | 10.000000 | 3.200000 | 0.002915 | 0.002915 | 0.000911 | CUMPLE |
| Módulo 01 | | | | | | |
| DIRECCIÓN Y | | | | | | |
| R= 3.00 | | | | | | |
| PISO | ETIQUETA | ALTURA (m) | DESPLAZAMIENTO | | DERIVA | VERIFICACIÓN |
| | | | ABSOLUTOS | RELATIVOS | | |
| PISO 1 | 1.000000 | 3.200000 | 0.000279 | 0.000279 | 0.000087 | CUMPLE |
| | 2.000000 | 3.200000 | 0.000279 | 0.000279 | 0.000087 | CUMPLE |
| | 9.000000 | 3.200000 | 0.000412 | 0.000412 | 0.000129 | CUMPLE |
| | 10.000000 | 3.200000 | 0.000412 | 0.000412 | 0.000129 | CUMPLE |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22: Verificación por desplazamientos laterales del Módulo 02 del Pabellón

01/02/04/05/06 y 08

| DIRECCIÓN X | | | | | | |
|-------------|----------|---------------|----------------|-----------|----------|--------------|
| R= 6.00 | | | | | | |
| PISO | ETIQUETA | ALTURA (m) | DESPLAZAMIENTO | | DERIVA | VERIFICACIÓN |
| | | | ABSOLUTOS | RELATIVOS | | |
| PISO 1 | 1 | 3.200000 | 0.002536 | 0.002536 | 0.000793 | CUMPLE |
| | 2 | 3.200000 | 0.002536 | 0.002536 | 0.000793 | CUMPLE |
| | 18 | 3.200000 | 0.002536 | 0.002536 | 0.000793 | CUMPLE |
| | 38 | 3.200000 | 0.002536 | 0.002536 | 0.000793 | CUMPLE |
| Módulo 02 | | | | | | |
| DIRECCIÓN Y | | | | | | |
| R= 3.00 | | | | | | |
| PISO | ETIQUETA | ALTURA (m) | DESPLAZAMIENTO | | DERIVA | VERIFICACIÓN |
| | | | ABSOLUTOS | RELATIVOS | | |
| PISO 1 | 1 | 3.200000 | 0.000224 | 0.000224 | 0.000070 | CUMPLE |
| | 2 | 3.200000 | 0.000224 | 0.000224 | 0.000070 | CUMPLE |
| | 18 | 3.200000 | 0.000225 | 0.000225 | 0.000070 | CUMPLE |
| | 38 | 3.200000 | 0.000225 | 0.000225 | 0.000070 | CUMPLE |

Fuente: Elaboración propia

El pabellón 07 y 03 también cumplen con la verificación de distorsiones dirigirse a los Anexos N°016 y N°017

Verificación por irregularidades estructurales

Irregularidad torsional: Existe cuando en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio en esa dirección es mayor que 1,3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga. [14]

Pabellón 01/02/04/05/06 y 08

Tabla 23: Verificación por irregularidad torsional del Módulo 01 en el Pabellón 01 /02/04/05/6 y 08

| Módulo 01 | | | | | | | | |
|--------------------|----------|---------------|----------------|-----------|----------|----------|--------------|----------------|
| DIRECCIÓN X | | | | | | | | |
| R= 3.00 | | | | | | | | |
| PISO | ETIQUETA | ALTURA (m) | DESPLAZAMIENTO | | MAXIMOS | PROMEDIO | VERIFICACIÓN | |
| | | | ABSOLUTOS | RELATIVOS | | | | |
| PISO 1 | 1 | 3.200000 | 0.002915 | 0.002915 | 0.002915 | 0.002915 | 1.000000 | REGULAR |
| | 2 | 3.200000 | 0.002915 | 0.002915 | | | | |
| | 9 | 3.200000 | 0.002915 | 0.002915 | | | | |
| | 10 | 3.200000 | 0.002915 | 0.002915 | | | | |
| Módulo 01 | | | | | | | | |
| DIRECCIÓN Y | | | | | | | | |
| R= 6.00 | | | | | | | | |
| PISO | ETIQUETA | ALTURA (m) | DESPLAZAMIENTO | | MAXIMOS | PROMEDIO | VERIFICACIÓN | |
| | | | ABSOLUTOS | RELATIVOS | | | | |
| PISO 1 | 1 | 3.200000 | 0.000279 | 0.000279 | 0.000412 | 0.000346 | 1.192475 | REGULAR |
| | 2 | 3.200000 | 0.000279 | 0.000279 | | | | |
| | 9 | 3.200000 | 0.000412 | 0.000412 | | | | |
| | 10 | 3.200000 | 0.000412 | 0.000412 | | | | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24: Verificación por irregularidad torsional del Módulo 02 en el Pabellón 01 /02/04/05/6 y 08

| Módulo 02 | | | | | | | | |
|-------------|----------|---------------|----------------|-----------|----------|----------|--------------|---------|
| DIRECCIÓN X | | | | | | | | |
| R= 3.00 | | | | | | | | |
| PISO | ETIQUETA | ALTURA (m) | DESPLAZAMIENTO | | MAXIMOS | PROMEDIO | VERIFICACIÓN | |
| | | | ABSOLUTOS | RELATIVOS | | | | |
| PISO 1 | 1 | 3.200000 | 0.002536 | 0.002536 | 0.002536 | 0.002536 | 1.000000 | REGULAR |
| | 2 | 3.200000 | 0.002536 | 0.002536 | | | | |
| | 18 | 3.200000 | 0.002536 | 0.002536 | | | | |
| | 38 | 3.200000 | 0.002536 | 0.002536 | | | | |
| Módulo 02 | | | | | | | | |
| DIRECCIÓN Y | | | | | | | | |
| R= 6.00 | | | | | | | | |
| PISO | ETIQUETA | ALTURA (m) | DESPLAZAMIENTO | | MAXIMOS | PROMEDIO | VERIFICACIÓN | |
| | | | ABSOLUTOS | RELATIVOS | | | | |
| PISO 1 | 1 | 3.200000 | 0.000224 | 0.000224 | 0.000225 | 0.000225 | 1.002227 | REGULAR |
| | 2 | 3.200000 | 0.000224 | 0.000224 | | | | |
| | 18 | 3.200000 | 0.000225 | 0.000225 | | | | |
| | 38 | 3.200000 | 0.000225 | 0.000225 | | | | |

Fuente: Elaboración propia

El pabellón 07 y 03 también cumplen con la verificación de distorsiones dirigirse a los Anexos N°018 y N°019

Fuerza cortante mínima

Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no puede ser menor que el 80% del valor calculado según el artículo 25 de la Norma E.030 para estructuras regulares [14]

Pabellón 01/02/04/05/06 y 08

Tabla 25: Verificación de fuerza cortante del módulo 01 del Pabellón

01/02/04/05/06 y 08

| MÓDULO 01 | | | |
|-------------|---------|--------|--------------|
| DIRECCIÓN X | | | |
| DATO | VALOR | UNIDAD | VERIFICACIÓN |
| SxE | 82.38 | Ton | CUMPLE |
| SxD | 82.38 | Ton | |
| | | | |
| 80% SxE | 65.90 | Ton | |
| DIRECCIÓN Y | | | |
| DATO | VALOR | UNIDAD | VERIFICACIÓN |
| SyE | 82.38 | Ton | CUMPLE |
| SyD | 72.1073 | Ton | |
| | | | |
| 80% SyE | 65.90 | Ton | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26: Verificación de fuerza cortante del módulo 02 del Pabellón

01/02/04/05/06 y 08

| MÓDULO 02 | | | |
|-------------|---------|--------|--------------|
| DIRECCIÓN X | | | |
| DATO | VALOR | UNIDAD | VERIFICACIÓN |
| SxE | 69.6446 | Ton | CUMPLE |
| SxD | 69.6446 | Ton | |
| | | | |
| 80% SxE | 55.72 | Ton | |
| DIRECCIÓN Y | | | |
| DATO | VALOR | UNIDAD | VERIFICACIÓN |
| SyE | 69.6446 | Ton | CUMPLE |
| SyD | 69.5311 | Ton | |
| | | | |
| 80% SyE | 55.72 | Ton | |

Fuente: Elaboración propia

Pabellón 07

Tabla 27: Verificación de fuerza cortante del módulo 01 del Pabellón 07

| MÓDULO 01 | | | |
|-------------|---------|--------|--------------|
| DIRECCIÓN X | | | |
| DATO | VALOR | UNIDAD | VERIFICACIÓN |
| SxE | 34.8012 | Ton | CUMPLE |
| SxD | 38.2793 | Ton | |
| | | | |
| 80% SxE | 27.84 | Ton | |
| DIRECCIÓN Y | | | |
| DATO | VALOR | UNIDAD | VERIFICACIÓN |
| SyE | 34.8012 | Ton | CUMPLE |
| SyD | 29.5575 | Ton | |
| | | | |
| 80% SyE | 27.84 | Ton | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28: Verificación de fuerza cortante del módulo 02 del Pabellón 07

| MÓDULO 02 | | | |
|------------------|---------|--------|--------------|
| DIRECCIÓN X | | | |
| DATO | VALOR | UNIDAD | VERIFICACIÓN |
| SxE | 29.7883 | Ton | CUMPLE |
| SxD | 29.7883 | Ton | |
| | | | |
| 80% SxE | 23.83 | Ton | |
| DIRECCIÓN Y | | | |
| DATO | VALOR | UNIDAD | VERIFICACIÓN |
| SyE | 29.7883 | Ton | ERROR |
| SyD | 23.6347 | Ton | |
| | | | |
| 80% SyE | 23.83 | Ton | |
| FACTOR DE ESCALA | 1.01 | | |
| SyE | 29.7883 | Ton | CUMPLE |
| SyD | 23.924 | Ton | |
| | | | |
| 80% SyE | 23.83 | Ton | |

Fuente: Elaboración propia

De no cumplir con esta condición, el cortante dinámico deberá ser amplificado; en el módulo 02 del Pabellón 07 si se aplicó esta condición

Pabellón 03

Tabla 29: Verificación de fuerza cortante del módulo 01 del Pabellón 03

| MÓDULO 01 | | | |
|-------------|---------|--------|--------------|
| DIRECCIÓN X | | | |
| DATO | VALOR | UNIDAD | VERIFICACIÓN |
| SxE | 58.7003 | Ton | CUMPLE |
| SxD | 58.7003 | Ton | |
| | | | |
| 80% SxE | 46.96 | Ton | |
| DIRECCIÓN Y | | | |
| DATO | VALOR | UNIDAD | VERIFICACIÓN |
| SyE | 58.7003 | Ton | CUMPLE |
| SyD | 58.6303 | Ton | |
| | | | |
| 80% SyE | 46.96 | Ton | |

Fuente: Elaboración propia

Diseño de elementos estructurales

Diseño de vigas estructurales

Se diseñaron las vigas siguiendo lo indicado en la norma E.060 Concreto armado, considerando una envolvente de combinaciones establecidas por el método LRFD.

De manera detallada se explicará la viga del eje 1-1 en el tramo A-B del Pabellón 01/02/04/05/06 y 08. Los resultados del resto de vigas del Pabellón 01/02/04/06 y 08 se pueden observar en el Anexo N°20, del Pabellón 07 en el Anexo N°21 y del Pabellón 03 en el Anexo N°22.

Los momentos en el claro y los apoyos de la viga son:

Tabla 30: Momentos de diseño de la viga

| VIGA | TRAMO | NUDO/ CLARO | DETALLE Sup (-) /Inf (+) | Mu (Tn.m) |
|------------------|-------|----------------|-----------------------------|--------------|
| PÓRTICO 1 Y 2 | A-B | NUDO | + | 0.0000 |
| | | | - | 0.0000 |
| | | CLARO | + | 1.2741 |
| | | | - | 0.1563 |
| | | NUDO | + | 0.4526 |
| | | | - | 1.9330 |

Fuente: Elaboración propia

Se calculó el área de acero con la condición de una viga simplemente reforzada, porque no excede la cuantía máxima.

Figura 18: Cálculo del acero

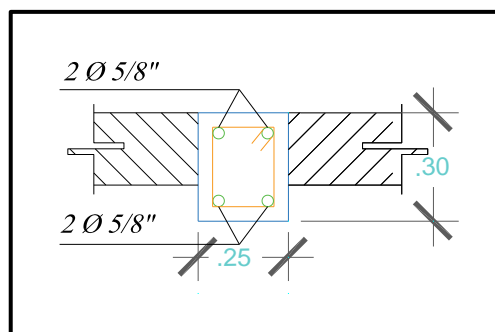
| VIGA | TRAMO | NUDO/ CLARO | DETALLE Sup(-) /Inf(+) | Mu (Tn.m) | N° BARRAS | | | | | As prop. (cm ²) | |
|---------------|-------|----------------|------------------------------|--------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|------|
| | | | | | 0.95 cm 0.71 cm ² | 1.27 cm 1.29 cm ² | 1.59 cm 1.98 cm ² | 1.91 cm 2.85 cm ² | 2.54 cm 5.10 cm ² | | |
| | | | | | 3/8 | 1/2 | 5/8 | 3/4 | 1 | | |
| PÓRTICO 1 Y 2 | A-B | NUDO | + | 0.0000 | | | 2 | | | 3.96 | |
| | | | - | 0.0000 | | | 2 | | | 3.96 | |
| | | CLARO | + | 1.2741 | | | | 2 | | | 3.96 |
| | | | - | 0.1563 | | | | 2 | | | 3.96 |
| | | NUDO | + | 0.4526 | | | | | 2 | | 3.96 |
| | | | - | 1.9330 | | | | | 2 | | 3.96 |

Fuente: Elaboración propia

Se eligió dos varillas de 5/8 tanto en tracción como en compresión, se tuvo en cuenta que cumpliera con la fluencia del acero y el ancho mínimo.

Luego del diseño, la sección queda de la siguiente manera:

Figura 19: Sección de la viga del eje 1-1 en el tramo A y B



Fuente: Elaboración propia

En el diseño por corte se tuvo en cuenta también lo señalado en la Norma E.060 Concreto Armado.

Se tiene que cumplir que $V_{ud} > \phi V_c$, en el caso que no cumpla se requiere estribos, pero como Monsefú se encuentra en la Zona 4 es de manera obligatoria colocar refuerzo transversal de confinamiento en las vigas

El V_{ud} que se obtuvo del programa fue de 1.1802 Tn

El V_c se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$\phi V_c = 0.53 * \sqrt{f'_c} * b_w$$

$$\phi V_c = 0.53 * \sqrt{210} * 25 * 24$$

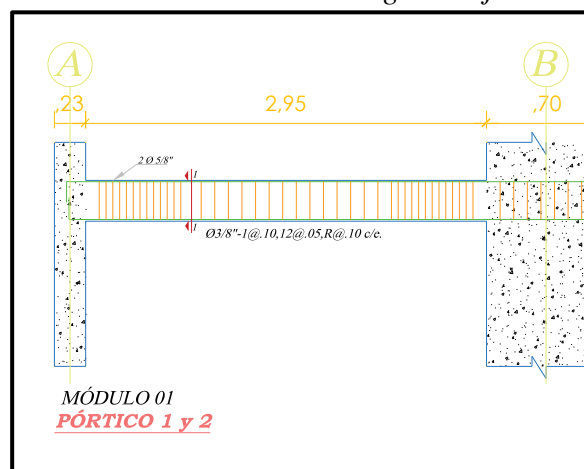
$$\phi V_c = 3.9170 \text{ tn}$$

No cumple que $V_{ud} > \phi V_c$ por lo tanto se requiere hallar el estribaje tomando en cuenta los siguientes criterios:

- $d/4$, $24/4 = 6 \text{ mm}$, 5mm
- Ocho veces el diámetro de las barras longitudinales más pequeñas, $8 * 1.59 = 13 \text{ mm}$, 15 mm
- $24 * \text{diámetro del estribo} = 24 * 0.95 = 22.8 \text{ mm}$, 25 mm
- Separación Max = $d/2 = 12 \text{ mm}$, 10 mm

La distribución quedó de la siguiente manera:

Figura 20: Distribución de estribos de la viga del eje 1-1 en el Tramo A y B



Fuente: Elaboración propia

Diseño de losas aligeradas

Para el diseño de la losa aligerada se rigió bajo lo estipulado en el capítulo 10 de la norma E.060, y fue diseñada para flexión y verificada por cortante.

Primero se modeló la vigueta colocando las cargas de C.M Y C.V para poder obtener los momentos y cortantes correspondientes por tramos.

Para momento negativo, la vigueta trabaja como viga rectangular, con la compresión íntegramente en el alma.

Para momento positivo, en la mayoría de los casos también trabaja como viga rectangular. El bloque de compresiones será menor que el espesor del ala ($a < hf$), con $hf = 0.05 m$ y $bf = 0.40 m$ para un aligerado convencional.

Tabla 31: Acero de la losa Aligerada del Pabellón 01/02/04/05/06 y 08

| LOSA ALIGERADA | | | | |
|-----------------------|-------|--------------|------------------|-----------------|
| MÓDULO 01 | | | | |
| EJE | MU | As requerido | As proporcionado | Varillas |
| A | 0.258 | 1.01 | 1.29 | 1 Ø 1/2" |
| A-B | 0.788 | 1.25 | 2 | 1Ø 1/2"+1Ø 3/8" |
| B | 1.063 | 1.91 | 2 | 1Ø 1/2"+1Ø 3/8" |
| B-C | 0.307 | 0.63 | 0.71 | 1Ø 3/8" |
| C | 0.742 | 1.26 | 1.29 | 1 Ø 1/2" |
| C-D | 0.434 | 0.89 | 2 | 1Ø 1/2"+1Ø 3/8" |
| D | 0.809 | 1.39 | 2 | 1Ø 1/2"+1Ø 3/8" |
| D-E | 0.375 | 0.59 | 0.71 | 1Ø 3/8" |
| E | 0.818 | 1.41 | 2 | 1Ø 1/2"+1Ø 3/8" |
| E-F | 0.443 | 0.70 | 0.71 | 1Ø 3/8" |
| F | 0.713 | 1.21 | 1.29 | 1 Ø 1/2" |
| F-G | 0.267 | 0.42 | 0.71 | 1Ø 3/8" |
| G | 1.130 | 2.05 | 2.58 | 2 Ø 1/2" |
| G-H | 0.896 | 1.43 | 2 | 1Ø 1/2"+1Ø 3/8" |
| H | 0.301 | 1.01 | 1.29 | 1 Ø 1/2" |
| MÓDULO 02 | | | | |
| H' | 0.188 | 0.894 | 1.29 | 1 Ø 1/2" |
| H-I | 0.697 | 1.106 | 2 | 1Ø 1/2"+1Ø 3/8" |
| I | 0.703 | 1.054 | 1.29 | 1 Ø 1/2" |
| I-J | 0.200 | 0.410 | 0.71 | 1Ø 3/8" |
| J | 0.405 | 1.010 | 1.29 | 1 Ø 1/2" |
| J-K | 0.341 | 0.695 | 0.71 | 1Ø 3/8" |
| K | 0.513 | 1.010 | 1.29 | 1 Ø 1/2" |
| K-L | 0.313 | 0.492 | 0.71 | 1Ø 3/8" |
| L | 0.793 | 1.010 | 1.29 | 1 Ø 1/2" |
| L-M | 0.255 | 0.410 | 0.71 | 1Ø 3/8" |
| M | 0.793 | 1.362 | 2 | 1Ø 1/2"+1Ø 3/8" |
| M-N | 0.760 | 1.208 | 2 | 1Ø 1/2"+1Ø 3/8" |
| N | 0.278 | 1.010 | 1.29 | 1 Ø 1/2" |

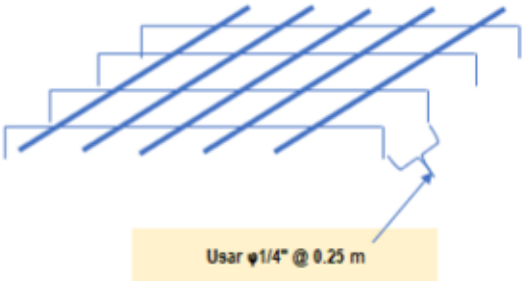
Fuente: Elaboración propia

La tabla resumen del acero de la losa aligerada del Pabellón 07 se encuentra en el Anexo N°23 y del Pabellón 03 en el Anexo N°24

El acero de temperatura es el acero que controla el agrietamiento debido a la retracción del concreto y cambios de temperatura, su cuantía es de 0.0018

Figura 21: Elección del acero de temperatura

| ACERO DE TEMPERATURA | | |
|----------------------|-------|-----------------|
| Ancho | 100 | cm |
| hf | 5 | cm |
| Barra a usar = 6mm" | | |
| As calculado | 0.90 | cm ² |
| As usar | 0.28 | cm ² |
| S calculado | 31.11 | cm |
| St | 25 | cm |
| S usar | 25 | cm |



Fuente: Elaboración propia

En los aligerados, toda la fuerza cortante debe ser resistida por el concreto del alma de las viguetas (no se utilizan estribos). La fuerza cortante que soporta el concreto del alma de las viguetas de los aligerados convencionales, de acuerdo con la Norma, viene dado por:

$$\phi V_c = 1.1 * 0.53 * \sqrt{f'c} * bw * d$$

En el caso que la resistencia por corte sea insuficiente, se utilizan ensanches para mejorar la capacidad de las viguetas frente a los esfuerzos originados. Se hizo la respectiva verificación y no se necesita ensanche de vigueta en ningún Pabellón de la Institución Educativa

Diseño de columnas estructurales

Para el diseño de columnas se diseñó por flexo compresión, graficando el diagrama de interacción de cada columna.

Un diagrama de interacción se define como el lugar geométrico de las combinaciones de P y M que agotan la capacidad de la sección.

Para construir el diagrama de interacción para una columna o muro de concreto armado, se debe tomar en cuenta las siguientes hipótesis:

- Las secciones planas permaneces planas
- La deformación última del concreto se puede considerar $\epsilon_{cu}=0.003$
- Los esfuerzos reales en la zona de compresión se pueden reemplazar por el bloque rectangular equivalente de compresiones
- El acero y el concreto tienen una perfecta adherencia
- El acero es elastoplástico perfecto
- La resistencia a la tracción del concreto se desprecia

Se puede construir variando sucesivamente la ubicación del eje neutro “c”. Para cada posición del eje neutro asumido c_i se calcula por equilibrio, la resistencia nominal de la sección asociada: $P_{ni}-M_{ni}$.

La sucesión de cálculos permite hallar o construir el diagrama de interacción. Tiene 6 puntos importantes, los cuales son:

- A: Falla en compresión pura
- B: Fisuración incipiente
- C: Falla balanceada
- D: Factor de reducción de resistencia
- E: Falla en flexión pura
- F: Falla en tracción pura

El centroide de la sección es donde se trasladan todas las fuerzas internas, pero cuando la sección es asimétrica, la suma de momentos es al Centroides Plástico.

Explicaremos cada punto del diagrama de interacción de una Columna en Forma de T del Pabellón 01/02/04/05/06 y 08.

El área de la sección es de 2375 cm^2 , asumiendo a cuantía mínima se requiere un área de acero de 23.75 cm^2 , por lo tanto se colocó 12 varillas de $5/8''$ distribuidas en 4 filas.

Punto A: Falla en compresión pura

Figura 22: Falla en compresión Pura de una columna T

| 1 | | |
|-----------------|--------|----|
| Po | 720.30 | tn |
| α Po | 576.24 | tn |
| Φ Po | 504.21 | tn |
| $\alpha\Phi$ Po | 403.37 | tn |

Fuente: Elaboración propia

Punto B es Fisuración incipiente donde el esfuerzo es nulo en el acero más alejado del borde en compresión.

Figura 23: Fisuración incipiente de una columna T

| 2 | | | | | | | | | |
|--------------------|----------|--------------------|----------|------------|--------------------|-----|-------|----|--|
| DATOS | | | | | | | | | |
| Fc | 210 | kg/cm ² | α | 0.00000000 | | | | | |
| f _y | 4200 | kg/cm ² | c | 44.26 | cm | | | | |
| E | 70 | cm | a | 37.62 | cm | | | | |
| L | 50 | cm | d | 44.26 | cm | | | | |
| | | | r | 4.95 | cm | | | | |
| As1 | 7.92 | cm ² | d1 | 44.26 | cm | | | | |
| As2 | 7.92 | cm ² | d2 | 31.70 | cm | | | | |
| As3 | 3.96 | cm ² | d3 | 18.98 | cm | | | | |
| As4 | 3.96 | cm ² | d4 | 5.71 | cm | | | | |
| Cc | 470.02 | tn | | | | | | | |
| CÁLCULO DE FUERZAS | | | | | | | | | |
| es1 | 0.000000 | cm | fs1 | 0.000 | kg/cm ² | FS1 | 0.00 | tn | |
| es2 | 0.000851 | cm | fs2 | 1702.181 | kg/cm ² | FS2 | 13.48 | tn | |
| es3 | 0.001713 | cm | fs3 | 3426.731 | kg/cm ² | FS3 | 13.57 | tn | |
| es4 | 0.002613 | cm | fs4 | 4200.000 | kg/cm ² | FS4 | 16.63 | tn | |
| COORDENADAS P,M | | | | | | | | | |
| | P | 513.70 | tn | | | | | | |
| | M | 158.85 | tn-m | | | | | | |
| | ϕ P | 359.59 | tn | | | | | | |
| | ϕ M | 111.20 | tn-m | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

Punto C corresponde a una falla balanceada. Se puede definir como un punto que marca el tránsito entre la falla por compresión y la falla por tracción

Figura 24: Falla balanceada de una Columna T

| 7 | | | | | | | | | |
|--------------------|-----------|---------------------|--|-----|-------------|---------------------|-----|--------|----|
| DATOS | | | | | | | | | |
| f'c | 210 | kgf/cm ² | | α | -1.00000000 | | | | |
| f _y | 4200 | kgf/cm ² | | c | 26.03 | cm | | | |
| E | 70 | cm | | a | 22.13 | cm | | | |
| L | 50 | cm | | d | 44.26 | cm | | | |
| | | | | r | 4.95 | cm | | | |
| As1 | 7.92 | cm ² | | d1 | 44.26 | cm | | | |
| As2 | 7.92 | cm ² | | d2 | 31.70 | cm | | | |
| As3 | 3.96 | cm ² | | d3 | 18.98 | cm | | | |
| As4 | 3.96 | cm ² | | d4 | 5.71 | cm | | | |
| Cc | 276.48 | tn | | | | | | | |
| CÁLCULO DE FUERZAS | | | | | | | | | |
| es1 | -0.002100 | cm | | fs1 | -4200.000 | kgf/cm ² | FS1 | -33.26 | tn |
| es2 | -0.000653 | cm | | fs2 | -1306.293 | kgf/cm ² | FS2 | -10.35 | tn |
| es3 | 0.000813 | cm | | fs3 | 1625.443 | kgf/cm ² | FS3 | 6.44 | tn |
| es4 | 0.002342 | cm | | fs4 | 4200.000 | kgf/cm ² | FS4 | 16.63 | tn |
| COORDENADAS P.M | | | | | | | | | |
| | | | | P | 255.34 | tn | | | |
| | | | | M | 1173.69 | tn-m | | | |
| | | | | φP | 179.16 | tn | | | |
| | | | | φM | 825.78 | tn-m | | | |

Fuente: Elaboración propia

Punto D es Inicio en el cambio del valor de φ, la interpolación es el siguiente:

$$\phi = 0.9 - \left(\frac{0.2 P_n}{P_{tran}} \right), \text{ donde } P_{tran} = \left(\frac{0.1}{0.7} \right) * f'c * Ag$$

Figura 25: Carga de transición de una columna T

| 14 | | | | | | | | | |
|--------------------|-----------|---------------------|--|-----|--------------|---------------------|-----|--------|----|
| DATOS | | | | | | | | | |
| f'c | 210 | kgf/cm ² | | α | -3.50671606 | | | | |
| f _y | 4200 | kgf/cm ² | | c | 12.81 | cm | | | |
| E | 70 | cm | | a | 10.89 | cm | | | |
| L | 50 | cm | | d | 44.26 | cm | | | |
| | | | | r | 4.95 | cm | | | |
| As1 | 7.92 | cm ² | | d1 | 44.26 | cm | | | |
| As2 | 7.92 | cm ² | | d2 | 31.70 | cm | | | |
| As3 | 3.96 | cm ² | | d3 | 18.98 | cm | | | |
| As4 | 3.96 | cm ² | | d4 | 5.71 | cm | | | |
| Cc | 136.05 | tn | | | | | | | |
| CÁLCULO DE FUERZAS | | | | | | | | | |
| es1 | -0.007364 | cm | | fs1 | -4200 | kgf/cm ² | FS1 | -33.26 | tn |
| es2 | -0.004424 | cm | | fs2 | -4200 | kgf/cm ² | FS2 | -33.26 | tn |
| es3 | -0.001445 | cm | | fs3 | -2889.874077 | kgf/cm ² | FS3 | -11.44 | tn |
| es4 | 0.001663 | cm | | fs4 | 3325.543679 | kgf/cm ² | FS4 | 13.17 | tn |
| COORDENADAS P.M | | | | | | | | | |
| | | | | P | 71.25 | tn | | | |
| | | | | M | 1326.63 | tn-m | | | |
| | | | | φP | 49.87 | tn | | | |
| | | | | φM | 928.64 | tn-m | | | |

$P_{tran} = \left(\frac{0.1}{0.7} \right) \times 210 \times 2375$
 $P_{tran} = 71.25$

Fuente: Elaboración propia

Punto E es la falla en flexión pura es cuando la carga axial es nula

Figura 26: Falla en flexión de una Columna T

| 20 | | | | | | | | | |
|--------------------|-----------|--------|-----|-------------|--------|-----|--------|----|--|
| DATOS | | | | | | | | | |
| Fo | 210 | kg/cm2 | a | -7.19114804 | | | | | |
| fj | 4200 | kg/cm2 | c | 7.33 | cm | | | | |
| E | 70 | cm | a | 6.23 | cm | | | | |
| L | 50 | cm | d | 44.26 | cm | | | | |
| | | | r | 4.95 | cm | | | | |
| As1 | 7.92 | cm2 | d1 | 44.26 | cm | | | | |
| As2 | 7.92 | cm2 | d2 | 31.70 | cm | | | | |
| As3 | 3.96 | cm2 | d3 | 18.98 | cm | | | | |
| As4 | 3.96 | cm2 | d4 | 5.71 | cm | | | | |
| Cc | 77.90 | tn | | | | | | | |
| CÁLCULO DE FUERZAS | | | | | | | | | |
| es1 | -0.015101 | cm | fs1 | -4200 | kg/cm2 | FS1 | -33.26 | tn | |
| es2 | -0.009966 | cm | fs2 | -4200 | kg/cm2 | FS2 | -33.26 | tn | |
| es3 | -0.004763 | cm | fs3 | -4200 | kg/cm2 | FS3 | -16.63 | tn | |
| es4 | 0.000664 | cm | fs4 | 1328.932045 | kg/cm2 | FS4 | 5.26 | tn | |
| COORDENADAS P,M | | | | | | | | | |
| | P | | | 0.00 | tn | | | | |
| | M | | | 1189.51 | tn-m | | | | |
| | ϕP | | | 0.00 | tn | | | | |
| | ϕM | | | 832.66 | tn-m | | | | |

Fuente: Elaboración propia

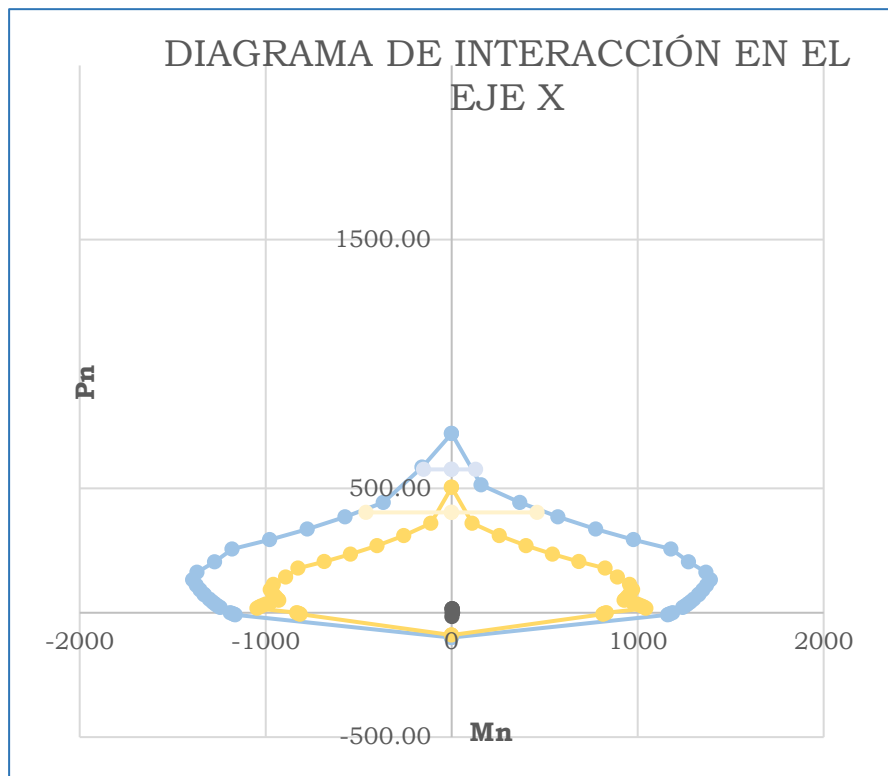
Punto F es tracción pura

Figura 27: Tracción pura de una Columna T

| 24 | | |
|-----|-------|----|
| To | 99.79 | tn |
| ϕTo | 89.81 | tn |

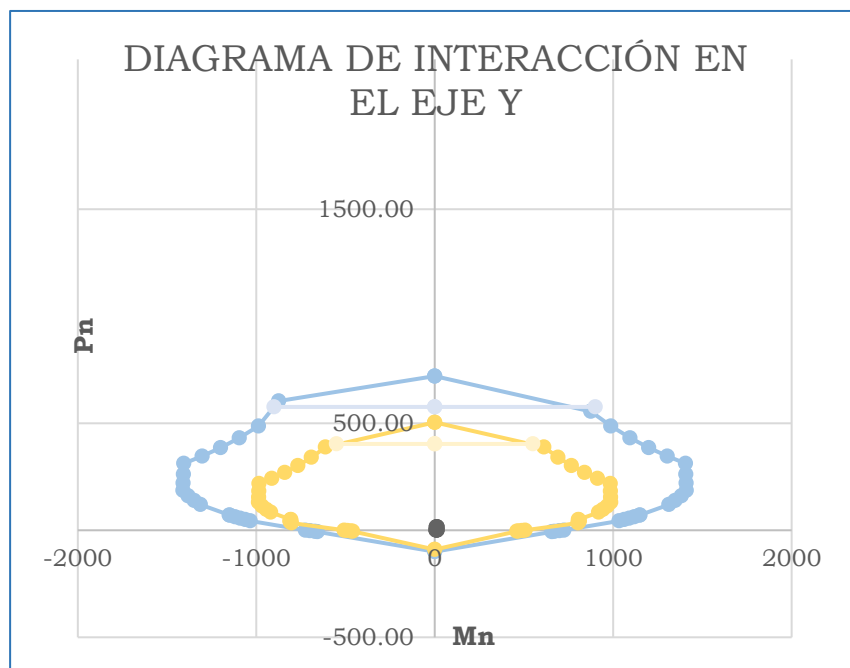
Fuente: Elaboración propia

Figura 28: Diagrama de iteración en el sentido x de una Columna T



Fuente: Elaboración propia

Figura 29: Diagrama de iteración en el eje y



Fuente: Elaboración propia

En el Anexo N°24 se puede apreciar el diagrama de interacción de una columna en L y en el Anexo N°25 de una columna cuadrada.

Diseño de elementos de albañilería confinada

Después de haber verificado la densidad mínima de muros y el esfuerzo axial máximo, hallo las cargas directas e indirectas para poder hallar las cargas acumuladas (Pg.) =C.M +0.25CV.

Tabla 32: Cargas directas

| CARGAS DIRECTAS | | | | |
|-----------------|---------------------|--------|-------------|-----------|
| Nivel | Zona | Altura | Espesor (m) | W (tn/m) |
| 1 PISO | Muro de Albañilería | 3.00 m | 0.23 m | 1.45 tn/m |
| | Puertas | 3.00 m | 0.23 m | 0.17 tn/m |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33: Cargas indirectas del Pabellón 01/02/04/05/06 y 08

| CARGAS INDIRECTAS | | | |
|-------------------|----------------------|------------|-----------|
| Muro | PISO TÍPICO | | |
| | AI (m ²) | PD= AI* wD | PL= AI*wL |
| MÓDULO 01 | | | |
| Y-1 | 13.63 | 5.452 | 1.363 |
| Y-2 | 25.86 | 10.344 | 2.586 |
| Y-3 | 25.78 | 10.312 | 2.578 |
| Y-4 | 26.49 | 10.596 | 2.649 |
| MÓDULO 02 | | | |
| Y-5 | 12.37 | 4.948 | 1.237 |
| Y-6 | 25.03 | 10.012 | 2.503 |
| Y-7 | 25.65 | 10.260 | 2.565 |
| Y-8 | 13.03 | 5.212 | 1.303 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34: Cargas indirectas del Pabellón 07

| CARGAS INDIRECTAS | | | |
|-------------------|----------------------|------------|-----------|
| Muro | PISO TÍPICO | | |
| | AI (m ²) | PD= AI* wD | PL= AI*wL |
| MÓDULO 01 | | | |
| Y-1 | 4.36 | 5.452 | 0.436 |
| Y-2 | 12.72 | 5.088 | 1.272 |
| Y-3 | 11.46 | 4.584 | 1.146 |
| Y-4 | 5.50 | 2.200 | 0.55 |
| MÓDULO 02 | | | |
| Y-5 | 3.250 | 1.300 | 0.325 |
| Y-6 | 9.910 | 3.964 | 0.991 |
| Y-7 | 13.150 | 5.260 | 1.315 |
| Y-8 | 6.520 | 2.608 | 0.652 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35: Cargas de gravedad acumuladas del Pabellón 01/02/04/05/06 y 08

| CARGAS DE GRAVEDAD ACUMULADAS | | | | | |
|-------------------------------|-------------|-------|------------------|--|---------------------------------|
| Muro | Espesor (m) | L (m) | Cargas por Nivel | Cargas Acumuladas Pg y Esfuerzo axial en Nivel 1 | |
| | | | Nivel 1 (tn) | Nivel 1 (tn) | σ_1 (tn/m ²) |
| MÓDULO 01 | | | | | |
| Y-1 | 0.23 m | 8.40 | 18.01 | 18.01 | 9.32 |
| Y-2 | 0.23 m | 7.35 | 21.68 | 21.68 | 12.82 |
| Y-3 | 0.23 m | 7.35 | 21.64 | 21.64 | 12.80 |
| Y-4 | 0.23 m | 7.35 | 21.95 | 21.95 | 12.98 |
| MÓDULO 02 | | | | | |
| Y-5 | 0.23 m | 8.4 | 17.47 | 17.47 | 9.04 |
| Y-6 | 0.23 m | 7.35 | 21.32 | 21.32 | 12.61 |
| Y-7 | 0.23 m | 7.35 | 21.59 | 21.59 | 12.77 |
| Y-8 | 0.23 m | 8.4 | 17.75 | 17.75 | 9.19 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36: Cargas de gravedad del Pabellón 07

| CARGAS DE GRAVEDAD ACUMULADAS | | | | | |
|-------------------------------|-------------|-------|------------------|--|---------------------------------|
| Muro | Espesor (m) | L (m) | Cargas por Nivel | Cargas Acumuladas Pg y Esfuerza axial en Nivel 1 | |
| | | | Nivel 1 (tn) | Nivel 1 (tn) | σ_1 (tn/m ²) |
| MÓDULO 01 | | | | | |
| Y-1 | 0.23 m | 4.00 | 5.82 | 5.82 | 6.32 |
| Y-2 | 0.23 m | 3.20 | 4.65 | 4.65 | 6.32 |
| Y-3 | 0.23 m | 3.20 | 4.65 | 4.65 | 6.32 |
| Y-4 | 0.23 m | 4.00 | 5.82 | 5.82 | 6.32 |
| MÓDULO 02 | | | | | |
| Y-5 | 0.23 m | 4.00 | 5.82 | 5.82 | 6.32 |
| Y-6 | 0.23 m | 3.20 | 4.65 | 4.65 | 6.32 |
| Y-7 | 0.23 m | 3.20 | 4.65 | 4.65 | 6.32 |
| Y-8 | 0.23 m | 4.00 | 5.82 | 5.82 | 6.32 |

Fuente: Elaboración propia

Análisis ante el sismo moderado

De manera representativa se explicará el análisis con el Pabellón 01/02/04/05/06 y 08

Primero se determinó las fuerzas inercias, hallando la cortante en la base con la siguiente expresión:

$$H = \frac{ZUSC}{R} P$$

Donde

Z= 0.45; pertenece a la zona 4

U=1.5; se considera una edificación tipo A

S= 1.1; El tipo de suelo es blando

C=2.5

R=3

P=177.7 Tn; Peso obtenido directamente del programa del módulo 01

P=175.98Tn; Peso obtenido directamente del programa del módulo 02

Entonces la cortante en la base del módulo 01 es:

$$H = \frac{0.45 * 1.5 * 1.1 * 2.5}{3} * 177.7$$

$$H = 109.95$$

Y del módulo 02 es:

$$H = \frac{0.45 * 1.5 * 1.1 * 2.5}{3} * 175.98$$

$$H = 108.89$$

Luego las fuerzas se evalúan mediante la siguiente expresión según la norma E.030

Diseño sismorresistente:

$$F_i = \frac{W_i h_i}{\sum W_i h_i} * H$$

Donde:

Wi= peso del nivel

Hi= altura del nivel

Tabla 37: Fuerzas de inercia ante el sismo moderado del Pabellón

01/02/04/05/06 y 08

| MÓDULO 01 | | | | | | |
|--|--------|----------|---------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Fuerzas de inercia ante el sismo moderado | | | | | | |
| Nivel | hi (m) | Wi (ton) | Wi hi (ton-m) | Sismo Moderado | | Sismo Severo |
| | | | | Fi (ton) | Hi (ton) | VEi (ton) =2Hi |
| 1 | 3.2 | 177.7 tn | 568.6 ton-m | 110.0 tn | 110.0 tn | 219.9 tn |
| Σ Total | | 177.7 tn | 568.6 ton-m | 110.0 tn | | |
| MÓDULO 02 | | | | | | |
| Nivel | hi (m) | Wi (ton) | Wi hi (ton-m) | Sismo Moderado | | Sismo Severo |
| | | | | Fi (ton) | Hi (ton) | VEi (ton) =2Hi |
| 1 | 3.2 | 176.0 tn | 563.1 ton-m | 108.9 tn | 108.9 tn | 217.8 tn |
| Σ Total | | 176.0 tn | 563.1 ton-m | 108.9 tn | | |

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de las fuerzas de inercia ante el sismo moderado del Pabellón 07 dirigirse al Anexo N°27.

Fuerzas internas por Sismo moderado

La nomenclatura que se empleó es la siguiente:

- V_e = fuerza cortante (ton) producida por el sismo moderado
- M_e = momento flector (ton-m) producido por el sismo moderado

Tabla 38: Fuerzas internas del Pabellón 01/02/04/05/06 y 08

| Fuerzas Internas V_e (ton) y M_e (ton-m) ante Sismo Moderado X-X | | |
|---|-------------|---------------|
| Muro | Piso 1 | |
| | V_e (ton) | M_e (ton-m) |
| MÓDULO 01 | | |
| Y-1 | 0.6387 | 2.0439 |
| Y-2 | 1.0222 | 2.4529 |
| Y-3 | 1.0220 | 2.4528 |
| Y-4 | 0.9323 | 2.3571 |
| MÓDULO 02 | | |
| Y-5 | 1.6717 | 5.3162 |
| Y-6 | 0.6048 | 1.3180 |
| Y-7 | 0.6178 | 1.4292 |
| Y-8 | 1.7458 | 5.5577 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39: Fuerzas internas del Pabellón 07

| Fuerzas Internas V_e (ton) y M_e (ton-m) ante Sismo Moderado X-X | | |
|---|-------------|---------------|
| Muro | Piso 1 | |
| | V_e (ton) | M_e (ton-m) |
| MÓDULO 01 | | |
| Y-1 | 0.1649 | 0.5277 |
| Y-2 | 0.2579 | 0.6268 |
| Y-3 | 0.2673 | 0.6369 |
| Y-4 | 0.1649 | 0.5277 |
| MÓDULO 02 | | |
| Y-5 | 0.1652 | 0.5287 |
| Y-6 | 0.2505 | 0.6197 |
| Y-7 | 0.2557 | 0.6252 |
| Y-8 | 0.1652 | 0.5287 |

Fuente: Elaboración propia

Ningún muro debe agrietarse ante el sismo moderado: $V_e \leq 0.55V_m$, se acepta hasta 5% de error y la resistencia global a fuerza cortante (ΣV_m) tiene que ser mayor o igual a la fuerza cortante producida por el sismo severo (VE). En caso de que no cumpla estas dos condiciones se debe cambiar la calidad de la albañilería, el espesor del muro, o convertirlo en placa de concreto armado.

Verificación ante el sismo moderado del Pabellón 01/02/04/05/0y 08

| PABELLÓN 01-02-04-05-06-08 | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|------|---------|---------|------|----------|-------------|---------|--------------|---------|---------|-----------|--------------------|-------------|
| Muro | L(m) | Pg(ton) | Ve(ton) | Me | α | Espesor (m) | Vm(ton) | 0.55Vm (ton) | Vml/Vel | Vu(Ton) | Mu(Ton-m) | $V_e \leq 0.55V_m$ | $V_u < V_m$ |
| MÓDULO 01 | | | | | | | | | | | | | |
| Y-1 | 8.40 | 18.01 | 0.64 | 2.04 | 1.00 | 0.23 | 82.39 | 45.31 | 3.00 | 1.92 | 6.13 | CUMPLE | CUMPLE |
| Y-2 | 7.35 | 21.68 | 1.02 | 2.45 | 1.00 | 0.23 | 73.45 | 40.40 | 3.00 | 3.07 | 7.36 | CUMPLE | CUMPLE |
| Y-3 | 7.35 | 21.64 | 1.02 | 2.45 | 1.00 | 0.23 | 73.44 | 40.39 | 3.00 | 3.07 | 7.36 | CUMPLE | CUMPLE |
| Y-4 | 7.35 | 21.95 | 0.93 | 2.36 | 1.00 | 0.23 | 73.51 | 40.43 | 3.00 | 2.80 | 7.07 | CUMPLE | CUMPLE |
| | | | | | | | | | | | | | |
| MÓDULO 02 | | | | | | | | | | | | | |
| Y-5 | 8.40 | 17.47 | 1.67 | 5.32 | 1.00 | 0.23 | 82.26 | 45.25 | 3.00 | 5.02 | 15.95 | CUMPLE | CUMPLE |
| Y-6 | 7.35 | 21.32 | 0.60 | 1.32 | 1.00 | 0.23 | 73.37 | 40.35 | 3.00 | 1.81 | 3.95 | CUMPLE | CUMPLE |
| Y-7 | 7.35 | 21.59 | 0.62 | 1.43 | 1.00 | 0.23 | 73.43 | 40.39 | 3.00 | 1.85 | 4.29 | CUMPLE | CUMPLE |
| Y-8 | 8.40 | 17.75 | 1.75 | 5.56 | 1.00 | 0.23 | 82.33 | 45.28 | 3.00 | 5.24 | 16.67 | CUMPLE | CUMPLE |

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en ambos módulos cumplen la primera condición que es $V_e \leq 0.55V_m$.

Ahora se verifica que:

Módulo 01:

$$\sum V_m > V_e$$

302.79 > 219.90; Cumple

Módulo 02:

$$\sum v_m > v_e$$

311.39 > 217.77; *Cumple*

La verificación ante el sismo moderado del pabellón 07 se puede apreciar en el anexo N°28.

Diseño de los muros agrietados por corte

Para hallar el refuerzo horizontal, primero se halla la cuantía a asignar. Se propone usar 2 hiladas de 2φ8mm, equivale a una cuantía de 0.0022, por lo que si cumple la cuantía mínima, la cual es 0.001 según la Norma E.070 Albañilería Confinada.

Posteriormente se procede diseño de los muros agrietados, los resultados fueron los siguientes:

Tabla 40: Resultados del diseño de los elementos de confinamiento del pabellón

01/02/04/05/06 y 08

| MÓDULO 01 | | | | | | |
|-----------|---------|----|----|-------|----------|--------------------------------------|
| MURO | COLUMNA | b | t | As | Varillas | Estribos |
| Y-1 | C1 | 40 | 23 | 7.74 | 6 Ø 1/2 | Ø6mm- 1@.05, 9@.05 R@.25c/extremo |
| | C2 | 23 | 23 | 10.32 | 8 Ø 1/2 | Ø6mm- 1@.05, 9@.05 R@.25c/extremo |
| | C1 | 40 | 23 | 7.74 | 6 Ø 1/2 | Ø6mm- 1@.05, 9@.05 R@.25c/extremo |
| | VS | 23 | 20 | 5.45 | 4 Ø 3/8 | 1@5,4@10,r@25cm |
| Y-2 | C2 | 23 | 23 | 7.74 | 6 Ø 1/2 | Ø6mm- 1@.05, 9@.05 R@.25c/extremo |
| | VS | 23 | 20 | 2.84 | 4 Ø 3/8 | 1@5,4@10,r@25cm |
| Y-3 | C2 | 23 | 23 | 7.74 | 6 Ø 1/2 | Ø6mm- 1@.05, 9@.05 R@.25c/extremo |
| | VS | 23 | 20 | 2.84 | 4 Ø 3/8 | 1@5,4@10,r@25cm |
| Y-4 | C1 | 40 | 23 | 7.74 | 6 Ø 1/2 | Ø6mm- 1@.05, 9@.05 R@.25c/extremo |
| | C2 | 23 | 23 | 10.32 | 8 Ø 1/2 | Ø6mm- 1@.05, 9@.05 R@.25c/extremo |
| | C1 | 40 | 23 | 7.74 | 6 Ø 1/2 | Ø6mm- 1@.05, 9@.05 R@.25c/extremo |
| | VS | 23 | 20 | 5.45 | 4 Ø 3/8 | 1@5,4@10,r@25cm |
| MÓDULO 02 | | | | | | |
| MURO | COLUMNA | b | t | As | Varillas | Estribos |
| Y-5 | C1 | 40 | 23 | 7.74 | 6 Ø 1/2 | Ø6mm- 1@.05, 9@.05 R@.25c/extremo |
| | C2 | 23 | 23 | 10.32 | 8 Ø 1/2 | Ø6mm- 1@.05, 9@.05 R@.25c/extremo |
| | C1 | 40 | 23 | 7.74 | 6 Ø 1/2 | Ø6mm- 1@.05, 9@.05 R@.25c/extremo |
| | VS | 23 | 20 | 5.45 | 4 Ø 3/8 | 1@5,4@10,r@25cm |
| Y-6 | C2 | 23 | 23 | 7.74 | 6 Ø 1/2 | Ø6mm- 1@.05, 9@.05 R@.25c/extremo |
| | VS | 23 | 20 | 2.84 | 4 Ø 3/8 | 1@5,4@10,r@25cm |
| Y-7 | C2 | 23 | 23 | 7.74 | 6 Ø 1/2 | Ø6mm- 1@.05, 9@.05 R@.25c/extremo |
| | VS | 23 | 20 | 2.84 | 4 Ø 3/8 | 1@5,4@10,r@25cm |
| Y-8 | C1 | 40 | 23 | 7.74 | 6 Ø 1/2 | Ø6mm- 1@.05, 9@.05 R@.25c/extremo |
| | C2 | 23 | 23 | 10.32 | 8 Ø 1/2 | Ø6mm- 1@.05, 9@.05 R@.25c/extremo |
| | C1 | 40 | 23 | 7.74 | 6 Ø 1/2 | Ø6mm- 1@.05, 9@.05 R@.25c/extremo |
| | VS | 23 | 20 | 5.45 | 4 Ø 3/8 | 1@5,4@10,r@25cm |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41: Resultados del diseño de los elementos de confinamiento del pabellón

07

| MÓDULO 01 | | | | | | |
|-----------|---------|----|----|------|----------|--------------------------------------|
| MURO | COLUMNA | b | t | As | Varillas | Estribos |
| Y-1 | C1 | 30 | 23 | 7.74 | 6 Ø 1/2 | Ø6mm- 1@.05, 9@.05 R@.25c/extremo |
| | C1 | 30 | 23 | 7.74 | 6 Ø 1/2 | Ø6mm- 1@.05, 9@.05 R@.25c/extremo |
| | VS | 23 | 20 | 5.45 | 4 Ø 3/8 | 1@5,4@10,r@25cm |
| Y-2 | VS | 23 | 20 | 5.45 | 4 Ø 3/8 | 1@5,4@10,r@25cm |
| Y-3 | VS | 23 | 20 | 5.45 | 4 Ø 3/8 | 1@5,4@10,r@25cm |
| Y-4 | C1 | 30 | 23 | 7.74 | 6 Ø 1/2 | Ø6mm- 1@.05, 9@.05 R@.25c/extremo |
| | C1 | 30 | 23 | 7.74 | 6 Ø 1/2 | Ø6mm- 1@.05, 9@.05 R@.25c/extremo |
| | VS | 23 | 20 | 5.45 | 4 Ø 3/8 | 1@5,4@10,r@25cm |
| MÓDULO 02 | | | | | | |
| MURO | COLUMNA | b | t | As | Varillas | Estribos |
| Y-5 | C1 | 30 | 23 | 7.74 | 6 Ø 1/2 | Ø6mm- 1@.05, 9@.05 R@.25c/extremo |
| | C1 | 30 | 23 | 7.74 | 6 Ø 1/2 | Ø6mm- 1@.05, 9@.05 R@.25c/extremo |
| | VS | 23 | 20 | 5.45 | 4 Ø 3/8 | 1@5,4@10,r@25cm |
| Y-6 | VS | 23 | 20 | 5.45 | 4 Ø 3/8 | 1@5,4@10,r@25cm |
| Y-7 | VS | 23 | 20 | 5.45 | 4 Ø 3/8 | 1@5,4@10,r@25cm |
| Y-8 | C1 | 30 | 23 | 7.74 | 6 Ø 1/2 | Ø6mm- 1@.05, 9@.05 R@.25c/extremo |
| | C1 | 30 | 23 | 7.74 | 6 Ø 1/2 | Ø6mm- 1@.05, 9@.05 R@.25c/extremo |
| | VS | 23 | 20 | 5.45 | 4 Ø 3/8 | 1@5,4@10,r@25cm |

Fuente: Elaboración propia

Junta sísmica

La separación del módulo 01 con el módulo 02, se halla con la siguiente fórmula según la norma E.030 Diseño sismorresistente:

$$s = 0.006h$$

$$s = 0.006 * (3.20)$$

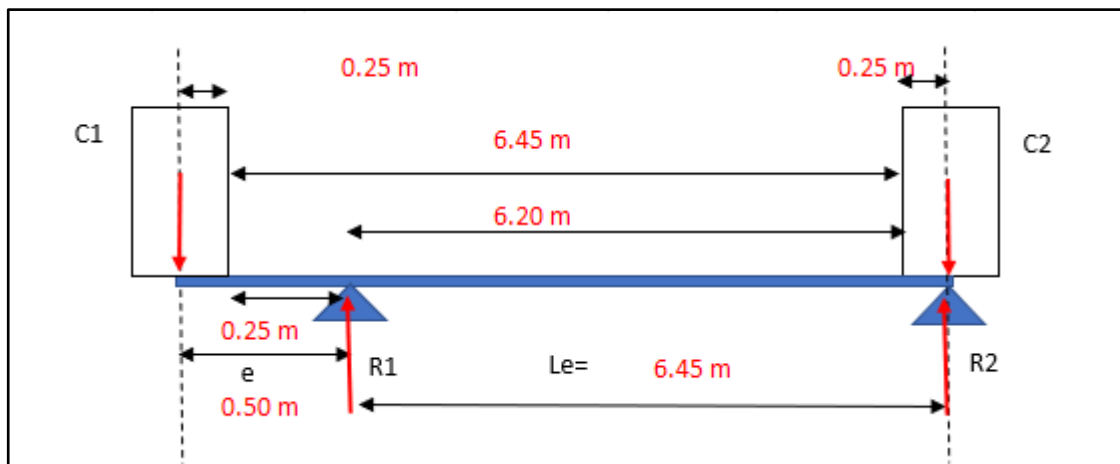
$$s = 0.0192 \cong 2 \text{ cm}$$

Diseño de cimentaciones

Según el estudio de mecánica de suelos, el suelo es de tipo S3 y presenta una capacidad admisible de 0.85 kg/cm^2 para zapatas corridas de 1.5m de profundidad.

Para el diseño de la cimentación se tuvieron en cuenta las consideraciones estipuladas en el capítulo 3 de la norma E.050 y el capítulo 15 de la norma E.060.

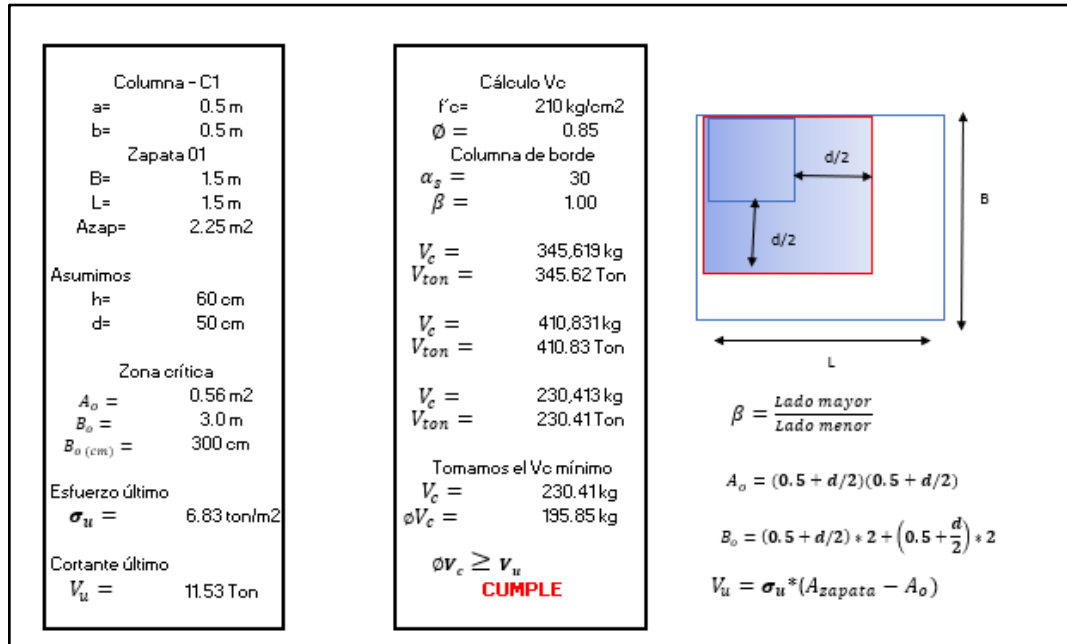
Figura 30: Esquema de diseño de zapatas del eje Pabellón 03



Fuente: Elaboración propia

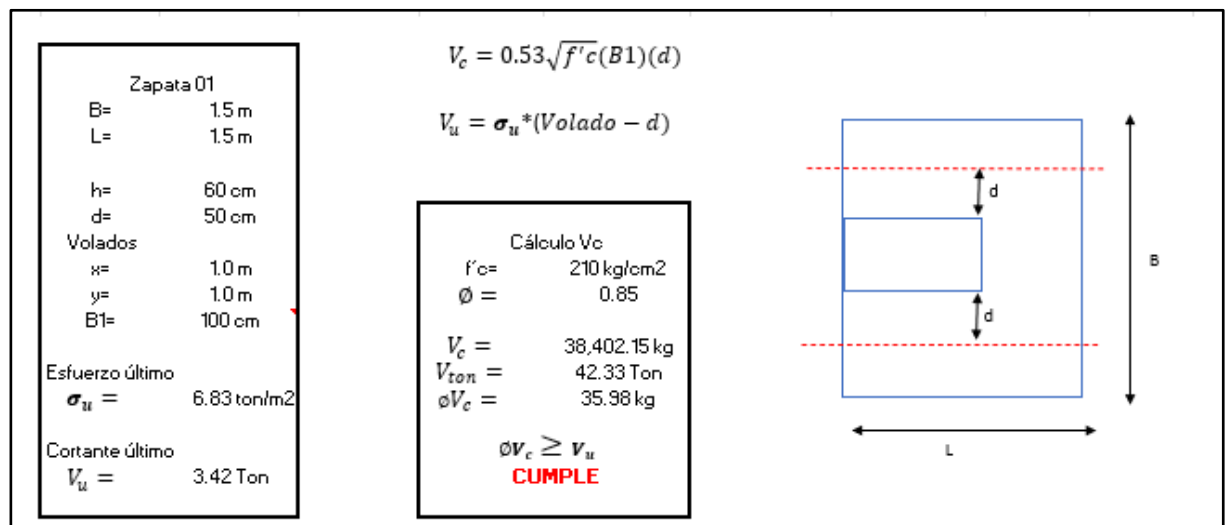
Primero se realizó verificaciones por cargas de gravedad y cargas de sismo. Después se diseñó por punzonamiento, cortante y por flexión

Figura 31: Diseño por punzonamiento



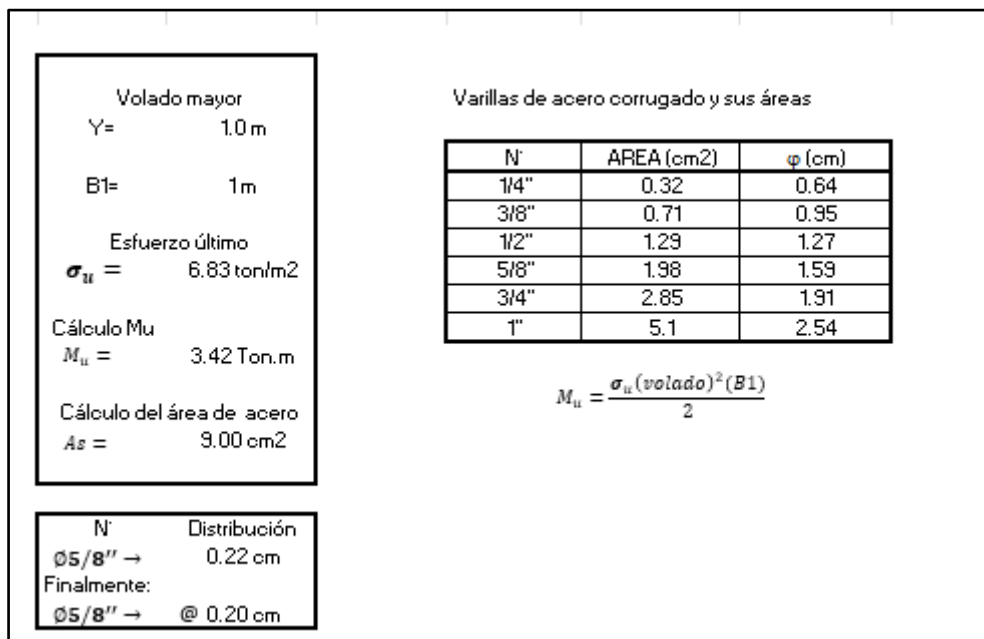
Fuente: Elaboración propia

Figura 32: Diseño por cortante



Fuente: Elaboración propia

Figura 33: Diseño por flexión

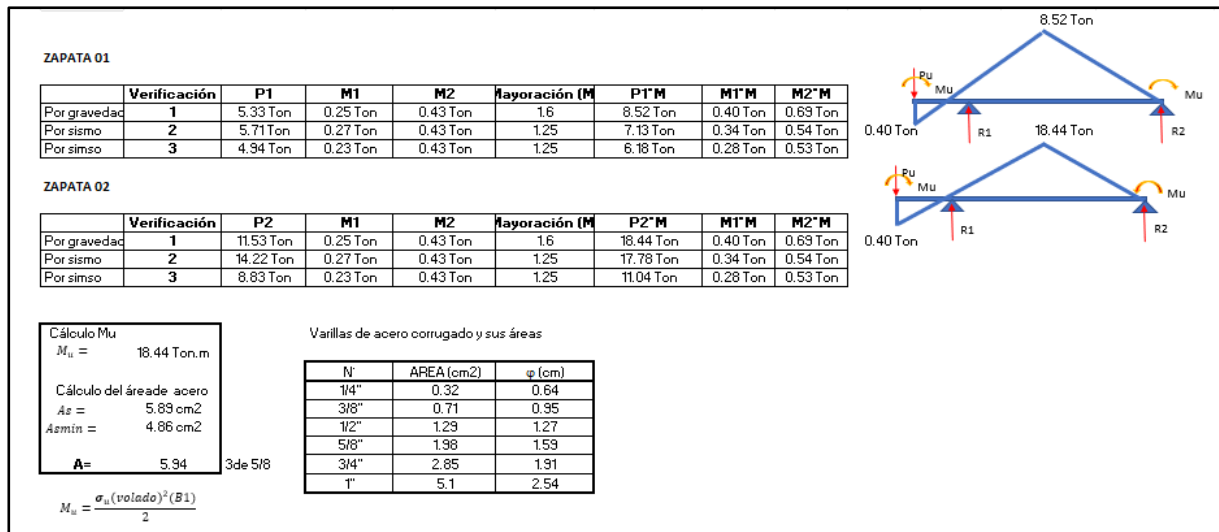


Fuente: Elaboración propia

El pabellón 01/02/04/05/06 y 08 presenta zapatas de 1.5mx1.5m con varillas de φ5/8" @.20. El pabellón 07 tiene dos tipos de zapatas de 1mx1m y de 1.2mx1.2m con varillas de φ5/8" @.20. El pabellón 03 tiene zapatas de 1.2mx1.5m; 2m x 2m y 2.7m x 1.5m con varillas de φ5/8" @.20.

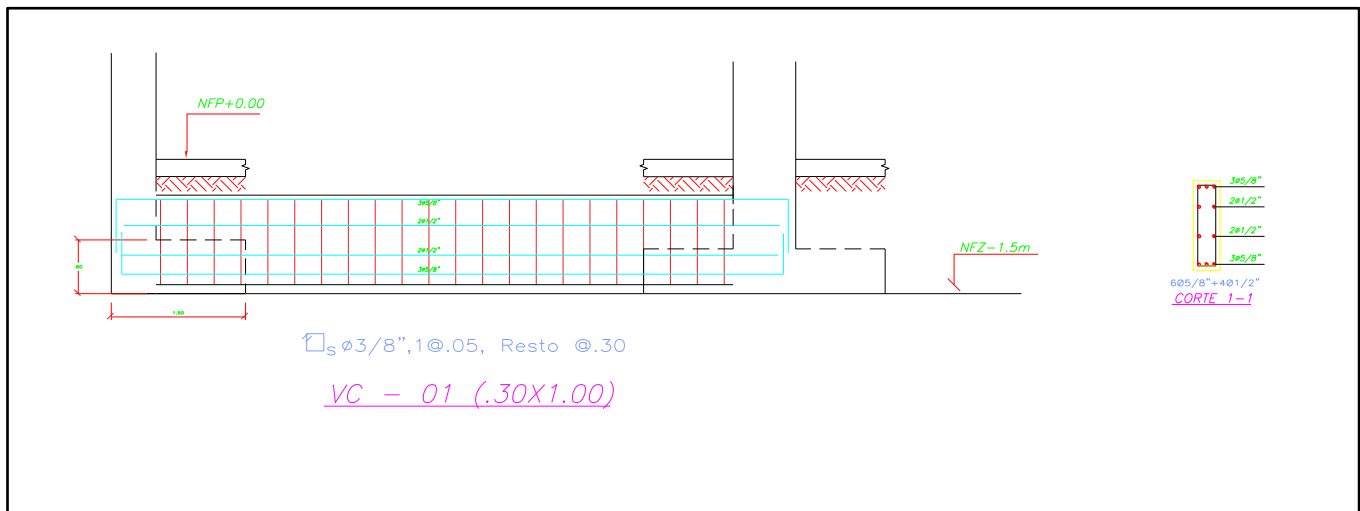
Para el diseño de las vigas de cimentación se tuvo en cuenta las cargas por carga muerta, carga viva y sismo.

Figura 34: Diseño de la viga de cimentación



Fuente: Elaboración propia

Figura 35: Viga de cimentación del Pabellón 03

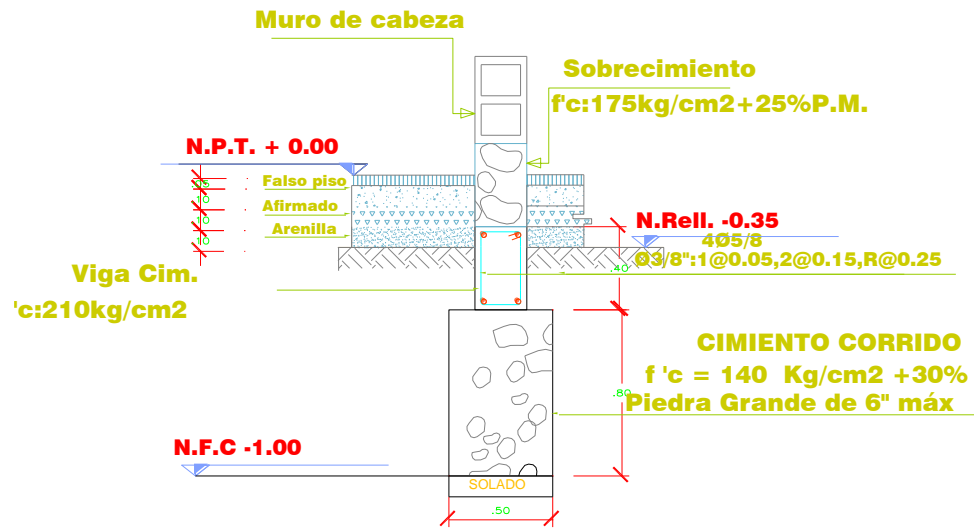


Fuente: Elaboración propia

Cimientos corridos

El tamaño de la cimentación (que repercute en la longitud de las alas) depende de las presiones en esta, por ejemplo, en suelos de baja capacidad, las dimensiones pueden ser muy grandes, y el momento y esfuerzos a tracción son importantes, entonces se debe diseñar la cimentación por resistencia.

Figura 36: Detalle de cimiento corridos



Fuente: Elaboración propia

Análisis estático no lineal pushover

Propiedades no lineales de los materiales

Se escogió el modelo de Mander para el concreto confinado. Toda estructura presenta confinamiento en sus elementos a través de estribos

Figura 37: Definición de las propiedades no lineales del concreto

The image shows a software dialog box titled "Nonlinear Material Data". It is used for defining material properties for a nonlinear analysis. The dialog is divided into several sections:

- Material Name:** Concrete 210
- Material Type:** Concrete
- Hysteresis Type:** Takeda
- Drucker-Prager Parameters:** Friction Angle: 0, Dilatational Angle: 0
- Units:** Tonf, m, C
- Stress-Strain Curve Definition Options:** Parametric (selected), Mander (model), Convert To User Defined (button)
- Parametric Strain Data:** Strain At Unconfined Compressive Strength, f_c : 0.002; Ultimate Unconfined Strain Capacity: 0.004; Final Compression Slope (Multiplier on E): -0.1

At the bottom, there is a "Show Stress-Strain Plot..." button and "OK" and "Cancel" buttons.

Fuente: Elaboración propia

Se configuró también los criterios de aceptación para procedimientos no lineales según el ASCE 41-06

Figura 38: Criterios de aceptación para procedimientos no lineales del concreto

Material Name and Type

Material Name: CONCRETO FC=210 KG/CM2
Material Type: Concrete, Isotropic

Miscellaneous Parameters

Hysteresis Type: Concrete
Modify/Show Hysteresis Parameters...

Drucker-Prager Parameters

Friction Angle: 0 deg
Dilatational Angle: 0 deg

Acceptance Criteria Strains

| | Tension | Compression | |
|----|---------|-------------|-----|
| IO | 0.01 | -0.003 | m/m |
| LS | 0.03 | -0.015 | m/m |
| CP | 0.04 | -0.02 | m/m |

Ignore Tension Acceptance Criteria

Stress Strain Curve Definition Options

Parametric: Mander
Convert to User Defined

User Defined

Parametric Strain Data

Strain at Unconfined Compressive Strength, f_c : 0.002
Ultimate Unconfined Strain Capacity: 0.004
Final Compression Slope (Multiplier on E): -0.1

Show Stress-Strain Plot...

OK Cancel

Fuente: Elaboración propia

Se escogió el modelo Trilineal para el acero de refuerzo ya que nos indica el comportamiento del material más allá del rango lineal.

Figura 39: Definición de las propiedades no lineales del acero de refuerzo

Nonlinear Material Data

Edit

Material Name: ACERO DE REFUERZO
Material Type: Rebar

Hysteresis Type: Kinematic

Drucker-Prager Parameters

Friction Angle:
Dilatational Angle:
Units: Tonf, m, C

Stress-Strain Curve Definition Options

Parametric: Park
Convert To User Defined

User Defined

Parametric Strain Data

Strain At Onset of Strain Hardening: 0.01
Ultimate Strain Capacity: 0.09
Final Slope (Multiplier on E): -0.1

Use Caltrans Default Controlling Strain Values (Bar Size Dependent)

Show Stress-Strain Plot...

OK Cancel

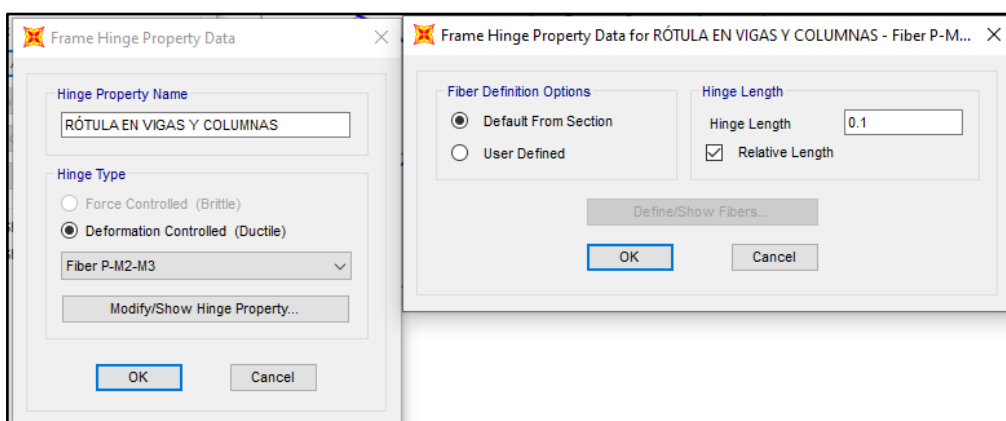
Fuente: Elaboración propia

Asignación de rótulas plásticas en los elementos estructurales

Con la finalidad de determinar la capacidad de la estructura y hallar el punto de desempeño ante un sismo máximo, se tiene que indicar la ubicación de las rótulas plásticas. Una rótula plástica se define como el punto donde se observa la no linealidad del elemento., en este proyecto en vigas y columnas se consideró la formación de rótulas plásticas tipo fibra(P-M2-M3) y en los muros de albañilería se consideró una rótula a corte con sus propiedades no lineales.

- **Rótulas en vigas y columnas de concreto armado:** Se colocan a una cierta distancia de los nudos y cuando ya no puede soportar o resistir mas momentos a flexión o flexo compresión, empieza a rotar y los esfuerzos se redistribuyen hacia los otros elementos estructurales. Las rótulas se colocan a una distancia de la longitud total del elemento, puesto que en esa zona se encuentran los esfuerzos mayores.

Figura 40: Rótulas plásticas en vigas y columnas



Fuente: Elaboración propia

- **Rótulas en los muros de albañilería:** Se asignó una rótula por corte a una distancia de 0.5 de la longitud total del elemento estructural y señalando los valores de la curva de capacidad.

Para la curva de capacidad se colocó los valores de la siguiente investigación:
“Ensayos cíclicos en muros de albañilería confinada construidos con ladrillos king kong de fabricación industrial”

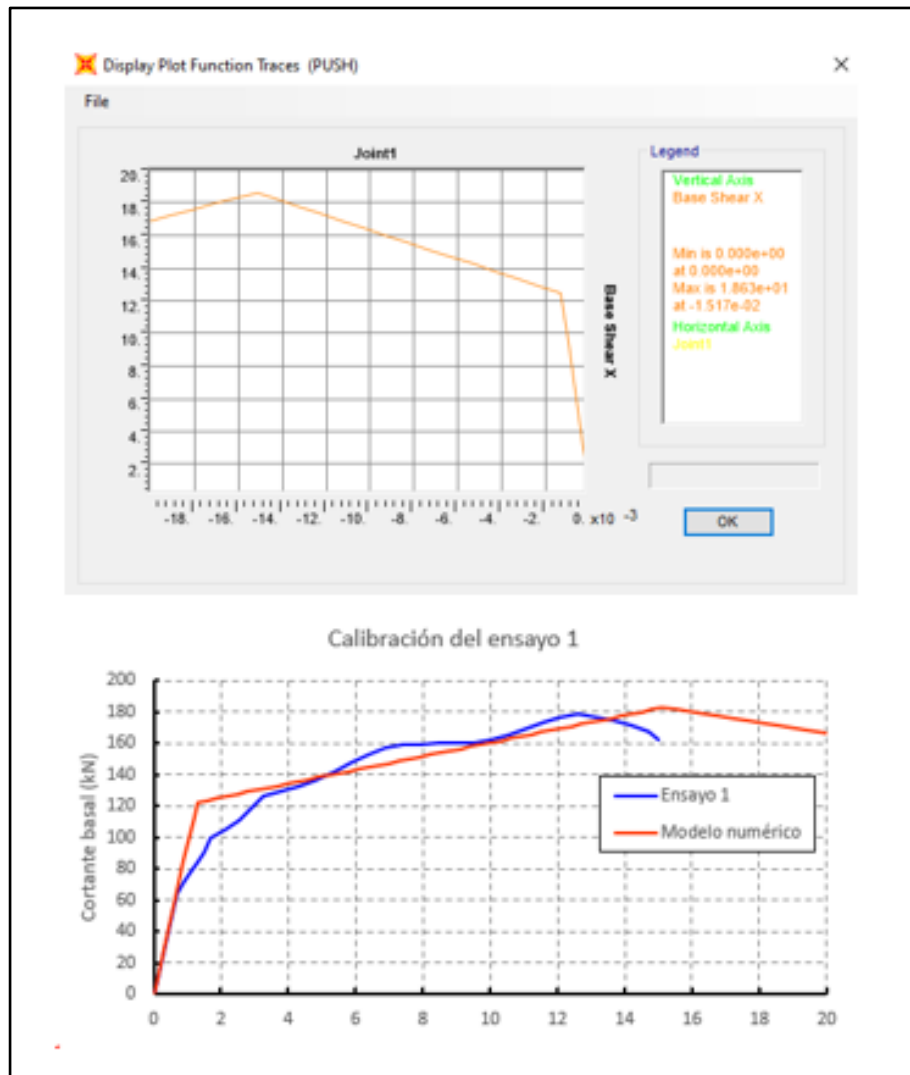
Figura 41: Resultados de la curva de capacidad

| DERIVA | % FUERZA |
|---------------|-----------------|
| 0 | 0 |
| - | 0.77 |
| 5.5 | 1.15 |
| 8.5 | 1 |
| 13 | 0.4 |

Fuente: Coral Alva, Melissa Ornella

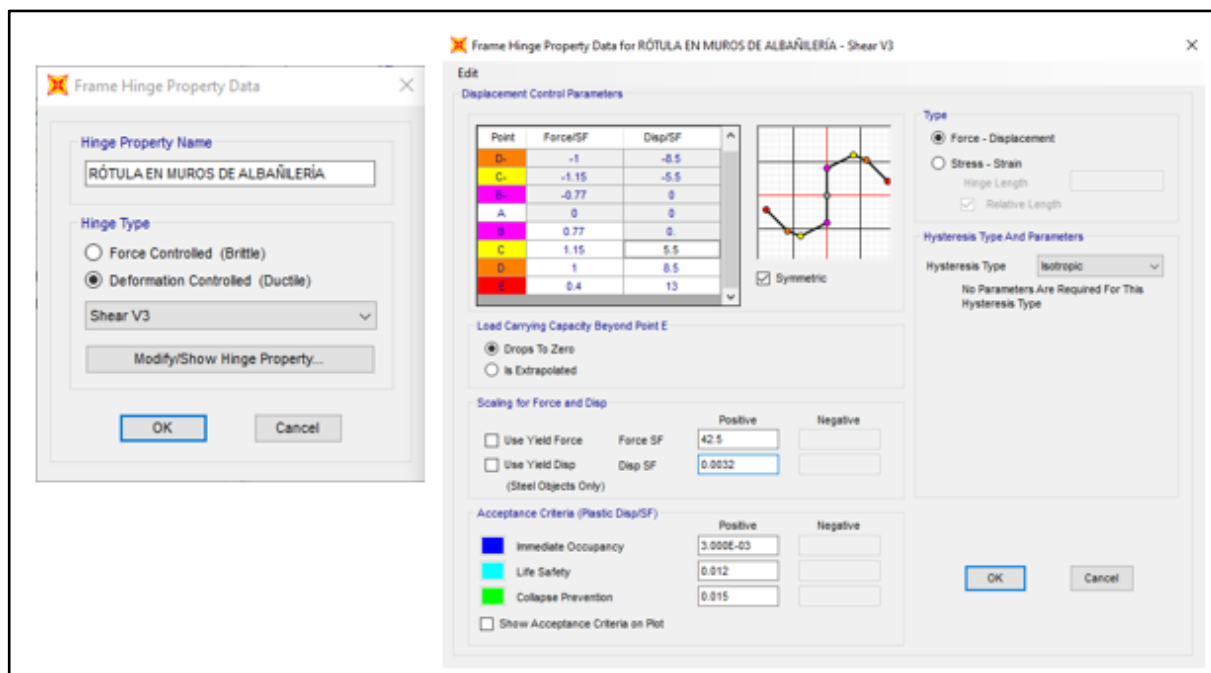
Se comprobó a través del programa SAP2000 y si se obtuvo una curva similar.

Figura 42: Comprobación de la curva de capacidad



Fuente: Elaboración propia

Figura 43: Asignación de rótula de corte en muro de albañilería



Fuente: Elaboración propia

Casos de carga

Se emplearon dos casos de carga: carga gravitacional no lineal y cara monotónica no lineal. El objetivo de este proceso es primero originar deformaciones a la estructura con la carga gravitacional y luego aplicar la carga monotónica hasta un máximo desplazamiento.

En la carga gravitacional no lineal se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Tipo de carga: No lineal estático
- Se crea este tipo de carga desde una posición de estructura sin deformar
- Se agrega el patrón de cargas de una estructura esencial: $1CM+0.5CV$

Figura 44: Creación de la carga gravitacional

General

Load Case Name: CARGA GRAVITACIONAL [Design...]

Load Case Type: Nonlinear Static [Notes...]

Mass Source: COLEGIO

Analysis Model: Default

Initial Conditions

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: []

Loads Applied

| Load Type | Load Name | Scale Factor |
|--------------|-----------|--------------|
| Load Pattern | Dead | 1 |
| Load Pattern | CM | 1 |
| Load Pattern | CV | 0.5 |

[Add] [Delete]

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Full Load [Modify/Show...]

Results Saved: Final State Only [Modify/Show...]

Floor Cracking Analysis: No Cracked Analysis [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: Default - Iterative Event-to-Event [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Fuente: Elaboración propia

En la carga gravitacional monotónica no lineal se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Tipo de carga: no lineal estático.
- La condición inicial de la estructura es ya teniendo la carga gravitacional.
- La distribución de las cargas tiene que ser proporcional a la forma del modo fundamental de vibración en la dirección de estudio. En la dirección X se encuentra el primer modo de vibración y en la dirección Y el segundo modo de vibración.
- Se aplicó un análisis estático no lineal con un desplazamiento controlado, al cual se le asignara una magnitud y el programa empleara las cargas para llegar a dicho desplazamiento. En la dirección X se utilizó un desplazamiento de 0.11m y en

la dirección Y un desplazamiento de 0.025m por tener mayor rigidez. Este desplazamiento se medirá en un punto cercano al centro de masas del último nivel, siendo el punto con etiqueta 20.

Figura 45: Creación de la carga monotónica no lineal en la dirección X

The dialog box is titled 'General' and contains the following sections:

- General:**
 - Load Case Name: PUSH XX
 - Load Case Type: Nonlinear Static
 - Mass Source: COLEGIO
 - Analysis Model: Default
- Initial Conditions:**
 - Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
 - Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)
 - Nonlinear Case: CARGA GRAVITACIONAL
- Loads Applied:**

| Load Type | Load Name | Scale Factor |
|-----------|-----------|--------------|
| Mode | 1 | 1 |
- Other Parameters:**
 - Modal Load Case: Modal
 - Geometric Nonlinearity Option: None
 - Load Application: Displacement Control
 - Results Saved: Multiple States
 - Floor Cracking Analysis: No Cracked Analysis
 - Nonlinear Parameters: User Defined - Event-to-Event Only

Buttons: Design..., Notes..., Add, Delete, OK, Cancel.

Fuente: Elaboración propia

Figura 46: Control de desplazamiento en la dirección X

The image shows a software dialog box with several sections for configuring displacement control. The sections are:

- Load Application Control:** Contains three radio buttons: "Full Load", "Displacement Control" (which is selected), and "Quasi-Static (run as time history)".
- Control Displacement:** Contains two radio buttons: "Use Conjugate Displacement" and "Use Monitored Displacement" (which is selected). Below these is a text field "Load to a Monitored Displacement Magnitude of" with the value "0.11" and a unit "m".
- Monitored Displacement:** Contains two radio buttons: "DOF/Joint" (selected) and "Generalized Displacement". The "DOF/Joint" option has three sub-fields: a dropdown menu showing "U1", another dropdown menu showing "LOSA PRIMER PISO", and a text field showing "20".
- Additional Controlled Displacements:** Contains a text field with the value "None" and a button labeled "Modify/Show...".
- Quasi-static Parameters:** Contains four rows of parameters:
 - "Time History Type" with a dropdown menu showing "Nonlinear Direct Integration History".
 - "Output Time Step Size" with a text field showing "1" and a unit "sec".
 - "Mass Proportional Damping" with a text field showing "0" and a unit "1/sec".
 - "Hilber-Hughes-Taylor Time Integration Parameter, Alpha" with a text field showing "0".

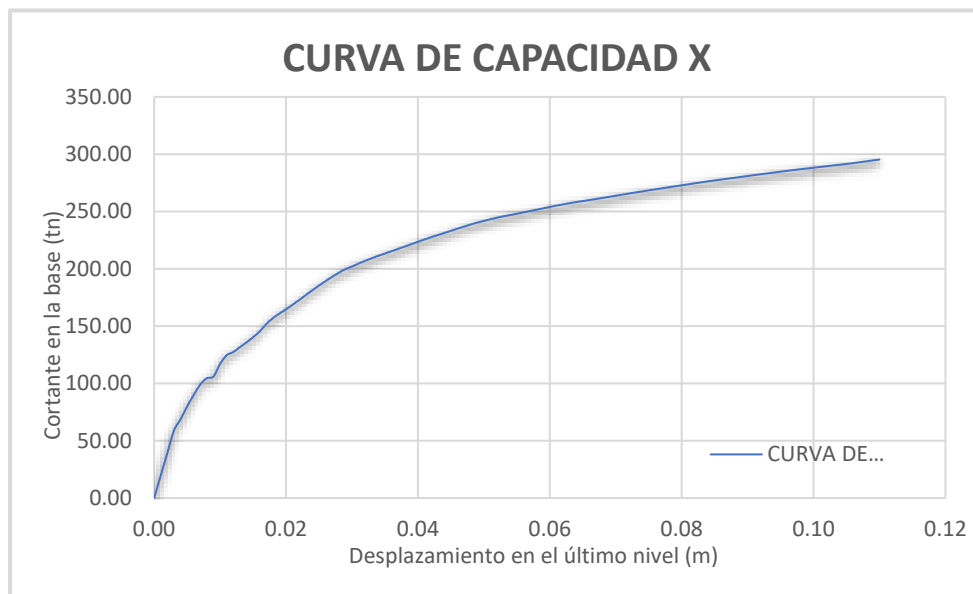
At the bottom of the dialog box are two buttons: "OK" and "Cancel".

Fuente: Elaboración propia

Curva capacidad de la estructura

Figura 47: Curva de capacidad dirección x- módulo 01 del pabellón

01/02/04/05/06 y 08

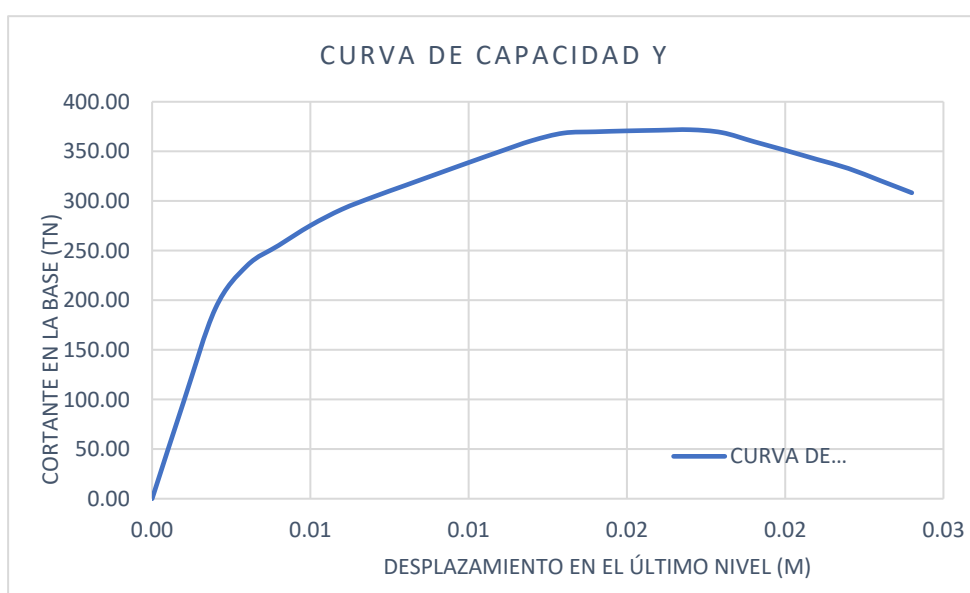


Fuente: Elaboración propia

La curva de capacidad presenta al inicio una forma lineal, después alcanza una cortante máxima de 295.78 Tn en el desplazamiento controlado de 0.11m

Figura 48: Curva de capacidad dirección y- módulo 01 del pabellón

01/02/04/05/06 y 08



Fuente: Elaboración propia

La curva de capacidad en la dirección Y tiene al inicio una zona lineal, luego gana resistencia hasta llegar a una cortante máxima de 371.82 tn con un desplazamiento máximo en el techo de 0.017 m, y finalmente una cortante última de 471.78 tn con un desplazamiento controlado de 0.024m.

Para entender mejor los resultados, una estructura flexible tiene menor cortante pero mayor desplazamiento, caso contrario sucede con una estructura rígida, ya que presenta mayor cortante, pero tiene menor desplazamiento.

Punto de desempeño

El punto de desempeño se ha hallado a través de software, pero para una manera de comparación se halló a través por el método de los coeficientes según el ASCE/SEI 41-13 del módulo 01 del pabellón 01/02/04/05/06 y 08.

- **Dirección X**

EL desplazamiento objetivo en cada nivel de piso se calculará de la siguiente manera:

$$\delta_t = C_0 * C_1 * C_2 * S_a * \frac{T e^2}{4 * \pi^2} * g$$

$C_0 = 1$ (Factor de modificación para relacionar el desplazamiento de un sistema de un grado de libertad para el desplazamiento del techo con múltiples grados de libertad)

Figura 49: Tabla de valores del Factor C_0

Table 7-5. Values for Modification Factor C_0

| Number of Stories | Shear Buildings ^a | | Other Buildings |
|-------------------|---|----------------------------|------------------|
| | Triangular Load Pattern (1.1, 1.2, 1.3) | Uniform Load Pattern (2.1) | Any Load Pattern |
| 1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 2 | 1.2 | 1.15 | 1.2 |
| 3 | 1.2 | 1.2 | 1.3 |
| 5 | 1.3 | 1.2 | 1.4 |
| 10+ | 1.3 | 1.2 | 1.5 |

Note: Linear interpolation shall be used to calculate intermediate values.

^a Buildings in which, for all stories, story drift decreases with increasing height.

Fuente: ASCE/SEI 41-13

$a = 60$ (Factor dependiente del tipo de suelo)

$T_i = 0.176$ s (Periodo fundamental elástico del análisis dinámico)

$K_i = 19603.5$ tn/m (Rigidez lateral elástica de la estructura en la dirección X)

$K_e = 12727.27$ tn/m (Rigidez lateral efectiva obtenida de la curva bilineal)

$$T_e = T_i * \sqrt{\frac{K_i}{K_e}} \quad T_e = 0.176 * \sqrt{\frac{19603.5}{12727.27}} \quad T_e = 0.22s$$

(Periodo fundamental efectivo en X)

$Z = 0.45$ (Factor de Zona)

$U = 1.50$ (Factor de uso)

$S = 1.10$ (Factor de suelo)

$T_P = 1.00$

$T_L = 1.60$

$C = 2.5$ T

$R = 1.00$ (Coeficiente de reducción elástico)

$$S_a = \frac{Z * U * S * C}{R} = \frac{0.45 * 1.5 * 1.1 * 2.5}{1} = 1.856$$

$V_Y = 130$ tn (Límite elástico de la curva bilineal)

$W = 190.71$ tn (Peso Sísmico de la estructura)

$C_m = 1$ (Factor de masa participativa)

Tabla 42: Tabla de valores del factor C_m

Table 7-4. Values for Effective Mass Factor C_m

| No. of Stories | Concrete Moment Frame | Concrete Shear Wall | Concrete Pier-Spandrel | Steel Moment Frame | Steel Concentrically Braced Frame | Steel Eccentrically Braced Frame | Other |
|----------------|-----------------------|---------------------|------------------------|--------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------|
| 1-2 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 3 or more | 0.9 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 1.0 |

Note: C_m shall be taken as 1.0 if the fundamental period, T , in the direction of response under consideration is greater than 1.0 s.

Fuente: ASCE/SEI 41-13

$$\mu_{strength} = \frac{S_a}{V_y/W} * C_m \quad \mu_{strength} = \frac{1.856}{130/190.71} * 1 = 1.73$$

(Relación entre la demanda de resistencia elástica y el límite elástico)

$$C_1 = 1 + \frac{\mu_{strength} - 1}{a * T_e^2} \quad C_1 = 1 + \frac{1.73 - 1}{60 * 0.22^2} = 1.60$$

(Factor de modificación que relaciona el desplazamiento máximo inelástico con el desplazamiento calculado elástico lineal)

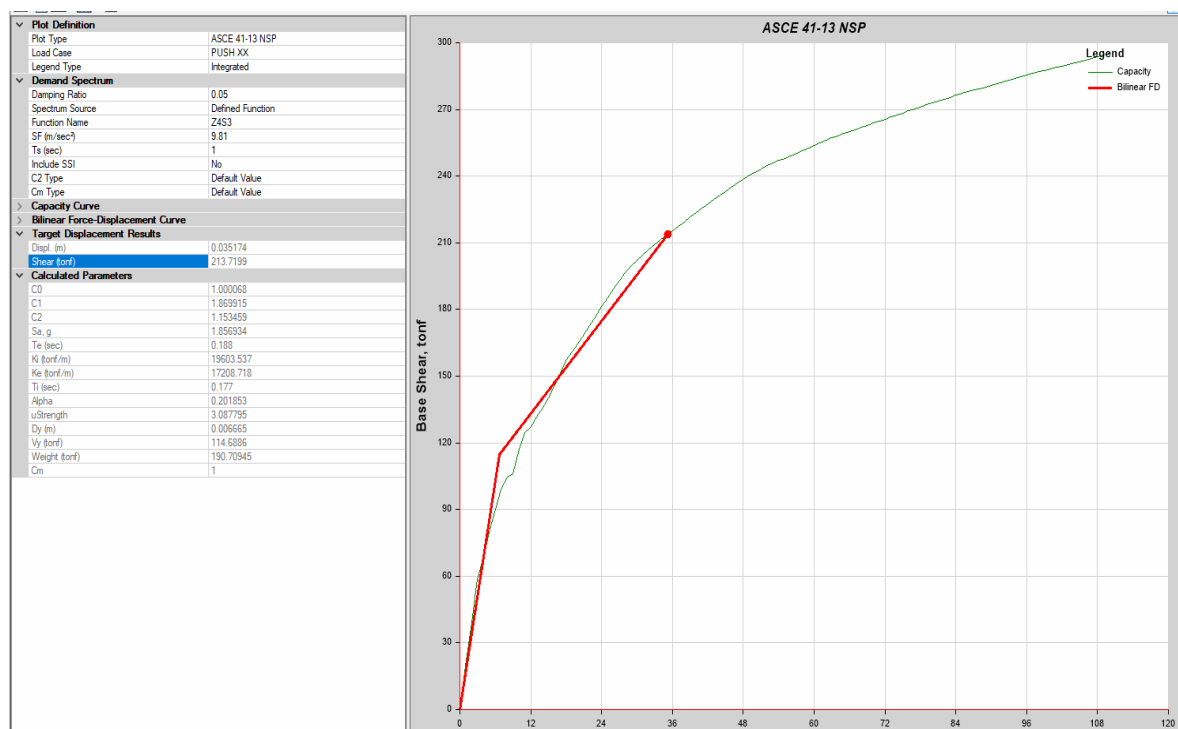
$$C_2 = 1 + \frac{1}{800} * \left(\frac{\mu_{strength} - 1}{T_e} \right)^2 \quad C_2 = 1 + \frac{1}{800} * \left(\frac{1.73 - 1}{0.22} \right)^2 = 1.08$$

(Factor de modificación que representa el efecto de la forma de histéresis)

$$\delta_t = 1 * 1.6 * 1.08 * 1.856 * \frac{0.22^2}{4 * \pi^2} * 9.81 = 3.8 \text{ cm}$$

Según el programa, el punto de desempeño es 3.52 cm con una cortante de 213.72 Tn

Figura 50: Punto de desempeño en la dirección X según el software



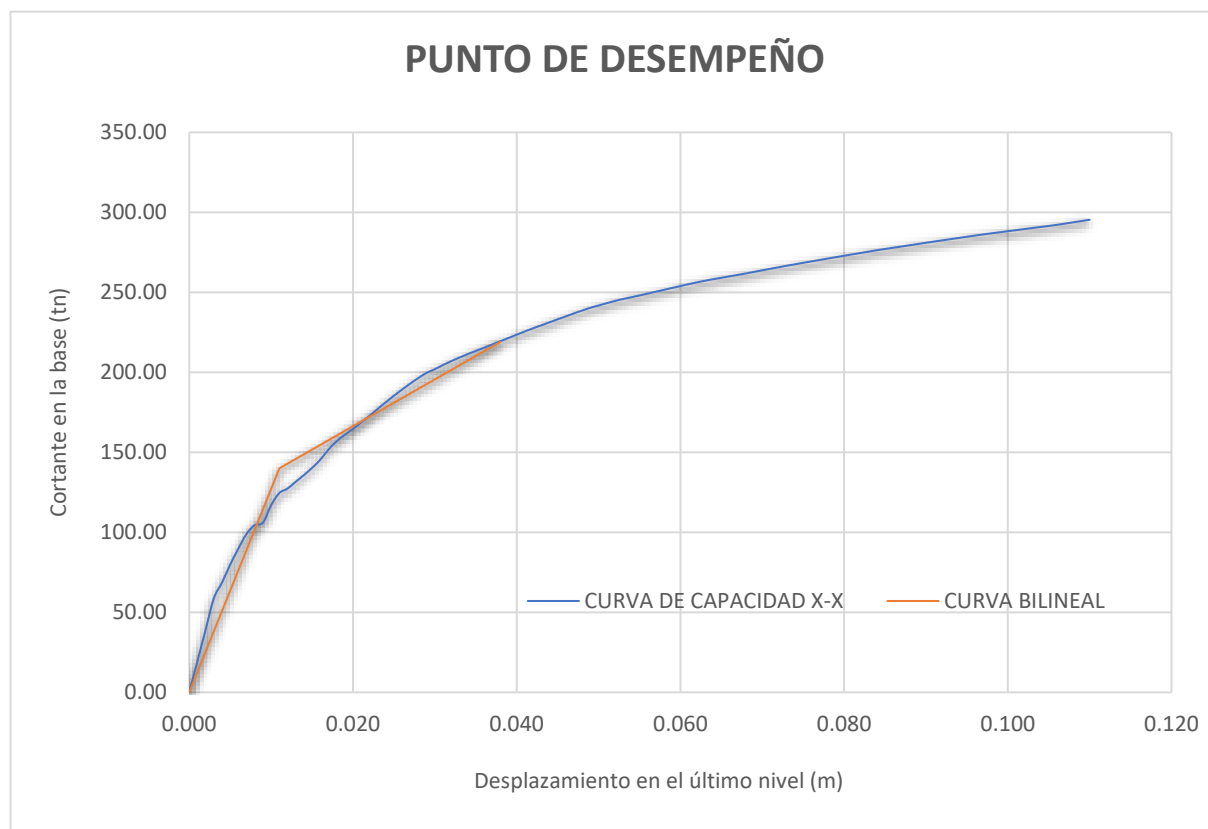
Fuente: Elaboración propia

Tabla 43: : Datos para la curva bilineal dirección X - módulo 01

| CURVA BILINEAL | |
|----------------|---------------|
| D (m) | V (tn) |
| 0 | 0 |
| 0.011 | 140.00 |
| 0.038 | 219.00 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 51: Punto de desempeño en la dirección X - módulo 01



Fuente: Elaboración propia

Por el método de los coeficientes el punto de desempeño en la dirección X es 3.8 cm con una cortante de 219.00 tn, además se tiene un cortante límite elástico de la curva bilineal con un valor de 140 tn y un desplazamiento de 1.1 cm.

- **Dirección Y**

EL desplazamiento objetivo en cada nivel de piso se calculará de la siguiente manera:

$$\delta_t = C_0 * C_1 * C_2 * S_a * \frac{T e^2}{4 * \pi^2} * g$$

$C_0 = 1$ (Factor de modificación para relacionar el desplazamiento de un sistema de un grado de libertad para el desplazamiento del techo con múltiples grados de libertad)

Figura 52: Tabla de valores del Factor C_0

Table 7-5. Values for Modification Factor C_0

| Number of Stories | Shear Buildings ^a | | Other Buildings |
|-------------------|---|----------------------------|------------------|
| | Triangular Load Pattern (1.1, 1.2, 1.3) | Uniform Load Pattern (2.1) | Any Load Pattern |
| 1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 2 | 1.2 | 1.15 | 1.2 |
| 3 | 1.2 | 1.2 | 1.3 |
| 5 | 1.3 | 1.2 | 1.4 |
| 10+ | 1.3 | 1.2 | 1.5 |

Note: Linear interpolation shall be used to calculate intermediate values.

^a Buildings in which, for all stories, story drift decreases with increasing height.

Fuente: ASCE/SEI 41-13

$a = 60$ (Factor dependiente del tipo de suelo)

$T_i = 0.075$ s (Periodo fundamental elástico del análisis dinámico)

$K_i = 98083.62$ tn/m (Rigidez lateral elástica de la estructura en la dirección X)

$K_e = 97340.93$ tn/m (Rigidez lateral efectiva obtenida de la curva bilineal)

$$T_e = T_i * \sqrt{\frac{K_i}{K_e}} \quad T_e = 0.176 * \sqrt{\frac{98083.62}{97340.93}} \quad T_e = 0.075s$$

(Periodo fundamental efectivo en X)

$Z = 0.45$ (Factor de Zona)

$U = 1.50$ (Factor de uso)

$S = 1.10$ (Factor de suelo)

$T_P = 1.00$

$T_L = 1.60$

$C = 2.5$ T

$R = 1.00$ (Coeficiente de reducción elástico)

$$S_a = \frac{Z * U * S * C}{R} = \frac{0.45 * 1.5 * 1.1 * 2.5}{1} = 1.856$$

$V_Y = 205$ tn (Límite elástico de la curva bilineal)

$W = 190.71$ tn (Peso Sísmico de la estructura)

$C_m = 1$ (Factor de masa participativa)

Tabla 44: Tabla de valores del factor C_m

Table 7-4. Values for Effective Mass Factor C_m

| No. of Stories | Concrete Moment Frame | Concrete Shear Wall | Concrete Pier-Spandrel | Steel Moment Frame | Steel Concentrically Braced Frame | Steel Eccentrically Braced Frame | Other |
|----------------|-----------------------|---------------------|------------------------|--------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------|
| 1-2 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 3 or more | 0.9 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 1.0 |

Note: C_m shall be taken as 1.0 if the fundamental period, T , in the direction of response under consideration is greater than 1.0 s.

Fuente: ASCE/SEI 41-13

$$\mu_{strength} = \frac{S_a}{V_y/W} * C_m \quad \mu_{strength} = \frac{1.856}{205/190.71} * 1 = 1.73$$

(Relación entre la demanda de resistencia elástica y el límite elástico)

$C_1 = 1.30$, se toma este valor debido a que no se debe tomar un C_1 mayor que el que se halla con un $T_e=0.2$.

(Factor de modificación que relaciona el desplazamiento máximo inelástico con el desplazamiento calculado elástico lineal)

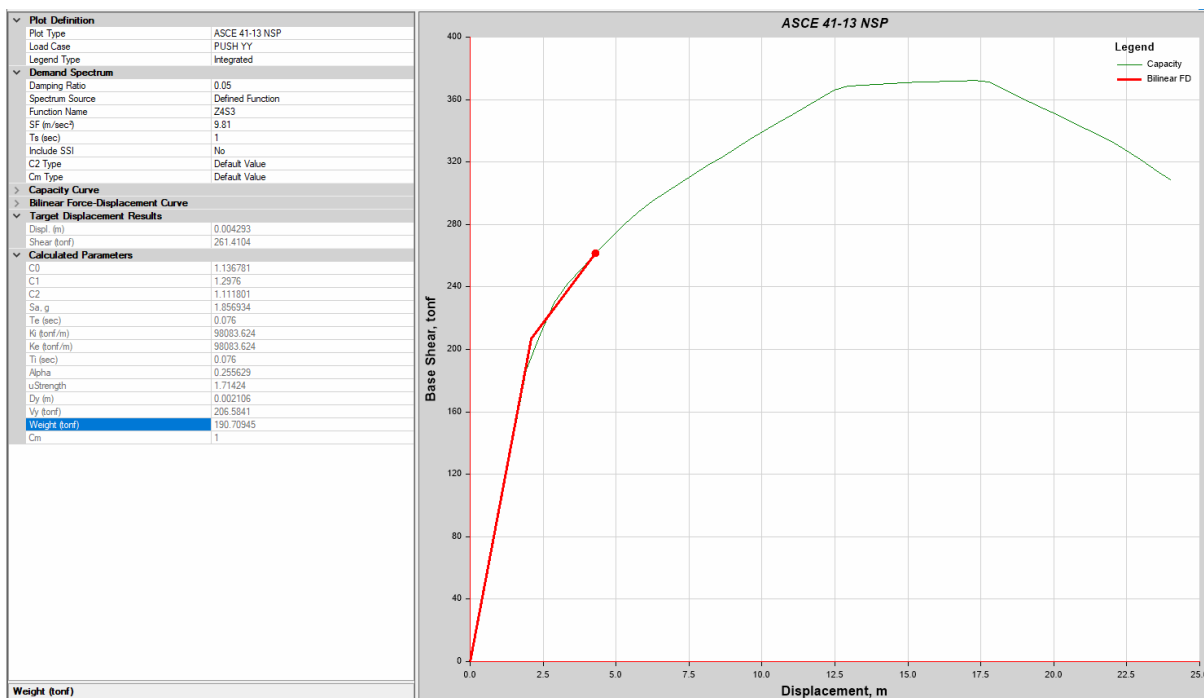
$$C_2 = 1 + \frac{1}{800} * \left(\frac{\mu_{strength} - 1}{T_e} \right)^2 \quad C_2 = 1 + \frac{1}{800} * \left(\frac{1.73 - 1}{0.22} \right)^2 = 1.08$$

(Factor de modificación que representa el efecto de la forma de histéresis)

$$\delta_t = 1 * 1.3 * 1.08 * 1.856 * \frac{0.075^2}{4 * \pi^2} * 9.81 = 0.4 \text{ cm}$$

Según el programa, el punto de desempeño es 0.43 cm con una cortante de 261.41Tn

Figura 53: Punto de desempeño en la dirección Y según el software



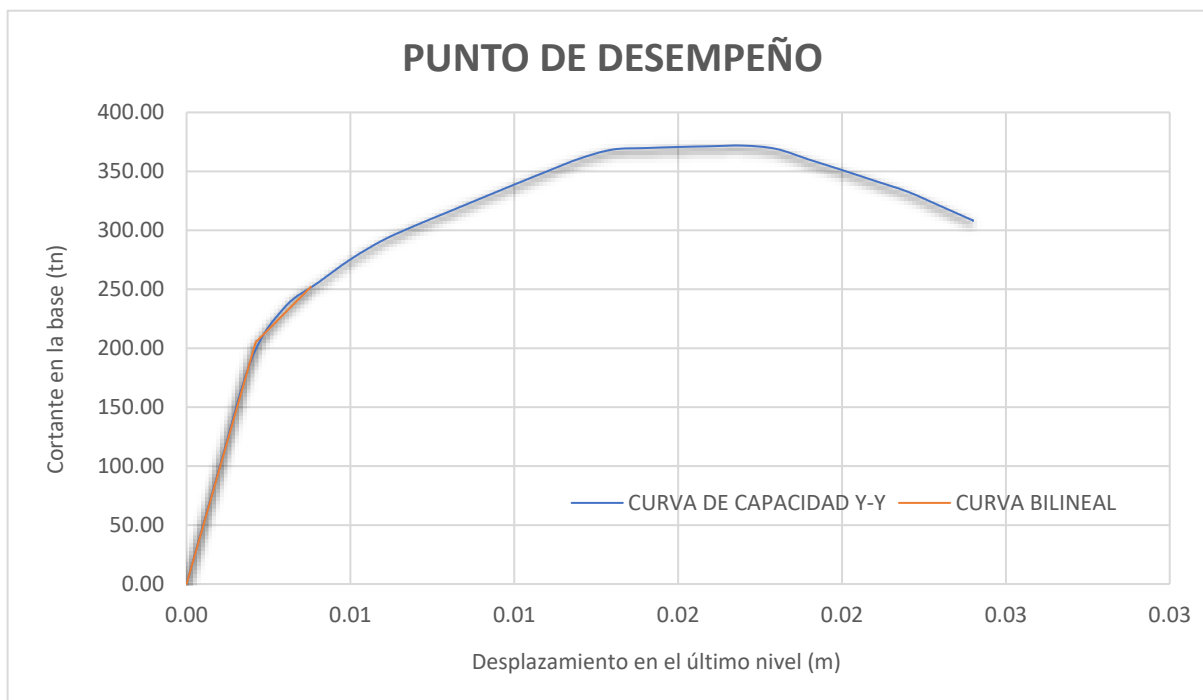
Fuente: Elaboración propia

Figura 54: Datos para la curva bilineal dirección Y - módulo 01

| CURVA BILINEAL | |
|----------------|--------|
| D (m) | V (tn) |
| 0 | 0 |
| 0.002 | 205.00 |
| 0.004 | 252.00 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 55: Punto de desempeño en la dirección Y - módulo 01



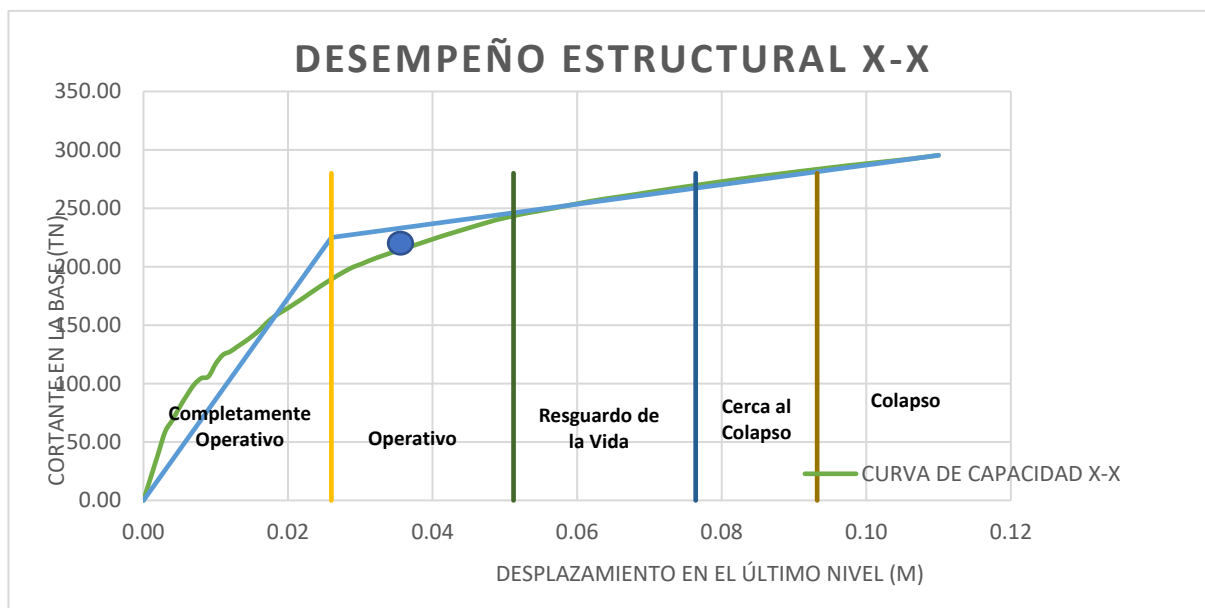
Fuente: Elaboración propia

Por el método de los coeficientes el punto de desempeño en la dirección Y es 0.4 cm con una cortante de 252.00 tn, además se tiene un cortante límite elástico de la curva bilineal con un valor de 205 tn y un desplazamiento de 0.2 cm.

Evaluación del desempeño sísmico

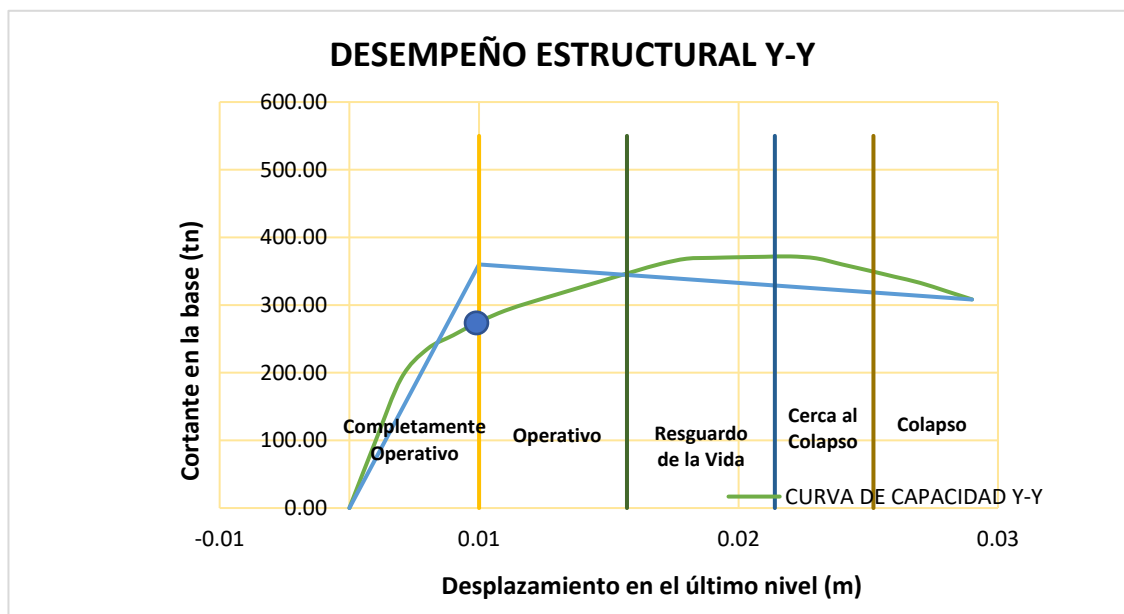
Según el SEAOC, la edificación se encuentra en operacional en la dirección x y completamente operacional en la dirección y, esto quiere decir El estado de daño es leve debido a que no presenta grandes daños en los elementos estructurales. Por lo tanto, se concluye que el módulo en estudio si cumple con los objetivos de la normativa peruana.

Figura 56: Desempeño estructural dirección X - módulo 01



Fuente: Elaboración propia

Figura 57: Desempeño estructural dirección Y - módulo 01



Fuente: Elaboración propia

Para el nivel de desempeño del resto de pabellones dirigirse a los Anexo N°29, Anexo N°30, Anexo N°31 y Anexo N°32

Conclusiones

Comparando el modelo final establecido en la presente tesis, respecto a las dimensiones de los diversos elementos estructurales y diseño de estos, asimismo evaluando el informe situacional con las falencias en el estado del proyecto. Se concluye que la institución educativa sufrirá daños ante sismos de magnitud relevante, por lo cual necesita un proyecto de rehabilitación y/o reformulación estructural para que alcance un óptimo nivel de desempeño estructural.

Pabellón 01/02/04/05/06 y 08

En base al proceso general de predimensionamiento y diseño de elementos estructurales en los diversos pabellones, el cual fue descrito a lo largo de toda la tesis se obtuvo una losa aligerada de 0.2m de espesor, con secciones de viga de 25x30 en la dirección X y 25x60 en la dirección Y. Las columnas requeridas tienen sección en T de 50x70 en la dirección X. En la dirección Y presenta muros de albañilería confinada con un espesor de 0.23m; columnas de confinamiento de 40x23 y 25x23 y vigas de confinamiento de 23x20.

Mediante el análisis estático y dinámico lineal, el módulo 01 presenta derivas máximas de 0.000911 en la dirección X y 0.000129 en la dirección Y. El módulo 02 se obtuvo derivas máximas de 0.000793 en la dirección X y 0.0007 en la dirección Y. En base a esto se concluye que dichos módulos están por debajo del límite en distorsión de entrepiso de acuerdo con la Norma E.030. Además, la edificación es regular en planta y los muros portantes de albañilería no presentan fallas por pandeo ni por fisuración.

Con el análisis estático no lineal en el módulo 01 se obtuvo la curva de capacidad en la dirección X con un desplazamiento máximo de 11 cm y una cortante basal de 295.37 tn y en la dirección Y con un desplazamiento máximo de 2.4 cm y una cortante de 308.28 tn. Con ello se pudo hallar el punto de desempeño que en la dirección X es de 3.8 cm con una cortante de 219 tn y en la dirección Y es de 0.4 cm con una cortante de 252 Tn. En base a ello se concluye que

el nivel de desempeño es operativo de acuerdo con la sectorización de la curva de capacidad según el SEAOC por lo tanto cumple con los objetivos de la normativa peruana.

Con el análisis estático no lineal en el módulo 02 se obtuvo la curva de capacidad en la dirección X con un desplazamiento máximo de 11 cm y una cortante basal de 262.78 tn y en la dirección Y con un desplazamiento máximo de 2.9 cm y una cortante de 402.41 tn. Con ello se pudo hallar el punto de desempeño que en la dirección X es de 3.57 cm con una cortante de 185.88 y en la dirección Y es de 0.29 cm con una cortante de 285.60 Tn. En base a ello se concluye que el nivel de desempeño es operativo de acuerdo con la sectorización de la curva de capacidad según el SEAOC por lo tanto cumple con los objetivos de la normativa peruana.

Pabellón 07

En base al proceso general de predimensionamiento y diseño de elementos estructurales en los diversos pabellones, el cual fue descrito a lo largo de toda la tesis se obtuvo una losa aligerada de 0.2m de espesor, con secciones de viga de 25x35 en la dirección X y 25x30 en la dirección Y. Las columnas requeridas tienen sección en T de 50x70 en la dirección X. En la dirección Y presenta muros de albañilería confinada con un espesor de 0.23m; columnas de confinamiento de 30x23 y vigas de confinamiento de 23x20.

Mediante el análisis estático y dinámico lineal, el módulo 01 presenta derivas máximas de 0.000548 en la dirección X y 0.000113 en la dirección Y. El módulo 02 se obtuvo derivas máximas de 0.000428 en la dirección X y 0.000137 en la dirección Y. En base a esto se concluye que dichos módulos están por debajo del límite en distorsión de entrepiso de acuerdo con la Norma E.030. Además, la edificación es regular en planta y los muros portantes de albañilería no presentan fallas por pandeo ni por fisuración.

Con el análisis estático no lineal en el módulo 01 se obtuvo la curva de capacidad en la dirección X con un desplazamiento máximo de 9 cm y una cortante basal de 194.50 tn y en la dirección Y con un desplazamiento máximo de 3 cm y una cortante de 122.13 tn. Con ello se

pudo hallar el punto de desempeño que en la dirección X es de 1.7 cm con una cortante de 114.82 tn y en la dirección Y es de 0.74 cm con una cortante de 94.46 Tn. En base a ello se concluye que el nivel de desempeño es operativo de acuerdo con la sectorización de la curva de capacidad según el SEAOC por lo tanto cumple con los objetivos de la normativa peruana.

Con el análisis estático no lineal en el módulo 02 se obtuvo la curva de capacidad en la dirección X con un desplazamiento máximo de 10.5 cm y una cortante basal de 182.53 tn y en la dirección Y con un desplazamiento máximo de 2.2 cm y una cortante de 83.30 tn. Con ello se pudo hallar el punto de desempeño que en la dirección X es de 1.7 cm con una cortante de 103.82 tn y en la dirección Y es de 1.3 cm con una cortante de 82.166 Tn. En base a ello se concluye que el nivel de desempeño es operativo en la dirección X y resguardo de vida en la dirección Y, de acuerdo con la sectorización de la curva de capacidad según el SEAOC por lo tanto cumple con los objetivos de la normativa peruana.

Pabellón 03

En base al proceso general de predimensionamiento y diseño de elementos estructurales en los diversos pabellones, el cual fue descrito a lo largo de toda la tesis se obtuvo una losa aligerada de 0.2m de espesor, con secciones de viga de 25x55 en la dirección X y 25x40 en la dirección Y. Las columnas requeridas tienen sección en T de 50x70, en L de 50x50 y cuadradas de 30x30.

Mediante el análisis estático y dinámico lineal, el módulo 01 presenta derivas máximas de 0.00067 en la dirección X y 0.000638 en la dirección Y. En base a esto se concluye que dichos módulos están por debajo del límite en distorsión de entrepiso de acuerdo con la Norma E.030. Además, la edificación es regular en planta y los muros portantes de albañilería no presentan fallas por pandeo ni por fisuración.

Con el análisis estático no lineal se obtuvo la curva de capacidad en la dirección X con un desplazamiento máximo de 9.5 cm y una cortante basal de 202.37 tn y en la dirección Y con

un desplazamiento máximo de 12.5 cm y una cortante de 175.32tn. Con ello se pudo hallar el punto de desempeño que en la dirección X es de 3.65 cm con una cortante de 185.26 tn y en la dirección Y es de 4.22 cm con una cortante de 170.096 Tn. En base a ello se concluye que el nivel de desempeño es operativo de acuerdo con la sectorización de la curva de capacidad según el SEAOC por lo tanto cumple con los objetivos de la normativa peruana.

Recomendaciones

Para futuras investigaciones se recomienda realizar ensayos a los elementos estructurales en estudio con el fin de evaluar a profundidad sus propiedades características.

Se recomienda para un correcto análisis no lineal estático la aplicación de normas internacionales tales como el FEMA, ASCE y el SEAOC.

Se recomienda diseñar correctamente los elementos estructurales bajo la norma E.060 Concreto Armado y la norma E.070 Albañilería Confinada para llegar a un óptimo nivel de desempeño estructural ante sismos de magnitud relevante.

Referencias bibliográficas

- [1] J. A. Muñoz Pelae, «Ingeniería Sismorresistente,» Lima, 2004.
- [2] Ministerio del Ambiente, «Instituto Geofísico del Perú,» 2013. [En línea]. Available: http://190.187.240.201/sites/default/files/images/documents/sismos/Boletin_Sismico_2013_2/boletin_sismico190_2013.pdf.
- [3] Ministerio del Ambiente, «Instituto Geofísico del Perú,» 2019. [En línea]. Available: http://190.187.240.201/sites/default/files/images/documents/sismos/Boletines_sismicos_2019/0603192305.pdf.
- [4] Ministerio del Ambiente, «Instituto Geofísico del Perú,» 2020. [En línea]. Available: <https://ultimosismo.igp.gob.pe/evento/2020-0364>.
- [5] G. Vega Fernández, «Evaluación del desempeño sísmico mediante el análisis estático no lineal, vivienda- comercio Miura Grill, Chiclayo,» Chiclayo, 2020.
- [6] C. E. Duarte Bonilla, M. E. Martínez Chavarria y J. J. Santamaría Díaz, «Análisis estático no lineal (Pushover) del cuerpo central del edificio de la facultad de medicina de la Universidad de El Salvador,» San Salvador, 2017.
- [7] M. A. Filian Pinos y J. R. Marcías Zamora, «Evaluación de una edificación de hormigón armado mediante el análisis no lineal push-over,» Guayaquil, 2018.
- [8] J. F. Choque Sucasa y E. D. Luque Solis, «Análisis estático no lineal y evaluación del desempeño sísmico de un edificio de 8 niveles diseñado con la norma E.030,» Arequipa, 2019.
- [9] E. P. A. Chavesta Ruelas, «Análisis estático no lineal para estimar el desempeño sísmico de una estructura aporricada de 5 pisos en la ciudad de Lima,» Lima, 2019.
- [10] A. E. Esteba Apaza, «Análisis estático y dinámico no lineal en el desempeño de un edificio de concreto armado diseñado bajo la norma E-030 en Puno,» Puno, 2017.
- [11] M. d. I. A. Correa Cervantes, «Análisis estático no lineal aplicado al diseño sismorresistente del bloque N° 02 de aulas del Colegio Militar Elías Aguirre – Chiclayo,» Chiclayo, 2019.
- [12] I. O. Heredia Silva, «Análisis del método " Modal Pushover" y su incidencia en el cálculo de edificaciones mayores a 7 pisos de concreto armado en Pimentel,» Chiclayo, 2020.
- [13] Reglamento Nacional de Edificaciones, «Norma E.020: Cargas,» Megabyte, Lima, 2019.
- [14] Reglamento Nacional de Edificaciones, «Norma E.030: Diseño sismorresistente,» Megabyte, Lima, 2019.
- [15] Reglamento Nacional de Edificaciones, «E050: Suelos y Cimentaciones,» Lima, 2020.
- [16] Reglamento Nacional de Edificaciones, «Norma E.060: Concreto Armado,» Megabyte, Lima, 2019.
- [17] Reglamento Nacional de Edificaciones, «Norma E.070 Albañilería,» *El peruano*, 2020.
- [18] American Society of Civil engineers, «PRESTANDARD AND COMMENTARY FOR THE SEISMIC REHABILITATION OF BUILDINGS,» Washington, 2000.
- [19] American Society of Civil Engineers, Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings, Virginia, 2006.
- [20] J. A. Muñoz Pelae, Ingeniería sismorresistente, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2018.
- [21] O. E. Hurtado Arana, «Optimización del diseño estructural aplicando análisis no lineal en el proyecto consultorios médicos de la ciudad de Piura,» Chiclayo, 2020.

- [22] . S. B. Bondarenko Hernandez, *Análisis estático no lineal y desempeño estructural*, 2018.
- [23] N. F. Fuentes Rivera Silva, «Desempeño sísmico de un edificio de cinco niveles de concreto armado mediante el análisis estático no lineal "Pushover",» Huaraz, 2018.
- [24] R. M. Calcina Peña, «Evaluación del desempeño sísmico de un edificio de once pisos utilizando análisis estático y dinámico no-lineal,» Tacna, 2017.
- [25] M. L. Cienfuegos Villanueva, «Evaluación del desempeño estructural utilizando el análisis no lineal de la I.E. 10202 “Virgen de la Paz” - Pacora,» Chiclayo, 2021.
- [26] APPLIED TECHNOLOGY COUNCIL, «Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings,» California, 1996.
- [27] G. O. Pasino, *Apuntes del curso Concreto Armado*, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2015, p. 530.
- [28] J. A. Muñoz Pelae, *Ingeniería Sismorresistente*, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- [29] Craig D. Comartin, Richard W. Niewiarowski y Christopher Rojahn, «Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings,» California, 1960.
- [30] R. M. Calcina Peña, «Evaluación del desempeño sísmico de un edificio de once pisos utilizando análisis estático y dinámico no lineal,» Tacna, 2017.

Anexos

Anexo 1: Grietas identificadas en la I.E San Carlos



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2: Fisuras identificadas en la I.E San Carlos



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3: Erosión identificada en la I.E San Carlos



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 4: Erosión identificada en la I.E San Carlos



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 5: Ubicación del BM para el levantamiento topográfico



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 6: Toma de datos



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 7: Predimensionamiento de losas aligeradas del Pabellón 07

| PISO TÍPICO PERALTE MINIMO DE LOSA ALIGERADA EN UNA DIRECCIÓN | | |
|--|--------|-----------|
| MÓDULO 01 | | |
| SECCIÓN | Luz(m) | P.ELEGIDO |
| 1 | 3.17 | 0.20 |
| 2 | 3.17 | 0.20 |
| 3 | 3.84 | 0.20 |
| 4 | 3.85 | 0.20 |
| MÓDULO 02 | | |
| SECCIÓN | Luz(m) | P.ELEGIDO |
| 5 | 4.38 | 0.2 |
| 6 | 4.37 | 0.20 |
| 7 | 3.4 | 0.20 |
| 8 | 3.39 | 0.20 |
| 9 | 3.25 | 0.20 |
| 10 | 3.25 | 0.20 |

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 8: Predimensionamiento de losas aligeradas del Pabellón 03

| PISO TÍPICO PERALTE MINIMO DE LOSA ALIGERADA EN UNA DIRECCIÓN | | |
|--|--------|-----------|
| MÓDULO 01 | | |
| SECCIÓN | Luz(m) | P.ELEGIDO |
| 1 | 4.85 | 0.20 |
| 2 | 4.85 | 0.20 |
| 3 | 4.85 | 0.20 |
| 4 | 4.85 | 0.20 |
| 5 | 4.85 | 0.20 |
| 6 | 4.85 | 0.20 |
| 7 | 3.97 | 0.20 |
| 8 | 3.97 | 0.20 |
| 9 | 3.97 | 0.20 |

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 9: Predimensionamiento de columnas de confinamiento del pabellón 07

| PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS | | | | | | |
|---------------------------------|-----|---|------|-----|-----|----------|
| EJE Y | | | | | | |
| MURO | b | | t | 15t | b*t | b*t>15*t |
| MÓDULO 01 | | | | | | |
| Y-1 | 0.4 | X | 0.23 | 345 | 920 | CUMPLE |
| | 0.4 | X | 0.23 | 345 | 920 | CUMPLE |
| Y-4 | 0.4 | X | 0.23 | 345 | 920 | CUMPLE |
| | 0.4 | X | 0.23 | 345 | 920 | CUMPLE |
| MÓDULO 02 | | | | | | |
| Y-5 | 0.4 | X | 0.23 | 345 | 920 | CUMPLE |
| | 0.4 | X | 0.23 | 345 | 920 | CUMPLE |
| Y-8 | 0.4 | X | 0.23 | 345 | 920 | CUMPLE |
| | 0.4 | X | 0.23 | 345 | 920 | CUMPLE |

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 10: Predimensionamiento de vigas en el eje X del Pabellón 07

| PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|------------------|-------|-------------|--------|------|------|--------------|----------------|----------------|-----------|--------------|-----------|--------|
| VIGAS X - X | | | | | | | VERIFICACION | | | | | | |
| VIGAS EJE X | | L (m) | h= L/12 (m) | b= h/2 | h | b | h ≥ L/16 | CONDICIÓN | L >= 4*h | CONDICIÓN | bw >= 0.25*h | CONDICIÓN | |
| EJE | ENTRE | | | | | | | | | | | | |
| MÓDULO 01 | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | A-B | 2.5 | 0.21 | 0.10 | 0.30 | 0.25 | 0.16 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE | |
| | B-C | 3.87 | 0.32 | 0.16 | 0.30 | 0.25 | 0.24 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE | |
| | C-D | 3.41 | 0.28 | 0.14 | 0.30 | 0.25 | 0.21 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE | |
| | D-E | 3.41 | 0.28 | 0.14 | 0.30 | 0.25 | 0.21 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE | |
| | E-F | 3.14 | 0.26 | 0.13 | 0.30 | 0.25 | 0.20 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE | |
| 2 | F-G' | 3.14 | 0.26 | 0.13 | 0.30 | 0.25 | 0.20 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE | |
| | A-B | 2.5 | 0.21 | 0.10 | 0.30 | 0.25 | 0.16 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE | |
| | B-C | 3.87 | 0.32 | 0.16 | 0.30 | 0.25 | 0.24 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE | |
| | C-D | 3.41 | 0.28 | 0.14 | 0.30 | 0.25 | 0.21 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE | |
| | D-E | 3.41 | 0.28 | 0.14 | 0.30 | 0.25 | 0.21 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE | |
| 2 | E-F | 3.14 | 0.26 | 0.13 | 0.30 | 0.25 | 0.20 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE | |
| | F-G' | 3.14 | 0.26 | 0.13 | 0.30 | 0.25 | 0.20 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE | |
| | MÓDULO 02 | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | G-H | 1.87 | 0.16 | 0.08 | 0.35 | 0.25 | 0.12 | NO SE VERIFICA | 1.400 | CUMPLE | 0.088 | CUMPLE |
| | | H-I | 3.8 | 0.32 | 0.16 | 0.35 | 0.25 | 0.24 | NO SE VERIFICA | 1.400 | CUMPLE | 0.088 | CUMPLE |
| I-J | | 3.77 | 0.31 | 0.16 | 0.35 | 0.25 | 0.24 | NO SE VERIFICA | 1.400 | CUMPLE | 0.088 | CUMPLE | |
| J-K | | 3.75 | 0.31 | 0.16 | 0.35 | 0.25 | 0.23 | NO SE VERIFICA | 1.400 | CUMPLE | 0.088 | CUMPLE | |
| K-L | | 3.73 | 0.31 | 0.16 | 0.35 | 0.25 | 0.23 | NO SE VERIFICA | 1.400 | CUMPLE | 0.088 | CUMPLE | |
| 2 | G-H | 1.87 | 0.16 | 0.08 | 0.35 | 0.25 | 0.12 | NO SE VERIFICA | 1.400 | CUMPLE | 0.088 | CUMPLE | |
| | H-I | 3.8 | 0.32 | 0.16 | 0.35 | 0.25 | 0.24 | NO SE VERIFICA | 1.400 | CUMPLE | 0.088 | CUMPLE | |
| | I-J | 3.77 | 0.31 | 0.16 | 0.35 | 0.25 | 0.24 | NO SE VERIFICA | 1.400 | CUMPLE | 0.088 | CUMPLE | |
| | J-K | 3.75 | 0.31 | 0.16 | 0.35 | 0.25 | 0.23 | NO SE VERIFICA | 1.400 | CUMPLE | 0.088 | CUMPLE | |
| 2 | K-L | 3.73 | 0.31 | 0.16 | 0.35 | 0.25 | 0.23 | NO SE VERIFICA | 1.400 | CUMPLE | 0.088 | CUMPLE | |

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 11: Predimensionamiento de vigas en el eje y del Pabellón 07

| PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------|-------|-------------|--------|------|------|--------------|----------------|--------|-----------|------------|-----------|
| VIGAS Y - Y | | | | | | | VERIFICACION | | | | | |
| VIGAS EJE Y | | L (m) | h= L/12 (m) | b= h/2 | h | b | h≥ L/16 | CONDICIÓN | L>=4*h | CONDICIÓN | bw>=0.25*h | CONDICIÓN |
| EJE | ENTRE | | | | | | | | | | | |
| MÓDULO 01 | | | | | | | | | | | | |
| B | 1-2 | 3 | 0.25 | 0.13 | 0.30 | 0.25 | 0.19 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE |
| D | 1-2 | 3 | 0.25 | 0.13 | 0.30 | 0.25 | 0.19 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE |
| F | 1-2 | 3 | 0.25 | 0.13 | 0.30 | 0.25 | 0.19 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE |
| MÓDULO 02 | | | | | | | | | | | | |
| I | 1-2 | 3 | 0.25 | 0.13 | 0.30 | 0.25 | 0.19 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE |
| K | 1-2 | 3 | 0.25 | 0.13 | 0.30 | 0.25 | 0.19 | NO SE VERIFICA | 1.200 | CUMPLE | 0.075 | CUMPLE |

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 12: Predimensionamiento de vigas en el eje x del Pabellón 03

| PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------|-------|-------------|--------|------|------|--------------|----------------|--------|-----------|------------|-----------|
| VIGAS X - X | | | | | | | VERIFICACION | | | | | |
| VIGAS EJE X | | L (m) | h= L/12 (m) | b= h/2 | h | b | h≥ L/16 | CONDICIÓN | L>=4*h | CONDICIÓN | bw>=0.25*h | CONDICIÓN |
| EJE | ENTRE | | | | | | | | | | | |
| 1 | A-B | 6.46 | 0.54 | 0.27 | 0.55 | 0.25 | 0.40 | NO SE VERIFICA | 2.200 | CUMPLE | 0.138 | CUMPLE |
| | B-C | 4.04 | 0.34 | 0.17 | 0.55 | 0.25 | 0.25 | NO SE VERIFICA | 2.200 | CUMPLE | 0.138 | CUMPLE |
| | C-D | 3.97 | 0.33 | 0.17 | 0.55 | 0.25 | 0.25 | NO SE VERIFICA | 2.200 | CUMPLE | 0.138 | CUMPLE |
| 2 | A-B | 6.46 | 0.54 | 0.27 | 0.55 | 0.25 | 0.40 | NO SE VERIFICA | 2.200 | CUMPLE | 0.138 | CUMPLE |
| | B-C | 4.04 | 0.34 | 0.17 | 0.55 | 0.25 | 0.25 | NO SE VERIFICA | 2.200 | CUMPLE | 0.138 | CUMPLE |
| | C-D | 3.97 | 0.33 | 0.17 | 0.55 | 0.25 | 0.25 | NO SE VERIFICA | 2.200 | CUMPLE | 0.138 | CUMPLE |
| 3 | A-B | 6.46 | 0.54 | 0.27 | 0.55 | 0.25 | 0.40 | NO SE VERIFICA | 2.200 | CUMPLE | 0.138 | CUMPLE |
| | B-C | 4.04 | 0.34 | 0.17 | 0.55 | 0.25 | 0.25 | NO SE VERIFICA | 2.200 | CUMPLE | 0.138 | CUMPLE |
| | C-D | 3.97 | 0.33 | 0.17 | 0.55 | 0.25 | 0.25 | NO SE VERIFICA | 2.200 | CUMPLE | 0.138 | CUMPLE |
| 4 | A-B | 6.46 | 0.54 | 0.27 | 0.55 | 0.25 | 0.40 | NO SE VERIFICA | 2.200 | CUMPLE | 0.138 | CUMPLE |
| | B-C | 4.04 | 0.34 | 0.17 | 0.55 | 0.25 | 0.25 | NO SE VERIFICA | 2.200 | CUMPLE | 0.138 | CUMPLE |
| | C-D | 3.97 | 0.33 | 0.17 | 0.55 | 0.25 | 0.25 | NO SE VERIFICA | 2.200 | CUMPLE | 0.138 | CUMPLE |

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 13: Predimensionamiento de vigas en el eje y del Pabellón 03

| PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------|-------|-------------|--------|------|------|---------------|----------------|--------------|-----------|------------------|-----------|
| VIGAS Y - Y | | | | | | | VERIFICACION | | | | | |
| VIGAS EJEX | | L (m) | h= L/12 (m) | b= h/2 | h | b | h \geq L/16 | CONDICIÓN | L \geq 4*h | CONDICIÓN | bw \geq 0.25*h | CONDICIÓN |
| EJE | ENTRE | | | | | | | | | | | |
| A | 1-2 | 4.33 | 0.36 | 0.18 | 0.40 | 0.25 | 0.27 | NO SE VERIFICA | 1.600 | CUMPLE | 0.1 | CUMPLE |
| | 2-3 | 4.57 | 0.38 | 0.19 | 0.40 | 0.25 | 0.29 | NO SE VERIFICA | 1.600 | CUMPLE | 0.1 | CUMPLE |
| | 3-4 | 4.8 | 0.40 | 0.20 | 0.40 | 0.25 | 0.30 | NO SE VERIFICA | 1.600 | CUMPLE | 0.1 | CUMPLE |
| B | 1-2 | 4.33 | 0.36 | 0.18 | 0.40 | 0.25 | 0.27 | NO SE VERIFICA | 1.600 | CUMPLE | 0.1 | CUMPLE |
| | 2-3 | 4.57 | 0.38 | 0.19 | 0.40 | 0.25 | 0.29 | NO SE VERIFICA | 1.600 | CUMPLE | 0.1 | CUMPLE |
| | 3-4 | 4.8 | 0.40 | 0.20 | 0.40 | 0.25 | 0.30 | NO SE VERIFICA | 1.600 | CUMPLE | 0.1 | CUMPLE |
| C | 1-2 | 4.33 | 0.36 | 0.18 | 0.40 | 0.25 | 0.27 | NO SE VERIFICA | 1.600 | CUMPLE | 0.1 | CUMPLE |
| | 2-3 | 4.57 | 0.38 | 0.19 | 0.40 | 0.25 | 0.29 | NO SE VERIFICA | 1.600 | CUMPLE | 0.1 | CUMPLE |
| | 3-4 | 4.8 | 0.40 | 0.20 | 0.40 | 0.25 | 0.30 | NO SE VERIFICA | 1.600 | CUMPLE | 0.1 | CUMPLE |
| D | 1-2 | 4.33 | 0.36 | 0.18 | 0.40 | 0.25 | 0.27 | NO SE VERIFICA | 1.600 | CUMPLE | 0.1 | CUMPLE |
| | 2-3 | 4.57 | 0.38 | 0.19 | 0.40 | 0.25 | 0.29 | NO SE VERIFICA | 1.600 | CUMPLE | 0.1 | CUMPLE |
| | 3-4 | 4.8 | 0.40 | 0.20 | 0.40 | 0.25 | 0.30 | NO SE VERIFICA | 1.600 | CUMPLE | 0.1 | CUMPLE |

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 14: Verificación por participación modal del Pabellón 07

| MÓDULO 01 | | | | | |
|---|-----------------|-------------|---------------|----------------|---------------------|
| TABLE: Modal Load Participation Ratios | | | | | |
| OutputCase | Itemtype | Item | Static | Dynamic | Verificación |
| Text | Text | Text | Percent | Percent | |
| MODAL | Acceleration | UX | 100 | 100.00 | CUMPLE |
| MODAL | Acceleration | UY | 100 | 100.00 | CUMPLE |
| MODAL | Acceleration | UZ | 0.00 | 0.00 | CUMPLE |
| MÓDULO 02 | | | | | |
| TABLE: Modal Load Participation Ratios | | | | | |
| OutputCase | Itemtype | Item | Static | Dynamic | Verificación |
| Text | Text | Text | Percent | Percent | |
| MODAL | Acceleration | UX | 100 | 100.00 | CUMPLE |
| MODAL | Acceleration | UY | 100 | 100.00 | CUMPLE |
| MODAL | Acceleration | UZ | 0.00 | 0.00 | CUMPLE |

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 15: Verificación por participación modal del Pabellón 03

| TABLE: Modal Load Participation Ratios | | | | | |
|---|-----------------|-------------|---------------|----------------|---------------------|
| OutputCase | Itemtype | Item | Static | Dynamic | Verificación |
| Text | Text | Text | Percent | Percent | |
| MODAL | Acceleration | UX | 100 | 100.00 | CUMPLE |
| MODAL | Acceleration | UY | 100 | 100.00 | CUMPLE |
| MODAL | Acceleration | UZ | 0.00 | 0.00 | CUMPLE |

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 16: Verificación por desplazamientos laterales del Pabellón 07

| Módulo 01 | | | | | | |
|-------------|----------|------------|----------------|-----------|----------|--------------|
| DIRECCIÓN X | | | | | | |
| R= | | 6.00 | | | | |
| PISO | ETIQUETA | ALTURA (m) | DESPLAZAMIENTO | | DERIVA | VERIFICACIÓN |
| | | | ABSOLUTOS | RELATIVOS | | |
| PISO 1 | 9 | 3.200000 | 0.001755 | 0.001755 | 0.000548 | CUMPLE |
| | 15 | 3.200000 | 0.001755 | 0.001755 | 0.000548 | CUMPLE |
| | 16 | 3.200000 | 0.001755 | 0.001755 | 0.000548 | CUMPLE |
| | 18 | 3.200000 | 0.001755 | 0.001755 | 0.000548 | CUMPLE |
| DIRECCIÓN Y | | | | | | |
| R= | | 3.00 | | | | |
| PISO | ETIQUETA | ALTURA (m) | DESPLAZAMIENTO | | DERIVA | VERIFICACIÓN |
| | | | ABSOLUTOS | RELATIVOS | | |
| PISO 1 | 9 | 3.200000 | 0.000310 | 0.000310 | 0.000097 | CUMPLE |
| | 15 | 3.200000 | 0.000361 | 0.000361 | 0.000113 | CUMPLE |
| | 16 | 3.200000 | 0.000310 | 0.000310 | 0.000097 | CUMPLE |
| | 18 | 3.200000 | 0.000361 | 0.000361 | 0.000113 | CUMPLE |
| Módulo 02 | | | | | | |
| DIRECCIÓN X | | | | | | |
| R= | | 6.00 | | | | |
| PISO | ETIQUETA | ALTURA (m) | DESPLAZAMIENTO | | DERIVA | VERIFICACIÓN |
| | | | ABSOLUTOS | RELATIVOS | | |
| PISO 1 | 2 | 3.200000 | 0.001369 | 0.001369 | 0.000428 | CUMPLE |
| | 4 | 3.200000 | 0.001369 | 0.001369 | 0.000428 | CUMPLE |
| | 14 | 3.200000 | 0.001369 | 0.001369 | 0.000428 | CUMPLE |
| | 15 | 3.200000 | 0.001369 | 0.001369 | 0.000428 | CUMPLE |
| DIRECCIÓN Y | | | | | | |
| R= | | 3.00 | | | | |
| PISO | ETIQUETA | ALTURA (m) | DESPLAZAMIENTO | | DERIVA | VERIFICACIÓN |
| | | | ABSOLUTOS | RELATIVOS | | |
| PISO 1 | 2 | 3.200000 | 0.000193 | 0.000195 | 0.000061 | CUMPLE |
| | 4 | 3.200000 | 0.000193 | 0.000195 | 0.000061 | CUMPLE |
| | 14 | 3.200000 | 0.000436 | 0.000439 | 0.000137 | CUMPLE |
| | 15 | 3.200000 | 0.000436 | 0.000439 | 0.000137 | CUMPLE |

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 17: Verificación por desplazamientos laterales del Pabellón 03

| DIRECCIÓN X | | | | | | |
|-------------|----------|------------|----------------|-----------|----------|--------------|
| R= | | 6.00 | | | | |
| PISO | ETIQUETA | ALTURA (m) | DESPLAZAMIENTO | | DERIVA | VERIFICACIÓN |
| | | | ABSOLUTOS | RELATIVOS | | |
| PISO 1 | 9 | 3.200000 | 0.002125 | 0.002125 | 0.000664 | CUMPLE |
| | 15 | 3.200000 | 0.002125 | 0.002125 | 0.000664 | CUMPLE |
| | 16 | 3.200000 | 0.002135 | 0.002135 | 0.000667 | CUMPLE |
| | 18 | 3.200000 | 0.002135 | 0.002135 | 0.000667 | CUMPLE |
| DIRECCIÓN Y | | | | | | |
| R= | | 6.00 | | | | |
| PISO | ETIQUETA | ALTURA (m) | DESPLAZAMIENTO | | DERIVA | VERIFICACIÓN |
| | | | ABSOLUTOS | RELATIVOS | | |
| PISO 1 | 9 | 3.200000 | 0.002355 | 0.002355 | 0.000736 | CUMPLE |
| | 15 | 3.200000 | 0.002182 | 0.002182 | 0.000682 | CUMPLE |
| | 16 | 3.200000 | 0.002355 | 0.002355 | 0.000736 | CUMPLE |
| | 18 | 3.200000 | 0.002182 | 0.002182 | 0.000682 | CUMPLE |

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 18: Verificación por irregularidad torsional del Pabellón 07

| Módulo 01 | | | | | | | | |
|-------------|----------|------------|----------------|-----------|----------|----------|--------------|---------|
| DIRECCIÓN X | | | | | | | | |
| R= | | 6.00 | | | | | | |
| PISO | ETIQUETA | ALTURA (m) | DESPLAZAMIENTO | | MAXIMOS | PROMEDIO | VERIFICACIÓN | |
| | | | ABSOLUTOS | RELATIVOS | | | | |
| PISO 1 | 9 | 3.200000 | 0.001755 | 0.001755 | 0.001755 | 0.001755 | 1.000000 | REGULAR |
| | 15 | 3.200000 | 0.001755 | 0.001755 | | | | |
| | 16 | 3.200000 | 0.001755 | 0.001755 | | | | |
| | 18 | 3.200000 | 0.001755 | 0.001755 | | | | |
| DIRECCIÓN Y | | | | | | | | |
| R= | | 3.00 | | | | | | |
| PISO | ETIQUETA | ALTURA (m) | DESPLAZAMIENTO | | MAXIMOS | PROMEDIO | VERIFICACIÓN | |
| | | | ABSOLUTOS | RELATIVOS | | | | |
| PISO 1 | 9 | 3.200000 | 0.000310 | 0.000310 | 0.000361 | 0.000336 | 1.076006 | REGULAR |
| | 15 | 3.200000 | 0.000361 | 0.000361 | | | | |
| | 16 | 3.200000 | 0.000310 | 0.000310 | | | | |
| | 18 | 3.200000 | 0.000361 | 0.000361 | | | | |
| Módulo 02 | | | | | | | | |
| DIRECCIÓN X | | | | | | | | |
| R= | | 6.00 | | | | | | |
| PISO | ETIQUETA | ALTURA (m) | DESPLAZAMIENTO | | MAXIMOS | PROMEDIO | VERIFICACIÓN | |
| | | | ABSOLUTOS | RELATIVOS | | | | |
| PISO 1 | 2 | 3.200000 | 0.001369 | 0.001369 | 0.001369 | 0.001369 | 1.000000 | REGULAR |
| | 4 | 3.200000 | 0.001369 | 0.001369 | | | | |
| | 14 | 3.200000 | 0.001369 | 0.001369 | | | | |
| | 15 | 3.200000 | 0.001369 | 0.001369 | | | | |
| DIRECCIÓN Y | | | | | | | | |
| R= | | 3.00 | | | | | | |
| PISO | ETIQUETA | ALTURA (m) | DESPLAZAMIENTO | | MAXIMOS | PROMEDIO | VERIFICACIÓN | |
| | | | ABSOLUTOS | RELATIVOS | | | | |
| PISO 1 | 2 | 3.200000 | 0.000193 | 0.000193 | 0.000436 | 0.000315 | 1.30 | REGULAR |
| | 4 | 3.200000 | 0.000193 | 0.000193 | | | | |
| | 14 | 3.200000 | 0.000436 | 0.000436 | | | | |
| | 15 | 3.200000 | 0.000436 | 0.000436 | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 19: Verificación por irregularidad torsional del Pabellón 03

| Módulo 01 | | | | | | | | |
|-------------|----------|------------|----------------|-----------|----------|----------|--------------|---------|
| DIRECCIÓN X | | | | | | | | |
| R= | | 6.00 | | | | | | |
| PISO | ETIQUETA | ALTURA (m) | DESPLAZAMIENTO | | MAXIMOS | PROMEDIO | VERIFICACIÓN | |
| | | | ABSOLUTOS | RELATIVOS | | | | |
| PISO 1 | 9.0 | 3.2000 | 0.0021 | 0.0021 | 0.002135 | 0.002130 | 1.002347 | REGULAR |
| | 15.0 | 3.2000 | 0.0021 | 0.0021 | | | | |
| | 16.0 | 3.2000 | 0.0021 | 0.0021 | | | | |
| | 18.0 | 3.2000 | 0.0021 | 0.0021 | | | | |
| DIRECCIÓN Y | | | | | | | | |
| R= | | 6 | | | | | | |
| PISO | ETIQUETA | ALTURA (m) | DESPLAZAMIENTO | | MAXIMOS | PROMEDIO | VERIFICACIÓN | |
| | | | ABSOLUTOS | RELATIVOS | | | | |
| PISO 1 | 9 | 3.200000 | 0.002355 | 0.002355 | 0.002355 | 0.002269 | 1.038131 | REGULAR |
| | 15 | 3.200000 | 0.002182 | 0.002182 | | | | |
| | 16 | 3.200000 | 0.002355 | 0.002355 | | | | |
| | 18 | 3.200000 | 0.002182 | 0.002182 | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 20: Cuadro resumen del diseño de vigas del Pabellón 01/02/04/05/06 y 08

| CUADRO RESUMEN DE VIGAS | | | | | | |
|-------------------------|-------|---------|--------------|------------------|---------------|-----------------------------------|
| MÓDULO 01 | | | | | | |
| Eje | Tramo | Mu | As requerido | As proporcionado | Varillas | Estribos |
| 1-1/2-2 | A-B | 1.933 | 2.23 | 3.96 | 2ø 5/8" | Ø3/8" - 1@0.10;12@0.05,R@0.10 c/e |
| 1-1/2-2 | B-C | 2.5886 | 3.03 | 3.96 | 2ø 5/8" | Ø3/8" - 1@0.10;12@0.05,R@0.10 c/e |
| 1-1/2-2 | C-D | 2.5746 | 3.02 | 3.96 | 2ø 5/8" | Ø3/8" - 1@0.10;12@0.05,R@0.10 c/e |
| 1-1/2-2 | D-E | 2.5811 | 3.02 | 3.96 | 2ø 5/8" | Ø3/8" - 1@0.10;12@0.05,R@0.10 c/e |
| 1-1/2-2 | E-F | 2.5741 | 3.02 | 3.96 | 2ø 5/8" | Ø3/8" - 1@0.10;12@0.05,R@0.10 c/e |
| 1-1/2-2 | F-G | 2.6929 | 3.16 | 3.96 | 2ø 5/8" | Ø3/8" - 1@0.10;12@0.05,R@0.10 c/e |
| 1-1/2-2 | G-H | 2.0663 | 2.39 | 3.96 | 2ø 5/8" | Ø3/8" - 1@0.10;12@0.05,R@0.10 c/e |
| B-B | "1-2 | 23.2622 | 12.83 | 13.05 | 2ø 1"+1ø 3/4" | Ø3/8" - 1@0.05;8@0.15,R@0.25 c/e |
| D-D | "1-2 | 22.9257 | 12.62 | 13.05 | 2ø 1"+1ø 3/4" | Ø3/8" - 1@0.05;8@0.15,R@0.25 c/e |
| F-F | "1-2 | 22.9257 | 12.62 | 13.05 | 2ø 1"+1ø 3/4" | Ø3/8" - 1@0.05;8@0.15,R@0.25 c/e |
| MÓDULO 02 | | | | | | |
| 1-1/2-2 | H-I | 1.9438 | 2.24 | 3.96 | 2ø 5/8" | Ø3/8" - 1@0.10;12@0.05,R@0.10 c/e |
| 1-1/2-2 | I-J | 2.7352 | 2.39 | 3.96 | 2ø 5/8" | Ø3/8" - 1@0.10;12@0.05,R@0.10 c/e |
| 1-1/2-2 | J-K | 2.9352 | 3.47 | 3.96 | 2ø 5/8" | Ø3/8" - 1@0.10;12@0.05,R@0.10 c/e |
| 1-1/2-2 | K-L | 2.7424 | 3.23 | 3.96 | 2ø 5/8" | Ø3/8" - 1@0.10;12@0.05,R@0.10 c/e |
| 1-1/2-2 | L-M | 2.9354 | 3.47 | 3.96 | 2ø 5/8" | Ø3/8" - 1@0.10;12@0.05,R@0.10 c/e |
| 1-1/2-2 | M-N | 1.9706 | 2.27 | 3.96 | 2ø 5/8" | Ø3/8" - 1@0.10;12@0.05,R@0.10 c/e |
| I-I | "1-2 | 22.5659 | 12.39 | 13.05 | 2ø 1"+1ø 3/4" | Ø3/8" - 1@0.05;8@0.15,R@0.25 c/e |
| K-K | "1-2 | 32.1231 | 19.94 | 21.00 | 3ø 1"+2ø 3/4" | Ø3/8" - 1@0.05;8@0.15,R@0.25 c/e |
| M-M | "1-2 | 32.4768 | 22.39 | 21.00 | 3ø 1"+2ø 3/4" | Ø3/8" - 1@0.05;8@0.15,R@0.25 c/e |

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 21: Cuadro resumen del diseño de vigas del Pabellón 07

| CUADRO RESUMEN DE VIGAS | | | | | | |
|-------------------------|-------|--------|--------------|------------------|----------|-----------------------------------|
| MÓDULO 01 | | | | | | |
| Eje | Tramo | Mu | As requerido | As proporcionado | Varillas | Estribos |
| "1-2 | A-B | 1.3504 | 1.53 | 3.96 | 2ø 5/8" | Ø3/8" - 1@0.10;12@0.05,R@0.10 c/e |
| "1-2 | B-C | 2.0517 | 2.37 | 3.96 | 2ø 5/8" | Ø3/8" - 1@0.10;12@0.05,R@0.10 c/e |
| "1-2 | C-D | 1.9255 | 2.22 | 3.96 | 2ø 5/8" | Ø3/8" - 1@0.10;12@0.05,R@0.10 c/e |
| "1-2 | D-E | 1.9189 | 2.21 | 3.96 | 2ø 5/8" | Ø3/8" - 1@0.10;12@0.05,R@0.10 c/e |
| "1-2 | E-F | 1.9257 | 2.22 | 3.96 | 2ø 5/8" | Ø3/8" - 1@0.10;12@0.05,R@0.10 c/e |
| "1-2 | F-G | 1.5433 | 1.76 | 3.96 | 2ø 5/8" | Ø3/8" - 1@0.10;12@0.05,R@0.10 c/e |
| B-B | "1-2 | 3.0474 | 3.62 | 3.96 | 2ø 5/8" | Ø3/8" - 1@0.10;12@0.05,R@0.10 c/e |
| D-D | "1-2 | 3.2323 | 3.85 | 3.96 | 2ø 5/8" | Ø3/8" - 1@0.10;12@0.05,R@0.10 c/e |
| F-F | "1-2 | 3.2067 | 3.82 | 3.96 | 2ø 5/8" | Ø3/8" - 1@0.10;12@0.05,R@0.10 c/e |
| MÓDULO 02 | | | | | | |
| "1-2 | G-H | 1.2142 | 1.75 | 2.58 | 2ø 1/2" | Ø3/8" - 1@0.10;12@0.05,R@0.10 c/e |
| "1-2 | H-I | 1.8821 | 1.77 | 2.58 | 2ø 1/2" | Ø3/8" - 1@0.10;12@0.05,R@0.10 c/e |
| "1-2 | I-J | 1.8906 | 1.78 | 2.58 | 2ø 1/2" | Ø3/8" - 1@0.10;12@0.05,R@0.10 c/e |
| "1-2 | J-K | 1.9012 | 1.79 | 2.58 | 2ø 1/2" | Ø3/8" - 1@0.10;12@0.05,R@0.10 c/e |
| "1-2 | K-L | 1.9257 | 1.81 | 2.58 | 2ø 1/2" | Ø3/8" - 1@0.10;12@0.05,R@0.10 c/e |
| D-D | "1-2 | 3.2356 | 3.86 | 3.96 | 2ø 5/8" | Ø3/8" - 1@0.10;12@0.05,R@0.10 c/e |
| K-K | "1-2 | 3.2356 | 3.86 | 3.96 | 2ø 5/8" | Ø3/8" - 1@0.10;12@0.05,R@0.10 c/e |

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 22: Cuadro resumen del diseño de vigas del Pabellón 03

| CUADRO RESUMEN DE VIGAS | | | | | | |
|-------------------------|-------|---------|--------------|------------------|----------------|----------------------------------|
| MÓDULO 01 | | | | | | |
| Eje | Tramo | Mu | As requerido | As proporcionado | Varillas | Estribos |
| "4-4 | A-B | 10.1647 | 5.81 | 6.81 | 2ø 5/8"+1ø1/2" | Ø3/8" - 1@0.10;11@0.1,R@0.25 c/e |
| "4-4 | B-C | 9.8483 | 5.62 | 6.81 | 2ø 5/8"+1ø3/4" | Ø3/8" - 1@0.10;11@0.1,R@0.25 c/e |
| "4-4 | C-D | 6.1834 | 3.45 | 3.96 | 2ø 5/8" | Ø3/8" - 1@0.10;11@0.1,R@0.25 c/e |
| "3-3 | A-B | 15.5303 | 9.20 | 9.66 | 2ø 5/8"+2ø3/4" | Ø3/8" - 1@0.10;11@0.1,R@0.25 c/e |
| "3-3 | B-C | 12.6406 | 7.34 | 9.66 | 2ø 5/8"+2ø3/4" | Ø3/8" - 1@0.10;11@0.1,R@0.25 c/e |
| "3-3 | C-D | 3.6581 | 2.96 | 3.96 | 2ø 5/8" | Ø3/8" - 1@0.10;11@0.1,R@0.25 c/e |
| "2-2 | A-B | 15.3728 | 9.09 | 9.66 | 2ø 5/8"+2ø3/4" | Ø3/8" - 1@0.10;11@0.1,R@0.25 c/e |
| "2-2 | B-C | 12.5252 | 7.27 | 9.66 | 2ø 5/8"+2ø3/4" | Ø3/8" - 1@0.10;11@0.1,R@0.25 c/e |
| "2-2 | C-D | 3.6581 | 2.96 | 3.96 | 2ø 5/8" | Ø3/8" - 1@0.10;11@0.1,R@0.25 c/e |
| "1-1 | A-B | 6.9455 | 3.90 | 6.54 | 2ø 5/8"+2ø1/2" | Ø3/8" - 1@0.10;11@0.1,R@0.25 c/e |
| "1-1 | B-C | 9.7796 | 5.58 | 6.54 | 2ø 5/8"+2ø1/2" | Ø3/8" - 1@0.10;11@0.1,R@0.25 c/e |
| "1-1 | C-D | 6.1559 | 3.44 | 3.96 | 2ø 5/8" | Ø3/8" - 1@0.10;11@0.1,R@0.25 c/e |
| A-A | "1-2 | 4.707 | 4.14 | 5.25 | 2ø 5/8"+1ø1/2" | Ø3/8" - 1@0.10;8@0.10,R@0.15 c/e |
| A-A | "2-3 | 5.7292 | 5.12 | 5.25 | 2ø 5/8"+1ø1/2" | Ø3/8" - 1@0.10;8@0.10,R@0.15 c/e |
| A-A | "3-4 | 4.974 | 4.10 | 5.25 | 2ø 5/8"+1ø1/2" | Ø3/8" - 1@0.10;8@0.10,R@0.15 c/e |
| B-B | "1-2 | 6.0411 | 5.43 | 6.54 | 2ø 5/8"+2ø1/2" | Ø3/8" - 1@0.10;8@0.10,R@0.15 c/e |
| B-B | "2-3 | 6.3556 | 5.34 | 6.54 | 2ø 5/8"+2ø1/2" | Ø3/8" - 1@0.10;8@0.10,R@0.15 c/e |
| B-B | "3-4 | 6.8311 | 5.78 | 6.54 | 2ø 5/8"+2ø1/2" | Ø3/8" - 1@0.10;8@0.10,R@0.15 c/e |
| C-C | "1-2 | 6.0274 | 5.41 | 6.54 | 2ø 5/8"+2ø1/2" | Ø3/8" - 1@0.10;8@0.10,R@0.15 c/e |
| C-C | "2-3 | 6.2841 | 5.27 | 6.54 | 2ø 5/8"+2ø1/2" | Ø3/8" - 1@0.10;8@0.10,R@0.15 c/e |
| C-C | "3-4 | 6.7733 | 5.72 | 6.54 | 2ø 5/8"+2ø1/2" | Ø3/8" - 1@0.10;8@0.10,R@0.15 c/e |
| D-D | "1-2 | 4.4872 | 3.68 | 5.25 | 2ø 5/8"+1ø1/2" | Ø3/8" - 1@0.10;8@0.10,R@0.15 c/e |
| D-D | "2-3 | 5.2497 | 4.46 | 5.25 | 2ø 5/8"+1ø1/2" | Ø3/8" - 1@0.10;8@0.10,R@0.15 c/e |
| D-D | "3-4 | 4.7159 | 3.88 | 5.25 | 2ø 5/8"+1ø1/2" | Ø3/8" - 1@0.10;8@0.10,R@0.15 c/e |

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 23: Acero de la losa aligerada del Pabellón 07

| LOSA ALIGERADA | | | | |
|-----------------------|-------|--------------|------------------|-----------------|
| MÓDULO 01 | | | | |
| EJE | MU | As requerido | As proporcionado | Varillas |
| A | 0.168 | 1.01 | 1.29 | 1 Ø 1/2" |
| A-B | 0.326 | 0.51 | 0.71 | 1Ø 3/8" |
| B | 0.681 | 1.15 | 1.29 | 1 Ø 1/2" |
| B-C | 0.551 | 1.13 | 2 | 1Ø 1/2"+1Ø 3/8" |
| C | 0.679 | 1.15 | 1.29 | 1 Ø 1/2" |
| C-D | 0.293 | 0.60 | 0.71 | 1Ø 3/8" |
| D | 0.573 | 1.01 | 1.29 | 1 Ø 1/2" |
| D-E | 0.434 | 0.68 | 0.71 | 1Ø 3/8" |
| E | 0.469 | 1.01 | 1.29 | 1 Ø 1/2" |
| E-F | 0.166 | 1.10 | 2 | 1Ø 1/2"+1Ø 3/8" |
| F | 0.696 | 1.18 | 1.29 | 1 Ø 1/2" |
| F-G | 0.896 | 1.43 | 2 | 1Ø 1/2"+1Ø 3/8" |
| G | 0.255 | 1.01 | 1.29 | 1 Ø 1/2" |
| MÓDULO 02 | | | | |
| G | 0.104 | 1.010 | 1.29 | 1 Ø 1/2" |
| G-H | 0.136 | 0.410 | 0.71 | 1Ø 3/8" |
| H | 0.564 | 1.010 | 1.29 | 1 Ø 1/2" |
| H-I | 0.516 | 1.059 | 2 | 1Ø 1/2"+1Ø 3/8" |
| I | 0.784 | 1.333 | 2 | 1Ø 1/2"+1Ø 3/8" |
| I-J | 0.477 | 0.977 | 2 | 1Ø 1/2"+1Ø 3/8" |
| J | 0.597 | 1.010 | 1.29 | 1 Ø 1/2" |
| J-K | 0.312 | 0.490 | 0.71 | 1Ø 3/8" |
| K | 1.022 | 1.818 | 2 | 1Ø 1/2"+1Ø 3/8" |
| K-L | 0.959 | 1.534 | 2 | 1Ø 1/2"+1Ø 3/8" |
| L | 0.347 | 1.010 | 1.29 | 1 Ø 1/2" |

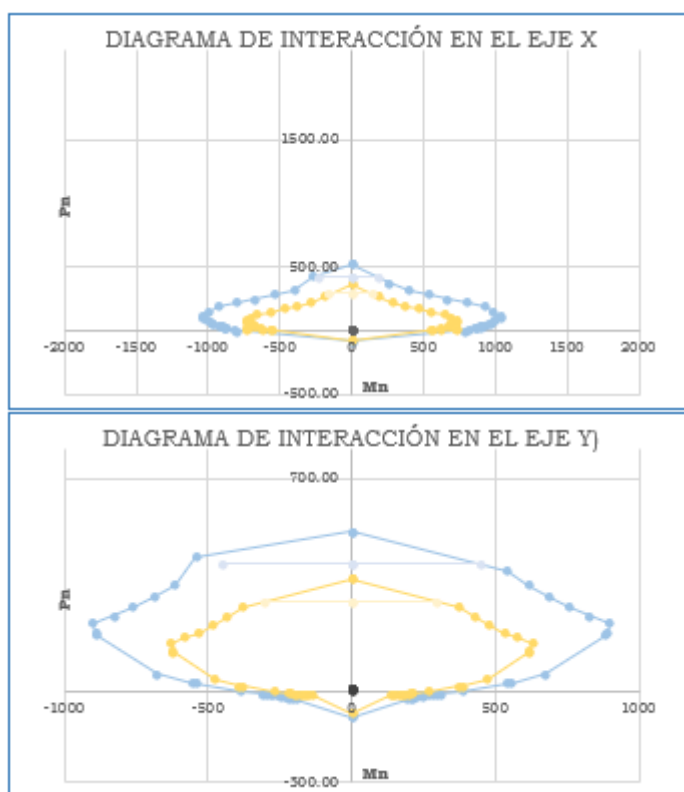
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 24: Acero de la losa aligerada del Pabellón 03

| LOSA ALIGERADA | | | | |
|-----------------------|-------|--------------|------------------|----------|
| TRAMO 01 | | | | |
| EJE | MU | As requerido | As proporcionado | Varillas |
| C | 0.371 | 1.01 | 1.29 | 1 Ø 1/2" |
| C-D | 1.504 | 2.44 | 2.58 | 2 Ø 1/2" |
| D | 0.371 | 1.01 | 1.29 | 1 Ø 1/2" |
| TRAMO 02 | | | | |
| 1 | 0.492 | 1.01 | 1.29 | 1 Ø 1/2" |
| 1-2 | 1.387 | 2.25 | 2.58 | 2 Ø 1/2" |
| 2 | 1.162 | 2.12 | 2.58 | 2 Ø 1/2" |
| 2-3 | 0.569 | 1.17 | 1.29 | 1 Ø 1/2" |
| 3 | 1.336 | 2.52 | 2.58 | 2 Ø 1/2" |
| 3-4 | 1.147 | 2.40 | 2.58 | 2 Ø 1/2" |
| 4 | 0.544 | 1.01 | 1.29 | 1 Ø 1/2" |

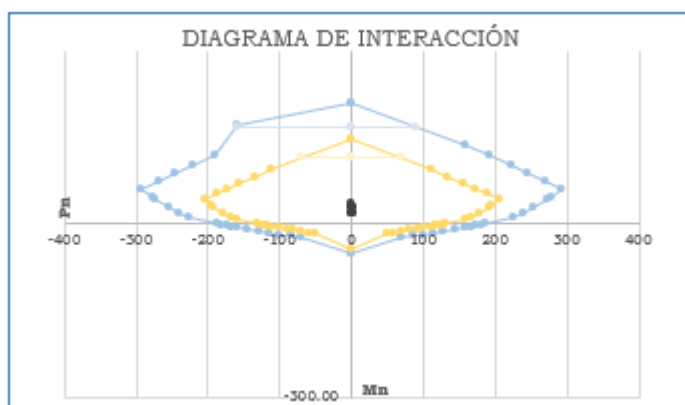
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 25: Diagrama de interacción de una columna en L



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 26: Diagrama de interacción de una columna cuadrada



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 27: Fuerzas de inercia ante el sismo moderado del Pabellón 07

| MÓDULO 01 | | | | | | |
|--|--------|----------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| Fuerzas de inercia ante el sismo moderado | | | | | | |
| Nivel | hi (m) | Wi (ton) | Wi hi (ton-m) | Sismo Moderado | | Sismo Severo |
| | | | | Fi (ton) | Hi (ton) | VEi (ton) =2Hi |
| 1 | 3.2 | 77.7 tn | 248.5 ton-m | 48.1 tn | 48.1 tn | 96.1 tn |
| Σ Total | | 77.7 tn | 248.5 ton-m | 48.1 tn | | |
| MÓDULO 02 | | | | | | |
| Nivel | hi (m) | Wi (ton) | Wi hi (ton-m) | Sismo Moderado | | Sismo Severo |
| | | | | Fi (ton) | Hi (ton) | VEi (ton) =2Hi |
| 1 | 3.2 | 65.5 tn | 209.6 ton-m | 40.5 tn | 40.5 tn | 81.1 tn |
| Σ Total | | 65.5 tn | 209.6 ton-m | 40.5 tn | | |

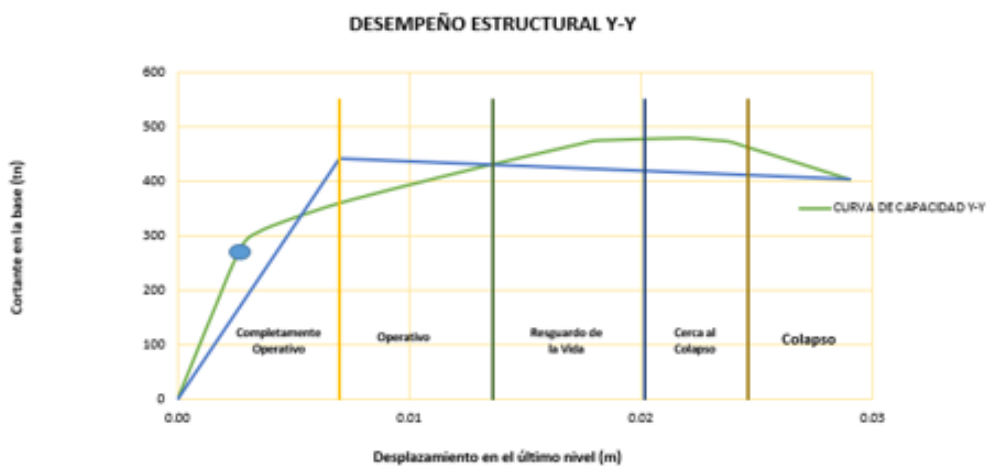
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 28: Verificación ante el sismo moderado del pabellón 07

| PABELLÓN 07 | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------|---------|---------|------|------|-------------|---------|--------------|---------|---------|-----------|-------------|---------|
| Muro | L(m) | Pg(ton) | Ve(ton) | Me | a | Espesor (m) | Vm(ton) | 0.55Vm (ton) | Vm1/Ve1 | Vu(Ton) | Mu(Ton-m) | Ve ≤ 0.55Vm | Vu < Vm |
| MÓDULO 01 | | | | | | | | | | | | | |
| Y-1 | 4.00 | 5.82 | 0.16 | 0.53 | 1.00 | 0.23 | 38.60 | 21.23 | 3.00 | 0.49 | 1.58 | CUMPLE | CUMPLE |
| Y-2 | 3.20 | 4.65 | 0.26 | 0.63 | 1.00 | 0.23 | 30.88 | 16.98 | 3.00 | 0.77 | 1.88 | CUMPLE | CUMPLE |
| Y-3 | 3.20 | 4.65 | 0.27 | 0.64 | 1.00 | 0.23 | 30.88 | 16.98 | 3.00 | 0.80 | 1.91 | CUMPLE | CUMPLE |
| Y-4 | 4.00 | 5.82 | 0.16 | 0.53 | 1.00 | 0.23 | 38.60 | 21.23 | 3.00 | 0.49 | 1.58 | CUMPLE | CUMPLE |
| MÓDULO 02 | | | | | | | | | | | | | |
| Y-5 | 4.00 | 5.82 | 0.17 | 0.53 | 1.00 | 0.23 | 38.60 | 21.23 | 3.00 | 0.50 | 1.59 | CUMPLE | CUMPLE |
| Y-6 | 3.20 | 4.65 | 0.25 | 0.62 | 1.00 | 0.23 | 30.88 | 16.98 | 3.00 | 0.75 | 1.86 | CUMPLE | CUMPLE |
| Y-7 | 3.20 | 4.65 | 0.26 | 0.63 | 1.00 | 0.23 | 30.88 | 16.98 | 3.00 | 0.77 | 1.88 | CUMPLE | CUMPLE |
| Y-8 | 4.00 | 5.82 | 0.17 | 0.53 | 1.00 | 0.23 | 38.60 | 21.23 | 3.00 | 0.50 | 1.59 | CUMPLE | CUMPLE |

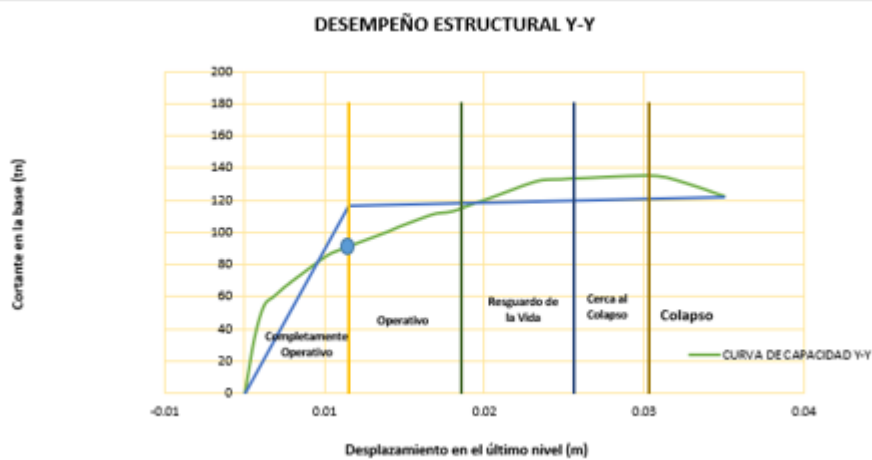
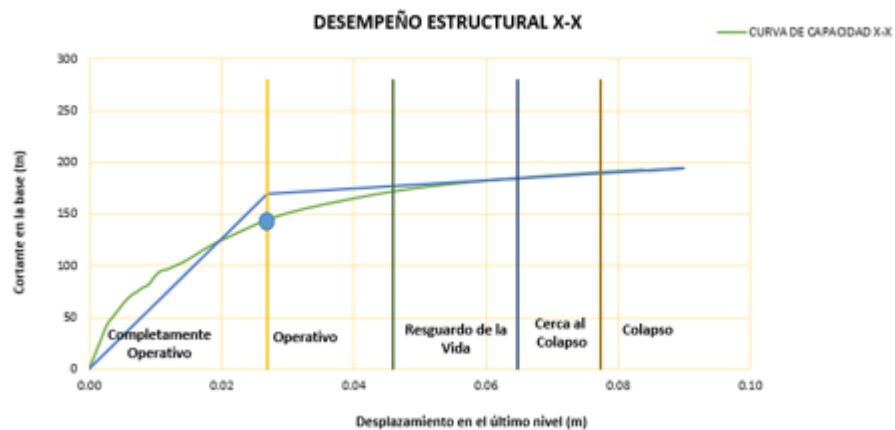
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 29: Desempeño estructural del módulo 02 del Pabellón 01/02/04/05/06 y 08



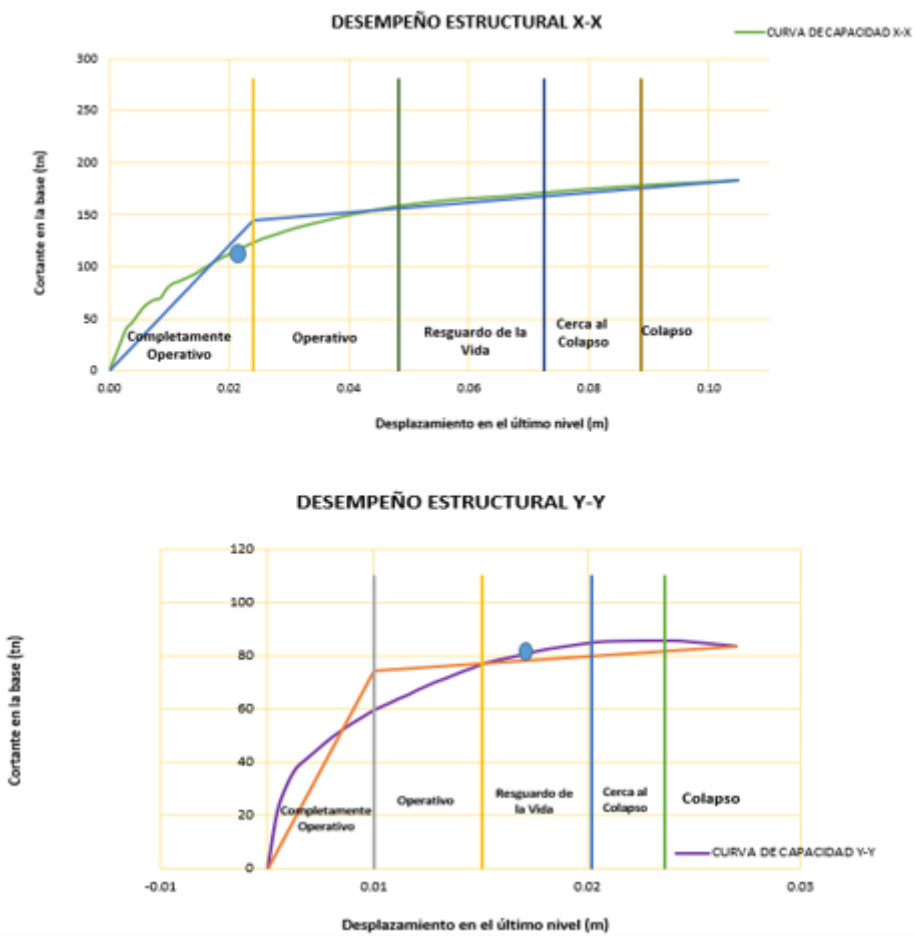
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 30: Desempeño estructural del módulo 01 del Pabellón 07



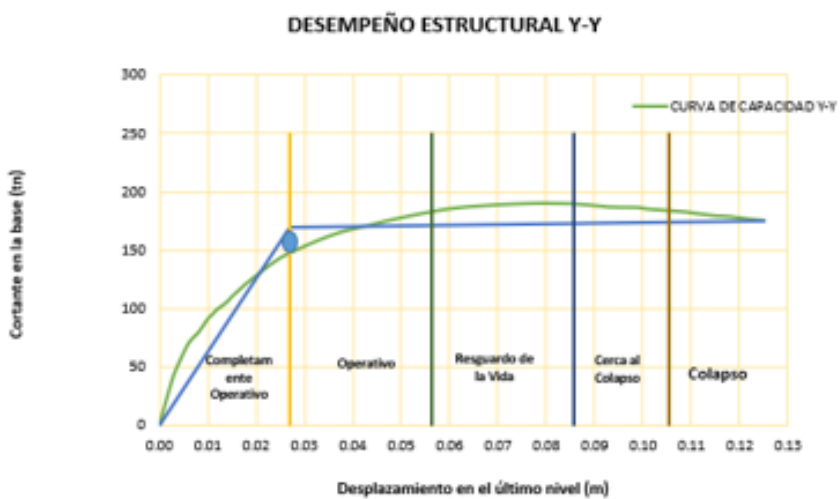
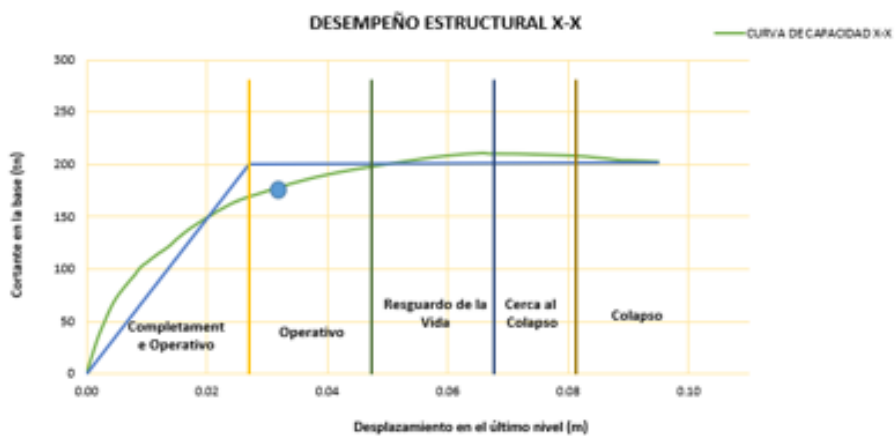
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 31: Desempeño estructural del módulo 02 del Pabellón 07



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 32: Desempeño estructural del del Pabellón 03



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 33: Informe situacional

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE
MOGROVEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

**INFORME DE ESTADO SITUACIONAL DE LA I.E SAN CARLOS
UBICADA EN MONSEFÚ-CHICLAYO.****ASESOR:**

- ALVAREZ RUFFRÁN JORGE

ESTUDIANTE:

- Llontop Mora, Xiomara

ÍNDICE

| | | |
|------|---|----|
| I. | EVIDENCIAS DE ZONAS AFECTADAS | 3 |
| II. | HISTORIAL DE DAÑOS | 11 |
| III. | EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACIÓN..... | 11 |
| 3.1 | Pabellón 01 | 11 |
| 3.2 | Pabellón 02 | 11 |
| 3.3 | Pabellón 03 | 11 |
| 3.4 | Pabellón 04 | 11 |
| 3.5 | Pabellón 05 | 11 |
| 3.6 | Pabellón 06 | 11 |
| 3.7 | Pabellón 07 | 11 |
| 3.8 | Pabellón 08 | 11 |
| IV. | CONCLUSIONES..... | 12 |

I. EVIDENCIAS DE ZONAS AFECTADAS

Figura N°01: Grieta



Fuente propia

Figura N°02: Erosión del concreto



Fuente propia

Figura N°03: Grieta



Fuente propia

Figura N°04: Fisuras



Fuente propia

Figura N°05: Carbonatación



Fuente propia

Figura N°06: Fisuración



Fuente propia

Figura N°07: Carbonatación



Fuente propia

Figura N°08: Fisuración



Fuente propia

Figura N°09: Erosión



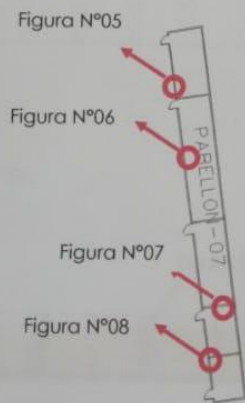
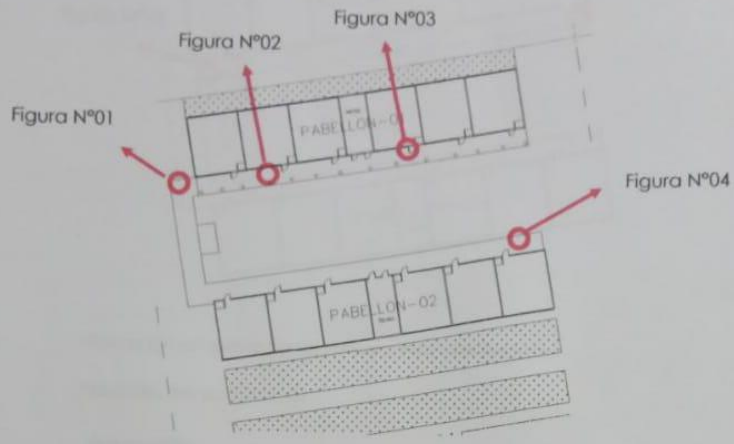
Fuente propia

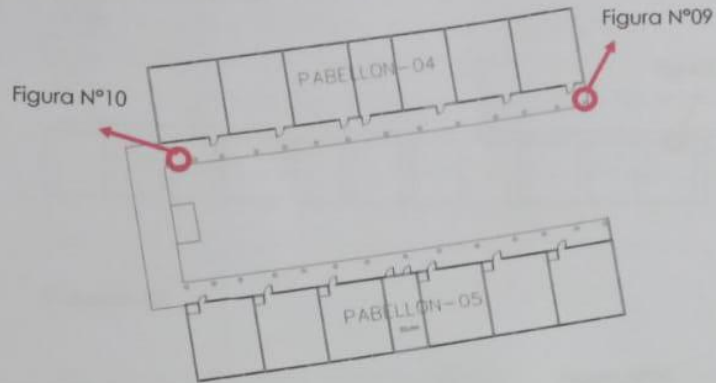
Figura N°10: Grietas



Fuente propia

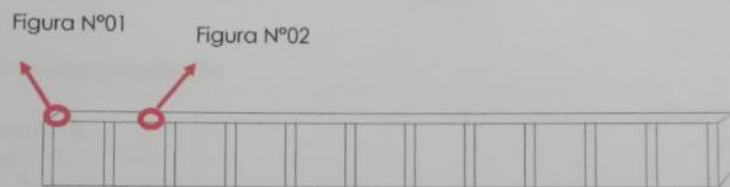
Ubicación en planta de las zonas afectadas:



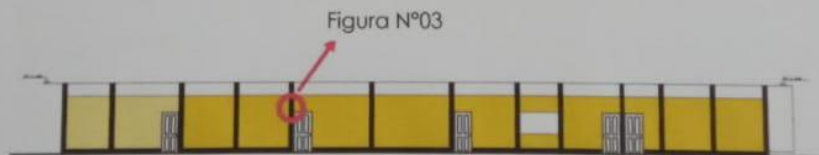


Ubicación en elevaciones de las zonas afectadas:

Pasadizo del pabellón 01:



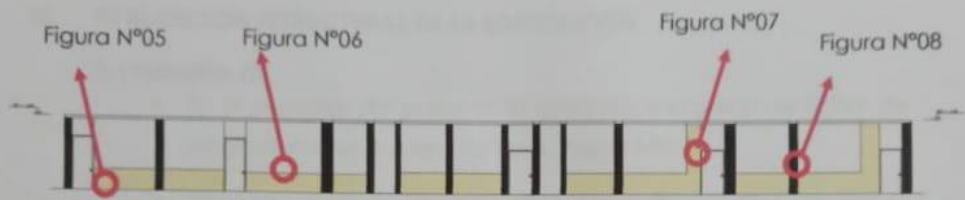
Pabellón 01:



Pasadizo pabellón 02:



Pabellón 07:



Pasadizo pabellón 04:



II. HISTORIAL DE DAÑOS

La I.E San Carlos presenta 56 años de antigüedad. Los sismos más importantes en Chiclayo durante esos 56 años fueron uno en 1995, un 23 de setiembre un sismo de 5.1 grados estremeció cinco departamentos y en los últimos 10 años en la región Lambayeque los principales sismos registrados fueron: Lambayeque en el año 2013 con una magnitud de 5.2 ML, Ferreñafe en el año 2019 con una magnitud de 5.2 ML [3], Pimentel en el año 2020 con una magnitud de 4.2 ML. Hasta ahora no ha ocurrido un sismo de gran magnitud por lo tanto nos encontramos en un silencio sísmico.

III. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACIÓN

3.1 Pabellón 01

- En el pasadizo del pabellón 01 presenta una grieta de 0.55m de longitud, con un espesor de 1 cm. (Figura N°01)
- Tiene una grieta de 1m de longitud con un espesor de 1 cm. (Figura N°02)
- Presenta erosión del concreto en el pasadizo. (Figura N°03)

3.2 Pabellón 02

- Presenta una fisura 0.8 mm de espesor con un largo de 0.8 m. (Figura N°04)
- En las aulas también se pudo observar fisuras y carbonatación en las columnas

3.3 Pabellón 03

- Son las oficinas de la I.E San Carlos también presentan fisuras y grietas

3.4 Pabellón 04

- Presenta erosión del concreto al final del aula 06. Un desprendimiento con un área de 0.25 x 0.17 m (Figura N°09)

3.5 Pabellón 05

- En las aulas también se pudo observar fisuras y carbonatación en las columnas

3.6 Pabellón 06

- En las aulas también se pudo observar fisuras y carbonatación en las columnas

3.7 Pabellón 07

- Entre las aulas 01 y 02 al lado de la puerta presenta carbonatación (Figura N°05)
- En el aula 02 presenta una fisura de 1.2 m de longitud con un espesor de 0.5 cm (Figura N°06)
- Una columna interior del aula 04 presenta carbonatación. (Figura N°07)
- Una columna exterior del aula 04 presenta una grieta con una longitud de 0.3m con un espesor de 2 cm. (Figura N°08)

3.8 Pabellón 08

- En las aulas también se pudo observar fisuras y carbonatación en las columnas

IV. CONCLUSIONES

Debido a que los 08 pabellones presentan una gran cantidad de patologías (según el informe brindado) en sus estructuras se puede evidenciar la poca resistencia que tiene la edificación. Nos encontramos en un silencio sísmico y las instituciones educativas son consideradas edificaciones esenciales, es decir pueden servir como refugio durante un movimiento telúrico por lo tanto se requiere de manera urgente una optimización de las estructuras de la I.E San Carlos.