



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA I.E.
EMBLEMÁTICA SAN JUAN DE LA CIUDAD DE
TRUJILLO”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Br. Carlos Gabriel Pecori Zavaleta

Br. Octoniel Cruz Miranda

Asesor:

Ing. Jorge Luis Paredes Estacio

Trujillo – Perú
2018

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** el trabajo de suficiencia profesional desarrollado por los Bachilleres:

Octoniel Cruz Miranda y Carlos Gabriel Pecori Zavaleta, denominado:

“ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA I.E. EMBLEMÁTICA SAN JUAN DE LA CIUDAD DE TRUJILLO, 2018”

Ing. Jorge Luis Paredes Estacio
ASESOR

Ms. Gonzalo Hugo Díaz García
JURADO
PRESIDENTE

Ing. Julio Félix Valeriano Murga
JURADO

Ing. Eleodoro Jorge Valderrama Fernández
JURADO

DEDICATORIA

A DIOS

Primeramente, por brindarme la vida y haberme regalado una hermosa familia; así mismo haber puesto en mi camino a grandes personas, ayudándome a vencer obstáculos y cada día salir adelante.

Por eso, le agradezco con toda humildad desde mi corazón

A MIS PADRES

Por su ayuda incondicional y sus consejos que me motivaron a continuar en esta dura labor y tanto como sus ejemplos, dedicación y palabras de aliento, estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera.

A MI FAMILIA

Este esfuerzo no hubiera sido posible sin el apoyo de mi familia, cuya paciencia y aliento, supieron guiarme y darme la fuerza necesaria para lograr todas mis metas propuestas.

A MI MADRE Y ABUELITA

Quienes siempre me apoyaron en todo y me supieron guiarme en el buen camino de la vida, brindándome sus sabios consejos y enseñanzas en la vida cotidiana, en la vida profesional y en todos los ámbitos de mi existencia.

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis no hubiera sido posible sin la participación, el apoyo y la compañía de muchas personas. En primer lugar, queremos agradecer a nuestros padres, hermanos y a nuestra familia, por su ayuda incondicional brindado en todo este tiempo.

Una persona central en esta tesis así como en nuestra formación universitaria, profesional y humana ha sido nuestro asesor el Ing. Jorge Paredes Estacio. Gracias a él por su apoyo metodológico y profesional para la orientación en el desarrollo de nuestra tesis. Así mismo, gracias por la gran cantidad y calidad de saberes brindados en este tiempo.

Un agradecimiento especial a la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por el apoyo brindado en la etapa de nuestra formación profesional.

Otro agradecimiento cordial es dirigido a nuestros queridos docentes, que a lo largo de nuestra formación académica, nos inculcaron la dedicación al estudio y la constante superación personal.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS	IV
INDICE DE CONTENIDOS	V
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT	XV
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	16
1.1. Realidad problemática.....	16
1.2. Formulación del problema	19
1.3. Justificación	20
1.4. Limitaciones.....	20
1.5. Objetivos.....	21
1.5.1. Objetivo general.....	21
1.5.2. Objetivos específicos	21
CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	22
2.1. Antecedentes	22
2.1.1 Antecedentes Locales.....	22
2.1.2 Antecedentes Nacionales	23
2.1.3 Antecedentes Internacionales	24
2.2. Bases teóricas.....	25
2.2.1 Peligrosidad Sísmica.....	25
2.2.2 Vulnerabilidad Sísmica.....	25
2.2.3 Riesgo Sísmico	26
2.2.4 Clasificación de la Vulnerabilidad Sísmica	26
A. Vulnerabilidad Estructura	26
B. Vulnerabilidad no Estructural	26
C. Vulnerabilidad Funcional	27
2.2.5 Métodos para la Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica	27
2.2.5.1 Clasificación Según Corsanego y Petrini (1990)	28
A. Técnicas Directas	28
B. Técnicas Indirectas.....	28
C. Técnicas Convencionales.....	28
D. Técnicas Híbridas	28
2.2.5.2 Clasificación Según Dolce (1994)	28
A. Clasificación Según Benjamín Hernández	29
B. Clasificación Según Morales, Francis	29

2.2.5.3. Método de Benedetti y Petrini	30
A. Descripción de los Parámetros del Método del Índice de Vulnerabilidad	31
1. Organización del Sistema Resistente	31
2. Calidad del Sistema Resistente	31
3. Resistencia Convencional	32
4. Posición del Edificio y de la Cimentación	34
5. Diafragmas Horizontales	34
6. Configuración en planta	34
7. Configuración en Elevación	35
8. Separación Máxima entre Muros	36
9. Tipos de Cubierta	36
10. Elementos no Estructurales	37
11. Estado de Conservación	37
2.2.6 Factores que Influyen en la Vulnerabilidad Sísmica	38
A. Criterios de Estructuración	39
B. Problemas de Configuración Arquitectónica	40
C. Configuración Geométrica	40
D. Configuración Estructural	40
2.2.7 Criterios de Diseño Sísmico	41
2.2.8 Análisis Estático o de Fuerzas Equivalentes	43
2.2.9 Análisis Dinámico Modal Espectral	44
2.2.10 Hipótesis	45
CAPITULO III: METODOLOGÍA	46
3.1 Operacionalización de variables	46
3.2 Diseño de investigación	46
3.3 Unidad de estudio	47
3.4 Población	47
3.5 Muestra	47
3.6 Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos	47
3.6.1 Técnicas	47
A. Técnica Documental	47
B. Técnica de Campo	47
3.6.2 Instrumentos	47
3.6.3 Procedimiento	48
A. Recolección de Documentación	48
B. Levantamiento Topográfico	48
C. Aplicación del Método del índice de Vulnerabilidad	48
D. Ensayos de Laboratorio	48
3.7 Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos	48

3.7.1 Métodos	48
A. Método Inductivo-Deductivo.....	48
B. Método Analítico.....	49
3.7.2 Instrumentos	49
3.7.3 Procedimiento	49
CAPITULO VI: RESULTADOS.....	50
4.1 Evaluación de los Parámetros del índice de Vulnerabilidad	53
A. Pabellón A	53
B. Pabellón C	70
C. Pabellón J.....	85
4.2 Determinación del Índice de Vulnerabilidad.....	100
4.3 Grado de Vulnerabilidad Sísmica.....	101
4.4 Problemas no incluidos en el Método del índice de Vulnerabilidad.....	101
A. Corrosión en el Acero	102
B. Fisuras en Columnas.....	102
C. Falta de Verticalidad de los aceros en Columnas	104
D. Escaleras en Mal Estado.....	106
E. Problemas de Columna Corta	108
F. Exposición de Acero en Losa Aligerada	109
4.5 Modelación Estructural del Pabellón C	110
A. Modelación de Columnas y Vigas	111
B. Modelación de Muros de Concreto, Albañilería y la Losa Aligerada.....	111
C. Metrado de Cargas.....	112
4.6 Análisis Sísmico	116
4.5.1 Cálculo Del Espectro Seudo – Aceleraciones	117
4.5.2 Cálculo del Cortante Estático en la Base.....	119
4.5.3 Distorsión de Entrepiso	123
4.5.4 Fuerza Cortante Mínima en la Base	123
4.5.5 Control de Fisuración	124
4.5.6 Resistencia al Corte Global	129
CAPITULO V. DISCUSION DE RESULTADOS	130
CONCLUSIONES.....	147
RECOMENDACIONES	148
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	149
ANEXOS.....	150

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I-1: Evolución de la Norma Sísmica E.030	17
TABLA II-1: Escala Numérica del Índice de Vulnerabilidad de Benedetti	30
Tabla II-2: Intervalo para asignar la clase de vulnerabilidad	31
Tabla II-3: Valores recomendados de esfuerzo cortante máximo para paneles de mampostería. 33	
Tabla IV-1: Datos iniciales para la resistencia convencional	58
Tabla IV-2: Datos iniciales para el área resistente	58
Tabla IV-3: Área total resistente en la dirección x e y	59
Tabla IV-4: Resistencia Convencional.....	59
Tabla IV-5: Configuración en Planta.....	62
Tabla IV-6: Configuración en Planta.....	64
Tabla IV-7: Datos iniciales para la resistencia convencional	74
Tabla IV-8: Datos iniciales para el área resistente	75
Tabla IV-9: Área total resistente en la dirección x e y	75
Tabla IV-10: Resistencia Convencional.....	75
Tabla IV- 11: Configuración en Planta.....	78
Tabla IV-12: Configuración en Planta.....	80
Tabla IV-13: Datos iniciales para la resistencia convencional	88
Tabla IV-14: Datos iniciales para el área resistente	89
Tabla IV-15: Área total resistente en la dirección x e y	89
Tabla IV-16: Resistencia Convencional.....	89
Tabla IV- 17: Configuración en Planta.....	92
Tabla IV-18: Configuración en Planta (Relación de áreas)	94
Tabla IV-19: Configuración en Planta (relación de alturas).....	94
Tabla IV-20: índice de Vulnerabilidad del Pabellón A de la I.E. Emblemática San Juan.....	100
Tabla IV-21: índice de Vulnerabilidad del Pabellón C de la I.E. Emblemática San Juan.....	100
Tabla IV-22: índice de Vulnerabilidad del Pabellón C de la I.E. Emblemática San Juan.....	101
Tabla IV-23: Grado de Vulnerabilidad de los pabellones A, C y J de la I.E San Juan.....	101
Tabla IV-24: Cargas Distribuidas en Vigas – Pabellón C – Bloque I.....	112
Tabla IV-25: Cargas Distribuidas en Vigas – Pabellón C – Bloque II.....	115
Tabla IV-26: Sistema Estructural del Pabellón C –Bloque I y II	116
Tabla IV-27: Sistema Estructural del Pabellón C –Bloque I y II	117
Tabla IV-28: Aceleración espectral – Dirección X e Y.....	117
Tabla IV-29: Masa Participativa – Pabellón C – Bloque I.....	120
Tabla IV-30: Masa Participativa – Pabellón C – Bloque II.....	121
Tabla IV-31: Masa Por Nivel – Pabellón C – Bloque I.....	122
Tabla IV-32: Masa Por Nivel – Pabellón C – Bloque II.....	122

Tabla IV- 33: Distorsión de entrepiso – Pabellón C – Bloque I	123
Tabla IV- 34: Distorsión de entrepiso– Pabellón C – Bloque II	123
Tabla IV- 35: Fuerza Cortante Mínima en la Base – Pabellón C – Bloque I	123
Tabla IV - 36: Fuerza Cortante Mínima en la Base – Pabellón C – Bloque II	124
Tabla IV - 37: Control de Fisuración – Pabellón C –Primer Nivel - Bloque I	125
Tabla IV - 38: Control de Fisuración – Pabellón C – Segundo Nivel - Bloque I	126
Tabla IV - 39: Control de Fisuración – Pabellón C – Primer Nivel - Bloque I	126
Tabla IV - 40: Control de Fisuración – Pabellón C – Segundo Nivel - Bloque I	126
Tabla IV - 41: Control de Fisuración – Pabellón C –Primer Nivel - Bloque II	127
Tabla IV - 42: Control de Fisuración – Pabellón C –Segundo Nivel - Bloque II	128
Tabla IV - 43: Control de Fisuración – Pabellón C –Primer Nivel - Bloque II	128
Tabla IV - 44: Control de Fisuración – Pabellón C – Segundo Nivel - Bloque II	128
Tabla IV - 45: Resistencia Global – Pabellón C – Bloque I	129
Tabla IV - 46: Resistencia al Corte Global – Pabellón C – Bloque II	129
Tabla V - 1: Parámetro 1 – Calificación Obtenida por Pabellones	131
Tabla V - 2: Parámetro 2 – Calificación Obtenida por Pabellones	132
Tabla V - 3: Parámetro 3 – Calificación Obtenida por Pabellones	133
Tabla V - 4: Parámetro 4 – Calificación Obtenida por Pabellones	133
Tabla V - 5: Parámetro 5 – Calificación Obtenida por Pabellones	134
Tabla V - 6: Parámetro 6 – Calificación Obtenida por Pabellones	135
Tabla V - 7: Parámetro 7 – Calificación Obtenida por Pabellones	136
Tabla V - 8: Parámetro 8 – Calificación Obtenida por Pabellones	136
Tabla V - 9: Parámetro 9 – Calificación Obtenida por Pabellones	137
Tabla V - 10: Parámetro 10 – Calificación Obtenida por Pabellones	138
Tabla V - 11: Parámetro 11 – Calificación Obtenida por Pabellones	139
Tabla V - 12: Periodo de vibración –Pabellón C de la I.E San Juan	140
Tabla V - 13: Distorsión de Entrepiso –Pabellón C – Bloque I	140
Tabla V - 14: Distorsión de Entrepiso –Pabellón C – Bloque I	140
Tabla V - 15: Distorsión de Entrepiso –Pabellón C – Bloque I	141

ÍNDICE DE FIGURAS

GRÁFICO N° 01: Principales Sismos en el Perú desde 1970.....	18
FIGURA N° 01: Riesgo Sísmico en América Latina	18
FIGURA N° 02: Configuración en planta de la estructura	35
FIGURA N° 03: Configuración en altura de la estructura	35
FIGURA N° 04: Tipología de cubiertas.....	37
FIGURA N° 05: Ubicación de la Institución Educativa Emblemática San Juan	50
FOTO N°01: Frontis de la Institución Educativa Emblemática San Juan.....	51
FOTO N°02: Patio Principal de la Institución Educativa Emblemática San Juan.....	51
FIGURA N° 06: Croquis de la Institución Educativa Emblemática San Juan.....	52
FOTO N°03: Pabellón A de la I.E. Emblemática San Juan	53
FOTO N°04: Pabellón A –Tercer Nivel	54
FOTO N°05: Pabellón A –Tercer Nivel	54
FOTO N°06: Pabellón A –Segundo Nivel	55
FOTO N°07: Pabellón A –Segundo Nivel	55
FOTO N°08: Pabellón A –Primer Nivel	56
FIGURA N°07: Planta – Pabellón A –Primer Nivel.....	57
FIGURA N°08: Planta – Pabellón A –Primer Nivel-Bloque I	58
FOTO N°9: Pabellón A – Primer Nivel-Parte Posterior.....	60
FOTO N°10: Costado del Pabellón A –Primer Nivel.....	60
FOTO N°11: Pabellón A – Tercer nivel.....	61
FIGURA N°09: Planta – Pabellón A –Primer Nivel-Bloque I	62
FIGURA N°10: Planta – Pabellón A –Primer Nivel – Bloque I.....	63
FIGURA N°11: Planta – Pabellón A – Segundo Nivel-Bloque I.....	63
FIGURA N°12: Planta – Pabellón A – Primer Nivel-Bloque I	64
FOTO N°12: Pabellón A – Tercer nivel.....	65
FOTO N°13: Pabellón A - Tercer Nivel.....	65
FOTO N°14: Pabellón A - Tercer Nivel.....	66
FOTO N°15: Pabellón A – Parapeto-Azotea.....	67
FOTO N°16: Pabellón A – Parapeto –Azotea.....	67
FOTO N°17: Pabellón A – Parapeto –Azotea.....	67
FOTO N°18: Pabellón A – Primer Nivel – Parte lateral	68
FOTO N°19: Pabellón A – Primer Nivel	69
FOTO N°20: Pabellón A – Tercer Nivel	69
FOTO N°21: Pabellón C de la I.E. Emblemática San Juan	70
FOTO N°22: Pabellón C.....	70
FOTO N°23: Pabellón C –Segundo Nivel	71
FOTO N°24: Pabellón C –Segundo Nivel	72

FOTO N°25: Pabellón C –Segundo Nivel	72
FOTO N°26: Pabellón C – Azotea	72
FIGURA N°13: Planta – Pabellón C –Primer Nivel.....	74
FIGURA N°14: Planta – Pabellón C –Primer Nivel-Bloque II	74
FOTO N°27: Pabellón C – Primer nivel	76
FOTO N°28: Pabellón C - Segundo Nivel.....	77
FIGURA N°15: Planta – Pabellón C –Primer Nivel-Bloque II	78
FOTO N°29: Pabellón C.....	79
FIGURA N°16: Planta – Pabellón C – Primer Nivel-Bloque II	79
FIGURA N°17: Planta – Pabellón C – Segundo Nivel-Bloque II	79
FIGURA N°18: Planta – Pabellón C – Primer Nivel-Bloque II	80
FOTO N°30: Pabellón C –Parte frontal.....	81
FOTO N°31: Pabellón C – Parte Posterior	82
FOTO N°32: Pabellón C – Parapeto Azotea.....	82
FOTO N°33: Pabellón C – Parapeto Azotea –Parte posterior	83
FOTO N°34: Pabellón C – Parte frontal.....	83
FOTO N°35: Pabellón C –Escalera	84
FOTO N°36: Pabellón C –Parte Lateral.....	84
FOTO N°37: Pabellón J de la I.E. Emblemática San Juan.....	85
FOTO N°38: Pabellón J – Primer Nivel.....	85
FOTO N°39: Pabellón J	86
FOTO N°40: Pabellón J-Primer Nivel	87
FIGURA N°19: Planta – Pabellón J –Primer Nivel	88
FOTO N°41: Pabellón J– Primer nivel	90
FOTO N°42: Pabellón J –Parte Lateral.....	91
FIGURA N°20: Planta – Pabellón J - Primer Nivel	92
FOTO N°43: Pabellón C.....	93
FIGURA N°21: Planta – Pabellón J – Primer Nivel	93
FIGURA N°22: Planta – Pabellón J – Segundo Nivel.....	94
FIGURA N°23: Elevación - Pabellón J.....	95
FIGURA N°24: Planta – Pabellón J – Primer Nivel	95
FOTO N°44: Pabellón J	96
FOTO N°45: Pabellón J –Parte Frontal	97
FOTO N°46: Pabellón J –Parte Lateral.....	97
FOTO N°47: Pabellón J- Segundo Nivel.....	98
FOTO N°48: Pabellón J- Primer Nivel	99
FOTO N°49: Pabellón J- Primer Nivel	99
FOTO N°50: Pabellón B – Azotea	102
FOTO N°51: Pabellón C – Azotea	102

FOTO N°52: Pabellón C – Azotea	103
FOTO N°53: Pabellón B – Azotea	103
FOTO N°54: Pabellón B – Azotea	103
FOTO N°55: Pabellón A – Azotea	104
FOTO N°56: Pabellón A – Azotea	104
FOTO N°57: Pabellón A – Azotea	104
FOTO N°58: Pabellón C – Segundo Nivel	105
FOTO N°59: Pabellón C – Primer Nivel	105
FOTO N°60: Pabellón A – Primer Nivel	105
FOTO N°61: Pabellón A – Escalera	106
FOTO N°62: Pabellón C – Escalera	106
FOTO N° 63: Pabellón C – Escalera	107
FOTO N°64: Pabellón C – Deterioro de Vigas en Escalera	107
FOTO N°65: Pabellón C – Deterioro de Escalera	107
FOTO N°66: Pabellón J – Deterioro de Vigas en Escalera y Esbeltez en Columnas	108
FOTO N°67: Pabellón C – Deterioro de Vigas en Escalera	108
FOTO N°68: Pabellón C – Deterioro de Vigas en Escalera	109
FOTO N° 69: Pabellón C – Deterioro de Vigas en Escalera	109
FIGURA N°25: Pabellón C – Bloque I	111
FIGURA N°26: Pabellón C – Bloque I	111
FIGURA N°27: Cargas distribuidas en vigas –Pabellón C – Bloque I	113
FIGURA N°28: Carga muerta de la losa aligerada –Pabellón C – Bloque I	113
FIGURA N°29: Carga viva de la losa aligerada Primer Nivel – Pabellón C – Bloque I	114
FIGURA N°30: Carga viva de la losa aligerada Segundo Nivel – Pabellón C – Bloque I	114
FIGURA N°31: Modelación – Pabellón C – Bloque II	115
FIGURA N°32: Carga Distribuida en Vigas – Pabellón C – Bloque II	116
GRÁFICO N°02: Espectro de Diseño – Dirección X – Pabellón C	119
GRÁFICO N°03: Espectro de Diseño – Dirección Y – Pabellón C	119
FIGURA N°33: Modos de Vibración Pabellón C – Bloque I	120
FIGURA N°34: Modos de Vibración Pabellón C – Bloque II	121
FIGURA N°35: Muros Pabellón C – Bloque I	125
FIGURA N°36: Muros Pabellón C – Bloque II	127
GRÁFICO N°04: Índice de Vulnerabilidad de los Pabellones A, C y J de la I.E. Emblemática San Juan, 2017	130
GRÁFICO N°05: Calificación de los Parámetros del índice de Vulnerabilidad de los Pabellones A, C y J de la I.E. Emblemática San Juan, 2017	131
GRÁFICO N°06: Parámetro 1 – Porcentaje de Pabellones Evaluados Según las Calificaciones Obtenidas	132

GRÁFICO N°07: Parámetro 2 – Método del índice de Vulnerabilidad	132
GRÁFICO N°08: Parámetro 3 – Método del índice de Vulnerabilidad	133
GRÁFICO N°09: Parámetro 4 – Método del índice de Vulnerabilidad	134
GRÁFICO N°10: Parámetro 5 – Método del índice de Vulnerabilidad	134
GRÁFICO N°11: Parámetro 6 – Método del índice de Vulnerabilidad	135
GRÁFICO N°12: Parámetro 7 – Método del índice de Vulnerabilidad	136
GRÁFICO N°13: Parámetro 8 – Método del índice de Vulnerabilidad	137
GRÁFICO N°14: Parámetro 9 – Método del índice de Vulnerabilidad	137
GRÁFICO N°15: Parámetro 10 – Método del índice de Vulnerabilidad	138
GRÁFICO N°16: Parámetro 11 – Método del índice de Vulnerabilidad	139

RESUMEN

El presente trabajo de investigación denominado ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA I.E. EMBLEMÁTICA SAN JUAN DE LA CIUDAD DE TRUJILLO, se realizó con el objetivo de determinar el grado de vulnerabilidad sísmica así como de plantear propuestas de reforzamiento ante los principales problemas identificados, con la finalidad de prevenir y mitigar los posibles daños que pueda sufrir la edificación ante la ocurrencia de un sismo. Para ello, se evaluó de forma visual y analítica los pabellones A, C y J con los 11 parámetros descritos en el método del índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini, que representan las características más importantes en una edificación y cuya influencia podría ser significativa durante un sismo. Así mismo se realizó la modelación estructural del pabellón C del centro educativo en el software ETABS, con la finalidad de determinar su comportamiento sísmico, tomando como base los lineamientos la norma de sismorresistencia E.030. Para la evaluación de la edificación con la metodología descrita, se tuvo en cuenta los resultados del estudio de suelos y el ensayo de esclerometría realizado a los principales elementos estructurales.

Los resultados obtenidos con el método de Benedetti y Petrini fueron de un grado de vulnerabilidad media – baja para los tres pabellones evaluados. Así mismo el análisis de la modelación estructural cumplió con los desplazamientos máximos relativos y con la fuerza cortante de la norma E.030. El resultado del control de agrietamiento realizado en base a la norma E.070, indica que algunos muros de concreto y albañilería en ambas direcciones se agrietarían ante la ocurrencia de un sismo y los resultados de la resistencia al corte global muestra la necesidad de reforzamiento en las dos direcciones principales de la edificación.

Como un complemento al presente estudio, se consideró otros aspectos no descritos en el método del índice de vulnerabilidad y que podrían representar problemas durante un sismo como: columna corta, corrosión y falta de verticalidad en aceros de columnas, pérdida del recubrimiento en algunos elementos estructurales, esbeltez de columnas, falta de arriostamiento de los alfeizeres, mala calidad del unidades de albañilería en los parapetos de las azoteas.

Finalmente se realizó una serie de propuestas de reforzamiento ante los problemas encontrados así como el planteamiento de un nuevo diseño estructural, manteniendo sus dimensiones originales y la distribución de sus ambientes.

ABSTRACT

The present research work called STUDY OF SEISMIC VULNERABILITY OF THE I.E. SAN JUAN EMBLEMÁTICA OF THE CITY OF TRUJILLO was carried out with the objective to determine the degree of seismic vulnerability as well as to propose proposals of reinforcement before the main problems identified, in order to prevent and mitigate the possible damages that can undergo the construction before the occurrence Of an earthquake. To do this, the A, C and J pavilions were evaluated visually and analytically with the 11 parameters described in the Benedetti and Petrini vulnerability index method, which represent the most important characteristics in a building and whose influence could be significant during An earthquake. Also, the structural model of the C-block of the educational center was carried out in the ETABS software, in order to determine its seismic behavior, based on the E.030 seismic resistance standard. For the evaluation of the building with the methodology described, we took into account the results of the soil study and the sclerometry test performed on the main structural elements.

The results obtained with the method of Benedetti and Petrini were of a medium - low vulnerability degree for the three pavilions evaluated. Also the analysis of the structural modeling complied with the relative maximum displacements and with the shear force of the standard E.030. Cracking control based on E.070 shows faults of masonry walls in a moderate earthquake and overall shear strength shows the need for reinforcement in the Y direction.

As a complement to the present study, other aspects not described in the vulnerability index method were considered and could represent problems during an earthquake such as: short column, corrosion and lack of verticality in column steels, loss of coating in some structural elements, Slenderness of columns, lack of bracing of alfeizeres, poor quality of the masonry units in the parapets of the roofs.

Finally, a series of proposals was made to reinforce the problems encountered as well as the proposal of a new structural design, maintaining its original dimensions and the distribution of its environments

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

Hoy en día, realizar un estudio de vulnerabilidad sísmica de una edificación existente, es de gran importancia, más aún si se tratan de construcciones antiguas, pues las limitaciones que se tenían en conocimientos relacionados con el comportamiento de una edificación ante la acción de un sismo, eran considerables, en comparación con los parámetros de análisis y control que actualmente contempla nuestra normativa de sismorresistencia E.30, cuya evolución en el tiempo desde su primera edición ha sido significativa.

La normativa peruana de sismorresistencia vigente clasifica a las edificaciones en cuatro categorías, que van desde las esenciales hasta las edificaciones menores. Las instituciones educativas son consideradas dentro de esta clasificación como esenciales, pues según la norma están contempladas como edificaciones que pueden servir de refugio después de un sismo, lo que implica que deben garantizar su normal funcionamiento inmediatamente después de ocurrido un desastre (RNE-E.030)

Uno de los centros educativos más importantes de la ciudad de Trujillo por su antigüedad e historia, es la Institución Educativa Emblemática San Juan, cuyos inicios se remontan al año de 1854. Dicha institución ubicada actualmente en la urbanización Huerta Grande, fue ocupada por primera vez en el año de 1971, después de una constante lucha por lograr su hegemonía y consolidación (Centurión Vallejo, 2000). Hoy en día su local alberga entre trabajadores, docentes y población estudiantil alrededor de 2500 personas, lo que la convierte en una edificación de mucha importancia. Así mismo, por la gran concentración de personas que residen en esta institución, su infraestructura debe garantizar seguridad en una situación de emergencia o desastre, lo que hace indispensable un estudio de vulnerabilidad sísmica siguiendo los lineamientos de la normativa peruana E-30, para verificar el estado actual de la infraestructura, y tomar las medidas correctivas y oportunas si fuese necesario.

Desde su inauguración hasta el año en curso, el centro educativo ha sufrido una serie de reparaciones, remodelaciones y ampliaciones, conservando en algunos ambientes sus condiciones iniciales estructurales. Hoy en día se puede observar a simple vista el deterioro de algunos muros de albañilería, el acero de columnas que sobresalen en la azotea corridos, fisuras en las paredes y desprendimiento de pintura en varios pabellones; así mismo debido al transcurso del tiempo y al funcionamiento permanente de sus instalaciones, la pérdida de propiedades físicas, mecánicas y químicas de los materiales

empleados en la construcción de la infraestructura es inevitable. Por tal razón, es indispensable un estudio sísmico, que evalúe tales condiciones

Los cambios que ha experimentado nuestra norma peruana de sismorresistencia, desde su incorporación al reglamento nacional de construcción en el año de 1970, han sido notables, cuyas modificaciones han logrado hoy en día estructuras con un mejor comportamiento durante la acción de un sismo. En una conferencia promovida por el ACI, el ingeniero Antonio Blanco Blasco realiza una breve reseña histórica sobre la evolución de la norma E-30 desde sus inicios, resaltando los cambios que han sufrido los parámetros para determinar la fuerza cortante en la base de una edificación y la determinación de los desplazamientos laterales máximos, cuyos valores se han ido ajustando en función a los sismos ocurridos desde ese periodo hasta la actualidad. Su cuarta y última modificación de dicha norma fue en el año 2016, la cual se mantiene hasta la actualidad.

TABLA I-1: EVOLUCION DE LA NORMA SISMICA E.030

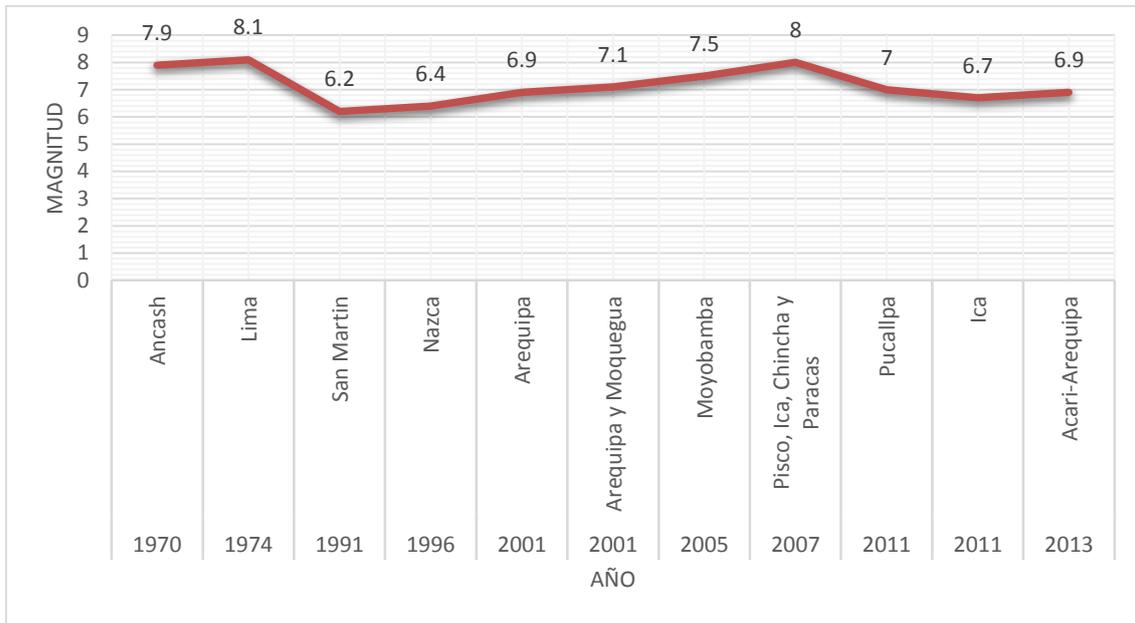
MODIFICACION	AÑO
Incorporación RNE	1971
1era modificación	1977
2da modificación	1997
3ra modificación	2003
4ta modificación	2016

Fuente: Evolución de las normas sísmicas en el Perú-Antonio Blanco Blasco

Esta evolución de nuestra norma sismorresistente en el tiempo, es una clara evidencia de las carencias y dificultades que se tenía en el pasado para diseñar edificaciones resistentes a los sismos. Por tal razón, es menester promover estudios de vulnerabilidad de estructuras ya existentes, ya que ante la ocurrencia eventual de un sismo, podrían traer consigo, daños irreparables. Y a pesar que hasta el día de hoy no se cuenta con la tecnología para predecir un sismo, los lineamientos dados en nuestra norma, brindan a las estructuras cierta tolerancia de seguridad, lo que se traduce como tiempo valioso y suficiente para poner a buen recaudo las vidas humanas.

Por otro lado, la localización del Perú en el Círculo de Fuego del Océano Pacífico, lo convierte en una zona de alto potencial sísmico, cuya concentración representa el 85% de la actividad sísmica mundial (CASAVERSDE RÍO, 2007). La historia sísmica del Perú es muy amplia, cuyas consecuencias han sido devastadores, trayendo consigo víctimas mortales, heridos, damnificados, edificaciones colapsas. Los siguientes gráficos muestran un resumen de los sismos ocurridos desde el año de 1970 hasta la actualidad.

GRÁFICO N° 1: Principales Sismos en el Perú desde 1970



Fuente: Elaboración propia

Asimismo, el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) publicó un mapa de riesgo sísmico de América Latina, identificando zonas desde baja peligrosidad hasta riesgo muy alto. La mayor parte del Perú aparece en las dos zonas con mayor riesgo sísmico, lo que demuestra el peligro latente que existe y la urgencia por tomar medidas preventivas.

FIGURA N° 01: RIESGO SÍSMICO EN AMÉRICA LATINA



Fuente: USGS

Hoy en día existen una variedad de metodologías que evalúan la vulnerabilidad sísmica de una edificación, las cuales son muy útiles y se sustentan en investigaciones post sismos.

En el año 2015, se desarrolló un estudio de vulnerabilidad sísmica de las Instituciones Educativas Raymondi y Marcial Acharán del centro histórico de la ciudad de Trujillo (Abanto Valdivia, 2015), cuya metodología de investigación fue la del índice de Vulnerabilidad, evaluando de forma cualitativa 11 parámetros definidos por el método, asignándoles a cada uno de estos un calificativo que va desde la letra A hasta la D, en función de las condiciones reales de la estructura. Las conclusiones que se obtuvieron fue que muchos de los ambientes estudiados en ambas instituciones arrojaban un índice de vulnerabilidad media –alta y media-baja, resaltando la importancia de una intervención urgente a las infraestructuras de los centros educativos en mención.

Otra de las investigaciones sobre vulnerabilidad sísmica realizadas en la ciudad Trujillo , fue la llevada a cabo por estudiantes de la Pontificia Universidad Católica del Perú, a viviendas informales de dicha ciudad, cuya metodología de trabajo fue elaborada por los mismos investigadores . Se elaboró una ficha de encuesta, en donde se describe las características principales de las viviendas, sistemas estructurales, calidad de materiales, procesos constructivos, vicios, etc. La otra ficha que se elaboró fue el reporte de gabinete, la cual se sustentó en el reglamento nacional de edificaciones, en donde se determinó la densidad de muro, la resistencia de muros, estabilidad de muros al volteo, etc. Los resultados arrojados fueron problemas severos en la estructuración como consecuencia de la falta de criterios técnicos en la construcción de dichas viviendas. (Laucata Luna, 2013)

Estos estudios mencionados, son una prueba del alto grado de vulnerabilidad sísmica que existe en la ciudad de Trujillo, cuyas referencias citadas deberían hacer tomar conciencia a la población y en especial a las autoridades, cuya acción preventiva debe ser inmediata, pues la incertidumbre de ocurrencia de un sismo es alta, más aún con el hecho de pertenecer a una zona con alto potencial sísmico,

Finalmente, las consecuencias que traería consigo la inacción tanto de la población como de las autoridades, serían funestas. Por tales razones, el estudio de vulnerabilidad sísmica que se llevará a cabo de la I.E. Emblemática San Juan, busca dar un aporte sobre las condiciones reales en que se encuentra la infraestructura, la cual se espera sirva para la toma de medidas preventivas o como base para futuras investigaciones.

1.2 Formulación del problema

¿Cuál es el grado de vulnerabilidad sísmica de la Institución Educativa Emblemática San Juan de la Ciudad de Trujillo, 2018?

1.3 Justificación

La Institución Educativa Emblemática San Juan se ha convertido actualmente en uno de los centros educativos con mayor demanda de la ciudad de Trujillo, albergando aproximadamente 4250 alumnos en sus instalaciones y cuya referencia histórica de más de 150 años, le ha permitido la tan importante denominación de Emblemática.

El estudio de vulnerabilidad sísmica que pretendemos realizar en el desarrollo del presente trabajo, viene respaldada por la necesidad de verificar los parámetros de control que nuestra actual norma de sismorresistencia E-30 exige a edificaciones con categoría de esenciales como es el caso de las instituciones educativas, por tratarse de edificaciones donde se concentran un gran número de personas.

Así mismo la importancia de realizar una evaluación estructural siguiendo los lineamientos de nuestra norma de sismorresistencia viene dada por la carencia que tuvieron los ingenieros durante la construcción de la infraestructura de la institución en mención, pues la primera norma sísmica del Perú publicada en el año de 1970 tenía consideraciones básicas, que fueron corrigiéndose y complementándose hasta la actualidad.

Por otro lado, la presente investigación está sustentada en que Trujillo, y en general el Perú forman parte de una zona de gran potencial sísmico, denominado el Cinturón de Fuego del Pacífico, que se caracteriza por la concentración de zonas de subducción, donde la probabilidad de ocurrencia de un sismo es alta, por tal motivo es menester un estudio urgente de la institución educativa basado en nuestro reglamento sísmico vigente.

Actualmente, la mayoría de las estructuras del centro educativo mantienen las condiciones iniciales con las que fueron construidas, por tal razón es una prioridad una evaluación estructural que nos proporcione información real sobre las condiciones actuales de la infraestructura con la finalidad de que las autoridades competentes puedan tomar las oportunas medidas de prevención, buscando de esta manera reducir los daños ante la ocurrencia de un eventual sismo.

1.4 Limitaciones

- Sólo se dispone de planos de arquitectura en físico, y al no poder fotocopiarlos, se tomaron fotos y realizó el dibujo de los planos en mención.
- Dificultad de acceso a la institución educativa para realizar los ensayos respectivos, pues la mayoría de ambientes es usada por los estudiantes en los días laborables, por tal razón sólo se nos permitió realizar nuestros trabajos los fines de semana.

- No se cuenta con los planos estructurales ni las especificaciones técnicas con las que se construyó la institución en mención.

1.5 Objetivos

1.5.3. Objetivo general

Determinar el grado de vulnerabilidad sísmica de la Institución Educativa Emblemática San Juan de la Ciudad de Trujillo

1.5.4. Objetivos específicos

- Evaluar las condiciones estructurales y no estructurales actuales de los pabellones A, C y J de la I.E. Emblemática San Juan, haciendo uso del Método del Índice de Vulnerabilidad.
- Estimar el valor de la resistencia a la compresión axial de las vigas, columnas, placas y alfeizer del centro educativo mediante el ensayo de esclerometría.
- Determinar las propiedades físico – mecánica –químicas del suelo de fundación a través del estudio de mecánica de suelos correspondiente.
- Efectuar la modelación del pabellón C mediante el programa ETABS para determinar el comportamiento de la edificación frente a las acciones sísmicas de acuerdo a la norma sismorresistente E.030
- Determinar la distorsión de entrepiso del pabellón C en base a la norma sismorresistente E.30.
- Calcular la fuerza cortante mínima en el primer nivel del pabellón C en base a la norma sismorresistente E.030
- Realizar el control de fisuración de los muros de albañilería y concreto armado del pabellón C en base a la norma de albañilería E.070
- Determinar la resistencia al Corte Global del pabellón C en base a la norma de albañilería E.070
- Identificar de forma visual otros aspectos no considerados en el Método del índice de Vulnerabilidad de los pabellones A, C y J que influyen en su comportamiento sísmico.
- Plantear un reforzamiento estructural, si fueran necesarios, en los pabellones evaluados del centro educativo.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1) Antecedentes

2.1.1) Antecedentes Locales:

(Abanto Valdivia, 2015) La tesis denominada “DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA APLICANDO EL MÉTODO DE BENEDETI-PETRINI EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL CENTRO HISTÓRICA DE TRUJILLO, PROVINCIA DE TRUJILLO, REGIÓN LA LIBERTAD”, evaluó las condiciones sísmicas de las instituciones educativas Antonio Raymondi y Marcial Acharán usando la metodología propuesta por Benedetti y Petrini. Adicionalmente, se realizó la modelación en Etabs, con cuyos resultados del análisis se verificó el control de agrietamientos; asimismo se verificó la resistencia global de los muros Las conclusiones a las que llegaron fueron:

- ✓ El 100% de los bloques de ambas instituciones tienen vulnerabilidad sísmica media baja.
- ✓ El 100% de los bloques evaluados es malo con respecto a los parámetros de: configuración en planta, tipos de cubierta, elementos no estructurales y estado de conservación
- ✓ Se obtuvo que para un sismo de 0,35g, no pasaba el control de agrietamiento, por lo que se confirma que la vulnerabilidad del bloque analizado está en un rango media-baja
- ✓ Se verificó la resistencia global de cada muro, no cumplía para ninguna de las direcciones, así como tampoco para el análisis de los sismos moderados y severos

(Laucata Luna, 2013). La tesis denominada: “ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SISMICA DE LAS VIVIENDAS INFORMALES EN LA CIUDAD DE TRUJILLO”, fue desarrolla por estudiantes de la PUCP, cuya metodología de investigación fue elaborada por ellos mismos, teniendo en cuenta el reglamento nacional de edificaciones. Se elaboraron dos fichas, una de ellas de recolección de datos relacionadas con las características de las edificaciones, y la otra ficha de procesamiento de datos, considera algunos parámetros de control del RNE, como el control de agrietamiento, resistencia, etc. Las conclusiones a las que se llegó fueron:

- ✓ Los materiales utilizados en la construcción de las viviendas encuestadas son de regular a deficiente calidad. Existe un inadecuado control de calidad sobre los materiales. Las unidades de albañilería artesanales utilizadas en todas las viviendas, poseen una baja resistencia, una alta variabilidad dimensional y una gran

absorción de agua. Esto es debido a la falta de uniformidad de la cocción de las unidades de albañilería de origen artesanal.

- ✓ La calidad de la mano de obra es regular a mala. Esto es generado por la poca capacitación y reducida inversión de los propietarios en mano de obra capacitada. Se observa la poca supervisión durante el proceso constructivo, inclusive en los proyectos asesorados por el BANMAT, donde la supervisión es escasa.
- ✓ Los problemas constructivos encontrados en su mayoría son las juntas de construcción mal ubicadas, los malos encofrados y los aceros de refuerzo expuestos. Encontrándose concreto con restos de basura y muchos refuerzos corroídos, a pesar de los intentos artesanales de protección. También se encontró muchos muros construidos con ladrillos crudos o adobes.
- ✓ Los problemas estructurales encontrados la mayoría de las viviendas poseen tabiques sin arriostre, siendo un problema importante al interior de la vivienda. Además en las azoteas se observó tabiques a media altura sin ningún tipo de arriostre, generando un peligro latente durante un sismo. Ninguna de las viviendas posee junta sísmica. Además las losas de techo están a desnivel en zonas de pendiente, siendo un riesgo de daño entre las viviendas en un evento sísmico.
- ✓ Se encontró una mala distribución de los elementos estructurales en las viviendas. La rigidez de las viviendas es mayor en el sentido perpendicular a la calle presentando una mayor densidad de muros. En cambio en el sentido de la calle existe insuficiente cantidad de muros para soportar un evento sísmico.
- ✓ Los altos valores de densidad de muros en la dirección perpendicular a la fachada encontrados están muy por encima de lo requerido

2.1.2) Antecedentes Nacionales:

(Parillo Sosa, 2015). El trabajo de investigación denominado “EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS PRIMARIOS ESTATALES DE LA CIUDAD DE JULIACA-2015” desarrollo un estudio de 7 instituciones educativas de la localidad en mención, las cuales fueron modeladas en el programa SAP 2000, realizándose el análisis sísmico basado en la norma E-30, llegando a las siguientes conclusiones:

- ✓ Los sistemas estructurales de las edificaciones tienen una mala competencia sísmica y no cumplen con lo indicado en la norma sísmica vigente, ni con las normas técnicas correspondientes
- ✓ Las distorsiones de las edificaciones en el sentido X-X, no se encuentran dentro de los límites dados por la norma E.030. Los desplazamientos obtenidos son muy elevados. Las distorsiones de las edificaciones en el sentido Y-Y, si se encuentran dentro de los límites permitidos por la norma.

- ✓ Se obtuvo periodos mayores en el sentido X-X, debido a la ausencia de muros en ese sentido de las edificaciones.
- ✓ Algunas edificaciones requieren juntas de separación sísmica. Según los resultados calculados de las juntas sísmicas, los desplazamientos máximos exceden la distancia de la junta.

(Amoros Barrantes, 2015). La tesis denominada “ANÁLISIS SÍSMICO USANDO SAP 2000 PARA EVALUAR LA EFECTIVIDAD DEL COMPORTAMIENTO SISMORRESISTENTE DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA I.E. 82109, SAN ANTONIO PLAN TUAL –CENTRO POBLADO HUAMBOCANCHA ALTA, PROV. DE CAJAMARCA, REGIÓN CAJAMARCA”, describe el procedimiento para realizar el análisis sísmico de la estructura en mención haciendo uso del aplicativo SAP 2000. Para ello utilizaron el expediente técnico de la institución educativa como fuente para recolección de datos, los cuales fueron ingresaron al software para la correcta modelación. Para el análisis sísmico, se realizó el método lineal y no lineal de acuerdo a los lineamientos de la norma E-30 de sismorresistencia. Las conclusiones a las que se llegó fueron:

- ✓ Los resultados del análisis estático lineal usando SAP 2000 v15 permitieron verificar el cumplimiento de los requisitos mínimos que establece el reglamentos nacional de edificaciones, la norma E.030 de diseño sismorresistente peruana, comprobándose que las derivas exceden el mínimo aceptable por lo que se recomienda reforzar la estructura.
- ✓ El análisis no lineal Pushover usando SAP 2000 v15 de la I.E San Antonio Plan Tual-Centro Poblado Huambocancha Alta, permite determinar el diagrama momento giro de columnas y viga.
- ✓ Los resultados del análisis sísmico no lineal Pushover usando SAP 2000 v.15 determinan el nivel de desempeño sismorresistente de la estructura, clasificándola en el nivel de Seguridad Vida

2.1.3) Antecedentes Internacionales:

(Gulfo Mendoza, 2015). El trabajo de investigación DENOMINADO “VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA INFRAESTRUCTURA ESCOLAR URBANA EN GIRARDOT-CUNDINAMARCA, COLOMBIA”, desarrolló un estudio de vulnerabilidad sísmica en la estructura de 36 instituciones educativas públicas. Para dicha estudio se siguió los lineamientos del Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente NSR-10, permitiendo la realización de una evaluación cualitativa y una modelación numérica de la estructura, determinando de esta manera las solicitaciones sísmicas, los índices de sobre esfuerzo y flexibilidad. Las conclusiones a las que se llegó fueron:

- ✓ La evaluación cualitativa de la estructura arrojó un valor bajo de vulnerabilidad sísmica, basado principalmente en las bajas alturas de las estructuras
- ✓ Las modelaciones numéricas de las estructuras seleccionadas muestran correspondencia con el nivel de resistencia en comparación con una estructura nueva en cuanto a resistencias por cargas verticales y se alejan de los requisitos de flexibilidad ante cargas horizontales.
- ✓ Finalmente se resalta la necesidad de implementar un programa de rehabilitación de los centros educativos en ese sector, con el fin de reducir daños durante un sismo

2.2) Bases teóricas

2.2.1) Peligrosidad Sísmica:

La peligrosidad o amenaza sísmica es la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso en un lapso de tiempo y en un lugar determinado. (H.Barbat, 2005)

Estos efectos pueden ser representados mediante la aceleración, la velocidad o el desplazamiento de la zona. Para evaluar la peligrosidad, es necesario analizar los fenómenos que ocurren desde la emisión de las ondas sísmicas en el foco hasta que dichas ondas alcanzan la zona de estudio. (Bozzo, 2000)

La peligrosidad sísmica está en función del lugar o zona donde se lleva a cabo un sismo o cualquier otro tipo de desastre.

2.2.2) Vulnerabilidad Sísmica:

La vulnerabilidad sísmica es el grado de daño que sufre una estructura, ocasionado por un sismo de diferentes características. Esta propiedad intrínseca de la estructura es independiente de la peligrosidad de la zona donde se ubica la edificación. (Barbat, 2008)

Se debe indicar que no existen metodologías estándares que estimar la vulnerabilidad de una determinada estructura, El estudio de la vulnerabilidad arroja un resultado denominado índice de daño que caracteriza la degradación que sufrirá una estructura de una tipología estructural dada, sometida a la acción de un sismo de determinadas características (Sarmiento, 2004)

La vulnerabilidad sísmica depende exclusivamente de las características propias de la estructura (materiales, configuración estructural, etc.) los cuales determinan el nivel o grado de exposición de una edificación frente a la acción de un sismo determinado.

2.2.3) Riesgo Sísmico:

Se llama riesgo sísmico al efecto producido por la combinación o la acción simultánea de la peligrosidad y la vulnerabilidad sísmica de una estructura, es decir, es el producto del comportamiento de los elementos propios de la estructura y la acción del suelo frente a la eventualidad de un sismo determinado.

El riesgo se incrementa con el factor de vulnerabilidad considerando que el peligro es un fenómeno natural que no puede ser eliminado o reducido. Debido a que predecir un sismo es muy difícil, se puede establecer la ocurrencia de un evento sísmico en un periodo de años pero no se puede en una fecha determinada. (Sarmiento, 2004)

2.2.4) Clasificación de la Vulnerabilidad Sísmica

La vulnerabilidad sísmica se puede analizar desde sus diferentes clases, los cuáles han sido agrupados teniendo en cuenta las características propias de los componentes principales en una edificación:

- Vulnerabilidad Estructural
- Vulnerabilidad No Estructural
- Vulnerabilidad Funcional

A) Vulnerabilidad Estructural:

Está asociada a la susceptibilidad de los elementos o componentes estructurales de sufrir daño debido a un sismo, lo que se ha llamado daño sísmico estructural. Esto comprende el deterioro físico de los elementos estructurales y cuyo nivel de daño está determinado por la calidad de los materiales, las propiedades de los elementos estructurales y configuración estructural geométrica. (Salvador Safina, 2003)

Durante la planificación de un edificio es necesario tener presente que una de las principales causas de daño durante la eventualidad de un sismo es la configuración arquitectónica-estructural, y en general el alejamiento de formas y esquemas estructurales simple ha castigado severamente a las edificaciones. (Fernández Cruz, 2014)

B) Vulnerabilidad no Estructural:

Los elementos estructurales de una edificación hacen referencia a los componentes que cumplen funciones esenciales (calefacción, equipos, muebles, aire acondicionado, gasfitería, etc.), los cuales pueden influir en la funcionalidad de la edificación, dejándolo inhabilitado por daños no estructurales. Para la evaluación de

la vulnerabilidad sísmica de los componentes no estructurales, se busca determinar el grado de susceptibilidad que tienen dichos elementos durante la ocurrencia de un sismo. (Fernández Cruz, 2014)

C) Vulnerabilidad Funcional:

La vulnerabilidad funcional describe la predisposición de la instalación de ver perturbado su funcionamiento como consecuencia del incremento de la demanda de sus servicios. Son diversos los factores que pueden influir en este tipo de vulnerabilidad, entre los que destaca: una distribución inadecuada de las áreas de servicio, la ausencia de un plan de emergencia, la dotación inapropiada de infraestructura, que permita atender las exigencias de la crisis sísmica, ineficientes sistemas de evacuación y vías de escape. (Salvador Safina, 2003)

La vulnerabilidad funcional depende directamente de la distribución de los ambientes y la correcta interrelación de sus servicios así como de los procesos administrativos propios del uso que se le da a la edificación. Por lo tanto una adecuada relación entre sus ambientes y una oportuna zonificación garantizan no sólo su funcionamiento normal durante situaciones cotidianas, sino también durante situaciones de riesgo. (Fernández Cruz, 2014)

La norma E030 de diseño sismorresistente, define a las edificaciones esenciales como aquellas cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo. Dentro de los principales establecimiento considerados como esenciales están los establecimientos de salud, centros educativos, los puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicación, estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía, etc.

La evaluación de la vulnerabilidad funcional debe ser objetiva y responsable en todas aquellas instituciones consideradas como esenciales, ya que el accionar de éstas después de una crisis será decisivo si se quiere minimizar los efectos producidos por un eventual desastre. Así mismo dicha funcionalidad debería considerarse durante el proceso de planificación de un proyecto, ya que la distribución espacial de los ambientes juega un rol decisivo y vital inmediatamente después de una crisis.

2.2.5) Métodos para la Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica

Existe un sinnúmero de metodologías y procedimientos que permiten la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de una edificación, basados en modelos numéricos, inspección directa de las construcciones o ensayos de laboratorio para determinar las propiedades de los materiales. A continuación se describirá algunos de las metodologías existentes:

2.2.5.1) Clasificación Según Corsanego y Petrini (1990)

Estos investigadores agrupan las metodologías propuestas en función del tipo de resultado que producen, como se muestra a continuación (Herrera, 2013)

A. Técnicas Directas:

Permite predecir directamente y en una sola etapa, el daño causado por un sismo, a partir de dos metodologías: Los métodos tipológicos, en el cuál se clasifica a los edificios en clases, según los materiales de construcción, características de construcción y otros factores que influyen en la respuesta sísmica del edificio. El otro método es el mecánico, el cuál predice el efecto sísmico en la estructura mediante el uso de modelos mecánicos adecuados, dentro de los cuales se pueden distinguir los analíticos simples y los analíticos detallados. Un ejemplo de este método es el desarrollado por Calvi en 1999.

B. Técnicas Indirectas:

Este método calcula un índice de vulnerabilidad sísmica, para luego relacionar el daño con la intensidad sísmica, mediante estudios post terremotos y estudios estadísticos. Un ejemplo de este método es el de Benedetti y Petrini.

C. Técnicas Convencionales:

Son esencialmente heurísticas, introducen un índice de vulnerabilidad independientemente de la predicción del daño. Se usa básicamente para comparar la vulnerabilidad relativa de diferentes construcciones de una misma tipología ubicadas en una zona determinada. Un ejemplo de este método es el ATC de 1985.

D. Técnicas Híbridas:

Combinan las características de los métodos descritos anteriormente, tales como funciones de vulnerabilidad sobre la base de la vulnerabilidad observada y juicios de expertos. Un ejemplo de este método es el propuesto por Lagomarsino y Giovinazzi

2.2.5.2) Clasificación Según Dolce (1994)

Dolce propone un nuevo criterio de clasificación producto de examinar separadamente las etapas fundamentales que comprende un análisis de vulnerabilidad. Este investigador considerar tres tipos: Métodos Estadísticos: se basan en un análisis estadístico de las construcciones, caracterizados por los datos de entrada. Métodos Mecánicos: en los cuales se estudian los principales parámetros que rigen el comportamiento dinámico de las estructuras y finalmente el Método basados en Juicios de Expertos: donde se clasifican de forma cuantitativa y cualitativa

los factores que gobiernan la respuesta sísmica de las edificaciones. (Bustamante Vergara, 2007)

A. Clasificación Según Benjamín Hernández

Otra clasificación acerca de los tipos de análisis de la vulnerabilidad sísmica es la que se describe en la revista de ciencia y sociedad. De forma general, se clasifica en dos tipos. El método cualitativo evalúa la edificación de manera visual, teniendo en cuenta ciertos parámetros como el aspecto de la edificación, el tipo de estructuración, presencia de patologías, irregularidades en planta y elevación presencia de piso débil, discontinuidad vertical, concentraciones de masa, presencia de sótanos, efecto de columnas cortas. Dentro de este grupo se recomienda el procedimiento seguido por el FEMA-154. El otro grupo es el método cuantitativo, en el cuál además de contemplar todos los criterios usados en el método cualitativo, determinan la resistencia de los materiales (acero y concreto), determina el tipo y cantidad de acero en los elementos estructurales, las características dinámicas (masa, Amortiguamiento, rigidez), interacción suelo estructura y la interacción de la estructura con los elementos no estructurales. (Benjamín Hernández, 2011)

B. Clasificación Según Morales, Francis

Esta clasificación reúne en tres grupos los métodos de evaluación de la vulnerabilidad sísmica. El primer tipo es el Método Cualitativo, el cuál es usado para un análisis superficial y sencillo de un grupo de construcciones, para posteriormente seleccionar las que requieran un análisis más profundo. El segundo tipo es el Método experimental, el cuál realiza una correlación entre las características del sismo y las del terreno de cimentación, los daños, las configuraciones estructurales, cuyos valores tienen un alto grado de incertidumbre. El tercer tipo es el Método analítico, generalmente son usados para un análisis profundo de la vulnerabilidad sísmica de una estructura, ante sismos de diferentes magnitudes. Dentro de los más destacados están el ATC-21(FEMA154) y el método FEMA 273. (Morales, 2015)

La selección de una determinada metodología está relacionada con el nivel de análisis y las características propias de la estructura en estudio, por ejemplo el estudio del riesgo sísmico de elementos particulares o aislados como edificios, puentes, presas, etc., generalmente se basa en evaluaciones deterministas de vulnerabilidad, mientras que el estudio del riesgo sísmico de sistemas territoriales o categorías de elementos como tipo de edificios, líneas visuales, generalmente se basa en enfoques probabilistas, que pueden tratarse con sistemas de información geográfica. (Herrera, 2013)

2.2.5.3) Método de Benedetti y Petrini

El método para estimar el grado de vulnerabilidad sísmica de una edificación propuesto en 1984 por los investigadores Benedetti y Petrini consiste en la recopilación de información esencial de la edificación en estudio, basados en 11 parámetros, los cuáles se han compilado en un formulario de levantamiento, y cuya combinación por medio de una escala predefinida en un único valor numérico denominado ÍNDICE DE VULNERABILIDAD. Según la descripción de este método, el índice de vulnerabilidad se obtiene mediante una suma ponderada de los valores numéricos que expresan la calidad sísmica de cada uno de los parámetros estructurales y no estructurales, que se considera juegan un papel importante en el comportamiento sísmico de las estructuras de mampostería. Para la evaluación de cada parámetro se le debe asignar una letra desde la A hasta la D, a los cuáles se le asignarán un valor numérico K_i que oscila entre 0 y 45. Asimismo a cada parámetro se le asigna un peso W_i que varía de 0.25 a 1.5, el cual cuantificará la importancia de cada uno de los parámetros dentro del sistema resistente de edificio. El índice de vulnerabilidad se determinará con la siguiente fórmula: (Guerrero, 2007)

$$VI = \sum_{i=1}^{11} K_i W_i$$

TABLA II-1: Escala Numérica del Índice de Vulnerabilidad de Benedetti

Parámetros	Clase K_i				Peso W_i
	A	B	C	D	
1. Organización del Sistema Resistente	0	5	20	45	1.00
2. Calidad del Sistema Resistente	0	5	25	45	0.25
3. Resistencia Convencional	0	5	25	45	1.50
4. Posición del Edificio y Cimentación	0	5	25	45	0.75
5. Diafragmas Horizontales	0	5	15	45	1.00
6. Configuración en Planta	0	5	25	45	0.50
7. Configuración en Elevación	0	5	25	45	1.00
8. Distancia máxima entre los muros	0	5	25	45	0.25
9. Tipo de Cubierta	0	15	25	45	1.00
10. Elementos no estructurales	0	0	25	45	0.25
11. Estado de conservación	0	5	25	45	1.00

Fuente: Libro de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico-Barbat

Para una mejor interpretación de los resultados, a continuación se muestra un resumen con los intervalos para determinar el grado de vulnerabilidad de una estructura.

Tabla II-2: Intervalo para asignar la clase de vulnerabilidad

Intervalo	Vulnerabilidad
0 hasta 95.63	Baja
95.63 hasta 191.30	Media Baja
191.30 hasta 286.30	Media Alta
286.30 hasta 382.50	Alta

Fuente: Estudio de Vulnerabilidad Sísmica de Edificios Históricos (2007)

El método descrito ha sido desarrollado tanto para el estudio de estructuras de mampostería como para el de estructuras de hormigón armado; sin embargo, gran parte del esfuerzo realizado para su estudio y aplicación ha sido dedicado a las primeras. La concepción misma del método lo hace aplicable a muchas tipologías de los dos grandes grupos de estructuras mencionados, lo cual evita el enorme problema de tener que describir detalladamente la tipología específica de cada estructura y tener que utilizar descripciones del daño y funciones de vulnerabilidad que respondan exclusivamente a esa tipología, tal como lo hacen otros métodos. (F. Yépez, 1995)

A) Descripción de los Parámetros del Método del Índice de Vulnerabilidad

En una monografía denominada Riesgo, Peligrosidad y Vulnerabilidad Sísmica de Edificios de mampostería, realiza una descripción de cada uno de los parámetros que se consideran durante la aplicación del método del índice de vulnerabilidad. (F. Yépez, 1995). A continuación se resume las consideraciones para cada uno de los parámetros mencionados:

1. Organización del Sistema Resistente:

Para la evaluación de este parámetro se debe tener en cuenta la disposición adecuada de los principales elementos estructurales, poniendo énfasis en la presencia y eficacia de conexiones entre los elementos resistentes verticales ortogonales, cerrada, tipo cajón. En este parámetro no se debe considerar el tipo de material de la edificación. La calificación asignada dependerá de las siguientes condiciones:

- A. Edificio construido de acuerdo a normativas sismo.-resistentes
- B. Edificio que presenta conexiones realizadas mediante vigas o collares de amarre y enmarque de muros, utilizadas para transmitir las cargas verticales aplicadas a los muros en todos los niveles de la estructura.
- C. Edificio que no presenta el tipo de conexiones del punto B en todos sus niveles, pero presenta buena ligazón entre sus paredes ortogonales resistentes.
- D. Edificio que no tiene sus paredes resistentes bien ligadas

2. Calidad del Sistema Resistente:

Para la evaluación de este parámetro se tiene en cuenta el tipo de mampostería, sin considerar su resistencia. Se debe considerar la regularidad que podrían tener los muros

de mampostería, observar cuan homogéneo podría llegar a ser el comportamiento del mismo. Se tiene en cuenta la calidad del material y la calidad constructiva de la edificación.

Su calificación dependerá de:

- A: El sistema resistente del edificio presenta las siguientes tres características
- Mampostería en ladrillo de buena calidad con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro
 - Presencia de verticalidad entre las unidades de albañilería
 - Mortero de buena calidad con espesor de la mayoría de las pegas entre 1.0 y 1.5cm
- B: El sistema resistente del edificio no presenta una de las características de la clase A
- C: El sistema resistente del edificio no presenta dos de las características de la clase A
- D: El sistema resistente del edificio no presenta ninguna de las características de la clase A

3. Resistencia Convencional

Este es un parámetro que requiere cálculos sencillos pero conceptualmente importantes. Utilizando la hipótesis del comportamiento de estructura ortogonal, cerrada (tipo cajón), se puede evaluar con bastante fiabilidad la resistencia que puede presentar un edificio frente a cargas horizontales. Se utiliza un concepto muy utilizado en estructuras y en normativas de edificación, el coeficiente sísmico C, definido como la relación entre la fuerza máxima resistente horizontal y el peso del edificio.

$$C = \frac{a_0 \cdot t_k}{q \cdot N} \sqrt{1 + \frac{q \cdot N}{1.5 \cdot a_0 t_k \cdot (1 + \gamma)}}$$

Donde:

N: Número de Pisos

t_k : Resistencia a cortante del muro de mampostería

A= min [Ax; Ay]

B=máx [Ax; Ay]

$$a_0 = \frac{A}{A_T}$$

$$\gamma = \frac{B}{A}$$

$$q = \frac{(A+B) \cdot h}{A_t} \cdot P_m + P_s$$

A_T : Área total cubierta en planta (m²)

Ax: Área total resistente de los muros en la dirección x (m²)

Ay: Área total resistente de los muros en la dirección y (m²)

h: Altura promedio de entresijos (m)

Pm: Peso Específico de la mampostería (T/m³)

Ps: Peso por unidad de área de forjado (T/m²)

Tabla II-3: Valores recomendados de esfuerzo cortante máximo para paneles de mampostería

Tipo de Material	Esfuerzo Cortante
Ladrillo macizo, calidad regular	6-12 T/m ²
Piedra mal tallada	2 T/m ²
Piedra bien tallada	7-9 T/m ²
Ladrillo macizo, buena calidad	18 T/m ²
Bloque ladrillo, mortero-cemento	18 T/m ²
Mampostería nueva, ladrillo macizo	20 T/m ²
Mampostería nueva, bloque macizo	20 T/m ²
Mampostería nueva, ladrillo /bloque hueco	18 T/m ²

Fuente: Libro de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico-Barbat

Cuando los paneles resistentes no siguen las direcciones ortogonales x o y, sino que forman un ángulo β diferente de 0 con dichos ejes, los valores de A_x y de A_y se evalúan multiplicando dichas áreas por $(\cos \beta)^2$

El valor de q representa el peso de un piso por unidad de área cubierta, y es igual al peso de los muros más el peso del diafragma horizontal

El coeficiente sísmico C, se define como el factor entre la fuerza horizontal resistente al pie del edificio dividido entre el peso del mismo

El valor de C' es un coeficiente que se toma según la zona sísmica a la que pertenece la edificación

Finalmente para determinar el valor normalizado para la calificación de este parámetro, se usa la siguiente expresión:

$$\alpha = \frac{C}{C'}$$

La calificación final dependerá de las siguientes condiciones:

- A. Estructura con un valor de $\alpha \geq 1$
- B. Estructura para valores comprendidos entre $0.6 \leq \alpha \leq 1$
- C. Estructura para valores comprendidos entre $0.4 \leq \alpha \leq 0.6$
- D. Estructura con un valor de $\alpha < 0.4$

4. Posición del Edificio y de la Cimentación:

Con este parámetro cualitativo se intenta evaluar mediante una inspección a simple vista, la influencia del terreno y de la cimentación. El análisis se limita al de la consistencia y de la pendiente del terreno, a la posible diferencia entre cotas de cimentación y a la presencia de terraplenes no equilibrados simétricamente

- A. Edificio cimentado sobre terreno estable con pendiente inferior o igual al 10%
- B. Edificio cimentado sobre roca con pendiente comprendida entre un 10% y un 30% o sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 10% y un 20%
- C. Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 20% y un 30% o sobre terreno rocoso con pendiente comprendida entre un 30% y un 50%
- D. Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente mayor al 30% o sobre terreno rocoso con pendiente mayor al 50%.

5. Diafragmas Horizontales:

La calidad del esquema resistente de piso tiene una notable importancia al influir en el buen funcionamiento de los elementos resistentes verticales. Las condiciones que se deben cumplir son: Deformabilidad despreciable en el plano del forjado, conexión eficiente entre sistema de diafragma y mampostería y la ausencia de planos a desnivel.

- A. Edificio con diafragmas, de cualquier naturaleza que satisfacen las condiciones:
 - 1. Ausencia de planos a desnivel
 - 2. La Deformabilidad del diafragma es despreciable
 - 3. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz
- B. Edificio con diafragma como los de la clase A, pero que no cumplen con un de las condiciones pasadas
- C. Edificio con diafragma como los de la clase A, pero que no cumplen con dos de las condiciones pasadas
- D. Edificio cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones

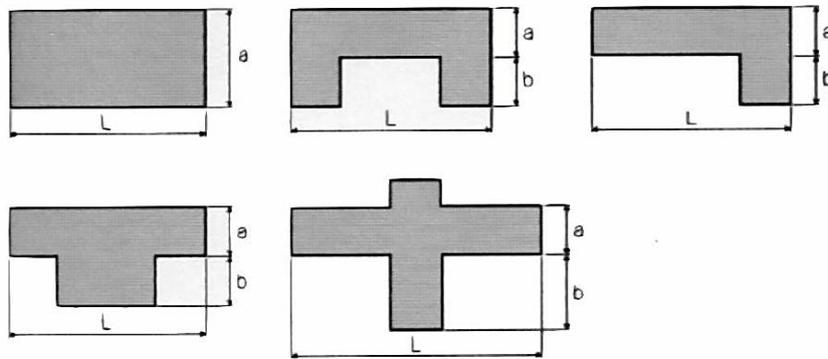
6. Configuración en planta:

La forma y la disposición en planta de los edificios son determinados en su comportamiento ante excitaciones sísmicas. Este parámetro evalúa la condición de simetría en planta de los edificios, tomando el parámetro valores más altos cuando las dimensiones en planta se asemejan a secciones cuadradas sin protuberancias adicionales y tomando valores bajos las secciones excesivamente alargadas o con protuberancias demasiado grandes, que pueden provocar problemas de torsión en planta y concentraciones de esfuerzos en las esquinas y en los elementos más alejados de los centros de gravedad y rigidez.

Para evaluar este parámetro se deben considerar las siguientes relaciones:

$$\beta_1 = \frac{a}{L} \quad \text{y} \quad \beta_2 = \frac{b}{L}$$

FIGURA N° 02: Configuración en planta de la estructura



Fuente: Riesgo, Peligro y Vulnerabilidad sísmica-Barbat

Las condiciones para la calificación son las siguientes:

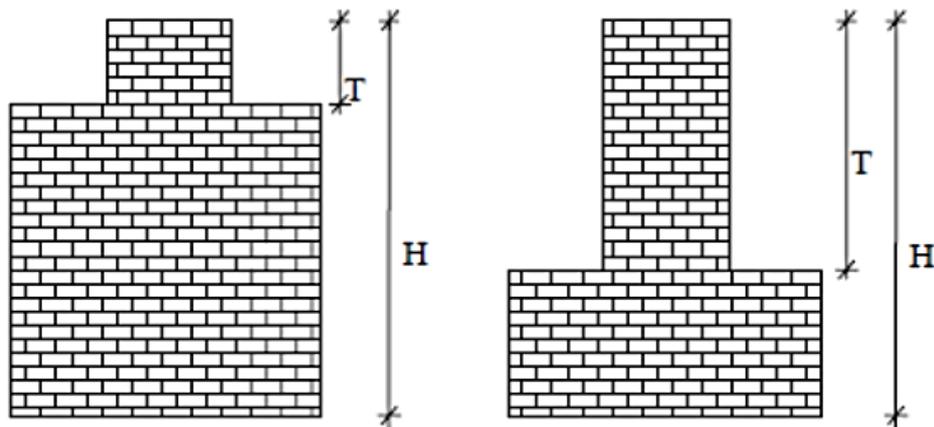
- A. Edificio con $\beta_1 \geq 0.8$ ó $\beta_2 \leq 0.1$.
- B. Edificio con $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ ó $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$.
- C. Edificio con $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ ó $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$
- D. Edificio con $0.4 > \beta_1$ ó $0.3 < \beta_2$

7. Configuración en Elevación:

La presencia de protuberancias o discontinuidades de los elementos estructurales verticales son condiciones principales para la evaluación de este parámetro. Para cuantificarlo se determinará la siguiente relación.

$$\frac{T}{H}$$

FIGURA N° 03: Configuración en altura de la estructura



Fuente: Riesgo, Peligro y Vulnerabilidad sísmica-Barbat

La calificación dependerá de las siguientes condiciones:

- A. si $0.75 < T/H$
- B. si $0.50 < T/H \leq 0.75$
- C. si $0.25 < T/H \leq 0.50$
- D. si $T/H \leq 0.25$

Adicionalmente se consideran factores como la variación de la masa ($\pm \frac{\Delta M}{M} \%$) o la superficie de pisos consecutivos, especialmente para evaluar porches ($\pm \frac{\Delta A}{A} \%$), donde A es la superficie del piso inferior. Se considerará para la calificación el factor más desfavorable.

- A. Estructura con $-\frac{\Delta M}{M} < 10\%$
- B. Estructura con una superficie de porche menor al 10% o con $10\% \leq -\frac{\Delta M}{M} < 20\%$
- C. Estructura con una superficie de porche entre 10% y 20% o con $-\frac{\Delta M}{M} > 20\%$ o $T/H < 2/3$
- D. Estructura con una superficie de porche mayor al 20% con $\frac{\Delta M}{M} > 0$ o con $T/H > 2/3$

8. Separación Máxima entre Muros:

Este factor se define mediante la siguiente relación L/S, donde:

L: Espaciamiento máximo entre muros transversales

S: Espesor del muro

- A. si $L/S \leq 15$
- B. si $15 < L/S \leq 18$
- C. si $18 < L/S \leq 25$
- D. si $25 \geq L/S$

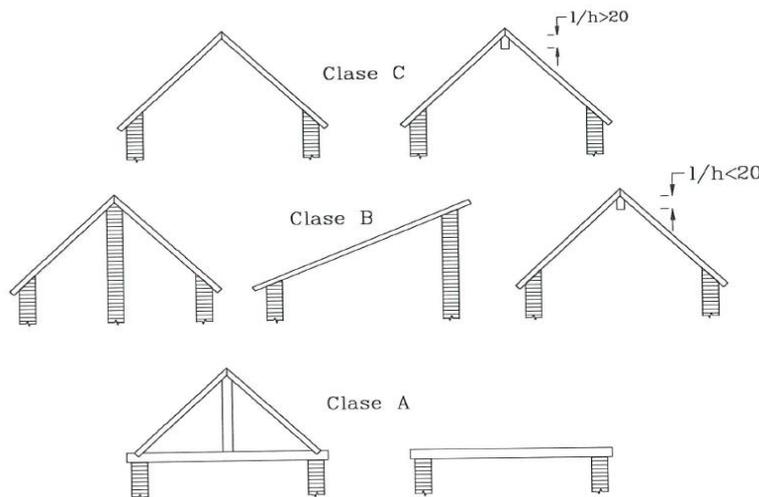
9. Tipos de Cubierta:

En este parámetro se tiene en cuenta la influencia del tipo de cubierta en el comportamiento sísmico de un edificio. Factores como tipología y peso determinan dicho comportamiento. La calificación dependerá de:

- A. Presencia de cubierta estable con viga cumbrera o de soporte. Edificio con cubierta plana.

- B. Presencia de cubierta estable y bien conectada a los paneles de mampostería, sin viga de soporte. Edificio con cubierta parcialmente estable provista de viga de soporte.
- C. Presencia de cubierta inestable, pero con viga de soporte.
- D. Presencia de cubierta inestable sin viga de soporte.

FIGURA N° 04: Tipología de cubiertas



Fuente: Riesgo, Peligro y Vulnerabilidad sísmica-Barbat

10. Elementos no Estructurales

Los elementos que no forman parte de los elementos estructurales principales también se deben ser evaluados, pues sus efectos después de la ocurrencia de un sismo pueden generar accidentes. Los elementos no estructurales a considerar son. Cornisas, parapetos, balcones o cualquier elemento que sobresalga de la estructura. Su calificación dependerá de:

A/B Edificio sin cornisas, parapetos ni balcones. Edificios con cornisas bien conectadas a los muros, con chimeneas de pequeña dimensión y bajo peso. Edificio con balcones que son extensiones de los diafragmas

C. Edificios con elementos externos a la estructura, de pequeña dimensión y mal conectados a la estructura principal

D. Edificio con chimeneas o cualquier elemento externo a la estructura principal, de peso considerable y mal conectado a la estructura que pueden caer en caso de terremotos. Edificio con balcones sin conexión a los diafragmas o con balcones construidos en etapas posteriores a la de la construcción de la estructura, existiendo por ello un vínculo deficiente de dichos elementos a los muros de albañilería.

11. Estado de Conservación

El estado de conservación de la estructura se califica teniendo en cuenta las siguientes condiciones:

- A. Muros de mampostería en buenas condiciones, sin daño visible.
- B. Muros con presencia de agrietamiento, tipo capilar no extendido en todo el muro, con la excepción de los casos en que dicho agrietamiento ha sido provocado por terremotos.
- C. Muros con grietas de mediano tamaño (2 o 3 mm de espesor) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructura que no presentan agrietamiento, pero se caracterizan por un estado mediocre de conservación de los paneles.
- D. Muros que presentan un grave deterioro en las características físicas de los materiales de construcción o con agrietamiento superior a 3mm

2.2.6) Factores que Influyen en la Vulnerabilidad Sísmica

Existen parámetros o factores que influyen directamente en el comportamiento sísmico de una estructura, los cuáles se deben tener presentes en todas las etapas de un proyecto.

Entre los aspectos más importantes son (Fernández Cruz, 2014):

- Sitio y tipo de proyecto
- Configuración arquitectónica
- Configuración estructural
- Procedimiento constructivo

Además de los mencionados, existen otros factores que influyen significativamente en la vulnerabilidad sísmica de una edificación (Navarri, 2002):

1. Selección del sitio y tipo de proyecto
 - Amplificaciones de intensidades sísmica
 - Susceptibilidad de licuefacción
 - Efecto del sitio
 - Terrenos inestables
2. Vulnerabilidad estructural por la configuración arquitectónica
 - Sencillez y simetría arquitectónica
 - Compatibilidad, uniformidad y proporcionalidad
3. Vulnerabilidad de elementos estructurales
 - Columnas cortas
 - Fallas por insuficiencia de adherencia o anclaje de los refuerzos de acero
 - Fallas frágiles por cortante o flexión
4. Vulnerabilidad global de la estructura
 - Piso débil
 - Torsión en planta
5. Juntas de dilatación sísmicas y interacción entre estructuras

- Mala práctica constructiva
 - Mal mantenimiento
 - Holgura insuficiente
6. Interacción entre los elementos estructurales y los no estructurales
- Estructura flexible
 - Mampostería mal confinada y/o arriostrada
7. Solicitaciones sísmicas de diseño y respuesta estructural
- Sismos de servicio: pueden ocurrir varias veces durante la vida útil de la estructura. Se espera que no experimente daño estructural
 - Sismo de diseño último: Ocurrirá al menos una vez durante la vida útil de la estructura. Se espera que la estructura experimente daño estructural moderado
8. Deformaciones, ductilidad global y mecanismo de falla deseables
- Deformaciones deseable: Distorsiones de entrepiso con máximos admisibles
 - Ductilidad global deseable: Diseño con suficiente resistencia y ductilidad baja para edificaciones esenciales
 - Mecanismo de falla deseable: Lo deseable es el mecanismo de falla dúctil y el sistema columna fuerte-viga débil

La influencia de la configuración sobre el comportamiento sísmico de una edificación es de vital importancia, buscando en todo proyecto un comportamiento adecuado de la estructura ante la ocurrencia de un sismo. A continuación se mencionarán los criterios más comunes que se deben tener en cuenta si se pretende reducir la vulnerabilidad sísmica de una edificación (UDEP, 1996):

A) Criterios de Estructuración:

Los criterios de estructuración que se mencionarán, servirán para evaluar cualquier edificación, ya que nos dará una visión y nos alertará acerca de las deficiencias que esta tiene:

- La configuración estructural de una edificación debe proporcionar resistencia y rigidez en sus dos direcciones principales.
- La configuración estructural debe permitir el flujo continuo, regular y eficiente de las cargas por sismo, evitando la amplificación de vibraciones, concentración de solicitaciones y vibraciones torsionales que pueden producirse por una distribución inadecuada de masas o rigidez tanto en planta como en elevación.
- La estructura debe tener capacidad de redundancia y deformación inelástica con la finalidad de permitir la disipación de energía, evitando la aparición de fallas frágiles

B) Problemas de Configuración Arquitectónica:

Las edificaciones esenciales por ser construcciones de gran envergadura, presentan problemas de configuración arquitectónica relacionadas con el tipo, disposición, fragmentación, resistencia y geometría de la estructura de la edificación, cuyos parámetros mencionados pueden influir en la respuesta estructural ante un sismo. Por lo tanto, debido a la naturaleza errática de los sismos, es recomendable evitar el planteamiento de configuraciones complejas, independientemente del grado de sofisticación que sea posible en el análisis de cada caso.

C) Configuración Geométrica:

Dentro de los principales aspectos a tener en cuenta para reducir la vulnerabilidad sísmica son: Problemas de configuración en planta, relacionados con la disposición de la estructura en el plano horizontal, en base a la forma y distribución del espacio arquitectónico; concentración de esfuerzos en planta, presente en estructuras complejas por alas de tamaño significativos orientadas en direcciones diferentes (formas en H,V,U,L,etc); la longitud del edificio también será de gran importancia pues influye en la velocidad con la que se transmiten las ondas del terreno durante un sismo; los problemas de configuración en elevación son causa de los cambios bruscos de masa y rigidez, trayendo consigo concentración de esfuerzo-

D) Configuración Estructural:

Dentro de los parámetros a tener en cuenta para reducir los problemas por configuración estructural tenemos: la concentración de masa, debido a la presencia de elementos de gran peso en una determinada área haciéndose más severo este problema al estar ubicado en zonas altas de la edificación, debido a que las aceleraciones producto del sismo se incrementan con altura; columnas débiles, cuyo parámetro se presenta porque las columnas tiene menor resistencia que las vigas, columnas cortas, confinamiento lateral parcialmente en la altura de la columna, disposición de losas en niveles intermedios, ubicación del edificio en terrenos inclinados; pisos débiles debido a la mayor altura del piso, interrupción de elementos estructurales verticales en el piso, construcción en terrenos inclinados; falta de redundancia, buscando que la resistencia a fuerzas laterales se distribuya entre el mayor número de elementos posibles; flexibilidad estructural, cuyas consecuencias son los daños en los elementos no estructurales, inestabilidad de los pisos flexibles; la flexibilidad del diafragma, lo cual implica deformaciones laterales mayores y finalmente el problema de torsión, presentes por las grandes excentricidades en la estructura, cuyas causas más usuales son: colocación de grandes masas de forma

asimétrica con respecto a la rigidez, posición de la estructura más rígida de manera simétrica con respecto al centro de gravedad del piso y la combinación de las anteriores.

2.2.7) Criterios de Diseño Sísmico:

A grandes rasgos, el diseño sísmico de una estructura implica las siguientes consideraciones (Bazán, 2015):

- La selección de un sistema estructural adecuado, capaz de absorber y disipar la energía introducida por el sismo sin que se presenten situaciones desfavorables.
- El análisis sísmico, cuyos resultados están en función de la determinación del modelo analítico más representativo de la estructura real.
- El dimensionamiento de las secciones
- El detallado de la estructura proporcionará un comportamiento dúctil a la estructura, logrando el desarrollo de la capacidad de deformación antes del colapso.

El reglamento nacional de edificaciones en su capítulo de diseño sismorresistente E-30, describe de forma general los aspectos a considerar para lograr estructuras capaces de soportar los efectos del sismo (E-030, 2014)

- Simetría: Tanto en la distribución de masas como de rigideces
- Peso mínimo: especialmente en los pisos altos
- Selección y uso adecuado de los materiales de construcción
- Resistencia adecuada frente a las cargas laterales
- Continuidad estructural, tanto en planta como en elevación
- Ductilidad, entendida como la capacidad de deformación de la estructura más allá del rango elástico.
- Deformación lateral limitada
- Inclusión de líneas sucesivas de resistencia, (redundancia estructural)
- Consideración de las condiciones locales
- Buena práctica constructiva y supervisión estructural rigurosa

Adicionalmente, otros criterios que se deben tomar en cuenta para lograr una estructura sismorresistente son (Blanco Blasco, 1991):

- Simplicidad y Simetría: Las edificaciones con geometrías simples tienen una mejor respuesta sísmica, debido a que la modelación se aproxima bastante a las características reales del proyecto, así mismo la simetría es deseable, pues se reduce considerablemente problemas torsionales que son difíciles de evaluar y cuyos efectos pueden ser destructivos para la edificación

- Resistencia y Ductilidad: Para garantizar la estabilidad de la edificación, se debe proporcionar resistencia en sus dos direcciones principales ortogonales; asimismo la ductilidad que se debe proporcionar a todo el sistema en conjunto tiene como objetivo principal, que la falla se produzca por la fluencia del acero, y no por el aplastamiento del concreto
- Hiperestaticidad y Monolitismo: La Hiperestaticidad en las estructuras aportan resistencia a la edificación, al permitir que por producción de rótulas plásticas, se disipe en mejor forma la energía producida por un sismo.
- Uniformidad y continuidad de la estructura: La estructura debe ser continua tanto en planta como en elevación, con elementos que no cambian bruscamente de rigidez, de manera de evitar concentraciones de esfuerzos.
- Rigidez Lateral: Para que una estructura pueda resistir fuerzas laterales sin tener deformaciones importantes, será necesario proveer a los elementos estructurales la capacidad de rigidez lateral en sus direcciones principales.
- Existencia de losas que permiten considerar a la estructura como una unidad (Diafragma Rígido): En el análisis es usual considerar como hipótesis la existencia de una losa rígida en su plano, que permite la idealización de la estructura como una unidad, donde las fuerzas laterales aplicadas pueden distribuirse en las columnas y muros, según su rigidez, manteniendo una misma deformación lateral para un determinado nivel.
- Elementos No Estructurales: Estos desempeñan un papel positivo, pues colaboran en el amortiguamiento dinámico, debido a que al agrietarse contribuyen a disipar energía, aliviando a los elementos estructurales, así mismo pueden presentar efectos negativos, debido a que al tomar esfuerzos no previstos en el cálculo, distorsionan la distribución espacial de los esfuerzos.
- Cimentación: Para el diseño de la sub-estructura se debe considerar: transmisión de la cortante basal de la estructura al suelo, provisión para los momentos volcantes, posibilidad de movimientos diferenciales y licuefacción del sub-suelo.
- En el diseño de concreto armado se debe considerar: en el diseño por flexión se busca la falla por tracción evitando la falla por compresión, en un elemento sometido a flexión y cortante, evitar la falla por cortante, en un elemento comprimido confinar el concreto con refuerzo de acero transversal, diseñar elementos con acero en tracción y compresión que permitan la redistribución de momentos y adecuada ductilidad, diseñar las columnas con mayor capacidad de resistir momentos con relación a la viga y en un elemento sometido a flexo compresión y cortante, dar más capacidad por cortante que por flexión.

2.2.8) Análisis Estático o de Fuerzas Equivalentes

Este método representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas actuando en el centro de masas de cada nivel de la edificación. Podrán analizarse mediante este procedimiento todas las estructuras regulares o irregulares ubicadas en la zona sísmica 1, las estructuras clasificadas como regulares de no más de 30m de altura y las estructuras de muros portantes de concreto armado y albañilería armada o confinada de no más de 15 m de altura, aun cuando sean irregulares (E-030, 2014)

A. Fuerza Cortante en la Base

La fuerza cortante en la base de una edificación, representa la fuerza de sísmica horizontal, y que depende de diversos parámetros:

$$V = \frac{ZUCS}{R} P$$

Donde:

V: Fuerza Cortante en la base

Z: Factor de Zona

U: Factor de Uso de la Edificación

C: Factor de Amplificación Sísmica

S: Factor del Suelo

R: Factor de Reducción Sísmica

P: Peso Total de la Estructura

B. Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura:

La norma sísmica E.030, menciona que para distribuir la fuerza cortante en altura, se debe considerar las siguientes fórmulas:

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$
$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

C. Periodo Fundamental de Vibración

El periodo fundamental de vibración de una estructura representa el tiempo máximo que tarda una edificación en completar un ciclo. La norma E.030, indica que se estimará con la siguiente expresión:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Donde:

h_n : Altura total de la estructura

C_T : Coeficiente que depende del sistema estructural.

2.2.9) Análisis Dinámico Modal Espectral

A. Modos de Vibración

Son las distintas formas de vibrar ante cargas dinámicas que, en la eventualidad de un terremoto, pueden afectar la misma en mayor o menor intensidad. La norma E.030 indica que en cada dirección de análisis, se considerarán aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90% de la masa total, pero deberá tomarse en cuenta los tres primeros modos predominantes.

B. Aceleración Espectral

Para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utilizará un espectro inelástico de pseudo aceleraciones definido por:

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

C. Criterios de Combinación

Mediante los criterios de combinación que se indican, se podrá obtener la respuesta máxima elástica esperada (r) tanto para las fuerzas internas en los elementos componentes de la estructura, como para los parámetros globales del edificio como fuerza cortante en la base, cortantes de entrepiso, momentos de volteo, desplazamientos totales y relativos de entrepiso (Norma E.030)

La respuesta máxima elástica esperada (r) correspondiente al efecto conjunto de los diferentes modos de vibración empleados, podrá determinarse usando la combinación cuadrática completa:

$$r = \sqrt{\sum \sum r_i \cdot \rho_{ij} \cdot r_i}$$

D. Fuerza Cortante Mínima

La norma E.030 indica que para cada dirección de análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no podrá ser menor que el 80% del valor calculado para estructuras regulares, ni menor que el 90% para estructurales.

$$\% = \frac{V_{Dinámica}}{V_{Estática}} * 100\%$$

2.2.10) Hipótesis

HIPÓTESIS	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
La Institución Educativa Emblemática San Juan de la ciudad de Trujillo tiene un grado de vulnerabilidad sísmica de: media-baja y media-alta.	Vulnerabilidad sísmica	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluación Sísmica de la Estructura (Método: índice de Vulnerabilidad de Benedetti y Petri) - Ensayo de Esclerometría (Determinación de la resistencia a la compresión) - Estudio de Mecánica de Suelos (propiedades del suelo) 	Grado	Institución Educativa Emblemática San Juan de la Ciudad de Trujillo	Año 2018

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1) Operacionalización de variables

A continuación, se definirán las variables utilizadas en la presente investigación, para luego proceder con su Operacionalización

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Grado de Vulnerabilidad de Sísmica	Grado de daño que sufre una estructura, ocasionado por un sismo de diferentes características. Esta propiedad intrínseca de la estructura es independiente de la peligrosidad de la zona donde se ubica la edificación. (Barbat, 2008)	Resultados de la evaluación estructural y no estructural de la edificación en estudio	Vulnerabilidad Estructural Usando una metodología Híbrida (método del índice de vulnerabilidad y el método analítico simple en base a la norma E.030 y E.070)	<ul style="list-style-type: none"> • Propiedades de los materiales • Sistemas de Estructuración • Parámetros estructurales del índice de vulnerabilidad • Distorsión de entrepiso • Fuerza Cortante en la Base • Control de agrietamiento • Resistencia al Corte Global • Estado de conservación de losa aligerada, vigas, columnas y escalera • Problemas de columna corta • Corrosión del acero
			Vulnerabilidad No Estructural (Método del índice de Vulnerabilidad)	<ul style="list-style-type: none"> • Arriostre en parapetos y alfeizeres • Estado conservación en parapetos y alfeizeres

3.2) Diseño de investigación

El presente trabajo de investigación es del tipo No experimental –Descriptivo, pues no se harán ningún tipo de manipulación de las variables, y los resultados de los ensayos que se realicen al centro educativo, servirán para realizar la modelación y análisis de dicha institución, cuyo procedimiento será meramente descriptivo.

El tipo de diseño es transversal, pues se quiere determinar el grado de vulnerabilidad sísmica de la I.E Emblemática San Juan en el año 2018.

Diseño Transversal:

Estudio	T1
M	O

Dónde:

M: Muestra

O: Observación

3.3) Unidad de estudio

Cada uno de los ambientes de la Institución Educativa Emblemática San Juan de la ciudad de Trujillo, región La Libertad

3.4) Población

Todos los pabellones de la Institución Educativa Emblemática San Juan de la ciudad de Trujillo

3.5) Muestra

Pabellón A, C y J de la Institución Educativa Emblemática San Juan de la ciudad de Trujillo

3.6) Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

3.6.1) Técnicas

A) Técnica Documental

Esta técnica nos permitirá la recopilación de información, recurriendo para ello a documentación como planos, libros, tesis, etc.; los cuáles nos servirán como sustento durante la etapa de análisis de datos.

B) Técnica de Campo

Esta técnica está basada en la observación directa de nuestro objeto de estudio, así como la aplicación de ensayos, cuyos resultados se emplearán durante el procesamiento de datos.

3.6.2) Instrumentos

Los instrumentos que se emplearán durante la investigación documental serán:

- Libros
- Tesis
- Planos de la Institución Educativa Emblemática San Juan

Para nuestra investigación de campo, se usarán los siguientes instrumentos:

- Ficha de campo, la cual será elaborada en función del método a aplicar para la evaluación sísmica de la edificación en estudio

- Wincha, que servirá para el levantamiento topográfico de los pabellones en estudio
- Herramientas manuales, para la extracción de muestras para el estudio de mecánica de suelos.
- Esclerómetro, para determinar la resistencia a la compresión del concreto.
- Cámara fotográfica, para el estudio de vulnerabilidad sísmica de la edificación

3.6.3) Procedimiento

A) Recolección de Documentación

En esta etapa se recurrirá a la revisión de bibliografía (libros, monografías, tesis, etc.) relacionadas con el tema de estudio. Así mismo, se harán los trámites respectivos con el centro educativo a evaluar, para poder acceder sólo a los planos de arquitectura, ya que no se dispone de planos estructurales.

B) Levantamiento Topográfico

Debido a que la institución educativa no cuenta con planos estructurales, se realizará un levantamiento topográfico con wincha, realizando las mediciones de los principales elementos estructurales (columnas, vigas, muros estructurales, losas).

C) Aplicación del Método del índice de Vulnerabilidad

Para la evaluación sísmica de la estructura, se empleará el método del índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini. El trabajo de campo que se realizará consistirá en una inspección visual, en base a la ficha de campo de la metodología en mención. Adicional a esta evaluación, se incluirán otros aspectos no considerados en la metodología descrita del índice de vulnerabilidad

D) Ensayos de Laboratorio

Se hará un estudio de mecánica de suelos (EMS), realizando una calicata de 1mx1.2mx2m, cuyas muestras extraídas, serán procesadas en un laboratorio particular de suelos de la ciudad de Trujillo.

Asimismo, se realizará el ensayo de esclerometría para determinar la resistencia a la compresión de los principales elementos estructurales: vigas, columnas, muros estructurales.

3.7) Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos

4.1.1 Métodos

A) Método Inductivo-Deductivo

Para el desarrollo del análisis de los datos, se aplicará el método inductivo-deductivo, pues la investigación a realizar, parte con la observación de las

características estructurales de la edificación y sus condiciones reales, para posteriormente analizarlas y extraer conclusiones en base a lineamientos descritos por las normas E.030 y E.070

B) Método Analítico

La aplicación de este método fue de mucha utilidad, pues nos permitió evaluar de manera independiente los diferentes elementos estructurales que forman parte de la edificación, para posteriormente integrarlos en una modelación y realizar los respectivos análisis en base a las normas E.030 y E.070.

4.1.2 Instrumentos

Para el análisis de datos, recopilados en la primera etapa de la metodología descrita, se hará uso de los siguientes instrumentos:

- Hoja de cálculos (MS EXCEL), el cual se usará para la evaluación de algunos parámetros del método vulnerabilidad sísmica empleados. Así mismo se usará durante el análisis estático y dinámico.
- Software de edición y dibujo AUTOCAD 2016, el cual se empleará para realizar los planos de arquitectura y estructurales del pabellones en estudio.
- Software estructural ETABS 2016, el cual se usará para la modelación de las estructuras del pabellón en estudio, para posteriormente realizar los análisis sísmicos respectivos
- Norma E.030 Peruana, la cual se empleará durante todo el proceso de análisis y la verificación de los parámetros de control

4.1.3 Procedimiento:

La primera parte del análisis de datos, estará dirigida a la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la institución educativa, tomando como base los datos obtenidos en la ficha de campo durante la inspección visual. La evaluación se hará sólo en los pabellones A, C y J del centro educativo en estudio.

Posteriormente, se dibujarán en el AUTOCAD, los planos de arquitectura, cortes y elevaciones de los pabellones A, C y J que se emplearán para la determinación de la vulnerabilidad sísmica de la edificación. Así mismo, se realizarán los planos estructurales del pabellón C, que servirán como base para su posterior modelación.

Finalmente se modelará el plano estructural del pabellón C en el ETABS, para posteriormente realizar el análisis sísmico para determinar las distorsiones de entrepiso, la fuerza cortante en la base, control de fisuración y resistencia al corte global, cuyos resultados se verificarán con los lineamientos de las normas E.030 y E.070

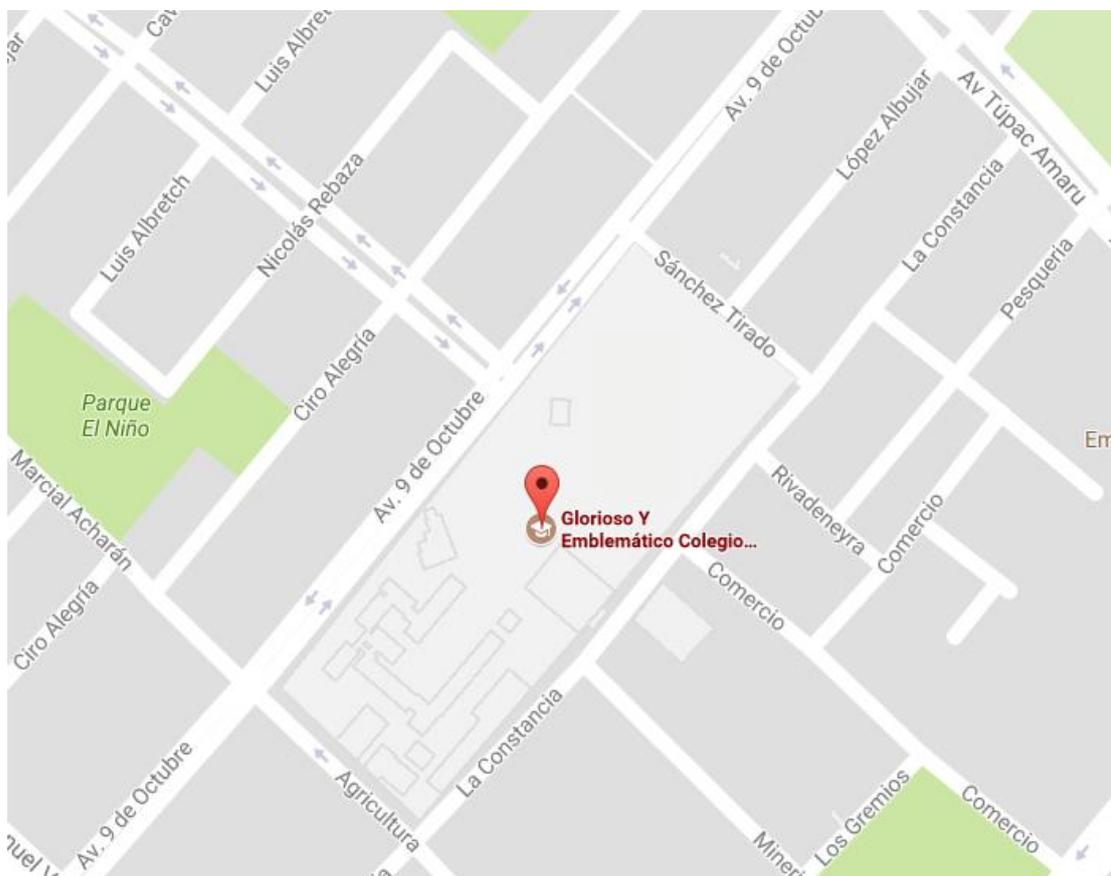
CAPÍTULO 4. RESULTADOS

Para la evaluación sísmica de la Institución Educativa Emblemática San Juan, aplicando el método del índice de Vulnerabilidad, se seguirá la metodología descrita en el marco teórico del método en mención. La asignación del calificativo a cada uno de los 11 parámetros estará sustentada con el cumplimiento de las condiciones que indica la metodología, y que de forma general se puede interpretar de la siguiente manera:

- A: Vulnerabilidad Baja
- B: Vulnerabilidad Media – Baja
- C: Vulnerabilidad Media – Alta
- D: Vulnerabilidad Alta

La Institución Educativa Emblemática San Juan se encuentra localizada en la Ciudad de Trujillo, en la Urbanización Huerta Grande, cuya área de terreno es aproximadamente de 33235.18m²

FIGURA N° 05: Ubicación de la Institución Educativa Emblemática San Juan



Fuente: Google Maps - 2018

FOTO N°01: Frontis de la Institución Educativa Emblemática San Juan



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°02: Patio Principal de la Institución Educativa Emblemática San Juan



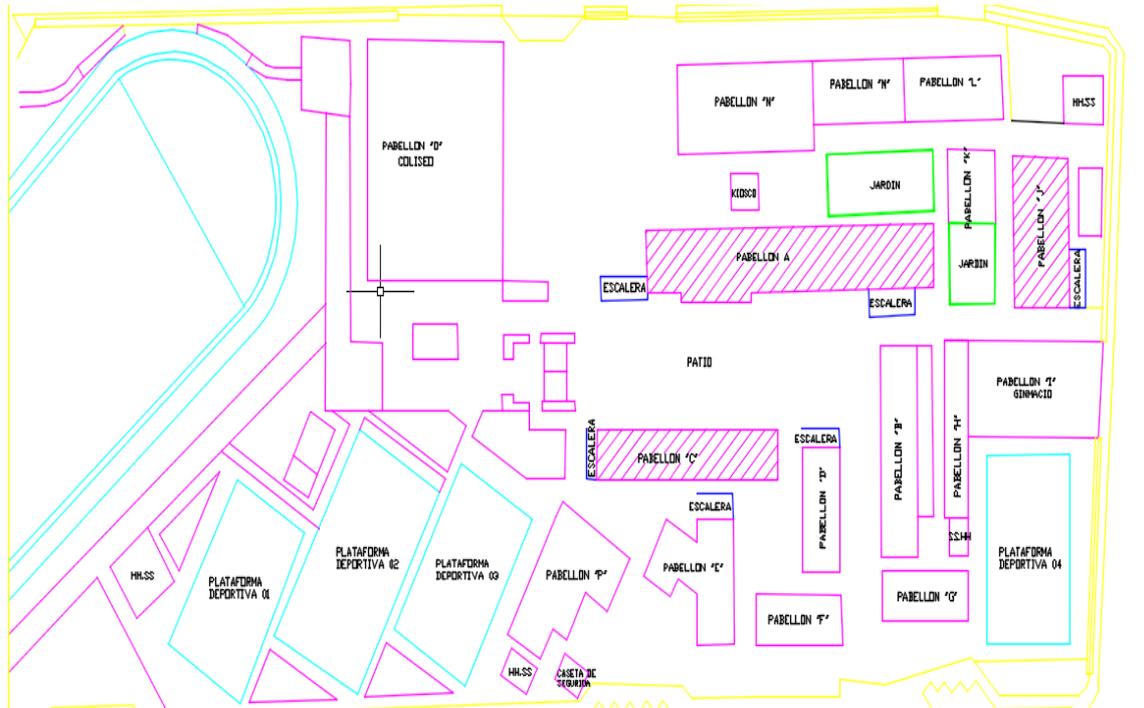
Fuente: Elaboración propia

La evaluación sísmica que se hará a la institución educativa aplicando el método de vulnerabilidad sísmica, sólo se realizará a los pabellones A, C y J, cuya selección está sustentada en que:

- Son los pabellones de mayor antigüedad.
- El deterioro de las paredes se puede observar a simple vista.
- Son los pabellones con mayor irregularidad en su geometría en comparación con el resto.

- El pabellón A tiene 3 pisos, en comparación con los otros que tienen 2 pisos y un piso.
- Por su ubicación son los más importantes, pues son los pabellones que rodean al patio central (pabellón A y C)

FIGURA N° 06: Croquis de la Institución Educativa Emblemática San Juan



Fuente: Elaboración propia

Descripción General de los Pabellones en Evaluación

A) Sistema Estructural:

Los tres pabellones en evaluación cuentan con dos sistemas de estructuración en sus direcciones principales. En la dirección más corta el sistema es de muros estructurales y albañilería (presencia de muros de concreto de 0.13 y 0.23m de espesor y muros de albañilería de 0.23m). La dirección más larga está formado por muros estructurales y columnas, pero debido a que los muros estructurales absorben la mayor fuerza cortante, el sistema predominante es de muros estructurales (espesor de 0.23m). Además el pabellón A se ha dividido en tres bloques, el pabellón C en dos bloques con juntas sísmicas de 5cm de espesor. El pabellón J está constituido por una única estructura.

B) Muros Portantes:

En la dirección más corta todos los muros de concreto y albañilería son portantes, debido a que soportan el peso de las vigas. En la dirección más larga hay presencia de muros portantes de concreto.

C) Alfeizer y parapeto.

La dirección más larga presenta alfeizeres en ventanas altas ($h=1.50\text{m}$) y en ventanas bajas ($\text{altura}=0.80\text{m}$) aislados de la estructura con juntas sísmicas de 3cm de espesor. Todos los alfeizeres son de concreto. Así los parapetos ubicados en los balcones de los tres pabellones así como en la azotea (pabellón C), están confinados por las columnas. El pabellón J tiene parapetos confinados con columnetas y vigas. Todos los parapetos son de concreto, excepto los que se encuentran en la azotea del pabellón C, cuyo material es de albañilería ($e=0.13\text{m}$)

D) Losa Aligerada

Los tres pabellones están formados por losas aligeradas de 0,20 m en todos sus niveles, a excepción del pabellón A, que tiene una cobertura metálica en el tercer nivel.

4.1 Evaluación de los Parámetros del índice de Vulnerabilidad

A) Pabellón A:

FOTO N°03: Pabellón A de la I.E. Emblemática San Juan



Fuente: Elaboración propia

1. Organización del Sistema Resistente

Condiciones que debe cumplir la edificación:

- A. Edificio construido con las recomendaciones de la norma sismorresistente
- B. Edificio que presenta, en todas las plantas, conexiones realizadas mediante vigas de amarre en los muros
- C. Edificio que, por no presentar vigas de amarre en todas las plantas, está constituido únicamente por paredes ortogonales bien ligadas
- D. Edificio con paredes ortogonales no ligadas

FOTO N°04: Pabellón A –Tercer Nivel



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°05: Pabellón A –Tercer Nivel



Fuente: Elaboración propia

Evaluación:

La I.E. Emblemática San Juan no fue construida bajo los parámetros actuales de la norma sismorresistente, pues el centro educativo fue inaugurado en el año de 1971. Asimismo se observa en las fotos la ausencia de vigas de amarre en el tercer nivel del pabellón A. Por lo tanto, le corresponde una calificación de:

CALIFICACIÓN: B

2. Calidad del Sistema Resistente

Las condiciones que se debe cumplir son las siguientes:

A: El sistema resistente del edificio presenta las siguientes tres características

- Mampostería en ladrillo de buena calidad con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro
- Presencia de verticalidad entre las unidades de albañilería
- Mortero de buena calidad con espesor de la mayoría de las pegas entre 1.0 y 1.5cm

B: El sistema resistente del edificio no presenta una de las características de la clase A

C: El sistema resistente del edificio no presenta dos de las características de la clase A

D: El sistema resistente del edificio no presenta ninguna de las características de la clase A

FOTO N°06: Pabellón A –Segundo Nivel



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°07: Pabellón A –Segundo Nivel



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°08: Pabellón A – Primer Nivel



Fuente: Elaboración propia

Evaluación:

Debido a la antigüedad y a su estado de servicio de la estructura se considera una calidad de mampostería regular. Además se verificó la verticalidad del muro con un nivel de mano y el espesor de la junta del mortero es aproximadamente 1.5 pero por su antigüedad se considera un estado regular. Por lo tanto le corresponde una calificación de:

CALIFICACIÓN: C

3. Resistencia Convencional

La evaluación de este parámetro está en función de la siguiente expresión:

$$C = \frac{a_0 \cdot t_k}{q \cdot N} \sqrt{1 + \frac{q \cdot N}{1.5 \cdot a_0 t_k \cdot (1 + \gamma)}}$$

$$q = \frac{(A+B) \cdot h}{A_t} \cdot P_m + P_s$$

$$\alpha = \frac{C}{C'}$$

Donde:

N: Número de Pisos

t_k : Resistencia a cortante del muro de mampostería

A_T : Área total cubierta en planta (m^2)

A_x : Área total resistente de los muros en la dirección x (m^2)

A_y : Área total resistente de los muros en la dirección y (m^2)

h : Altura promedio de entrepisos (m)

P_m : Peso Específico de la mampostería (T/m^3)

P_s : Peso por unidad de área del diafragma (T/m^2)

$A = \min [A_x; A_y]$

$B = \max [A_x; A_y]$

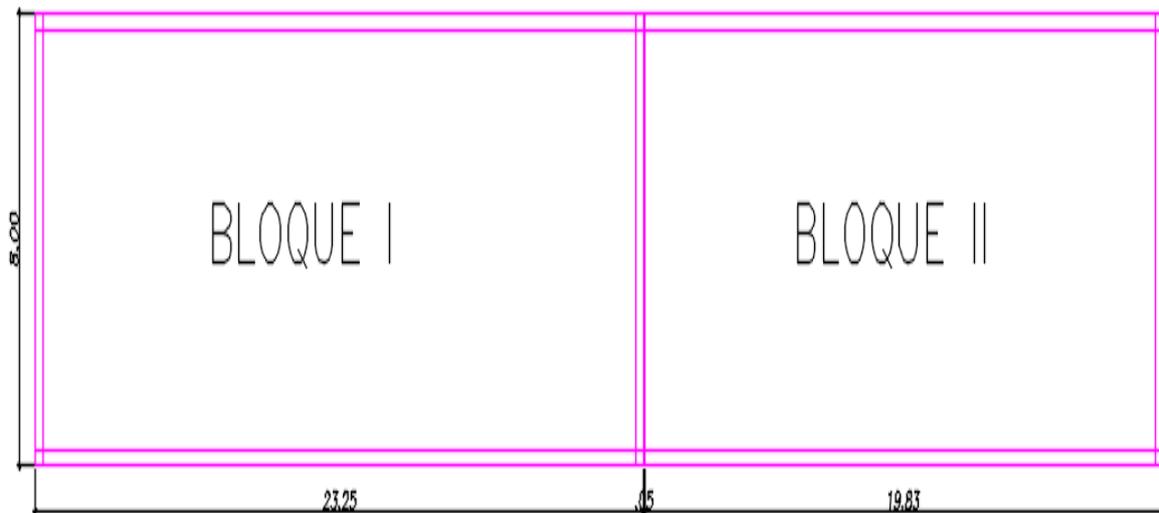
$$a_0 = \frac{A}{A_T}$$

$$\gamma = \frac{B}{A}$$

La calificación de α , dependerá de:

- A. Estructura con un valor de $\alpha \geq 1$
- B. Estructura para valores comprendidos entre $0.6 \leq \alpha \leq 1$
- C. Estructura para valores comprendidos entre $0.4 \leq \alpha \leq 0.6$
- D. Estructura con un valor de $\alpha < 0.4$

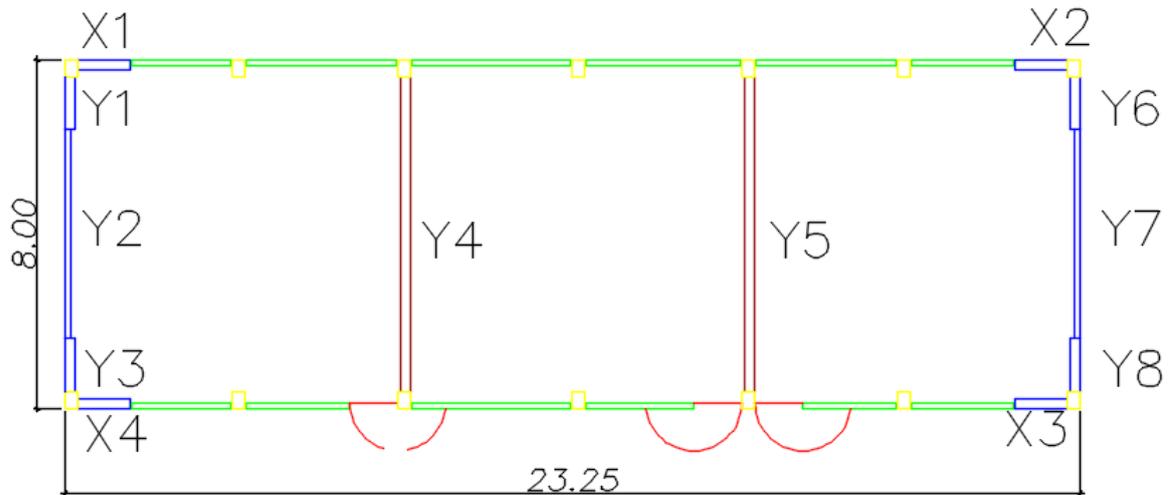
FIGURA N°07: Planta – Pabellón A –Primer Nivel



Fuente: Elaboración propia

El pabellón A está formando por dos bloques, separados por una junta de 5cm. Por lo tanto sólo se analizará el bloque I.

FIGURA N°08: Planta – Pabellón A –Primer Nivel-Bloque I



Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-1: Datos iniciales para la resistencia convencional

Resistencia Convencional	Valor
N: Número de pisos	3
At: área total cubierta	186
Ax: área total resistente del muro x (tabla IV -2)	6.79
Ay: área total resistente del muro y (tabla IV -2)	24.34
tk: Resistencia a cortante característica del tipo de mampostería en ton/m2 (tabla III-2)	18
h: altura de entrepiso (m)	2.8
Pm: peso específico de la mampostería ton/m3 (E.020)	1.8
Ps: peso por unidad de área del diafragma ton/m2 (E.020)	0.40

Fuente: Elaboración propia

Para determinar el espesor de un muro de concreto armado, se considera la siguiente expresión (San Bartolomé, 1994)

$$t = tc * \left(\frac{Ec}{Em}\right)$$

Donde:

Tabla IV-2: Datos iniciales para el área resistente

DATOS	VALORES
f'c (ensayo esclerometría)-kg/cm2	210
f'm (E.070-Tabla 9) - kg/cm2	55
Ec: módulo de elasticidad del concreto	217370.65
Em: módulo de elasticidad de la albañilería	27500
n: relación modular	7.90

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-3: Área total resistente en la dirección x e y

MURO	L	t	Lt	MURO	L	t	Lt
X1	1.2	1.82	2.18	Y1	1.2	1.82	2.18
X2	1.2	1.82	2.18	Y2	4.8	1.03	4.93
X3	1.2	1.82	2.18	Y3	1.2	1.82	2.18
X4	1.2	1.82	2.18	Y4	7.4	0.23	1.70
				Y5	7.4	0.23	1.70
				Y6	1.2	1.82	2.18
				Y7	4.8	1.03	4.93
				Y8	1.2	1.82	2.18
		Ax=	8.73			Ay=	22.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-4: Resistencia Convencional

A	B	a0	Y	q	C	C'	α
8.73	22.00	0.05	2.52	1.23	0.31	0.45	0.69

Fuente: Elaboración propia

Evaluación:

Se puede observar que existe una mayor densidad de muros en la dirección y que en la dirección x. Los alfeizeres de las ventanas no se consideran en el análisis, ya que se no aportan a la estructura por tener juntas de dilatación. De acuerdo a la calificación del parámetro, el valor de alfa se encuentra en el rango 2, por lo que le corresponde una calificación de:

CALIFICACIÓN: B

4. Posición del Edificio y Cimentación

Para la evaluación de este parámetro se considerará lo siguiente:

- A. Edificio cimentado sobre terreno estable con pendiente inferior o igual al 10%,
- B. Edificio cimentado sobre roca con pendiente comprendida entre un 10% y un 30% o sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 10% y un 20%
- C. Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 20% y un 30% o sobre terreno rocoso con pendiente comprendida entre un 30% y un 50%.
- D. Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente mayor al 30% o sobre terreno rocoso con pendiente mayor al 50%.

FOTO N°09: Pabellón A – Primer nivel – Parte Posterior



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°10: Costado del Pabellón A – Primer nivel



Fuente: Elaboración propia

Evaluación:

Se puede observar una ligera pendiente debajo del pabellón A, tanto en la dirección longitudinal, como en la dirección transversal. Además el estudio de mecánica de suelos realizado indica que el tipo de suelo está compuesto por granos finos tipo arcillosos continuado por arena limoso hasta 1.80, subyacente a este arena uniforme, por lo tanto cumple con la segunda condición del parámetro

CALIFICACIÓN: B

5. Diafragmas Horizontales

Se debe considerar lo siguiente:

- A. Edificios con diafragmas, de cualquier naturaleza que satisfacen las condiciones:
 - Ausencia de planos a desnivel y placas de concreto
 - La deformabilidad del diafragma es despreciable
 - La conexión entre el diafragma y el muro es eficaz
- B. Edificio con diafragma como los de la clase A, pero que no cumplen con una de las condiciones pasadas.
- C. Edificio con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen con las dos condiciones pasadas
- D. Edificios cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones

FOTO N°11: Pabellón A - Tercer Nivel



Fuente: Elaboración propia

Evaluación:

El tercer nivel del pabellón A no presenta una buena conexión entre el diafragma horizontal y los muros, por la presencia de una cobertura metálica fijada a las columnas de la edificación, en el espacio entre columnas se colocó triplay, sin la presencia de vigas de amarre. El primer y segundo piso si cumple con las tres condiciones de este parámetro. Por lo tanto no se cumple con la tercera condición, por lo que le corresponde una calificación de:

CALIFICACIÓN: B

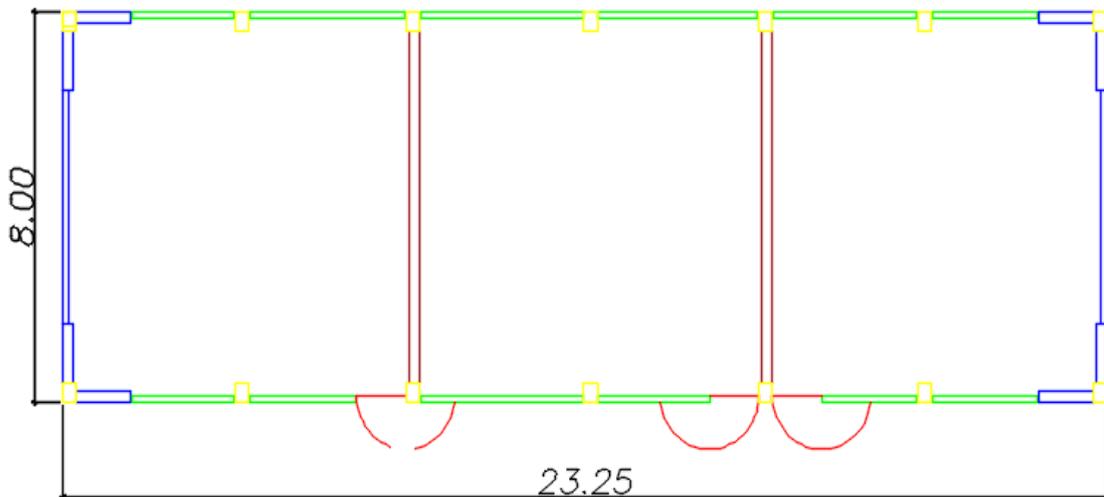
6. Configuración en Planta

Para evaluar la geometría en planta, se debe considerar lo siguiente:

$$\beta_1 = \frac{a}{L} \quad \text{y} \quad \beta_2 = \frac{b}{L}$$

- A. Edificio con $\beta_1 \geq 0.8$ ó $\beta_2 \leq 0.1$.
- B. Edificio con $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ ó $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$.
- C. Edificio con $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ ó $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$
- D. Edificio con $0.4 > \beta_1$ ó $0.3 < \beta_2$

FIGURA N°09: Planta – Pabellón A –Primer Nivel-Bloque I



Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-5: Configuración en Planta

CONFIGURACIÓN EN PLANTA	VALOR (m)
Ancho de la Edificación	8
Largo de la Edificación	23.25
Longitud de recorte de la edificación	0
β_1	0.34

Fuente: Elaboración propia

Evaluación:

El valor obtenido de la relación entre el ancho y el largo de la edificación es 0.34, encontrándose en el cuarto rango del parámetro, por lo que le corresponde una calificación de:

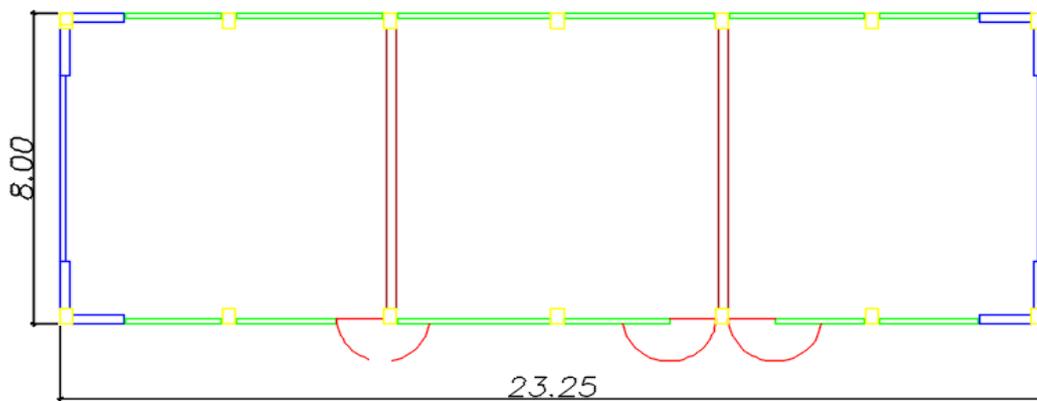
CALIFICACIÓN: D

7. Configuración en Elevación

Al no existir protuberancias o torretas en el pabellón A, se evaluará sólo la variación de superficie entre el primer y segundo piso. La variación de la masa tampoco se considerará pues el peso no es significativo en el segundo nivel pues se trata balcones.

- A. Estructura con $-\frac{\Delta M}{M} < 10\%$
- B. Estructura con una superficie de porche menor al 10% o con $10\% \leq -\frac{\Delta M}{M} < 20\%$
- C. Estructura con una superficie de porche entre 10% y 20% o con $-\frac{\Delta M}{M} > 20\%$ o $T/H < 2/3$
- D. Estructura con una superficie de porche mayor al 20% o con $\frac{\Delta M}{M} > 0$ o con $T/H > 2/3$

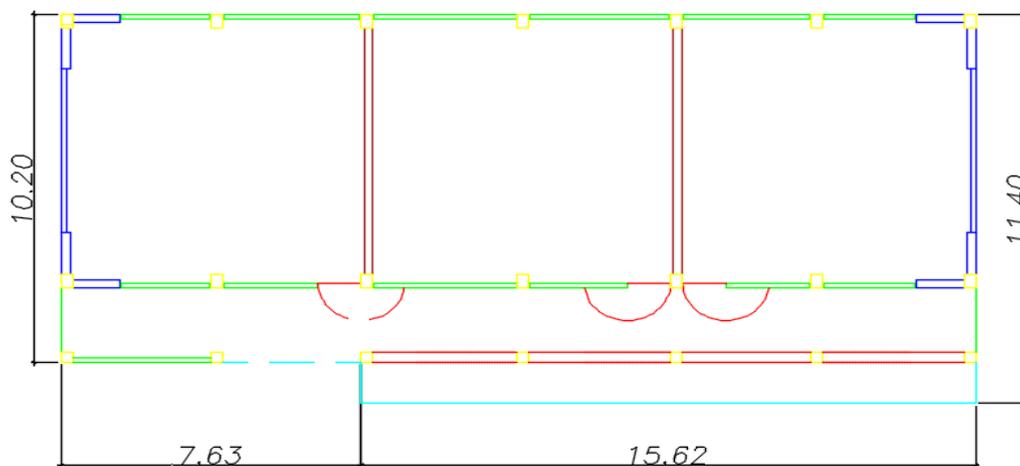
FIGURA N°10: Planta – Pabellón A –Primer Nivel – Bloque I



Fuente: Elaboración propia

Área Total (m2)	186
-----------------	-----

FIGURA N°11: Planta – Pabellón A – Segundo Nivel-Bloque I



Fuente: Elaboración propia

Área Total (m ²)	255.90
------------------------------	--------

Tabla IV-6: Configuración en Planta

DESCRIPCIÓN	VALOR
Área Primer Nivel (A1)	186
Área Segundo Nivel (A2)	255.90
Variación de Áreas (ΔA)	69.9
$\frac{\Delta A}{A}$	37.60 %

Fuente: Elaboración propia

Evaluación:

Se puede observar que el valor obtenido en la evaluación del porche se encuentra ubicado en la condición 4, mayor al 20%, Por lo tanto le corresponde una calificación de:

CALIFICACIÓN: D

8. Separación máxima entre muros

Para la evaluación d este parámetro, se debe considerar lo siguiente:

L: Espaciamiento máximo entre muros transversales

S: Espesor del muro

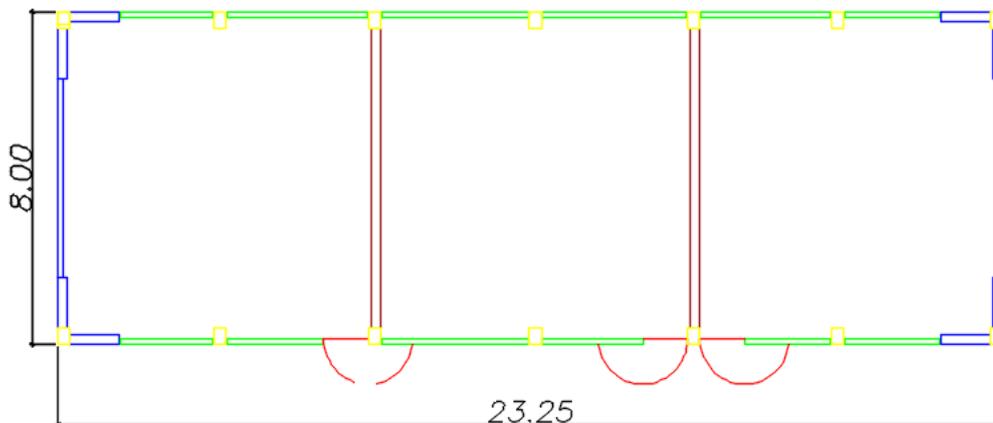
A. si $L/S \leq 15$

B. si $15 < L/S \leq 18$

C. si $18 < L/S \leq 25$

D. si $L/S \geq 25$

FIGURA N°12: Planta – Pabellón A – Primer Nivel-Bloque I



Fuente: Elaboración propia

$$\frac{L}{S} = \frac{7.40}{0.23} = 37$$

Evaluación:

Se puede observar que la relación L/S obtenida se encuentra en la cuarta condición, por lo tanto le corresponde una calificación de:

CALIFICACIÓN: D

9. Tipos de Cubierta

Consideraremos lo siguiente:

- A. Presencia de cubierta estable con viga cumbreira o de soporte. Edificio con cubierta plana.
- B. Presencia de cubierta estable y bien conectada a los paneles de mampostería sin viga de soporte. Edificio de viga provista de viga de soporte.
- C. Presencia de cubierta inestable, pero con viga de soporte.
- D. Presencia de cubierta inestable sin viga de soporte.

FOTO N°12: Pabellón A - Tercer Nivel



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°13: Pabellón A - Tercer Nivel



Fuente: Elaboración propia

Evaluación:

Se puede observar que la cubierta no está apoyada en vigas de soporte, sólo está sujeta en las columnas sobresalientes, cuyas aberturas están protegidas con triplay. Toda la cubierta metálica está sobre el tercer nivel del pabellón A, por lo tanto no cumple con las tres primeras condiciones de este parámetro, lo que le corresponde una calificación de:

CALIFICACIÓN: D

10. Elementos No Estructurales

Consideramos lo siguiente:

- A/ B. Edificio sin cornisas, parapetos ni balcones. Edificio con cornisas bien conectadas a los paneles con chimeneas de pequeña dimensión y bajo peso.
Edificio con balcones que son extensiones de los forjados estructurales.
- C. Edificio con elementos externos a la estructura, de pequeña dimensión y mal conectados a la estructura principal
- D. Edificio con chimeneas o cualquier elemento externo a la estructura principal, de peso considerable y mal conectado a la estructura, que pueden caer en caso de terremoto.
Edificio con balcones sin conexión a los forjados o con balcones construidos en etapas posteriores a la construcción de la estructura, existiendo por ello un vínculo deficiente de dichos elementos a los paneles de mampostería.

FOTO N°14: Pabellón A - Tercer Nivel



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°15: Pabellón A – Parapeto -Azotea



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°16: Pabellón A – Parapeto -Azotea



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°17: Pabellón A – Parapeto -Azotea



Fuente: Elaboración propia

Evaluación:

La edificación no presenta cornisas, pero si hay presencia de parapetos en el segundo y tercer nivel; la presencia de alfeizeres aislados a la estructura puede ser peligrosos debido a la falta de arriostramiento. Además la edificación cuenta con la presencia de un balcón principal, lo que le correspondería una calificación de:

CALIFICACIÓN: B

11. Estado de Conservación:

Para la evaluación d este parámetro, se debe considerar lo siguiente:

- A. Muros de mampostería en buenas condiciones, sin daño visible.
- B. Muros con presencia de agrietamiento, tipo capilar no extendido en todo el muro, con la excepción de los casos en que dicho agrietamiento ha sido provocado por terremotos.
- C. Muros con grietas de mediano tamaño (2 o 3 mm de espesor) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructura que no presentan agrietamiento, pero se caracterizan por un estado mediocre de conservación de los paneles.
- D. Muros que presentan un grave deterioro en las características físicas de los materiales de construcción o con agrietamiento superior a 3mm

FOTO N°18: Pabellón A – Primer Nivel – Parte lateral



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°19: Pabellón A – Primer Nivel



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°20: Pabellón A – Tercer Nivel



Fuente: Elaboración propia

Evaluación:

La mayor parte de los muros de albañilería se encuentran en buenas condiciones. Los muros del primer piso y tercer piso mostrados en las fotos, son los que tienen mayor deterioro. Por lo tanto se le asignó una calificación de:

CALIFICACIÓN: B

B) Pabellón C:

FOTO N°21: Pabellón C de la I.E. Emblemática San Juan



Fuente: Elaboración propia

1. Organización del Sistema Resistente

Condiciones que debe cumplir la edificación:

- A. Edificio construido con las recomendaciones de la norma sismorresistente
- B. Edificio que presenta, en todas las plantas, conexiones realizadas mediante vigas de amarre en los muros
- C. Edificio que, por no presentar vigas de amarre en todas las plantas, está constituido únicamente por paredes ortogonales bien ligadas
- D. Edificio con paredes ortogonales no ligadas

FOTO N°22: Pabellón C



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°23: Pabellón C –Segundo Nivel



Fuente: Elaboración propia

Evaluación:

Al igual que el pabellón A, el pabellón C mantiene sus estructuras iniciales desde 1971, lo que significa que no se construyó con las recomendaciones sísmicas de la norma. Por otro lado si hay presencia de vigas de amarre en todas sus plantas, por lo tanto le corresponde una calificación de:

CALIFICACIÓN: B

2. Calidad del Sistema Resistente

Las condiciones que se debe cumplir son las siguientes:

A: El sistema resistente del edificio presenta las siguientes tres características

- Mampostería en ladrillo de buena calidad con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro
- Presencia de verticalidad entre las unidades de albañilería
- Mortero de buena calidad con espesor de la mayoría de las pegas entre 1.0 y 1.5cm

B: El sistema resistente del edificio no presenta una de las características de la clase A

C: El sistema resistente del edificio no presenta dos de las características de la clase A

D: El sistema resistente del edificio no presenta ninguna de las características de la clase A

FOTO N°24: Pabellón C –Segundo Nivel



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°25: Pabellón C –Segundo Nivel



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°26: Pabellón C – Azotea



Fuente: Elaboración propia

Evaluación:

Se puede observar que la calidad y homogeneidad de las piezas de albañilería se encuentran en un estado regular, además de considerar el uso de ladrillo artesanal. La verticalidad de los muros y el espesor del mortero cumplen con las condiciones del parámetro en evaluación pero por su antigüedad se considera un estado regular. Por lo tanto le corresponde una calificación de:

CALIFICACIÓN: C

3. Resistencia Convencional

La evaluación de este parámetro está en función de la siguiente expresión:

$$C = \frac{\alpha_0 \cdot t_k}{q \cdot N} \sqrt{1 + \frac{q \cdot N}{1.5 \cdot \alpha_0 t_k \cdot (1 + \gamma)}}$$

$$q = \frac{(A+B) \cdot h}{A_t} \cdot P_m + P_s$$

$$\alpha = \frac{C}{C'}$$

Donde:

N: Número de Pisos

t_k : Resistencia a cortante del muro de mampostería

A_T : Área total cubierta en planta (m^2)

A_x : Área total resistente de los muros en la dirección x (m^2)

A_y : Área total resistente de los muros en la dirección y (m^2)

h: Altura promedio de entresijos (m)

P_m : Peso Específico de la mampostería (T/m^3)

P_s : Peso por unidad de área del diafragma (T/m^2)

$A = \min [A_x; A_y]$

$B = \max [A_x; A_y]$

$$\alpha_0 = \frac{A}{A_T}$$

$$\gamma = \frac{B}{A}$$

La calificación de α , dependerá de:

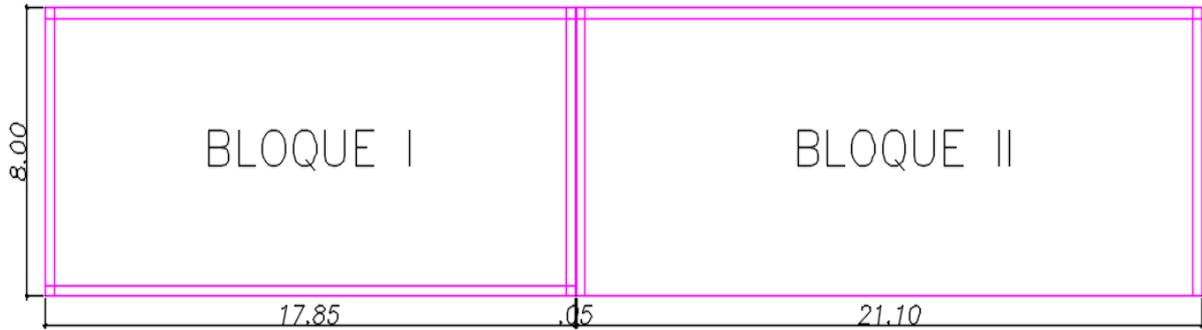
E. Estructura con un valor de $\alpha \geq 1$

F. Estructura para valores comprendidos entre $0.6 \leq \alpha \leq 1$

G. Estructura para valores comprendidos entre $0.4 \leq \alpha \leq 0.6$

H. Estructura con un valor de $\alpha < 0.4$

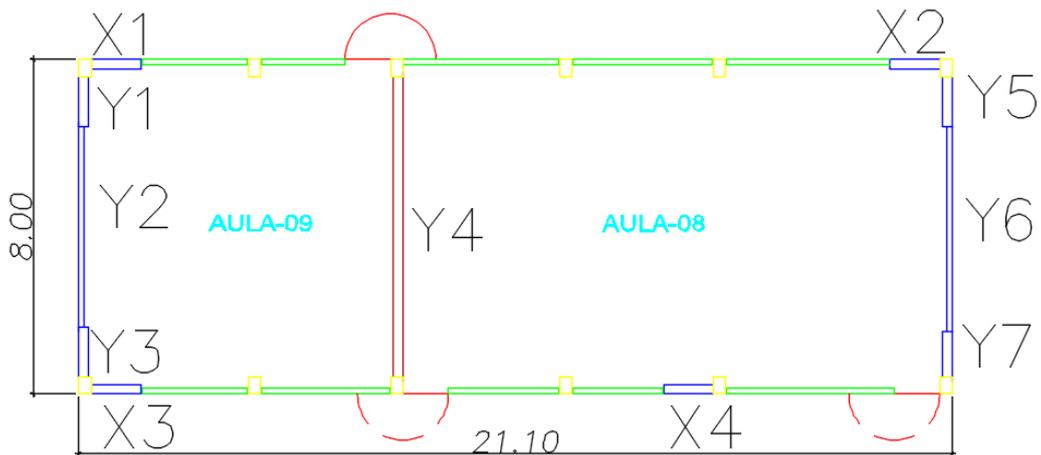
FIGURA N°13: Planta – Pabellón C –Primer Nivel



Fuente: Elaboración propia

El pabellón A está formado por dos bloques, separados por una junta de 5cm. Por lo tanto sólo se analizará el bloque II

FIGURA N°14: Planta – Pabellón C –Primer Nivel-Bloque II



Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-7: Datos iniciales para la resistencia convencional

Resistencia Convencional	Valor
N: Número de pisos	2
At: área total cubierta	168.80
Ax: área total resistente del muro x (tabla IV -2)	13.71
Ay: área total resistente del muro y (tabla IV -2)	17.71
tk: Resistencia a cortante característica del tipo de mampostería en ton/m ² (tabla III-2)	18
h: altura de entrepiso (m)	2.8
Pm: peso específico de la mampostería ton/m ³ (E.020)	1.8
Ps: peso por unidad de área del diafragma ton/m ² (E.020)	0.40

Fuente: Elaboración propia

Para determinar el espesor de un muro de concreto armado, se considera la siguiente expresión (San Bartolomé, 1994)

$$t = tc * \left(\frac{Ec}{Em}\right)$$

Donde:

Tabla IV-8: Datos iniciales para el área resistente

DATOS	VALORES
f'c (ensayo esclerometría)-kg/cm ²	210
f'm (E.070-Tabla 9) - kg/cm ²	55
Ec: módulo de elasticidad del concreto	217370.65
Em: módulo de elasticidad de Albañilería	27500
n: relación modular	7.90

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-9: Área total resistente en la dirección x e y

MURO	L	t	Lt	MURO	L	t	Lt
X1	1.2	1.82	2.18	Y1	1.2	1.82	2.18
X2	1.2	1.82	2.18	Y2	4.8	1.03	4.93
X3	1.2	1.82	2.18	Y3	1.2	1.82	2.18
X4	1.2	1.82	2.18	Y4	7.4	0.23	1.70
				Y5	1.2	1.82	2.18
				Y6	4.8	1.03	4.93
				Y7	1.2	1.82	2.18
		Ax=	8.73			Ay=	20.29

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-10: Resistencia Convencional

A	B	a0	Y	q	C	C'
8.73	20.29	0.05	2.33	1.27	0.46	0.45

Fuente: Elaboración propia

Evaluación:

Se puede observar que existe una mayor densidad de muros en la dirección y que en la dirección x. Los alfeizeros de las ventanas no se consideran en el análisis, ya que se no aportan a la estructura por tener juntas de dilatación. De acuerdo a la calificación del parámetro, el valor de alfa se encuentra en el rango 1, por lo que le corresponde una calificación de A.

CALIFICACIÓN: A

4. Posición del Edificio y Cimentación

Para la evaluación de este parámetro se considerará lo siguiente:

- A. Edificio cimentado sobre terreno estable con pendiente inferior o igual al 10%,
- B. Edificio cimentado sobre roca con pendiente comprendida entre un 10% y un 30% o sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 10% y un 20%
- C. Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 20% y un 30% o sobre terreno rocoso con pendiente comprendida entre un 30% y un 50%.
- D. Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente mayor al 30% o sobre terreno rocoso con pendiente mayor al 50%.

FOTO N°27: Pabellón C – Primer nivel



Fuente: Elaboración propia

Evaluación:

El pabellón C no presenta pendiente o desnivel en su base, pero por los resultados del estudio de mecánica de suelos, que indica un suelo conformado por arcilla y limos, le corresponde una calificación de:

CALIFICACIÓN: B

5. Diafragmas Horizontales

Se debe considerar lo siguiente:

- A. Edificios con diafragmas, de cualquier naturaleza que satisfacen las condiciones:
 - Ausencia de planos a desnivel y placas de concreto
 - La deformabilidad del diafragma es despreciable
 - La conexión entre el diafragma y el muro es eficaz

- B. Edificio con diafragma como los de la clase A, pero que no cumplen con una de las condiciones pasadas.
- C. Edificio con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen con las dos condiciones pasadas
- D. Edificios cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones

FOTO N°28: Pabellón C - Segundo Nivel



Fuente: Elaboración propia

Evaluación:

El pabellón C, en sus dos niveles, cumple con las tres condiciones del parámetro en evaluación, por lo tanto le corresponde una calificación de:

CALIFICACIÓN: A

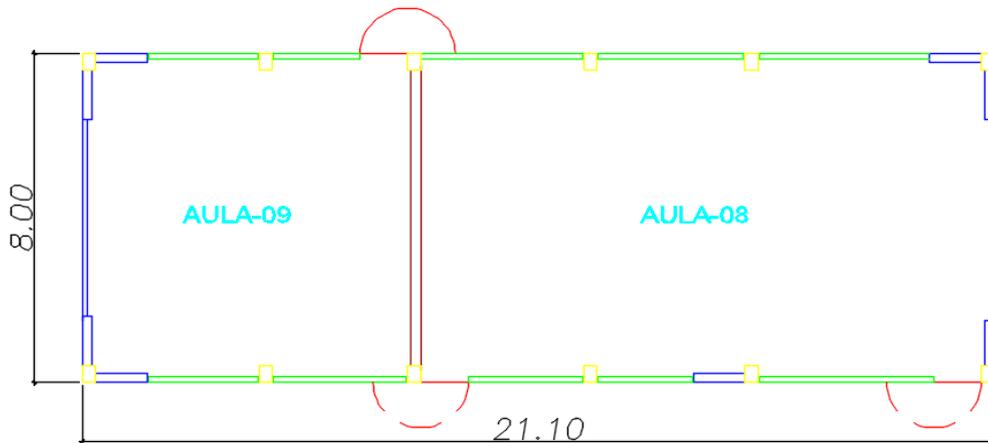
6. Configuración en Planta

Para evaluar la geometría en planta, se debe considerar lo siguiente:

$$\beta_1 = \frac{a}{L} \text{ y } \beta_2 = \frac{b}{L}$$

- A. Edificio con $\beta_1 \geq 0.8$ ó $\beta_2 \leq 0.1$.
- B. Edificio con $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ ó $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$.
- C. Edificio con $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ ó $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$
- D. Edificio con $0.4 > \beta_1$ ó $0.3 < \beta_2$

FIGURA N°15: Planta – Pabellón C –Primer Nivel-Bloque II



Fuente: Elaboración propia

Tabla IV- 11: Configuración en Planta

CONFIGURACIÓN EN PLANTA	VALOR (m)
Ancho de la Edificación	8
Largo de la Edificación	21.10
Longitud de recorte de la edificación	0
β_1	0.34

Fuente: Elaboración propia

Evaluación:

El valor obtenido de la relación entre el ancho y el largo de la edificación es 0.34, encontrándose en el cuarto rango del parámetro, por lo que le corresponde una calificación de:

CALIFICACIÓN: D

7. Configuración en Elevación

Al no existir protuberancias o torretas en el pabellón C, se evaluará sólo la variación de superficie entre el primer y segundo piso. La variación de la masa tampoco se considerará pues el peso no es significativo en el segundo nivel pues se trata balcones.

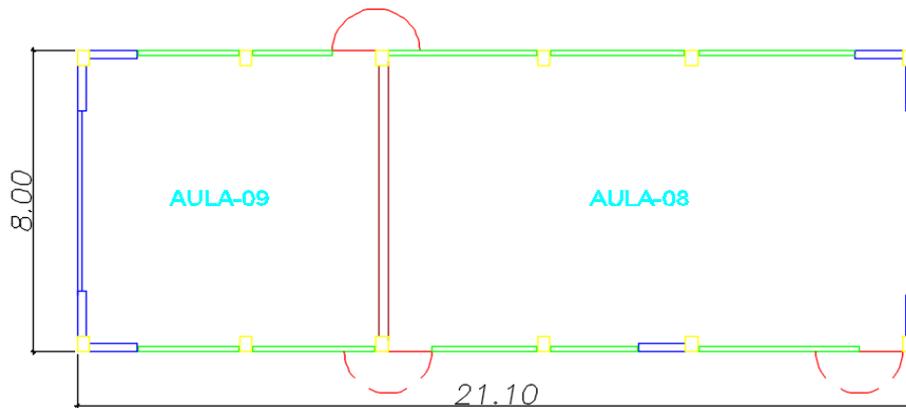
- A. Estructura con $-\frac{\Delta M}{M} < 10\%$
- B. Estructura con una superficie de porche menor al 10% o con $10\% \leq -\frac{\Delta M}{M} < 20\%$
- C. Estructura con una superficie de porche entre 10% y 20% o con $-\frac{\Delta M}{M} > 20\%$ o $T/H < 2/3$
- D. Estructura con una superficie de porche mayor al 20% o con $\frac{\Delta M}{M} > 0$ o con $T/H > 2/3$

FOTO N°29: Pabellón C



Fuente: Elaboración propia

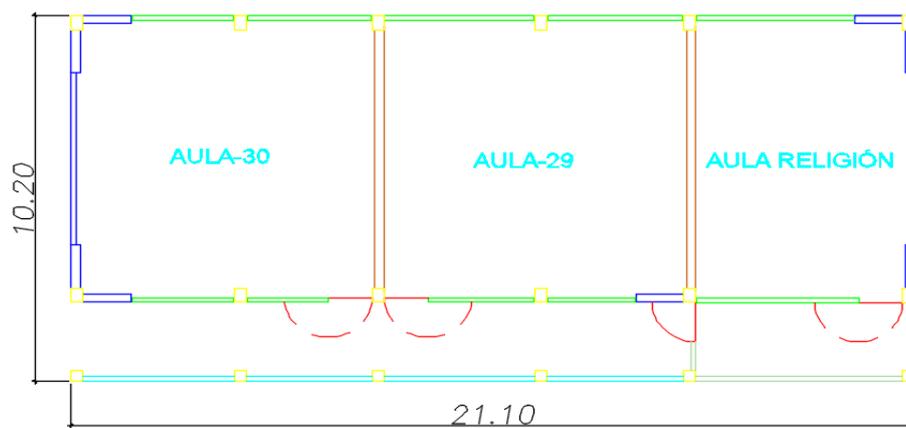
FIGURA N°16: Planta – Pabellón C – Primer Nivel-Bloque II



Fuente: Elaboración propia

Área Total (m2)	168.80
-----------------	--------

FIGURA N°17: Planta – Pabellón C – Segundo Nivel-Bloque II



Fuente: Elaboración propia

Área Total (m ²)	215.22
------------------------------	--------

Tabla IV-12: Configuración en Planta

DESCRIPCIÓN	VALOR
Área Primer Nivel (A1)	168.80
Área Segundo Nivel (A2)	215.22
Variación de Áreas (ΔA)	46.42
$\frac{\Delta A}{A}$	27.50 %

Fuente: Elaboración propia

Evaluación:

Se puede observar que el valor obtenido en la evaluación del porche se encuentra ubicado en la condición 4, mayor al 20%, Por lo tanto le corresponde una calificación de:

CALIFICACIÓN: D

8. Separación máxima entre muros

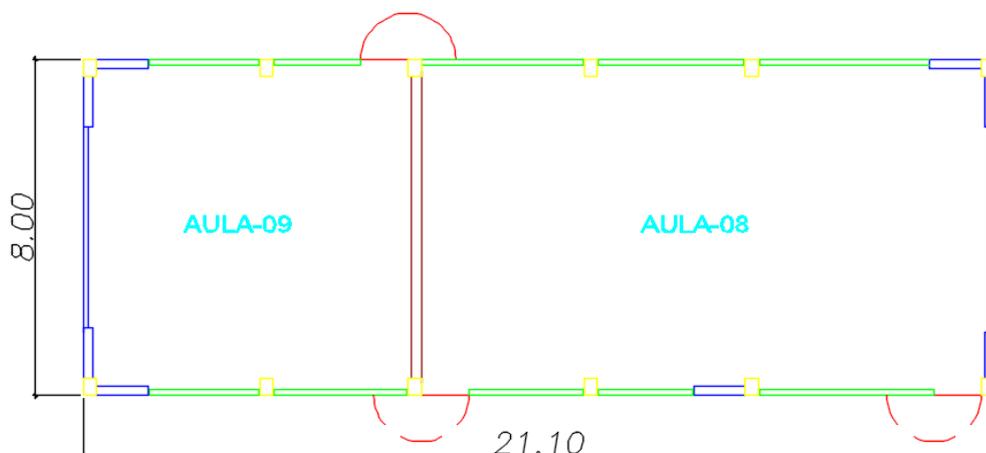
Para la evaluación d este parámetro, se debe considerar lo siguiente:

L: Espaciamiento máximo entre muros transversales

S: Espesor del muro

- A. si $L/S \leq 15$
- B. si $15 < L/S \leq 18$
- C. si $18 < L/S \leq 25$
- D. si $L/S \geq 25$

FIGURA N°18: Planta – Pabellón C – Primer Nivel-Bloque II



Fuente: Elaboración propia

$$\frac{L}{S} = \frac{7.40}{0.23} = 32.17$$

Evaluación:

Se puede observar que el valor obtenido de la relación L/S cumple con la cuarta condición del parámetro, por lo tanto le corresponde una calificación de:

CALIFICACIÓN: D

9. Tipos de Cubierta

Consideraremos lo siguiente:

- A. Presencia de cubierta estable con viga cumbrera o de soporte. Edificio con cubierta plana.
- B. Presencia de cubierta estable y bien conectada a los paneles de mampostería sin viga de soporte. Edificio de viga provista de viga de soporte.
- C. Presencia de cubierta inestable, pero con viga de soporte.
- D. Presencia de cubierta inestable sin viga de soporte.

FOTO N°30: Pabellón C –Parte frontal



Fuente: Elaboración propia

Evaluación:

Se puede observar que pabellón C no presenta cubierta en su último nivel, por lo tanto le corresponde una calificación de:

CALIFICACIÓN: A

10. Elementos No Estructurales

Consideramos lo siguiente:

- A/ B. Edificio sin cornisas, parapetos ni balcones. Edificio con cornisas bien conectadas a los paneles con chimeneas de pequeña dimensión y bajo peso.
- Edificio con balcones que son extensiones de los forjados estructurales.

- C. Edificio con elementos externos a la estructura, de pequeña dimensión y mal conectados a la estructura principal
- D. Edificio con chimeneas o cualquier elemento externo a la estructura principal, de peso considerable y mal conectado a la estructura, que pueden caer en caso de terremoto. Edificio con balcones sin conexión a los forjados o con balcones construidos en etapas posteriores a la construcción de la estructura, existiendo por ello un vínculo deficiente de dichos elementos a los paneles de mampostería.

FOTO N°31: Pabellón C – Parte Posterior



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°32: Pabellón C – Parapeto Azotea



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°33: Pabellón C – Parapeto Azotea –Parte posterior



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°34: Pabellón C – Parte frontal



Fuente: Elaboración propia

Evaluación:

Se puede observar la presencia de parapetos en la azotea cuyas unidades de albañilería se encuentran en mal estado debido a las fisuras y roturas; la presencia de alfeizeres asilados a la estructura puede representar un peligro debido a la falta de arriostramiento. Así mismo hay presencia de un balcón en la parte posterior de la edificación y la presencia de algunos elementos no estructurales pequeños como reflectores, tubos y cornisas; por lo tanto le corresponde una calificación de:

CALIFICACIÓN: C

11. Estado de Conservación:

Para la evaluación de este parámetro, se debe considerar lo siguiente:

- A. Muros de mampostería en buenas condiciones, sin daño visible.
- B. Muros con presencia de agrietamiento, tipo capilar no extendido en todo el muro, con la excepción de los casos en que dicho agrietamiento ha sido provocado por terremotos.

- C. Muros con grietas de mediano tamaño (2 o 3 mm de espesor) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructura que no presentan agrietamiento, pero se caracterizan por un estado mediocre de conservación de los paneles.
- D. Muros que presentan un grave deterioro en las características físicas de los materiales de construcción o con agrietamiento superior a 3mm

FOTO N°35: Pabellón C -Escalera



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°36: Pabellón C –Parte Lateral



Fuente: Elaboración propia

Evaluación:

Se observa un buen estado de conservación de los muros de albañilería, por lo tanto le corresponde una calificación de:

CALIFICACIÓN: A

C) Pabellón J:

FOTO N°37: Pabellón J de la I.E. Emblemática San Juan



Fuente: Elaboración propia

1. Organización del Sistema Resistente

Condiciones que debe cumplir la edificación:

- A. Edificio construido con las recomendaciones de la norma sismorresistente
- B. Edificio que presenta, en todas las plantas, conexiones realizadas mediante vigas de amarre en los muros
- C. Edificio que, por no presentar vigas de amarre en todas las plantas, está constituido únicamente por paredes ortogonales bien ligadas
- D. Edificio con paredes ortogonales no ligadas

FOTO N°38: Pabellón J – Primer Nivel



Fuente: Elaboración propia

Evaluación:

Al igual que el pabellón A y C, el pabellón J mantiene sus estructuras iniciales desde 1971, lo que significa que no se construyó con las recomendaciones sísmicas de la norma. Por otro lado si hay presencia de vigas de amarre en todas sus plantas, por lo tanto le corresponde una calificación de:

CALIFICACIÓN: B

2. Calidad del Sistema Resistente

Las condiciones que se debe cumplir son las siguientes:

A: El sistema resistente del edificio presenta las siguientes tres características

- Mampostería en ladrillo de buena calidad con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro
- Presencia de verticalidad entre las unidades de albañilería
- Mortero de buena calidad con espesor de la mayoría de las pegas entre 1.0 y 1.5cm

B: El sistema resistente del edificio no presenta una de las características de la clase A

C: El sistema resistente del edificio no presenta dos de las características de la clase A

D: El sistema resistente del edificio no presenta ninguna de las características de la clase A

FOTO N°39: Pabellón J



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°40: Pabellón J-Primer Nivel



Fuente: Elaboración propia

Evaluación:

Se puede observar que la calidad y homogeneidad de las piezas de albañilería se encuentran en un estado regular debido a su uso y antigüedad. La verticalidad de los muros y el espesor del mortero cumplen con las condiciones del parámetro en evaluación pero por su antigüedad se considera que tiene un estado regular. Por lo tanto le corresponde una calificación de:

CALIFICACIÓN: C

3. Resistencia Convencional

La evaluación de este parámetro está en función de la siguiente expresión:

$$C = \frac{a_0 \cdot t_k}{q \cdot N} \sqrt{1 + \frac{q \cdot N}{1.5 \cdot a_0 t_k \cdot (1 + \gamma)}}$$

$$q = \frac{(A+B) \cdot h}{A_t} \cdot P_m + P_s$$

$$\alpha = \frac{C}{C'}$$

Donde:

N: Número de Pisos

t_k : Resistencia a cortante del muro de mampostería

A_T : Área total cubierta en planta (m²)

A_x : Área total resistente de los muros en la dirección x (m²)

Ay: Área total resistente de los muros en la dirección y (m²)

h: Altura promedio de entrepisos (m)

Pm: Peso Específico de la mampostería (T/m³)

Ps: Peso por unidad de área del diafragma (T/m²)

A= min [Ax; Ay]

B=máx [Ax; Ay]

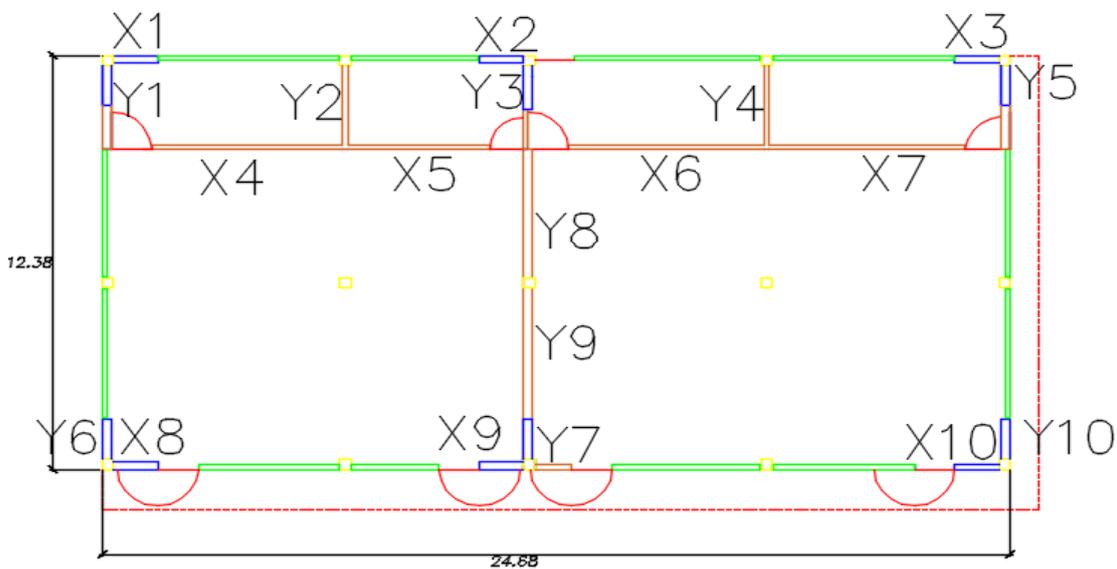
$$a_0 = \frac{A}{A_T}$$

$$\gamma = \frac{B}{A}$$

La calificación de α , dependerá de:

- A. Estructura con un valor de $\alpha \geq 1$
- B. Estructura para valores comprendidos entre $0.6 \leq \alpha \leq 1$
- C. Estructura para valores comprendidos entre $0.4 \leq \alpha \leq 0.6$
- D. Estructura con un valor de $\alpha < 0.4$

FIGURA N°19: Planta – Pabellón J –Primer Nivel



Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-13: Datos iniciales para la resistencia convencional

Resistencia Convencional	Valor
N: Número de pisos	2
At: área total cubierta	305.54
Ax: área total resistente del muro x (tabla IV -2)	13.71
Ay: área total resistente del muro y (tabla IV -2)	17.71

tk: Resistencia a cortante característica del tipo de mampostería en ton/m ² (tabla III-2)	18
h: altura de entrepiso (m)	2.8
Pm: peso específico de la mampostería ton/m ³ (E.020)	1.8
Ps: peso por unidad de área del diafragma ton/m ² (E.020)	0.40

Fuente: Elaboración propia

Para determinar el espesor de un muro de concreto armado, se considera la siguiente expresión (San Bartolomé, 1994)

$$t = tc * \left(\frac{Ec}{Em}\right)$$

Donde:

Tabla IV-14: Datos iniciales para el área resistente

DATOS	VALORES
f'c (ensayo esclerometría)-kg/cm ²	210
f'm (E.070-Tabla 9) - kg/cm ²	55
Ec: módulo de elasticidad del concreto	217370.65
Em: módulo de elasticidad de Albañilería	27500
n: relación modular	7.90

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-15: Área total resistente en la dirección x e y

MURO	L	t	Lt	MURO	L	t	Lt
X1	1.2	1.82	2.18	Y1	1.2	1.82	2.18
X2	1.2	1.82	2.18	Y2	2.37	0.13	0.31
X3	1.2	1.82	2.18	Y3	1.2	1.82	2.18
X4	5.2	0.13	0.68	Y4	2.37	0.13	0.31
X5	3.85	0.13	0.50	Y5	1.2	1.82	2.18
X6	5.32	0.13	0.69	Y6	1.2	1.82	2.18
X7	5.32	0.13	0.69	Y7	1.2	1.82	2.18
X8	1.2	1.82	2.18	Y8	3.86	0.23	0.89
X9	1.2	1.82	2.18	Y9	3.92	0.23	0.90
X10	1.2	1.82	2.18	Y10	1.2	1.82	2.18
		Ax=	7.22			Ay=	15.50

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-16: Resistencia Convencional

A	B	a0	Y	q	C	C'
8.73	20.29	0.05	2.33	1.27	0.46	0.45
						1.01

Fuente: Elaboración propia

Evaluación:

Se puede observar que existe una mayor densidad de muros en la dirección y que en la dirección x. Los alfeizeres de las ventanas no se consideran en el análisis, ya que se no aportan a la estructura por tener juntas de dilatación. De acuerdo a la calificación del parámetro, el valor de alfa se encuentra en el rango 2, por lo que le corresponde una calificación de B.

CALIFICACIÓN: B

4. Posición del Edificio y Cimentación

Para la evaluación de este parámetro se considerará lo siguiente:

- A. Edificio cimentado sobre terreno estable con pendiente inferior o igual al 10%,
- B. Edificio cimentado sobre roca con pendiente comprendida entre un 10% y un 30% o sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 10% y un 20%
- C. Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 20% y un 30% o sobre terreno rocoso con pendiente comprendida entre un 30% y un 50%.
- D. Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente mayor al 30% o sobre terreno rocoso con pendiente mayor al 50%.

FOTO N°41: Pabellón J– Primer nivel



Fuente: Elaboración propia

Evaluación:

El pabellón J no presenta pendiente en su base, pero por los resultados del estudio de mecánica de suelos, que indica un suelo conformado por arcilla y limos, le corresponde una calificación de:

CALIFICACIÓN: B

5. Diafragmas Horizontales

Se debe considerar lo siguiente:

- A. Edificios con diafragmas, de cualquier naturaleza que satisfacen las condiciones:
 - Ausencia de planos a desnivel y placas de concreto
 - La deformabilidad del diafragma es despreciable
 - La conexión entre el diafragma y el muro es eficaz
- B. Edificio con diafragma como los de la clase A, pero que no cumplen con una de las condiciones pasadas.
- C. Edificio con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen con las dos condiciones pasadas
- D. Edificios cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones

FOTO N°42: Pabellón J –Parte Lateral



Fuente: Elaboración propia

Evaluación:

El pabellón J, en sus dos niveles, cumple con las tres condiciones del parámetro en evaluación, por lo tanto le corresponde una calificación de:

CALIFICACIÓN: A

6. Configuración en Planta

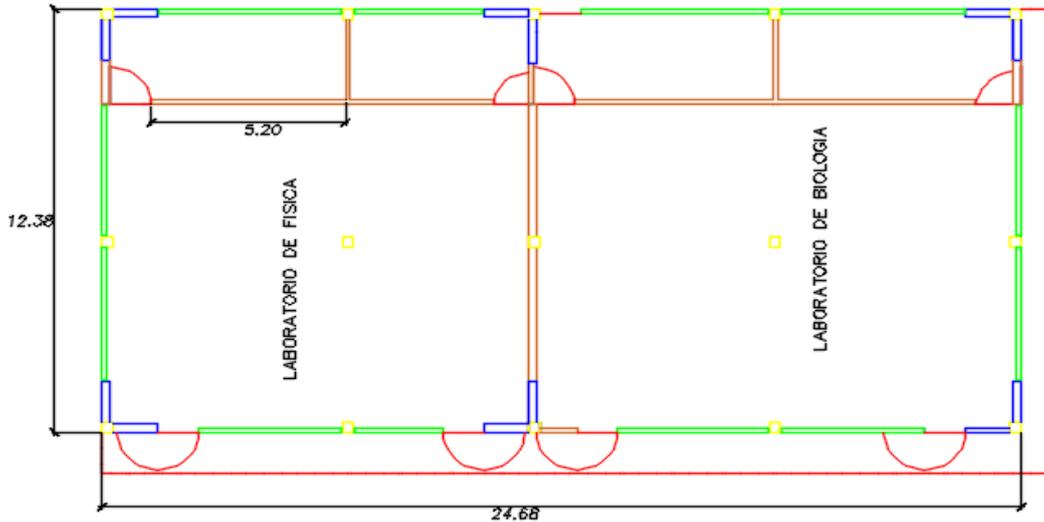
Para evaluar la geometría en planta, se debe considerar lo siguiente:

$$\beta_1 = \frac{a}{L} \quad \text{y} \quad \beta_2 = \frac{b}{L}$$

- A. Edificio con $\beta_1 \geq 0.8$ ó $\beta_2 \leq 0.1$.
- B. Edificio con $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ ó $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$.
- C. Edificio con $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ ó $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$

D. Edificio con $0.4 > \beta_1 \geq 0.3 < \beta_2$

FIGURA N°20: Planta – Pabellón J - Primer Nivel



Fuente: Elaboración propia

Tabla IV- 17: Configuración en Planta

CONFIGURACIÓN EN PLANTA	VALOR (m)
Ancho de la Edificación	12.38
Largo de la Edificación	24.68
Longitud de recorte de la edificación	0
β_1	0.50

Fuente: Elaboración propia

Evaluación:

El valor obtenido de la relación entre el ancho y el largo de la edificación es 0.50, encontrándose en el tercer rango del parámetro, por lo que le corresponde una calificación de:

CALIFICACIÓN: C

7. Configuración en Elevación

Se evaluará las discontinuidad en elevación así como la variación de superficie entre el primer y segundo piso.

A. Estructura con $-\frac{\Delta M}{M} < 10\%$

B. Estructura con una superficie de porche menor al 10% o con $10\% \leq -\frac{\Delta M}{M} < 20\%$

C. Estructura con una superficie de porche entre 10% y 20% o con $-\frac{\Delta M}{M} > 20\%$ o

$T/H < 2/3$

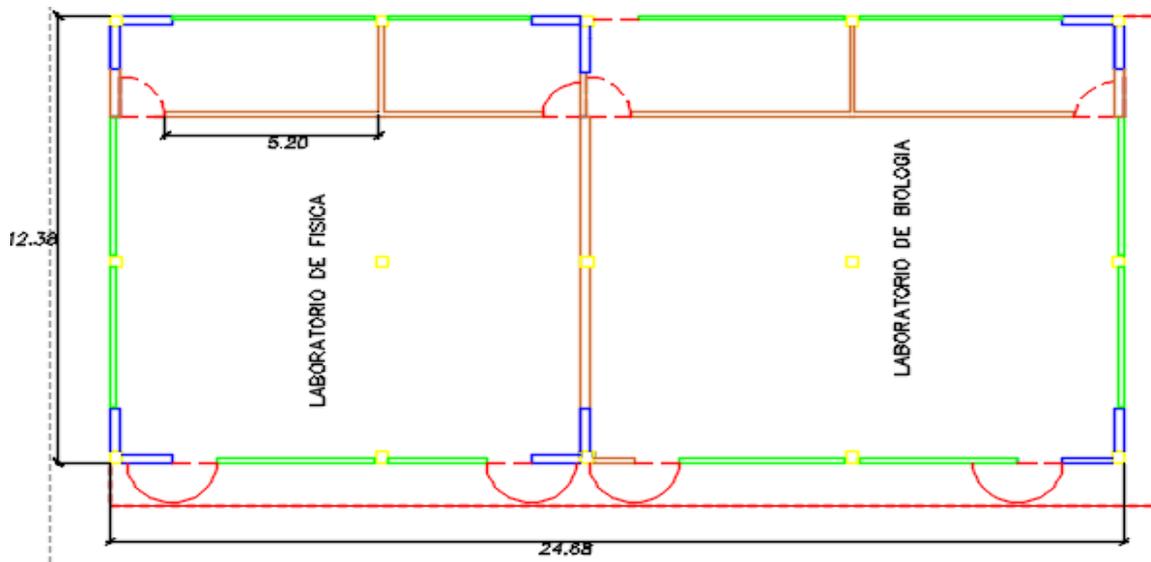
D. Estructura con una superficie de porche mayor al 20% o con $\frac{\Delta M}{M} > 0$ o con $T/H > 2/3$

FOTO N°43: Pabellón C



Fuente: Elaboración propia

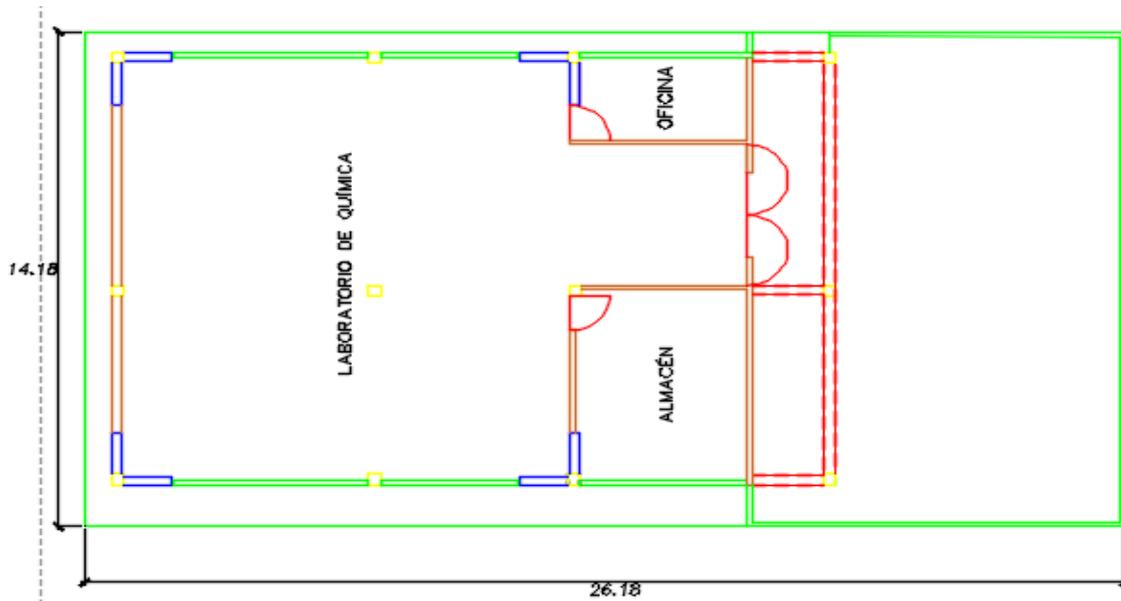
FIGURA N°21: Planta – Pabellón J – Primer Nivel



Fuente: Elaboración propia

Área Total (m2)	305.54
-----------------	--------

FIGURA N°22: Planta – Pabellón J – Segundo Nivel



Fuente: Elaboración propia

Área Total (m ²)	371.23
------------------------------	--------

Tabla IV-18: Configuración en Planta (Relación de áreas)

DESCRIPCIÓN	VALOR
Área Primer Nivel (A1)	305.54
Área Segundo Nivel (A2)	371.23
Variación de Áreas (ΔA)	65.69
$\frac{\Delta A}{A}$	21.50 %

Fuente: Elaboración propia

Así mismo se evaluará la presencia de torretas, para lo cual se aplicará la siguiente relación:

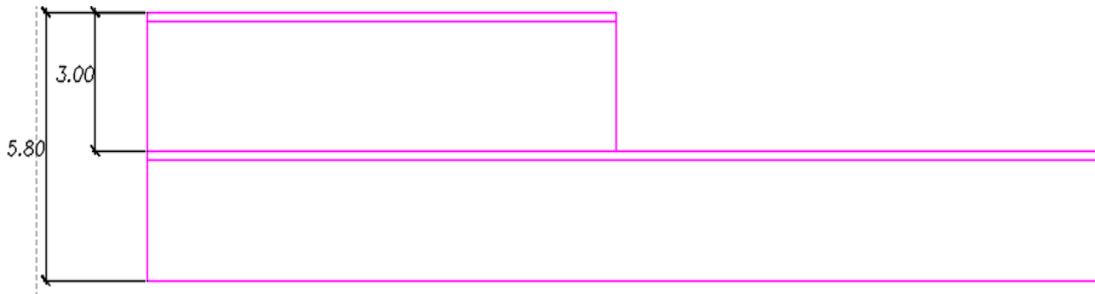
$$T/H$$

Tabla IV-19: Configuración en Planta (relación de alturas)

DESCRIPCIÓN	VALOR
T	3.00
H	5.80
T/H	0.52

Fuente: Elaboración propia

FIGURA N°23: Elevación - Pabellón J



Fuente: Elaboración propia

Evaluación:

Se puede observar que el valor obtenido tanto en la evaluación del porche como en la relación T/H, ambos se encuentran ubicado en la condición 4, por lo tanto le corresponde una calificación:

CALIFICACIÓN: D

8. Separación máxima entre muros

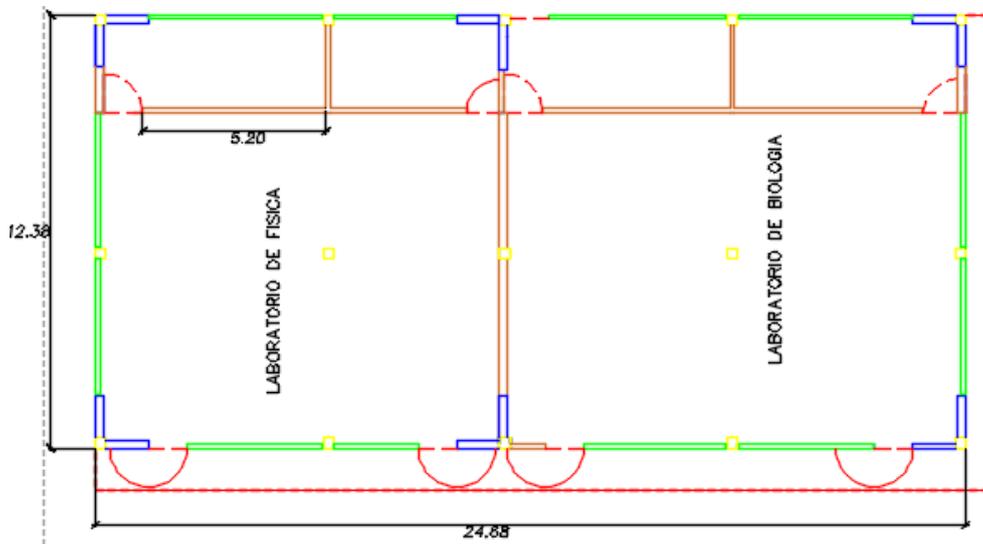
Para la evaluación d este parámetro, se debe considerar lo siguiente:

L: Espaciamiento máximo entre muros transversales

S: Espesor del muro

- A. si $L/S \leq 15$
- B. si $15 < L/S \leq 18$
- C. si $18 < L/S \leq 25$
- D. si $L/S \geq 25$

FIGURA N°24: Planta – Pabellón J – Primer Nivel



Fuente: Elaboración propia

$$\frac{L}{S} = \frac{5.20}{0.13} = 40$$

Evaluación:

Se puede observar que el valor obtenido de la relación L/S cumple con la cuarta condición del parámetro, por lo tanto le corresponde una calificación de:

CALIFICACIÓN: D

9. Tipos de Cubierta

Consideraremos lo siguiente:

- A. Presencia de cubierta estable con viga cumbreira o de soporte. Edificio con cubierta plana.
- B. Presencia de cubierta estable y bien conectada a los paneles de mampostería sin viga de soporte. Edificio de viga provista de viga de soporte.
- C. Presencia de cubierta inestable, pero con viga de soporte.
- D. Presencia de cubierta inestable sin viga de soporte.

FOTO N°44: Pabellón J



Fuente: Elaboración propia

Evaluación:

Se puede observar que pabellón J no presenta cubierta en su último nivel, por lo tanto le corresponde una calificación de:

CALIFICACIÓN: A

10.Elementos No Estructurales

Consideramos lo siguiente:

- A/ B. Edificio sin cornisas, parapetos ni balcones. Edificio con cornisas bien conectadas a los paneles con chimeneas de pequeña dimensión y bajo peso.
Edificio con balcones que son extensiones de los forjados estructurales.
- C. Edificio con elementos externos a la estructura, de pequeña dimensión y mal conectados a la estructura principal
- D. Edificio con chimeneas o cualquier elemento externo a la estructura principal, de peso considerable y mal conectado a la estructura, que pueden caer en caso de terremoto.
Edificio con balcones sin conexión a los forjados o con balcones construidos en etapas posteriores a la construcción de la estructura, existiendo por ello un vínculo deficiente de dichos elementos a los paneles de mampostería.

FOTO N°45: Pabellón J –Parte Frontal



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°46: Pabellón J –Parte Lateral



Fuente: Elaboración propia

Evaluación:

Se puede observar la presencia de parapetos los cuáles no están confinados en sus cuatro lados, además la presencia de pequeñas cornisas, por lo tanto le corresponde una calificación de:

CALIFICACIÓN: B

11. Estado de Conservación:

Para la evaluación de este parámetro, se debe considerar lo siguiente:

- A. Muros de mampostería en buenas condiciones, sin daño visible.
- B. Muros con presencia de agrietamiento, tipo capilar no extendido en todo el muro, con la excepción de los casos en que dicho agrietamiento ha sido provocado por terremotos.
- C. Muros con grietas de mediano tamaño (2 o 3 mm de espesor) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructura que no presentan agrietamiento, pero se caracterizan por un estado mediocre de conservación de los paneles.
- D. Muros que presentan un grave deterioro en las características físicas de los materiales de construcción o con agrietamiento superior a 3mm

FOTO N°47: Pabellón J- Segundo Nivel



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°48: Pabellón J- Primer Nivel



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°49: Pabellón J- Primer Nivel



Fuente: Elaboración propia

Evaluación:

Se observa algunas fisuras en el segundo nivel, y un mal estado de conservación de los alfeizeres del primer nivel, por lo tanto le corresponde una calificación de:

CALIFICACIÓN: C

4.2 Determinación del Índice de Vulnerabilidad

Pabellón A

Tabla IV-20: índice de Vulnerabilidad del Pabellón A de la I.E. Emblemática San Juan

Parámetros	Clase K_i				Peso W_i	Kwl
	A	B	C	D		
1. Organización del Sistema Resistente		5			1.00	5
2. Calidad del Sistema Resistente			25		0.25	6.25
3. Resistencia Convencional		5			1.50	7.5
4. Posición del Edificio y Cimentación		5			0.75	3.75
5. Diafragmas Horizontales		5			1.00	5
6. Configuración en Planta				45	0.50	22.50
7. Configuración en Elevación				45	1.00	45
8. Distancia máxima entre los muros				45	0.25	11.25
9. Tipo de Cubierta				45	1.00	45
10. Elementos no estructurales		0			0.25	0
11. Estado de conservación		5			1.00	5
ÍNDICE DE VULNERABILIDAD						156.25

Fuente: Elaboración propia

Pabellón C

Tabla IV-21: índice de Vulnerabilidad del Pabellón C de la I.E. Emblemática San Juan

Parámetros	Clase K_i				Peso W_i	Kwl
	A	B	C	D		
1. Organización del Sistema Resistente		5			1.00	5
2. Calidad del Sistema Resistente			25		0.25	6.25
3. Resistencia Convencional	0				1.50	0
4. Posición del Edificio y Cimentación		5			0.75	3.75
5. Diafragmas Horizontales	0				1.00	0
6. Configuración en Planta				45	0.50	22.50
7. Configuración en Elevación				45	1.00	45
8. Distancia máxima entre los muros				45	0.25	11.25
9. Tipo de Cubierta	0				1.00	0
10. Elementos no estructurales	0				0.25	0
11. Estado de conservación		5			1.00	5
ÍNDICE DE VULNERABILIDAD						98.75

Fuente: Elaboración propia

Pabellón J

Tabla IV-22: índice de Vulnerabilidad del Pabellón C de la I.E. Emblemática San Juan

Parámetros	Clase K_i				Peso W_i	Kwl
	A	B	C	D		
1. Organización del Sistema Resistente		5			1.00	5
2. Calidad del Sistema Resistente			25		0.25	6.25
3. Resistencia Convencional		5			1.50	7.5
4. Posición del Edificio y Cimentación		5			0.75	3.75
5. Diafragmas Horizontales	0				1.00	0
6. Configuración en Planta			25		0.50	22.50
7. Configuración en Elevación				45	1.00	45
8. Distancia máxima entre los muros				45	0.25	11.25
9. Tipo de Cubierta	0				1.00	0
10. Elementos no estructurales	0				0.25	0
11. Estado de conservación			25		1.00	25
ÍNDICE DE VULNERABILIDAD						129.25

Fuente: Elaboración propia

4.3 Grado de Vulnerabilidad Sísmica

Para la interpretación del índice de vulnerabilidad (I_v) obtenido de la evaluación de los 11 parámetros, se debe tener en cuenta la tabla II-2 para cada uno de los pabellones evaluados

Tabla IV-23: Grado de Vulnerabilidad de los pabellones A, C y J de la I.E San Juan

PABELLÓN	GRADO DE VULNERABILIDAD SISMICA
A	Media – baja (95.63 hasta 191.30)
C	Media – baja (95.63 hasta 191.30)
J	Media – baja (95.63 hasta 191.30)

Fuente: Elaboración propia

4.4 Problemas no incluidos en el Método del índice de Vulnerabilidad

Todos los problemas mencionados con el método del índice de vulnerabilidad están enfocados a estructuras de mampostería. Sin embargo existen otros parámetros que no fueron evaluados al no considerarse en la metodología, sin embargo es necesario incluirlo en este informe debido a su relevancia, pues pueden influir significativamente durante los

daños ante un eventual sismo. A continuación se hará una relación una breve descripción de los principales problemas encontrados en los tres pabellones evaluados:

A) Corrosión en el Acero:

La corrosión detectada en todos los aceros longitudinales de las columnas es severa debido a la exposición alta de las mechas del último nivel con la intemperie, careciendo completamente de protección alguna.

FOTO N°50: Pabellón B - Azotea



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°51: Pabellón C - Azotea



Fuente: Elaboración propia

B) Fisuras en Columnas:

La presencia de fisuras en las columnas de la azotea puede ser un problema debido a la exposición del acero del elemento en mención. Se observó fisuras muy pronunciadas que llegaban a la superficie del tercer nivel. Así mismo se identificó desprendimiento de

recubrimiento de las columnas en el primer nivel y segundo del pabellón A y C. Se recomienda hacer un estudio más profundo para verificar la gravedad de dichas fallas.

FOTO N°52: Pabellón C - Azotea



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°53: Pabellón B - Azotea



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°54: Pabellón B - Azotea



Fuente: Elaboración propia

C) Falta de Verticalidad de los aceros en Columnas:

Se pudo observar que los aceros longitudinales de las columnas no presentaban verticalidad en la azotea de algunos pabellones, pudiendo acelerar la corrosión debido a que no presentan el recubrimiento mínimo.

FOTO N°55: Pabellón A - Azotea



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°56: Pabellón A - Azotea



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°57: Pabellón A - Azotea



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°58: Pabellón C – Segundo Nivel



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°59: Pabellón C – Primer Nivel



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°60: Pabellón A – Primer Nivel



Fuente: Elaboración propia

D) Escaleras en Mal Estado

En los tres pabellones en estudio, se observó que las escaleras se encontraban en malas condiciones, detectándose deterioro de muros, perforaciones en muros, fisuras en columnas y vigas. Adicionalmente se observa problemas de flexibilidad debido a la esbeltez de las columnas

FOTO N°61: Pabellón A - Escalera



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°62: Pabellón C - Escalera



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°63: Pabellón C - Escalera



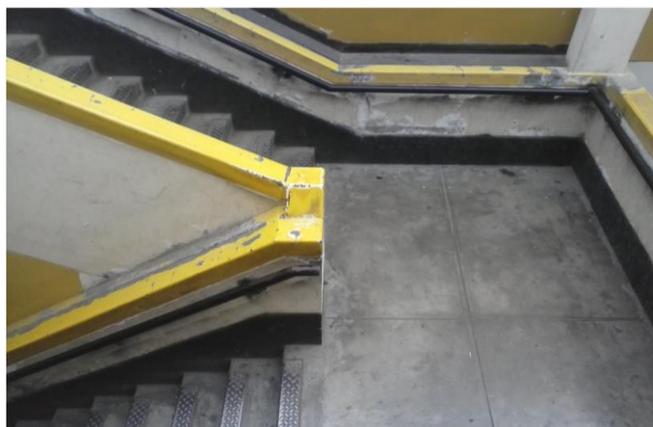
Fuente: Elaboración propia

FOTO N°64: Pabellón C – Deterioro de Vigas en Escalera



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°65: Pabellón C – Deterioro de Escalera



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°66: Pabellón J – Deterioro de Vigas en Escalera y esbeltez en columnas



Fuente: Elaboración propia

E) Problemas de Columna Corta

Se observó la presencia de columnas cortas, cuyo fenómeno puede traer daños severos en estos elementos debido a la restricción del desplazamiento de la mampostería. Este fenómeno se presenta incluso asilando los muros o alfeizeres. Por lo tanto más adelante se mencionará una propuesta sobre cómo solucionar o disminuir los efectos de este problema.

FOTO N°67: Pabellón C – Deterioro de Vigas en Escalera



Fuente: Elaboración propia

FOTO N°68: Pabellón C – Deterioro de Vigas en Escalera



Fuente: Elaboración propia

F) Exposición de Acero en Losa Aligerada

Se observa en la imagen la exposición del acero de la losa aligerada en el pabellón C así como la presencia de corrosión, cuya atención es urgente para evitar la aparición de otros problemas

FOTO N°69: Pabellón C – Deterioro de Vigas en Escalera



Fuente: Elaboración propia

4.5 Modelación Estructural del Pabellón C

Para la modelación del pabellón C se hará uso del software ETABS 2016 y en base a los planos estructurales elaborado. Así mismo debido a la presencia de juntas sísmicas, el pabellón se modelará en dos bloques de manera independiente.

Las principales propiedades del concreto y la albañilería que se usarán para la modelación del pabellón C, están basados en algunos ensayos de campo (Ensayo de Esclerometría para la resistencia del concreto), además de tablas y fórmulas indicadas en el RNE (Norma E.020, E.60 y E.070)

• Concreto

- $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2 = 2100 \text{ ton/m}^2$
- $E = (15000 * \sqrt{f'_c}) * 10 = 2173706.51 \text{ ton/m}^2$
- $\gamma = 2.4 \text{ ton/m}^3$
- $\mu = 0.20$
- $A = 0.0000099 \text{ 1/C}$
- $G = \frac{E}{2(1+\mu)} = \frac{2173706.51}{2(1+0.2)} = 905711.05 \text{ ton/m}^2$

• Albañilería

- $f'_m = 55 \text{ kg/cm}^2 = 550 \text{ ton/m}^2$
- $E = (500 * f'_m) * 10 = 275000 \text{ ton/m}^2$
- $\gamma = 1.9 \text{ ton/m}^3$
- $\mu = 0.25$
- $A = 0.0000081 \text{ 1/C}$
- $G = 0.4 * E = 0.4 * 275000 = 110000 \text{ ton/m}^2$

La modelación de los elementos Frame (vigas y columnas) están basadas en los planos estructurales del pabellón C.

• Columnas

- C1: 30cmX30cm
- C2: 30cmX40cm

• Vigas

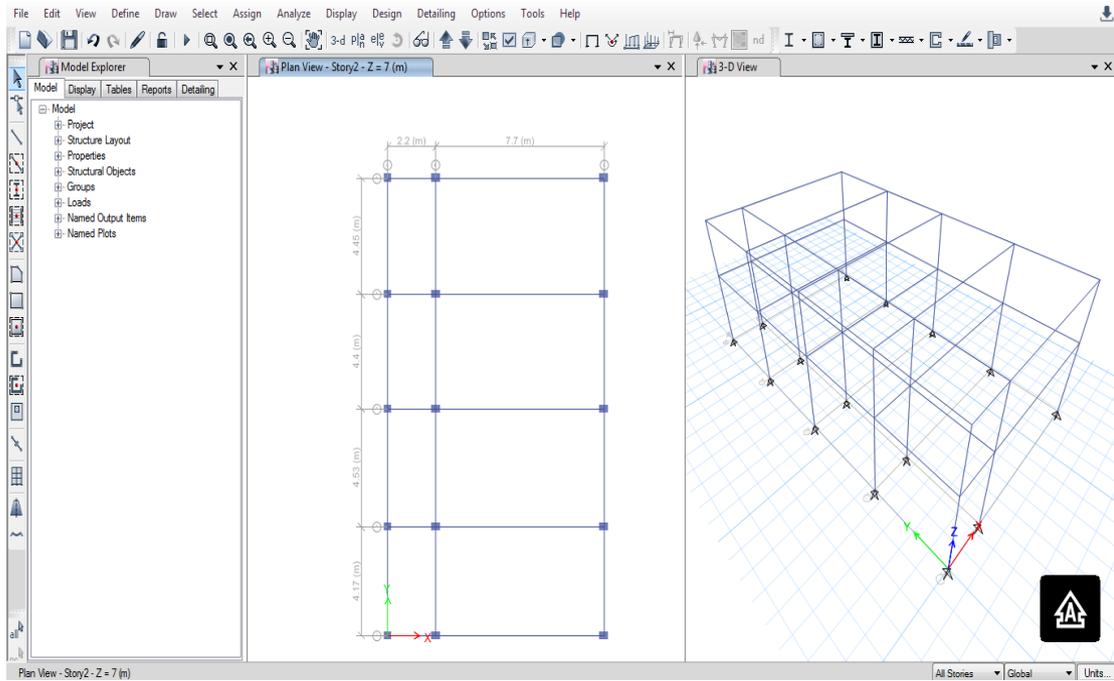
- VP 1 25X30cm
- VP 2:30X55cm

Los elementos Shell modelados fueron Muros de concreto, muros de albañilería y losa aligerada, cuyas dimensiones y distribución se sustentan en los planos del centro educativo

- Muros de Albañilería (e=0.23 m)
- Muros de Concreto (e=0.13 m)
- Muros de Concreto (e=0.23 m)
- Losa Aligerada (e=0.20 m)

A) Modelación de Columnas y Vigas

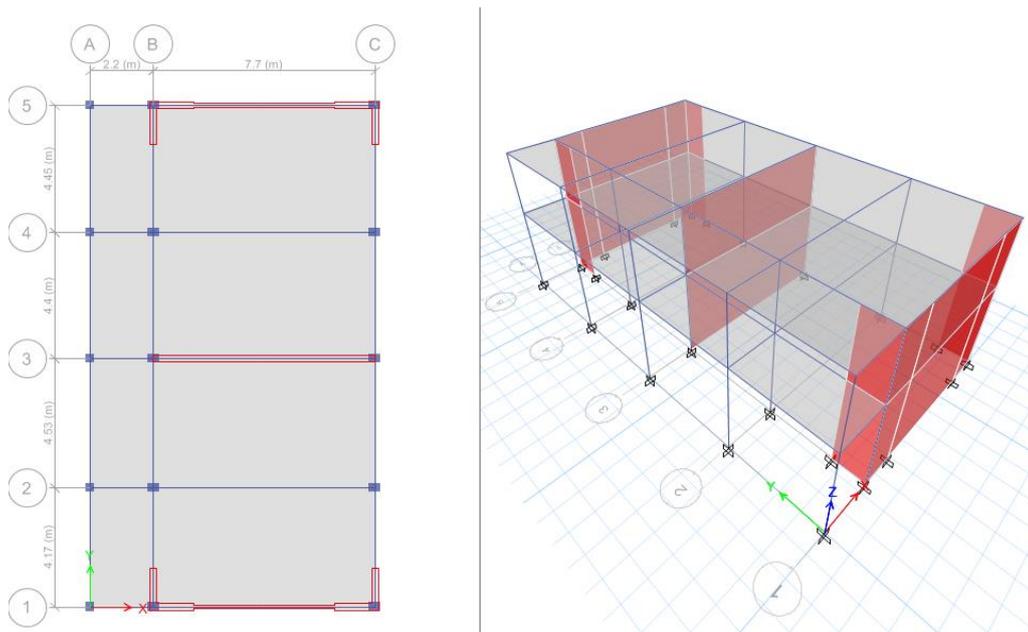
FIGURA N°25: Pabellón C – Bloque I



Fuente: Elaboración propia

B) Modelación de Muros de Concreto, Albañilería y la Losa Aligerada

FIGURA N°26: Pabellón C – Bloque I



Fuente: Elaboración propia

C) Metrado de Cargas

Carga Muerta (CM)

Se consideran las cargas verticales debido al peso propio de los componentes estructurales y no estructurales, incluidas el peso propio de vigas y columnas (El software ETABS considera por defecto el peso propio)

- Peso propio de la losa ($e=0,20m$) = 0.300 ton/m²
- Peso de los acabados = 0.100 ton/m²

Carga Viva (CV)

Se consideran las cargas producidas por el uso y ocupación de la estructura (RNE-E.20)

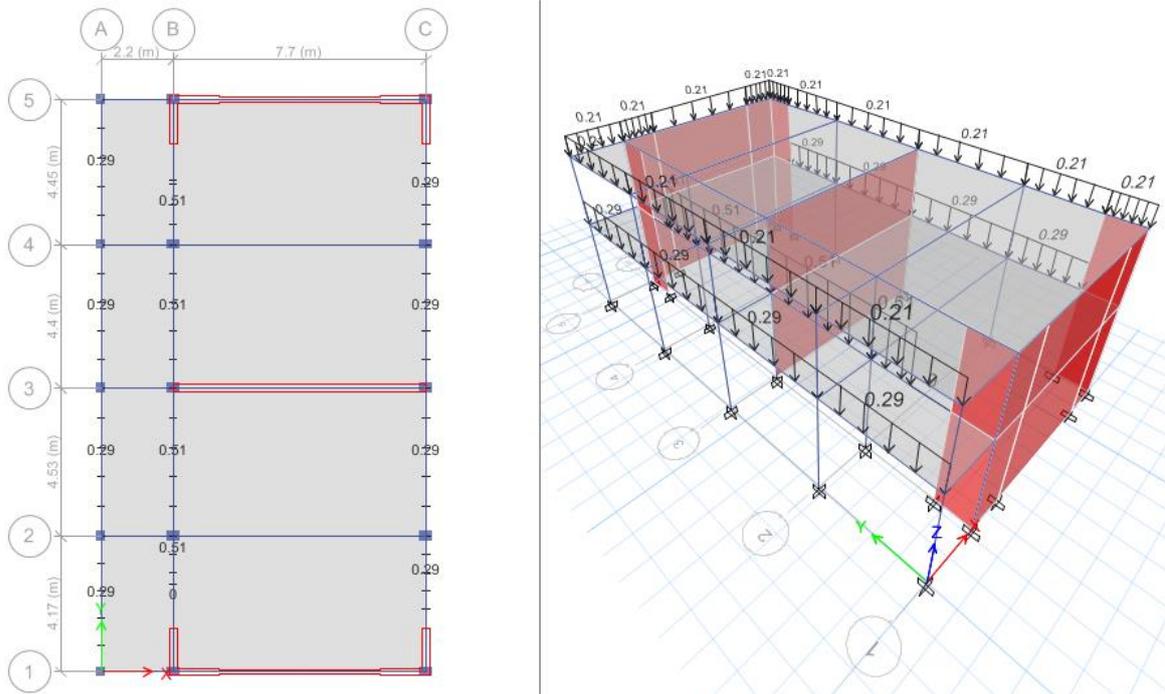
- Carga sobre aulas (Educación)= 0.250 ton/m²
- Carga sobre corredores y escaleras = 0.400 ton/m²
- Carga sobre la azotea = 0.100 ton/m²

Tabla IV-24: Cargas Distribuidas en Vigas – Pabellón C – Bloque I

Eje	Nivel	P.E (ton/m ³)	Altura (m)	Espesor del Muro (m)	Peso Tarrajeo (ton/m)	Carga Distribuida (ton/m)	Observación
Eje A	1	2.4	0.80	0.13	0.04	0.29	Parapeto Balcón (concreto)
Eje B	1	2.4	1.50	0.13	0.04	0.51	Alfeizer Alto (concreto)
Eje C	1	2.4	0.80	0.13	0.04	0.29	Alfeizer Bajo (concreto)
Eje 5	2	1.8	0.80	0.13	0.02	0.21	Parapeto Azotea (albañilería)
Eje A	2	1.8	0.80	0.13	0.02	0.21	Parapeto Azotea (albañilería)
Eje C	2	1.8	0.80	0.13	0.02	0.21	Parapeto Azotea (albañilería)

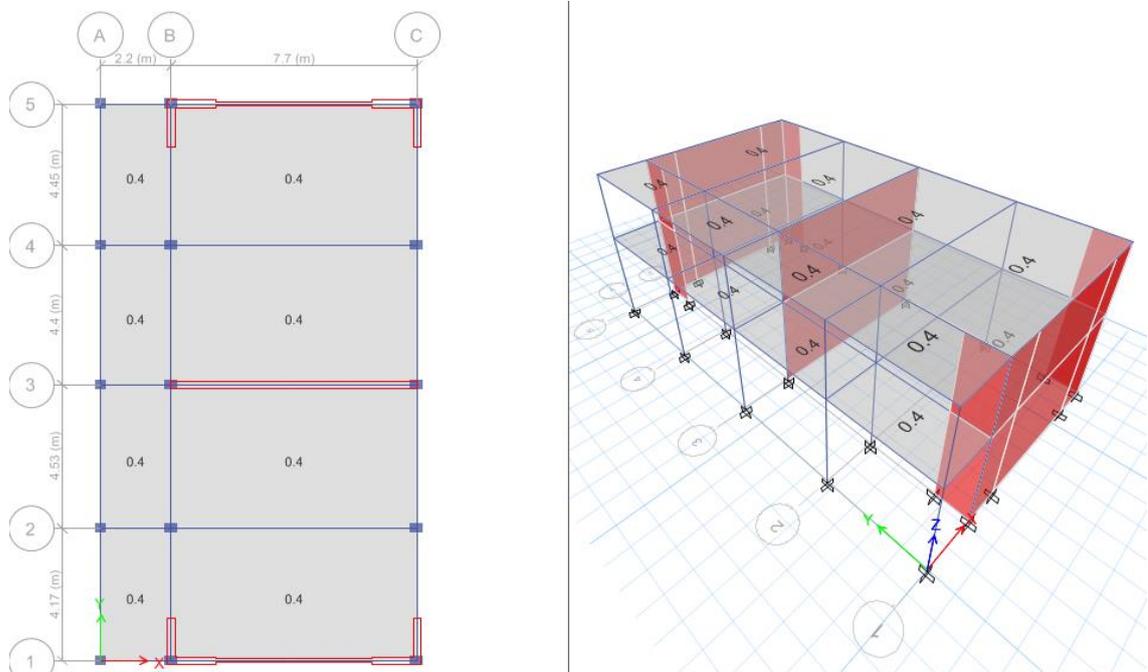
Fuente: Elaboración propia

FIGURA N°27: Cargas distribuidas en vigas –Pabellón C – Bloque I



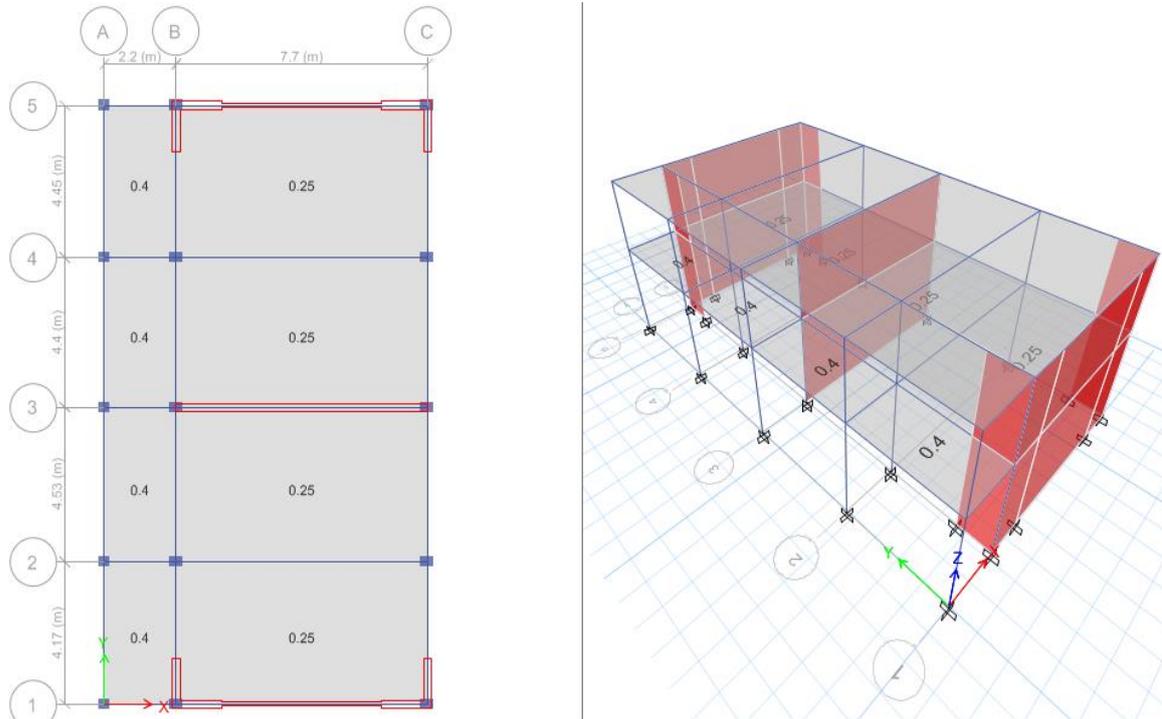
Fuente: Elaboración propia

FIGURA N°28: Carga muerta de la losa aligerada –Pabellón C – Bloque I



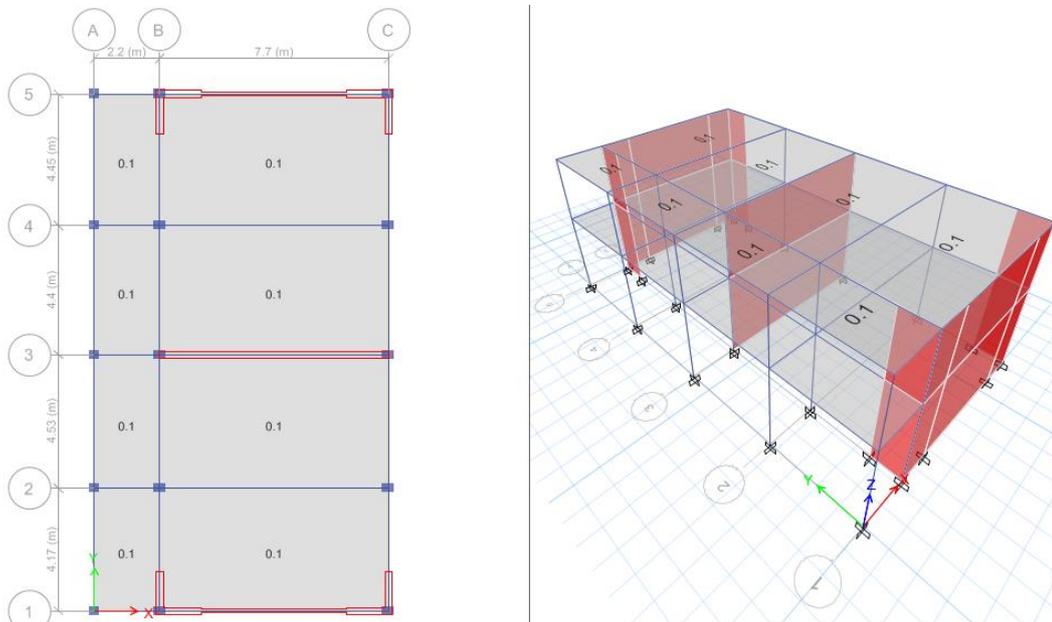
Fuente: Elaboración propia

FIGURA N°29: Carga viva de la losa aligerada Primer Nivel – Pabellón C – Bloque I



Fuente: Elaboración propia

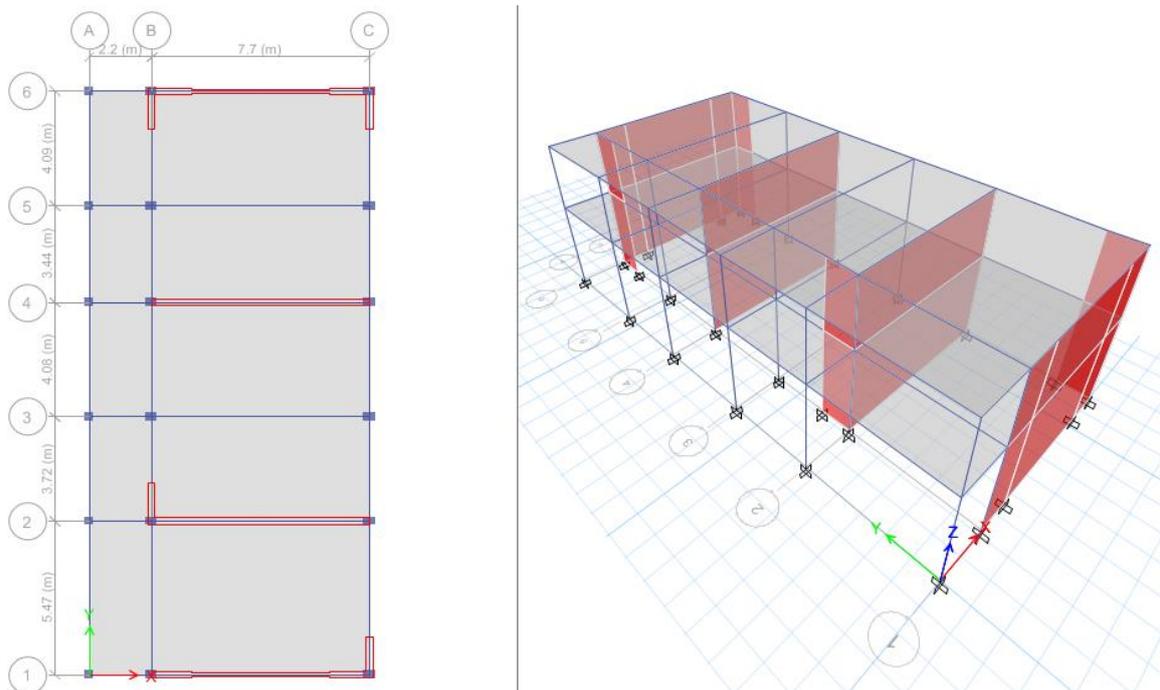
FIGURA N°30: Carga viva de la losa aligerada Segundo Nivel – Pabellón C – Bloque I



Fuente: Elaboración propia

Para la modelación del Pabellón C – Bloque II, se siguió los mismos criterios que para el Bloque I. Se adicionó algunas cargas distribuidas debido a la presencia algunos muros en el segundo nivel.

FIGURA N°31: Modelación – Pabellón C – Bloque II



Fuente: Elaboración propia

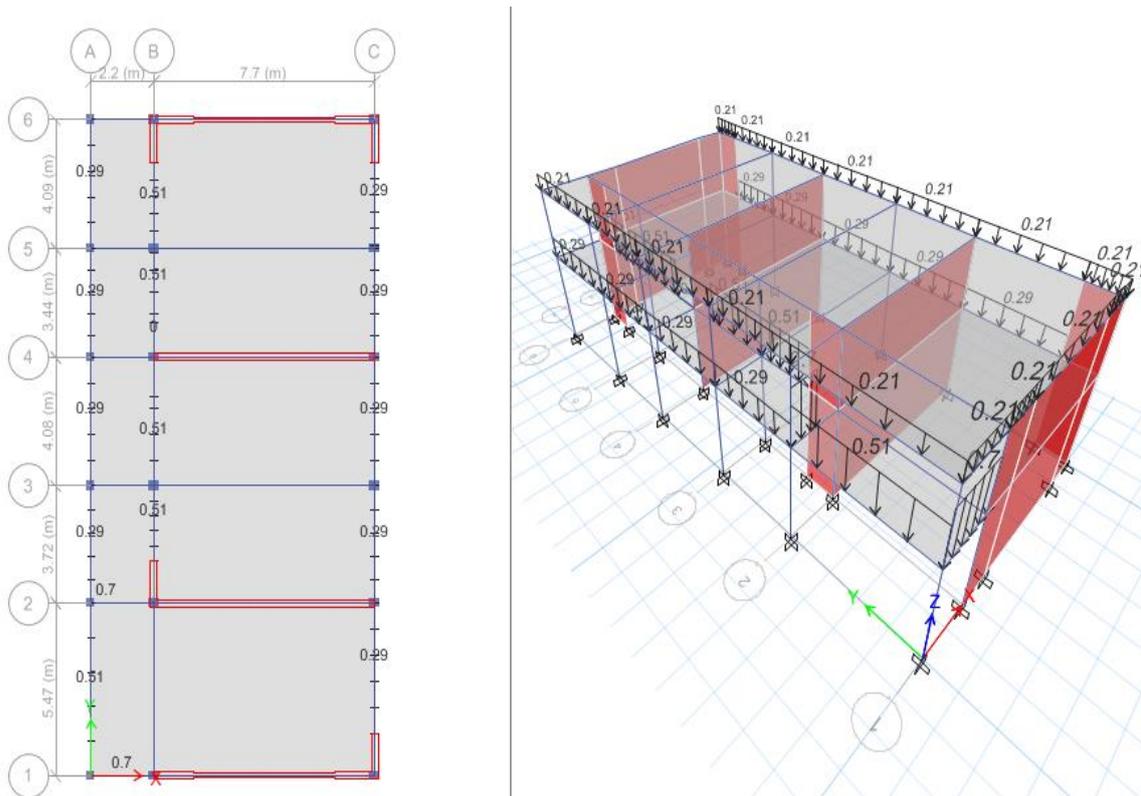
Tabla IV-25: Cargas Distribuidas en Vigas – Pabellón C – Bloque II

EJE	NIVEL	P.E (ton/m ³)	Altura (m)	Espesor del Muro (m)	Peso Tarrajeo (ton/m)	Carga Distribuida (ton/m)	Observación
Eje A entre 2 y 6	1	2.4	0.80	0.13	0.04	0.29	Parapeto Balcón (concreto)
Eje B entre 2 y 6	1	2.4	1.50	0.13	0.04	0.51	Alfeizer Alto (concreto)
Eje C entre 1 y 6	1	2.4	0.80	0.13	0.04	0.29	Alfeizer Bajo (concreto)
Eje A, entre 1 y 2	1	2.4	1.50	0.13	0.04	0.51	Alfeizer Alto (concreto)
Eje 1, entre A y B	1	1.8	2.80	0.13	0.04	0.70	Tabiquería (albañilería)
Eje 2, entre A y B	1	1.8	2.80	0.13	0.04	0.70	Tabiquería (albañilería)
Eje A	2	1.8	0.80	0.13	0.02	0.21	Parapeto Azotea (albañilería)
Eje C	2	1.8	0.80	0.13	0.02	0.21	Parapeto Azotea

							(albañilería)
Eje 1	2	1.8	0.80	0.13	0.02	0.21	Parapeto Azotea (albañilería)

Fuente: Elaboración propia

FIGURA N°32: Carga Distribuida en Vigas – Pabellón C – Bloque II



Fuente: Elaboración propia

4.6 Análisis Sísmico del Pabellón C

El análisis sísmico se desarrolló considerando los siguientes sistemas (Ver Anexo 04)

Tabla IV-26: Sistema Estructural del Pabellón C –Bloque I y II

PABELLÓN	BLOQUE	DIRECCIÓN	SISTEMA ESTRUCTURAL
C	I	XX	Muros estructurales y albañilería
		YY	Muros Estructurales
C	II	XX	Muros estructurales y albañilería
		YY	Muros Estructurales

Fuente: Norma E.030

Para evaluar el comportamiento sísmico de la estructura se siguieron los lineamientos de la norma peruana de sismorresistencia NTE – E.030. Así mismo se empleó un modelo tridimensional con tres grados de libertad dinámicos para los dos niveles de la edificación. Así mismo se determinó que los dos bloques del pabellón C son estructuras regulares en sus dos direcciones de análisis. (VER ANEXO 05)

4.5.1) Cálculo Del Espectro Seudo – Aceleraciones

Tabla IV-27: Sistema Estructural del Pabellón C –Bloque I y II

DATOS	FACTORES	DATOS	DIR X-X	DIR Y-Y
Z	0.45	Ro	3	6
U	1.5	la	1.00	1.00
S	1.10	lp	1.00	1.00
Tp	1.0	R	3	6
TI	1.60			

Fuente: Elaboración propia

La aceleración espectral se determinó para cada dirección horizontal de análisis, definida mediante la siguiente expresión:

$$S_a = \frac{Z.U.C.S}{R} g$$

Así mismo el cálculo del factor de amplificación sísmica (C), se determinó mediante las siguientes relaciones:

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

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

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

$$\text{Donde: } T = \frac{h_n}{C_T}$$

$$T=6/60=0.10$$

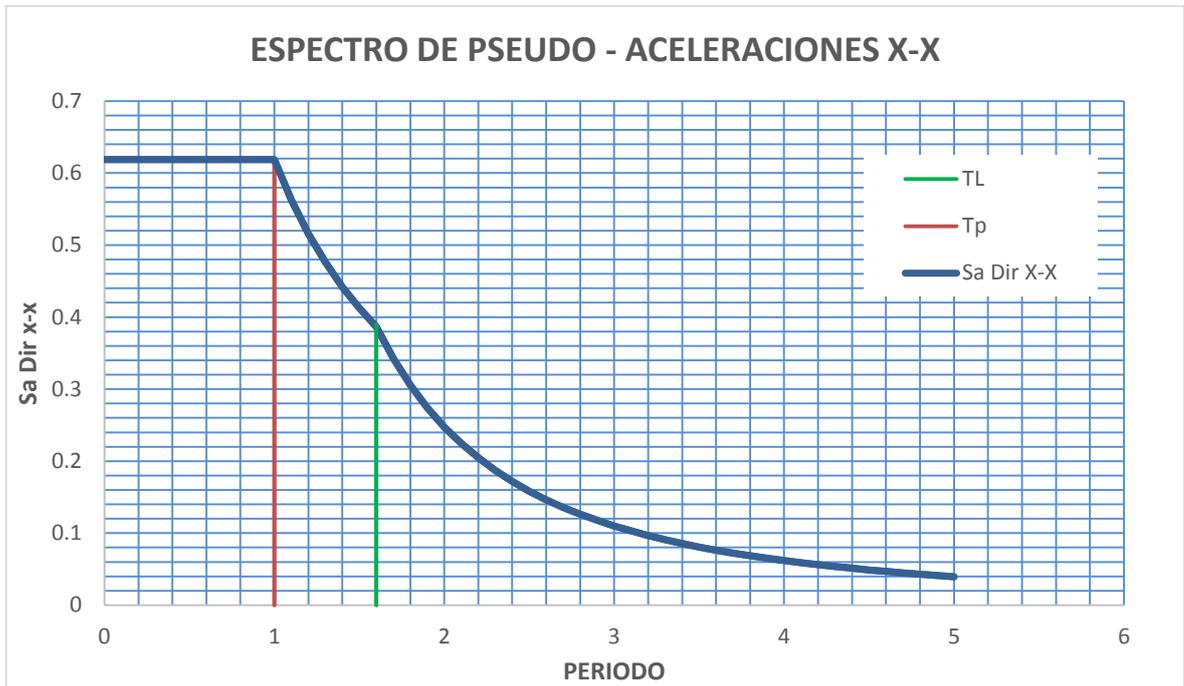
Tabla IV-28: Aceleración espectral – Dirección X e Y

T	C	Sa Dir X-X	Sa Dir Y-Y
0	2.50	0.62	0.31
0.1	2.50	0.62	0.31
0.2	2.50	0.62	0.31
0.3	2.50	0.62	0.31
0.4	2.50	0.62	0.31
0.5	2.50	0.62	0.31
0.6	2.50	0.62	0.31

0.7	2.50	0.62	0.31
0.8	2.50	0.62	0.31
0.9	2.50	0.62	0.31
1	2.50	0.62	0.31
1.1	2.27	0.56	0.28
1.2	2.08	0.52	0.26
1.3	1.92	0.48	0.24
1.4	1.79	0.44	0.22
1.5	1.67	0.41	0.21
1.6	1.56	0.39	0.19
1.7	1.38	0.34	0.17
1.8	1.23	0.31	0.15
1.9	1.11	0.27	0.14
2	1.00	0.25	0.12
2.1	0.91	0.22	0.11
2.2	0.83	0.20	0.10
2.3	0.76	0.19	0.09
2.4	0.69	0.17	0.09
2.5	0.64	0.16	0.08
2.6	0.59	0.15	0.07
2.7	0.55	0.14	0.07
2.8	0.51	0.13	0.06
2.9	0.48	0.12	0.06
3	0.44	0.11	0.06
3.1	0.42	0.10	0.05
3.2	0.39	0.10	0.05
3.3	0.37	0.09	0.05
3.4	0.35	0.09	0.04
3.5	0.33	0.08	0.04
3.6	0.31	0.08	0.04
3.7	0.29	0.07	0.04
3.8	0.28	0.07	0.03
3.9	0.26	0.07	0.03
4	0.25	0.06	0.03
4.1	0.24	0.06	0.03
4.2	0.23	0.06	0.03
4.3	0.22	0.05	0.03
4.4	0.21	0.05	0.03
4.5	0.20	0.05	0.02
4.6	0.19	0.05	0.02
4.7	0.18	0.04	0.02
4.8	0.17	0.04	0.02
4.9	0.17	0.04	0.02
5	0.16	0.04	0.02

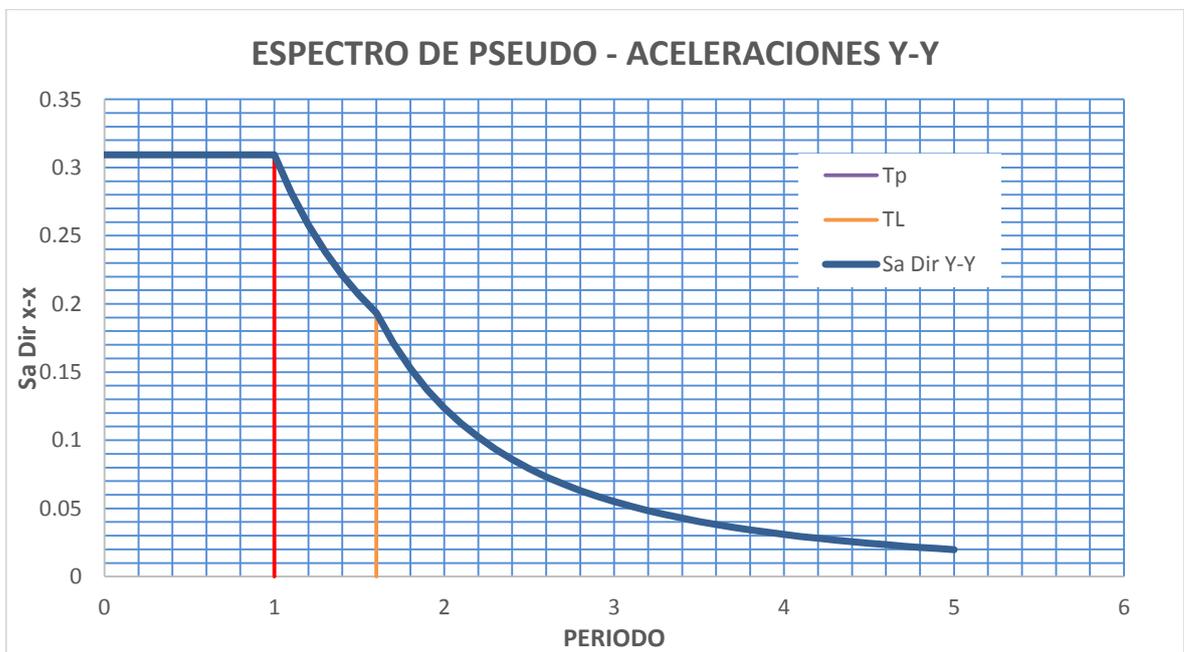
Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N°02: Espectro de Diseño – Dirección X – Pabellón C



Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N°03: Espectro de Diseño – Dirección Y – Pabellón C



Fuente: Elaboración propia

4.5.2) Cálculo del Cortante Estático en la Base

El cortante estático en la base de la estructura, es determinado mediante la siguiente expresión:

$$V = \frac{ZUCS}{R} P$$

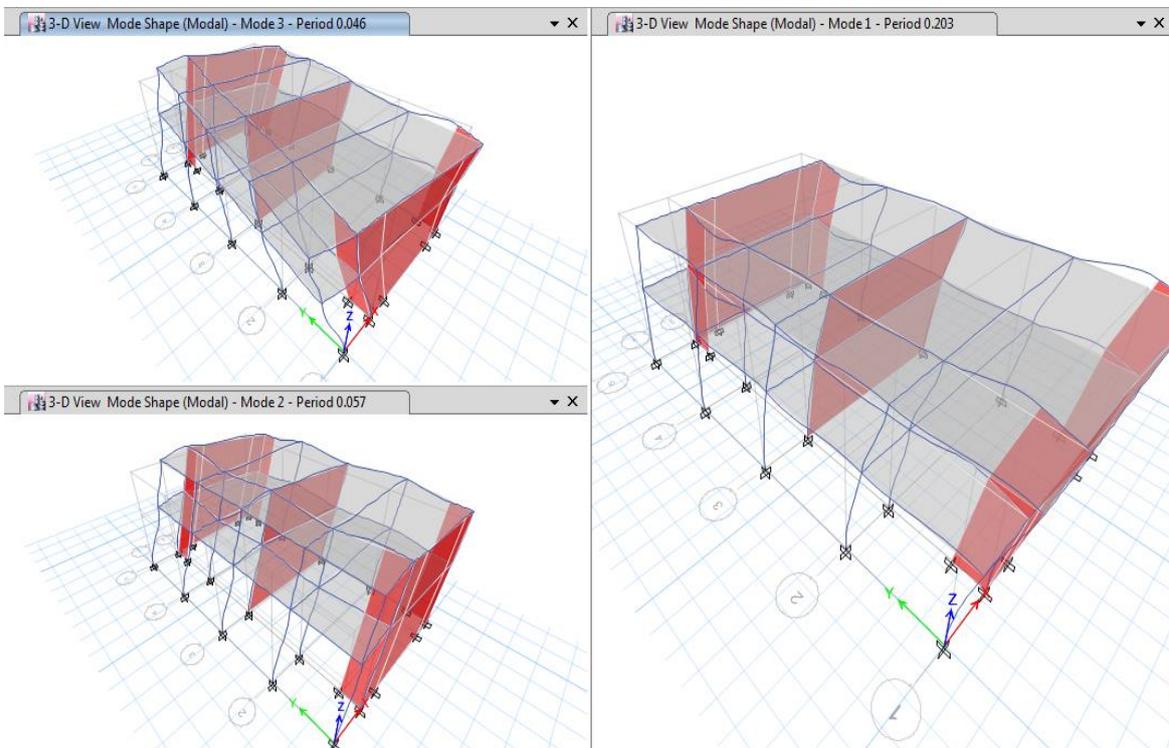
Así mismo se verificará la siguiente relación:

$$\frac{C}{R} \geq 0.125$$

A) Periodo Fundamental de la Edificación

Para determinar el periodo fundamental, se consideró los modos de vibración de la estructura, cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90% de la masa total. A continuación se muestran los tres primeros modos determinados por el programa.

FIGURA N°33: Modos de Vibración Pabellón C – Bloque I



Fuente: Etabs 2016 Ultimate 16.0.3

Tabla IV-29: Masa Participativa – Pabellón C – Bloque I

Case	Mode	Periodo	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
		sec						
Modal	1	0.203	0	0.8454	0	0.4343	0	0.0002
Modal	2	0.057	0.9421	0	0	7.12E-07	0.2794	0.0007
Modal	3	0.046	0.0007	0.001	0	0.006	4.10E-06	0.9322
Modal	4	0.039	3.49E-06	0.1535	0	0.5593	0	0.0065
Modal	5	0.02	0.0571	0	0	0	0.7205	2.50E-05
Modal	6	0.016	2.76E-06	0.0001	0	0.0004	0.0001	0.0604

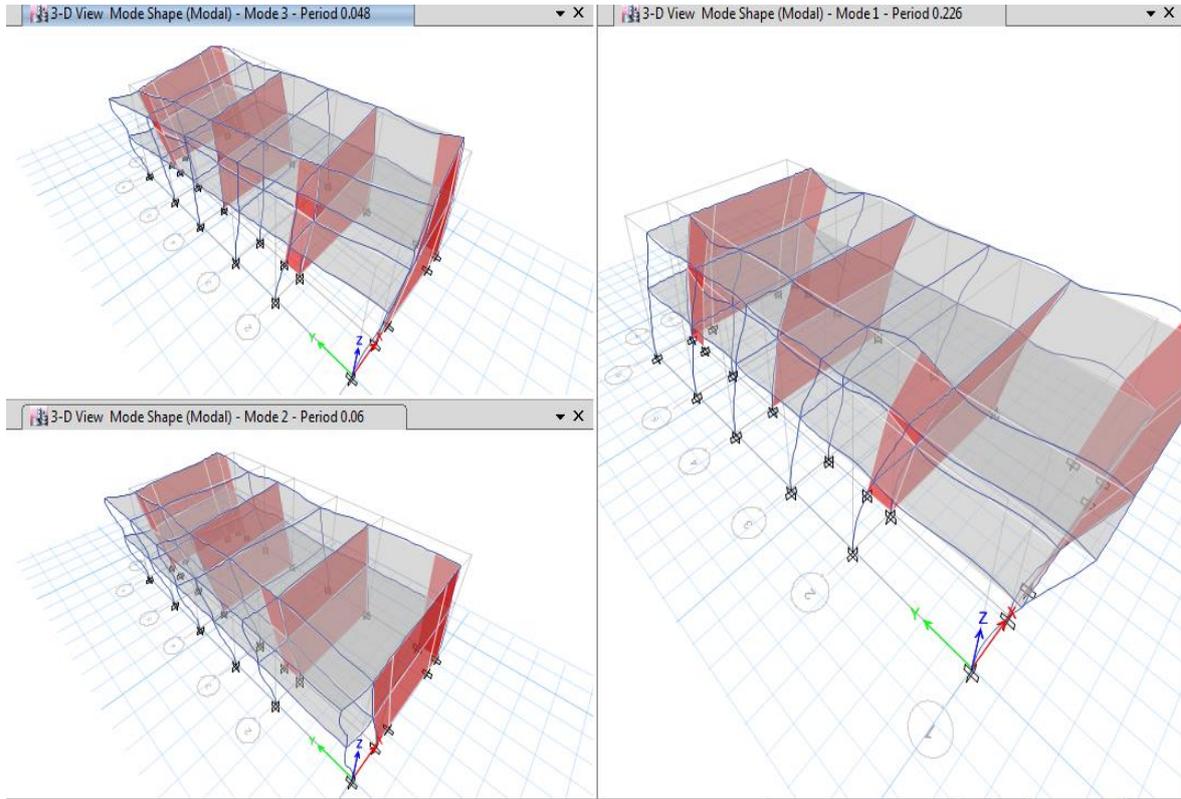
Fuente: Etabs 2016 Ultimate 16.0.3

Periodo Fundamental del Bloque I:

Dirección X-X: $T_x=0.057$

Dirección Y-Y: $T_y=0.203$

FIGURA N°34: Modos de Vibración Pabellón C – Bloque II



Fuente: Etabs 2016 Ultimate 16.0.3

Tabla IV-30: Masa Participativa – Pabellón C – Bloque II

Case	Mode	Periodo	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
		sec						
Modal	1	0.226	0.0001	0.8454	0	0.4304	0.0001	0.0004
Modal	2	0.06	0.9375	0.0002	0	0.0001	0.2798	0.0028
Modal	3	0.048	0.0031	0.001	0	0.0099	0.0005	0.924
Modal	4	0.043	0.0001	0.1534	0	0.5589	0.0001	0.0098
Modal	5	0.021	0.0592	1.081E-05	0	0.0001	0.7192	0.0002
Modal	6	0.016	0	0.0001	0	0.0006	0.0004	0.0628

Fuente: Etabs 2016 Ultimate 16.0.3

Periodo Fundamental del Bloque II:

Dirección X-X: $T_x=0.06$

Dirección Y-Y: $T_y=0.226$

Para ambos bloques, se puede observar que los valores de los periodos en las dos direcciones en menor que el valor de $T_p=0.60$ (Norma E.030), por lo tanto el valor del factor de amplificación sísmica que le corresponde es:

$$C= 0.25$$

B) Evaluación de la relación C/R en ambas direcciones

Dirección X: $C_x/R=2.5/3 = 0.833 \geq 0.125$ (Cumple)

Dirección Y: $C_y/R=2.5/6 = 0.417 \geq 0.125$ (Cumple)

C) Cálculo del factor $\frac{Z.U.C.S}{R}$

Dirección X: $\frac{Z.U.C.S}{R} = 0.62$

Dirección Y: $\frac{Z.U.C.S}{R} = 0.31$

D) Cálculo del Cortante en la Base de la Edificación

Para determinar la fuerza horizontal, se deberá primero calcular el peso sísmico de la edificación, para luego aplicar la relación indicada en la norma E.030

Tabla IV-31: Masa Por Nivel – Pabellón C – Bloque I

Story	UX	UY	UZ
	tonf-s ² /m	tonf-s ² /m	tonf-s ² /m
Story2	14.37138	14.37138	0
Story1	20.42765	20.42765	0
Base	3.52619	3.52619	0

Fuente: Etabs 2016 Ultimate 16.0.3

Peso Sísmico: $(14.37 + 20.43)*9,81 = 341.39$ Ton

V_x = $0.62*341.39 = 211.66$ Ton

V_y = $0.31*341.39 = 105.83$ Ton

Tabla IV-32: Masa Por Nivel – Pabellón C – Bloque II

Story	UX	UY	UZ
	tonf-s ² /m	tonf-s ² /m	tonf-s ² /m
Story2	17.35988	17.35988	0
Story1	24.64844	24.64844	0
Base	4.20356	4.20356	0

Fuente: Etabs 2016 Ultimate 16.0.3

Peso Sísmico: $(17.36 + 24.65)*9,81 = 412.12$ Ton

V_x = $0.62*412.12 = 255.51$ Ton

$$V_y = 0.31 \cdot 412.12 = 127.76 \text{ Ton}$$

4.5.3) Distorsión de Entrepiso

Para cada una de las direcciones de análisis, se realizó la verificación de la distorsión de entrepiso (Derivas), obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla IV- 33: Distorsión de entrepiso – Pabellón C – Bloque I

Sismo	Sistema	Dirección	PISO	h	d	Desplazamientos			Condición
						Elásticos	Inelásticos 0.75R	Deriva	
Severo	Muro Est. Y albañilería(R=3)	X-X	2	3	0.0006	0.000232	0.000522	0.0002	cumple
Severo	Muro Est. Y albañilería(R=3)	X-X	1	3	0.000368	0.000368	0.000828	0.0003	cumple
Moderado	Muros Estruct.(R=6)	Y-Y	2	3	0.004045	0.002326	0.0122115	0.0041	cumple
Moderado	Muros Estruct. (R=6)	Y-Y	1	3	0.001719	0.001719	0.00902475	0.0030	cumple

Fuente: Etabs 2016 Ultimate 16.0.3

Tabla IV- 34: Distorsión de entrepiso – Pabellón C – Bloque II

Sismo	Sistema	Dirección	PISO	h	d	Desplazamientos			Condición
						Elásticos	Inelásticos 0.75R	Deriva	
Severo	Muro Est. Y albañilería(R=3)	X-X	2	3	0.000688	0.00027	0.0006075	0.0002	cumple
Severo	Muro Est. Y albañilería(R=3)	X-X	1	3	0.000418	0.000418	0.0009405	0.0003	cumple
Moderado	Muros Estruct. (R=6)	Y-Y	2	3	0.005033	0.002891	0.01517775	0.0051	cumple
Moderado	Muros Estruct. (R=6)	Y-Y	1	3	0.002142	0.002142	0.0112455	0.0037	cumple

Fuente: Etabs 2016 Ultimate 16.0.3

4.5.3) Fuerza Cortante Mínima en la Base

Se verificó para cada una de las direcciones consideradas en el análisis la fuerza cortante en el primer entrepiso de la estructura, cuyo valor de acuerdo con nuestra norma sismorresistente, no debe ser menor que el 80% para estructuras regulares.

Tabla IV- 35: Fuerza Cortante Mínima en la Base – Pabellón C – Bloque I

CARGA	FX	FY	FZ
	tonf	tonf	tonf
S_EST_X	-211.5824	0	0
S_EST_Y	0	-105.7912	0
S_DIN_X Max	199.5016	0.197	0
S_DIN_Y Max	0.0985	90.793	0

Fuente: Etabs 2016 Ultimate 16.0.3

$$V_x (\%) = \frac{S.DINÁMICO X}{S.ESTÁTICO X} = \frac{199.50}{211.58} * 100\% = 94.29\% \dots \text{Cumple}$$

$$V_y (\%) = \frac{S.DINÁMICO y}{S.ESTÁTICO y} = \frac{90.79}{105.79} * 100\% = 85.80\% \dots \text{Cumple}$$

Tabla IV - 36: Fuerza Cortante Mínima en la Base – Pabellón C – Bloque II

CARGA	FX	FY	FZ
	tonf	tonf	tonf
S_EST_X	-255.4158	0	0
S_EST_Y	0	-127.7079	0
S_DIN_X Max	239.7726	4.1474	0
S_DIN_Y Max	2.0737	109.6017	0

Fuente: Etabs 2016 Ultimate 16.0.3

$$V_x (\%) = \frac{S.DINÁMICO X}{S.ESTÁTICO X} = \frac{239.77}{255.42} * 100\% = 93.87\% \dots \text{Cumple}$$

$$V_y (\%) = \frac{S.DINÁMICO y}{S.ESTÁTICO y} = \frac{109.60}{127.71} * 100\% = 85.82\% \dots \text{Cumple}$$

4.5.5) Control de Fisuración

Para determinar el control de agrietamiento diagonal de cada muro de la edificación, se calculará en cada entrepiso mediante la siguiente expresión (Norma E.070)

$$V_m = 0.5 * V'_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0.23 \cdot P_g$$

Donde:

V'_m = Resistencia característica al Corte de la Albañilería (V'_m usado es 7.1)

$$V'_m = \sqrt{f'_m} = \sqrt{55} = 7.4 \text{ kg/cm}^2 \text{ (} f'_m \text{ asumido es de 55 de la norma E.070)}$$

α = Factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez, calculado como:

$$\frac{1}{3} \leq \sigma = \frac{V_e \cdot L}{M_e} \leq 1$$

t = espesor efectivo del muro

L = Longitud total del muro

P_g = Carga gravitacional de servicio con sobrecarga reducida (E.030)

Para determinar la resistencia al corte de los muros de concreto, utiliza la siguiente expresión

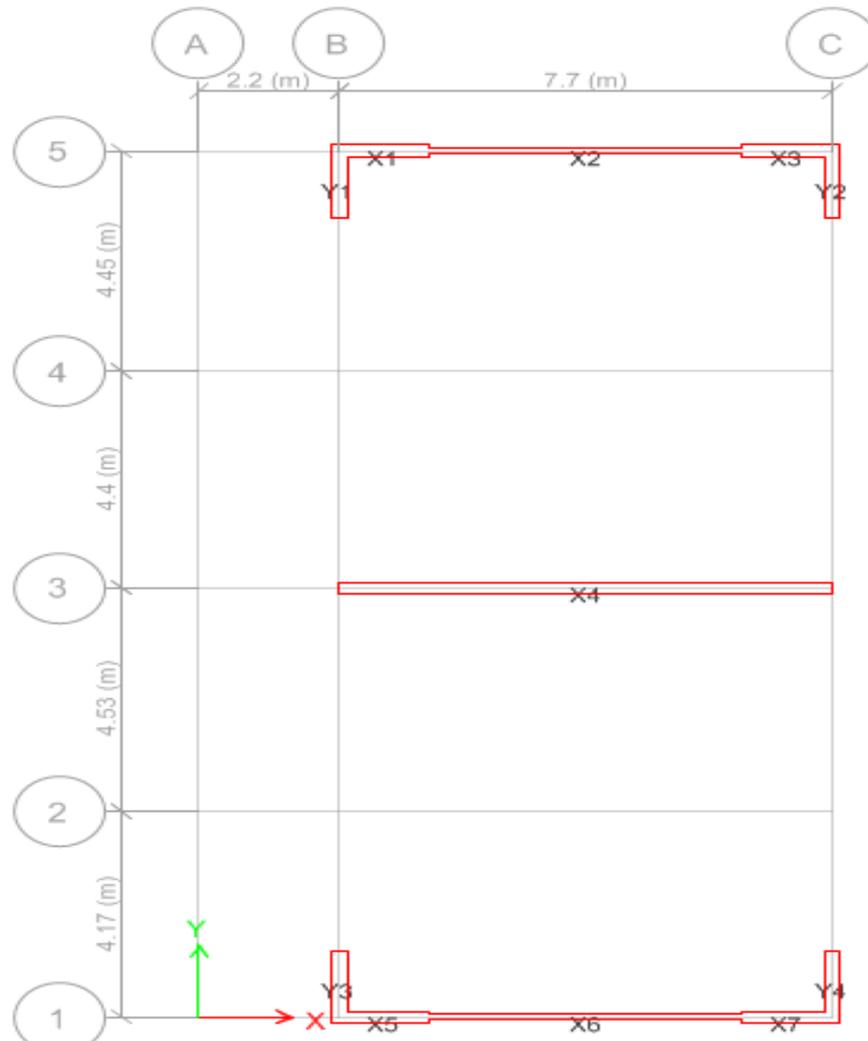
$$V_m = 0.53 * \sqrt{f'_c} * t * D, D = 0.80L$$

Se debe verificar la siguiente relación:

$$V_e \leq 0.55V_m$$

Pabellón C –Bloque I

FIGURA N°35: Muros Pabellón C – Bloque I



Fuente: Etabs 2016 Ultimate 16.0.3

A.1) Sismo Moderado –Dirección X

Tabla IV - 37: Control de Fisuración – Pabellón C –Primer Nivel - Bloque I

PISO 1 - Sismo X-X (VE= 199.50 Ton)													
MURO	L(m)	t(m)	V'm	Pg (Ton)	Ve (Ton)	Me (Ton)	α	Vm	0.55Vm	Vm1/Ve1	Vu	Mu	% error
X1	1.2	0.23	-	11.7957	11.01	23.02	0.57	16.96	9.33	1.54	16.96	35.44	15.32
X2	4.8	0.13	-	21.4935	28.87	64.07	1.00	38.34	21.09	1.33	38.34	85.09	26.96
X3	1.2	0.23	-	9.4469	10.93	22.87	0.57	16.96	9.33	1.55	16.96	35.48	14.67
X4	7.2	0.23	7.4	45.536	8.28	24.09	1.00	16.60	9.13	2.00	16.60	48.28	-
X5	1.2	0.23	-	11.4393	10.55	22.05	0.57	16.96	9.33	1.61	16.96	35.44	11.63
X6	4.8	0.13	-	20.8738	27.65	61.32	1.00	38.34	21.09	1.39	38.34	85.04	23.72
X7	1.2	0.23	-	9.2311	10.47	21.90	0.57	16.96	9.33	1.62	16.96	35.47	10.91

Fuente: Elaboración propia

- Los muros X1, X2, X3, X5, X6 y X7 se fisuran ante sismo moderado ($V_e > 0.55V_m$)

Tabla IV - 38: Control de Fisuración – Pabellón C – Segundo Nivel - Bloque I

PISO 2 - Sismo X-X (VE= 107.94 Ton)												
MURO	L(m)	t(m)	V'm	Pg (Ton)	Ve (Ton)	Me (Ton)	α	Vm	0.55Vm	Vm1/Ve1	Vu	Mu
X1	1.2	0.23	-	5.1709	4.24	6.11	0.83	16.96	9.33	1.71	7.26	10.45
X2	4.8	0.13	-	10.6332	18.98	33.51	1.00	38.34	21.09	1.58	30.08	53.11
X3	1.2	0.23	-	4.2154	4.02	5.78	0.83	16.96	9.33	1.78	7.16	10.31
X4	7.2	0.23	7.4	20.8258	5.19	9.21	1.00	10.92	6.00	2.07	10.73	19.04
X5	1.2	0.23	-	4.7171	3.98	5.71	0.84	16.96	9.33	1.77	7.05	10.12
X6	4.8	0.13	-	9.5749	17.87	31.62	1.00	38.34	21.09	1.65	29.57	52.33
X7	1.2	0.23	-	3.8652	3.75	5.38	0.84	16.96	9.33	1.85	6.95	9.98

Fuente: Elaboración propia

- Los muros del segundo piso no se fisuran por corte ante sismo moderado ($V_e < 0.55V_m$)

A.2) Sismo Moderado –Dirección Y

Tabla IV - 39: Control de Fisuración – Pabellón C – Primer Nivel - Bloque I

PISO 1 - Sismo Y-Y (VE= 181.58 Ton)												
MURO	L(m)	t(m)	V'm	Pg (Ton)	Ve (Ton)	Me (Ton)	α	Vm	0.55Vm	Vm1/Ve1	Vu	Mu
Y1	1.2	0.23	-	12.54	21.933	62.2493	0.42	16.96	9.33	0.77	16.96	48.13
Y2	1.2	0.23	-	9.31	21.192	60.6642	0.42	16.96	9.33	0.80	16.96	48.55
Y3	1.2	0.23	-	11.29	22.064	62.4915	0.42	16.96	9.33	0.77	16.96	48.03
Y4	1.2	0.23	-	8.31	21.325	60.9104	0.42	16.96	9.33	0.80	16.96	48.44

Fuente: Elaboración propia

- Los muros del primer piso se fisuran por corte ante sismo moderado ($V_e > 0.55V_m$)

Tabla IV - 40: Control de Fisuración – Pabellón C – Segundo Nivel - Bloque I

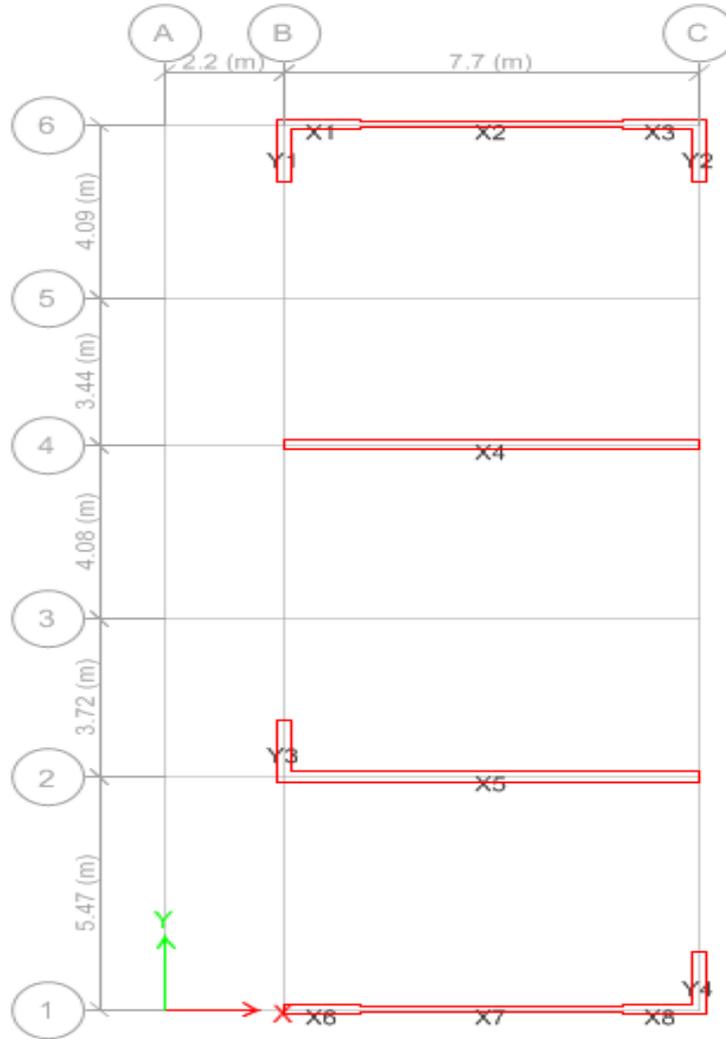
PISO 2 - Sismo Y-Y (VE= 113.84 Ton)													
MURO	L(m)	t(m)	V'm	Pg (Ton)	Ve (Ton)	Me (Ton)	α	Vm	0.55Vm	Vm1/Ve1	Vu	Mu	% error
Y1	1.2	0.23	-	5.76	10.38	17.39	0.72	16.96	9.33	3.22	33.38	55.93	10.14
Y2	1.2	0.23	-	4.47	10.13	17.05	0.71	16.96	9.33	3.67	37.17	62.55	7.92
Y3	1.2	0.23	-	5.45	11.03	18.26	0.72	16.96	9.33	3.49	38.47	63.70	15.42
Y4	1.2	0.23	-	3.98	10.65	17.76	0.72	16.96	9.33	3.33	35.50	59.19	12.46

Fuente: Elaboración propia

- Todos los muros del segundo nivel se fisuran por corte ante sismo moderado ($V_e < 0.55V_m$)

A) Pabellón C – Bloque II

FIGURA N°36: Muros Pabellón C – Bloque II



Fuente: Etabs 2016 Ultimate 16.0.3

B.1) Sismo Moderado –Dirección X

Tabla IV - 41: Control de Fisuración – Pabellón C –Primer Nivel - Bloque II

PISO 1 - Sismo X-X (VE= 239.77 Ton)													
MURO	L(m)	t(m)	V'm	Pg (Ton)	Ve (Ton)	Me (Ton)		Vm	0.55Vm	Vm1/Ve1	Vu	Mu	% Error
X1	1.2	0.23	-	10.31	11.74	24.53	0.57	16.96	9.33	1.44	16.96	35.42	21
X2	4.8	0.13	-	19.16	30.67	68.05	1.00	38.34	21.09	1.25	38.34	85.08	31
X3	1.2	0.23	-	8.31	11.61	24.28	0.57	16.96	9.33	1.46	16.96	35.48	20
X4	7.2	0.23	7.4	41.30	9.52	27.68	1.00	15.63	8.59	1.64	15.63	45.45	10
X5	7.2	0.23	7.4	34.29	10.50	27.90	1.00	14.01	7.71	1.33	14.01	37.24	27
X6	1.2	0.23	-	15.09	11.46	24.36	0.56	16.96	9.33	1.48	16.96	36.05	19
X7	4.8	0.13	-	26.32	32.42	75.88	1.00	38.34	21.09	1.18	38.34	89.73	35
X8	1.2	0.23	-	11.75	12.61	26.45	0.57	16.96	9.33	1.35	16.96	35.58	26

Fuente: Elaboración propia

- Todos los muros del primer nivel se fisuran ante sismo moderado ($V_e > 0.55V_m$)

Tabla IV - 42: Control de Fisuración – Pabellón C –Segundo Nivel - Bloque II

PISO 2 - Sismo X-X (VE= 130.40 Ton)													
MURO	L(m)	t(m)	V'm	Pg (Ton)	Ve (Ton)	Me (Ton)	α	Vm	0.55Vm	Vm1/Ve1	Vu	Mu	% error
X1	1.2	0.23	-	4.46	4.39	6.30	0.84	16.96	9.33	1.73	7.57	10.88	-
X2	4.8	0.13	-	9.40	19.64	34.82	1.00	38.34	21.09	1.49	29.36	52.05	-
X3	1.2	0.23	-	4.10	4.10	5.88	0.84	16.96	9.33	1.75	7.17	10.27	-
X4	7.2	0.23	7.4	19.25	6.10	10.78	1.00	10.56	5.81	1.69	10.32	18.24	4.76
X5	7.2	0.23	7.4	16.34	7.57	12.78	1.00	9.89	5.44	1.37	10.39	17.56	28.13
X6	1.2	0.23	-	6.71	3.42	4.73	0.87	16.96	9.33	1.77	6.04	8.37	-
X7	4.8	0.13	-	12.57	20.75	37.93	1.00	38.34	21.09	1.41	29.33	53.62	-
X8	1.2	0.23	-	4.93	4.85	7.04	0.83	16.96	9.33	1.61	7.79	11.32	-

Fuente: Elaboración propia

- Los muros del primer piso no se fisuran por corte ante sismo moderado excepto X5 ($V_e > 0.55V_m$)
- Los muros restantes del primer piso no se fisuran por corte ante sismo severo ($V_u < V_m$)

B.2) Sismo Moderado –Dirección Y

Tabla IV - 43: Control de Fisuración – Pabellón C –Primer Nivel - Bloque II

PISO 1 - Sismo Y-Y (VE= 219.20 Ton)													
MUR O	L(m)	t(m)	V'm	Pg (Ton)	Ve (Ton)	Me (Ton)	α	Vm	0.55Vm	Vm1/Ve1	Vu	Mu	
Y1	1.2	0.23	-	14.25	27.49	77.93	0.42	16.96	9.33	0.62	16.96	48.07	
Y2	1.2	0.23	-	12.11	24.19	71.28	0.41	16.96	9.33	0.70	16.96	49.98	
Y3	1.2	0.23	-	26.73	26.15	75.48	0.42	16.96	9.33	0.65	16.96	48.95	
Y4	1.2	0.23	-	8.55	26.27	75.14	0.42	16.96	9.33	0.65	16.96	48.51	

Fuente: Elaboración propia

- Los muros del primer piso se fisuran por corte ante sismo moderado ($V_e > 0.55V_m$)

Tabla IV - 44: Control de Fisuración – Pabellón C – Segundo Nivel - Bloque II

PISO 2 - Sismo Y-Y (VE= 137.42 Ton)													
MURO	L(m)	t(m)	V'm	Pg (Ton)	Ve (Ton)	Me (Ton)	α	Vm	0.55Vm	Vm1/Ve1	Vu	Mu	
Y1	1.2	0.23	-	6.24	13.44	22.32	0.72	16.96	9.33	3.22	43.23	71.77	
Y2	1.2	0.23	-	4.06	11.49	18.78	0.73	16.96	9.33	3.67	42.17	68.91	
Y3	1.2	0.23	-	11.76	15.43	24.31	0.76	16.96	9.33	3.49	53.84	84.81	
Y4	1.2	0.23	-	4.65	12.17	20.50	0.71	16.96	9.33	3.33	40.56	68.32	

Fuente: Elaboración propia

- Los muros Y1, Y2 Y3 y Y4 se fisuran por corte ante sismo moderado ($V_e > 0.55V_m$)

4.5.6) Resistencia al Corte Global

Para verificar la resistencia global de toda la edificación, se debe cumplir que la resistencia al corte sea mayor que la fuerza cortante producida por el sismo severo (Norma E.070)

$$\sum M_i \geq V_{Ei}$$

Tabla IV - 45: Resistencia Global – Pabellón C – Bloque I

PISO	DIRECCION	V_e		CONDICION
1	X-X	199.5	161.12	NO CUMPLE
1	Y-Y	181.58	67.83	NO CUMPLE
2	X-X	107.94	155.43	CUMPLE
2	Y-Y	113.84	67.83	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV - 46: Resistencia al Corte Global – Pabellón C – Bloque II

PISO	DIRECCION	V_e		CONDICION
1	X-X	239.77	174.16	NO CUMPLE
1	Y-Y	219.2	67.83	NO CUMPLE
2	X-X	130.4	164.96	CUMPLE
2	Y-Y	137.42	67.83	NO CUMPLE

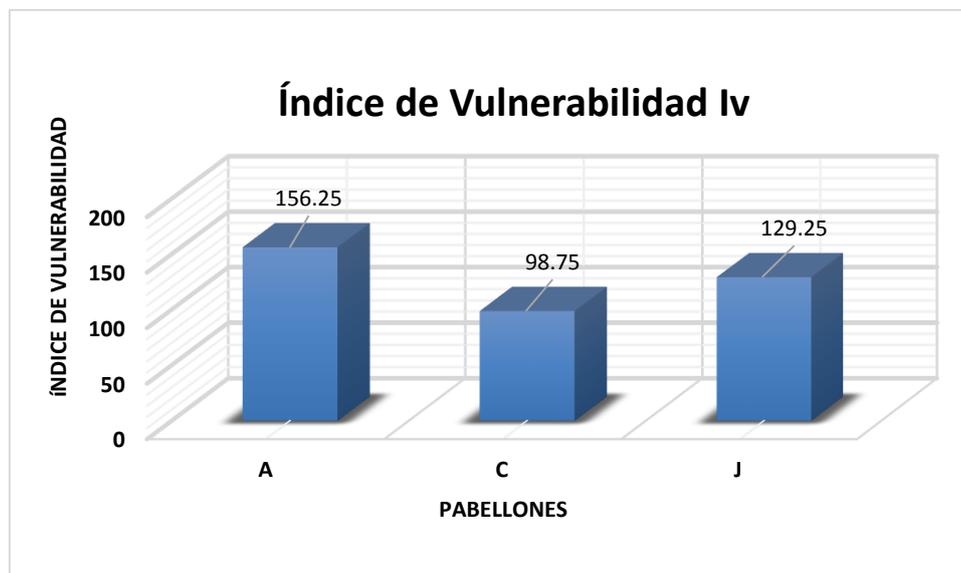
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

El resultado de la evaluación sísmica realizada a los pabellones A, C y J de la I.E. Emblemática San Juan aplicando el método del índice de Vulnerabilidad de Benedetti y Petrini muestra una serie de deficiencias y problemas tanto en la parte estructural como en la no estructural, que si no son subsanados y corregidos a tiempo, podrían traer consecuencias lamentables durante la ocurrencia de un eventual sismo. La calificación asignada a cada uno de los parámetros evaluados con el método italiano estuvo sustentada en las condiciones reales del centro educativo así como en los criterios propios del método.

A continuación se mostrará un resumen de la evaluación sísmica empleada, cuyas interpretaciones e identificación de los principales problemas estructurales y no estructurales servirán como base para las propuestas de reforzamiento que se realizarán en esta tesis, buscando de esta manera un mejor comportamiento de las estructuras estudiadas ante la ocurrencia de un sismo.

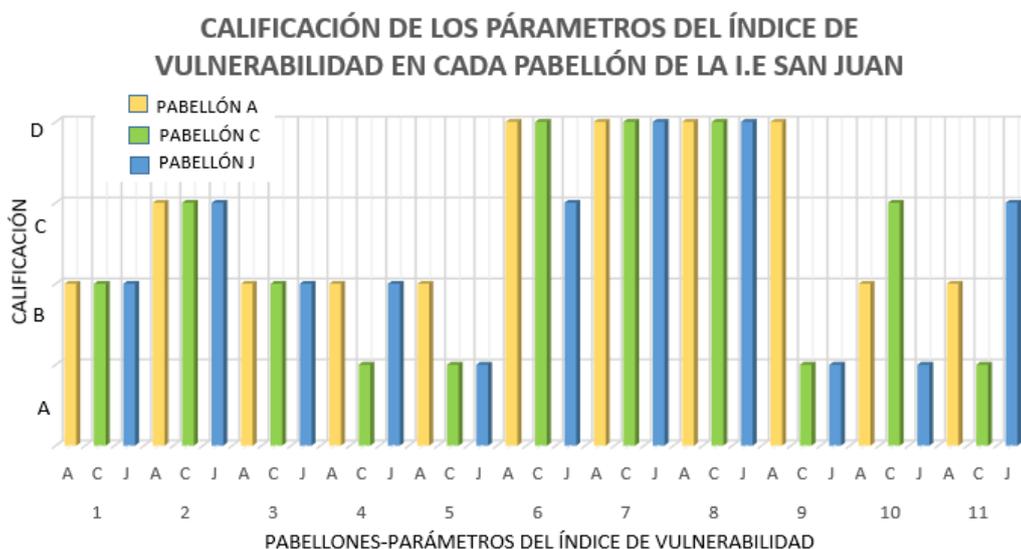
GRÁFICO N°04: Índice de Vulnerabilidad de los Pabellones A, C y J de la I.E. Emblemática San Juan, 2018



Fuente: Elaboración propia

En este gráfico se puede observar que los índices de vulnerabilidad más altos les corresponden a los pabellones A y J. Los tres pabellones del centro educativo, de acuerdo a los valores obtenidos presentan un grado de vulnerabilidad media – baja (dicho grado está comprendido para valores desde 95.63 hasta 191.30), lo cual nos indica que existen ciertos factores o parámetros que podrían acarrear problemas severos durante la ocurrencia de un sismo.

GRÁFICO N°05: Calificación de los Parámetros del índice de Vulnerabilidad de los Pabellones A, C y J de la I.E. Emblemática San Juan, 2018



Fuente: Elaboración propia

En este gráfico se puede observar la calificación asignada a los 11 parámetros del método del índice de vulnerabilidad de los pabellones A, C y J. Las calificaciones más bajas (C y D) han sido asignadas a los parámetros 6, 7 y 8 correspondientes a la configuración en planta, configuración en elevación y distancia máxima entre muros respectivamente. Así mismo se puede observar una calificación baja (C) asignada al parámetro 1 del pabellón A correspondiente a la organización del sistema resistente. Otros parámetros con baja calificación (C) son la de los elementos no estructurales (10) y estado de conservación (11) de los pabellones C y J respectivamente.

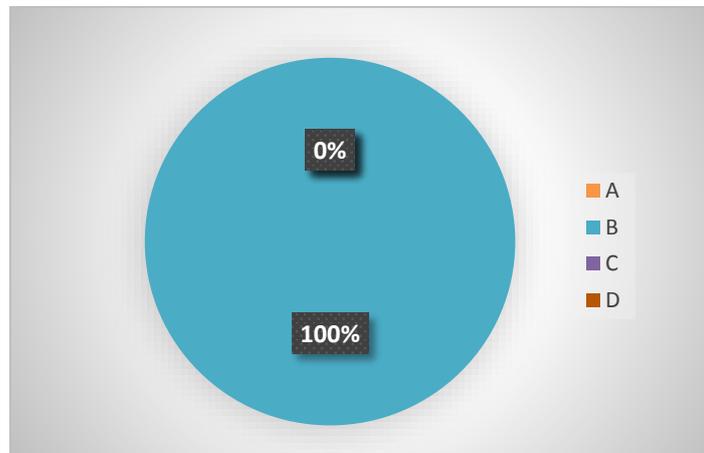
Para un mejor análisis de los resultados obtenidos con el Método del índice de Vulnerabilidad, se hará un resumen estadístico de los 11 parámetros evaluados en base a las calificaciones asignadas y al número de pabellones.

Tabla V - 1: Parámetro 1 – Calificación Obtenida por Pabellones

PABELLÓN	CALIFICACIÓN
A	B
C	B
J	B

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N°06: Parámetro 1 – Porcentaje de Pabellones Evaluados Según las Calificaciones Obtenidas



Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

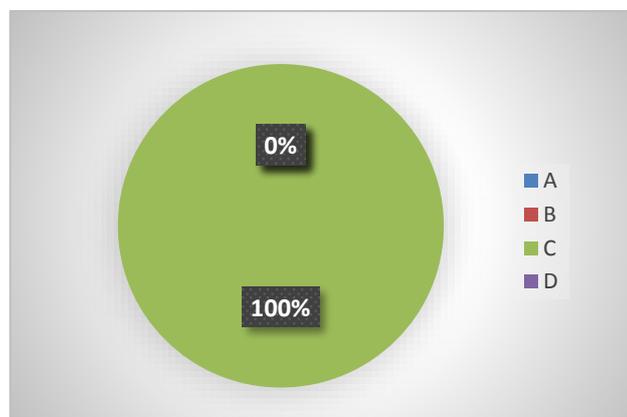
El mayor porcentaje de los pabellones evaluados tienen una calificación de B, lo que significa que la mayoría de los ambientes estudiados tienen sus principales elementos estructurales ubicados y conectados de una manera adecuada.

Tabla V - 2: Parámetro 2 – Calificación Obtenida por Pabellones

PABELLÓN	CALIFICACIÓN
A	C
C	C
J	C

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N°07: Parámetro 2 – Método del índice de Vulnerabilidad



Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

El 100% de los pabellones evaluados tienen una calificación de C, lo que significa que todos ellos fueron construidos empleados unidades de albañilería homogéneas, con presencia de verticalidad en sus muros y espesor del mortero entre 1 y 1.5cm. Esta calificación se asignó debido a la antigüedad del centro educativo.

Tabla V - 3: Parámetro 3 – Calificación Obtenida por Pabellones

PABELLÓN	CALIFICACIÓN
A	B
C	B
J	B

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N°08: Parámetro 3 – Método del índice de Vulnerabilidad



Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

Todos los pabellones evaluados en este parámetro tienen una calificación de B, lo que significa que la estructura tendrá un comportamiento regular ante sollicitaciones de cargas horizontales. Dicho resultado contrasta con los valores obtenidos con el método analítico aplicado a los dos bloques del pabellón C (modelación y análisis con el software ETABS).

Tabla V - 4: Parámetro 4 – Calificación Obtenida por Pabellones

PABELLÓN	CALIFICACIÓN
A	B
C	A
J	B

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N°09: Parámetro 4 – Método del índice de Vulnerabilidad



Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

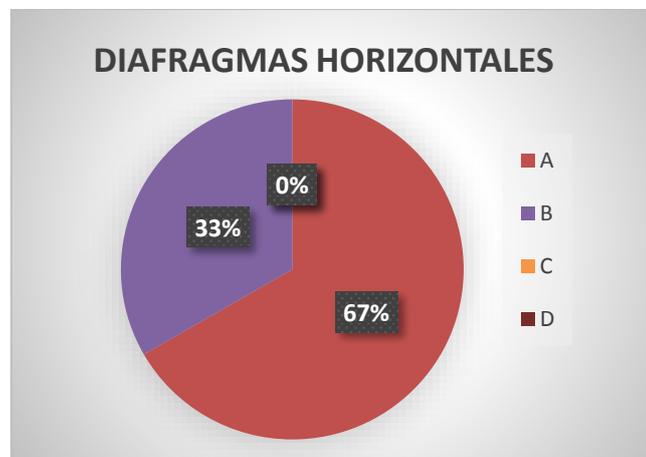
El mayor porcentaje de los pabellones evaluados en el cuarto parámetro le corresponde una calificación de B, lo que significa que a pesar de la existencia de pequeños desniveles en la cimentación de las estructuras estas no son tan significativas. El pabellón A y J presentan desniveles en las bases de sus estructuras. Adicionalmente el estudio de suelos indica que el centro educativo está cimentada en un suelo suelto y con presencia alta de limos.

Tabla V - 5: Parámetro 5 – Calificación Obtenida por Pabellones

PABELLÓN	CALIFICACIÓN
A	B
C	A
J	A

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N°10: Parámetro 5 – Método del índice de Vulnerabilidad



Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

El mayor porcentaje de los pabellones estudiados tuvieron una calificación de A, lo que nos indica que las losas aligeradas de los tres pabellones no presentan problemas de deformabilidad y conexión con el resto de elementos estructurales principales. Sin embargo hay un porcentaje menor con una calificación de B, correspondiente al nivel 3 del pabellón A, debido a la presencia de una cubierta sin vigas de amarre.

Tabla V - 6: Parámetro 6 – Calificación Obtenida por Pabellones

PABELLÓN	CALIFICACIÓN
A	D
C	D
J	C

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N°11: Parámetro 6 – Método del índice de Vulnerabilidad



Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

Se puede observar de los resultados estadísticos, que el mayor porcentaje de los pabellones obtuvo una calificación D, cuya evaluación de este sexto parámetro estuvo basada en la relación de las dimensiones en planta de la estructura. Los pabellones A y C fueron los que tuvieron las calificaciones más bajas.

Este problema detectado puede traer problemas de rigidez y resistencia ante las solicitaciones de cargas horizontales. Esto se verificó con el método analítico (análisis con el software ETABS)

Tabla V - 7: Parámetro 7 – Calificación Obtenida por Pabellones

PABELLÓN	CALIFICACIÓN
A	D
C	D
J	D

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N°12: Parámetro 7 – Método del índice de Vulnerabilidad



Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

Se puede observar del gráfico estadístico que el 100% de los pabellones obtuvieron una calificación D. El parámetro en análisis fue evaluado en base a la presencia de porches (pabellón A y C) y a la presencia de discontinuidades de entrepisos (pabellón J).

La presencia de porches en los pabellones en mención puede traer problemas severos durante la ocurrencia de un sismo, debido a gran flexibilidad que tienen las columnas que forman parte de este elemento.

Tabla V - 8: Parámetro 8 – Calificación Obtenida por Pabellones

PABELLÓN	CALIFICACIÓN
A	D
C	D
J	D

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N°13: Parámetro 8 – Método del índice de Vulnerabilidad



Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

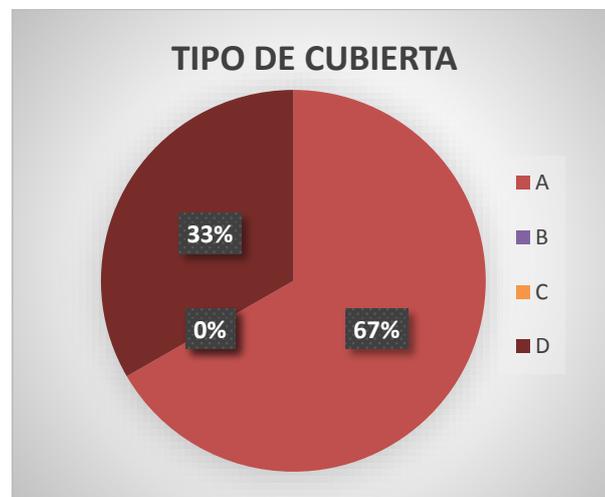
El 100% de los pabellones obtuvieron una calificación D, lo que significa que las longitudes de los muros de albañilería excedían no sólo la relación indicada por el método, sino también la norma de albañilería E.070. Este problema detectado se presentó en todos los niveles de los tres pabellones en estudio.

Tabla V - 9: Parámetro 9 – Calificación Obtenida por Pabellones

PABELLÓN	CALIFICACIÓN
A	D
C	A
J	A

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N°14: Parámetro 9 – Método del índice de Vulnerabilidad



Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

El gráfico nos muestra que el menor porcentaje de los pabellones evaluados se le asignó una calificación D, correspondiente al pabellón A, por la presencia de una cubierta en todo en el tercer nivel mal conectado sobre columnas.

Tabla V - 10: Parámetro 10 – Calificación Obtenida por Pabellones

PABELLÓN	CALIFICACIÓN
A	B
C	C
J	A

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N°15: Parámetro 10 – Método del índice de Vulnerabilidad



Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

Estos resultados nos muestra que las calificaciones más bajas (B y C) les corresponden a los pabellones A y C respectivamente, cuya calificación estuvo basada en la presencia de elementos no estructurales como: parapetos, cornisas y balcones.

Los tres pabellones presentan parapetos en mal estado y a pesar que están confinados, podrían traer problemas severos ante un sismo debido a la presencia de rajaduras, fisuras y mala colocación del mortero. Además se tuvo en cuenta la presencia de balcones en los pabellones A y C, cuya falta de rigidez puede generar fallas ante fuerzas horizontales. Adicionalmente se observó la presencia de cornisas, reflectores y otros elementos que podrían caer y provocar heridos.

Tabla V - 11: Parámetro 11 – Calificación Obtenida por Pabellones

PABELLÓN	CALIFICACIÓN
A	B
C	A
J	C

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N°16: Parámetro 11 – Método del índice de Vulnerabilidad



Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

El gráfico nos indica que las calificaciones más bajas (B y C) corresponden a los pabellones A y J, cuya evaluación está sustentada en la conservación de los muros de mampostería. En los resultados de este parámetro se puede observar que los problemas más severos son el tercer nivel del pabellón A y el segundo nivel del pabellón J

Adicionalmente hemos considerado en este parámetro la corrosión severa que se puede observar de las azoteas de los pabellones, cuyos aceros sobresalientes de las columnas están expuestos sin ninguna protección, y el grado de corrosión que se observa es severo, y además de tener en cuenta la antigüedad del centro educativo, la probabilidad de que la corrosión haya avanzado a los niveles inferiores es alta.

Discusión de los Resultados Obtenidos en el Análisis con el programa ETABS

El otro método de evaluación sísmica aplicado en esta investigación es el realizado en el programa ETABS, siguiendo los lineamientos de la normativa peruana (Norma E.030, E.070 y la E.020). Esta modelación y análisis se realizó sólo al pabellón C, dividido en dos bloques por la presencia de una junta sísmica. Una primera verificación que se realizó fue el de los periodos de

vibración, relacionados con el tiempo en que tarda una estructura en hacer una oscilación durante un movimiento dinámico. Los resultados obtenidos fueron los siguientes

Tabla V - 12: Periodo de vibración –Pabellón C de la I.E San Juan

BLOQUE	DIRECCIÓN	PERIODO
I	X-X	$T_x=0.057$
	Y-Y	$T_y= 0.203$
II	X-X	$T_x= 0.06$
	Y-Y	$T_y= 0.226$

Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos se puede observar que el mayor periodo se encuentra en la dirección X-X de ambos bloques, debido a la poca presencia de elementos que aporten rigidez. El valor aproximado por piso es de 0.1s de acuerdo a varias investigaciones realizadas, lo que le correspondería al pabellón C un periodo de 0.2s. Se observa los periodos obtenidos en la dirección se aproximan a este valor referencial. Sin embargo se debe tener presente el fenómeno de resonancia, que ante la ocurrencia de un sismo, puede incrementar estos valores significativamente

Otra de las verificaciones realizadas de acuerdo a la norma E.030, son la de las distorsiones de entrepiso. Los resultados obtenidos del programa fueron:

Tabla V - 13: Distorsión de Entrepiso –Pabellón C – Bloque I

DIRECCIÓN	PISO	DERIVA
X-X	2	0.0002
X-X	1	0.0003
Y-Y	2	0.0041
Y-Y	1	0.0030

Fuente: Elaboración propia

Tabla V - 14: Distorsión de Entrepiso –Pabellón C – Bloque II

DIRECCIÓN	PISO	DERIVA
X-X	2	0.0002
X-X	1	0.0003
Y-Y	2	0.0051
Y-Y	1	0.0037

Fuente: Elaboración propia

Se observa que en la dirección X, para ambos bloques analizados los valores obtenidos son menores a los que indica la norma para sistemas de concreto armado (distorsión máxima de 0.005), así mismo los valores obtenidos en la dirección Y también son menores a la distorsión máxima indicada en la norma de 0.007. Sin embargo se observa que en el bloque II en el segundo nivel este valor se aproxima bastante al máximo permitido. Por cuestiones de seguridad, se podría proporcionar algún refuerzo en esta dirección. Así mismo se verificó la fuerza cortante mínima en la base en las dos direcciones, cuyos resultados fueron los siguientes:

Tabla V - 15: Distorsión de Entrepiso –Pabellón C – Bloque I y II

BLOQUE	DIRECCIÓN	FUERZA CORTANTE
I	X-X	$V_x=94.29\%$
	Y-Y	$V_y=85.80\%$
II	X-X	$V_x=93.87\%$
	Y-Y	$V_y=85.82\%$

Fuente: Elaboración propia

Todas las fuerzas cortantes mínimas en la base en las dos direcciones cumplen con el valor mínimo que indica la norma E.030 (mayor a 80% para estructuras regulares).

Otra de las verificaciones realizadas fue el control de fisuras de los muros de los bloques I y II del pabellón C. De los resultados obtenidos se puede observar que los muros de albañilería del primer y segundo nivel del bloque II se agrietan ante un sismo moderado en la dirección X. Los muros de concreto de menor espesor ($e=13\text{cm}$) del primer nivel en los dos bloques también se fisuran ante un sismo moderado. Así mismo en la otra dirección de análisis, los muros de concreto fallan en el primer nivel ante un sismo moderado en los dos bloques analizados, debido a la ausencia de elementos que aporten rigidez y confinamiento. De estos resultados se puede inferir la urgencia de reforzar la dirección Y, así como los muros de albañilería y de concreto de menor espesor en la dirección X.

La resistencia al corte global obtenido respalda los resultados del control de fisura, cuyos resultados indican la necesidad de reforzamiento en la dirección Y de los dos bloques, así como el refuerzo en la dirección X del primer nivel.

Propuesta de Reforzamiento

El método del índice de vulnerabilidad aplicado en este estudio así como la modelación estructural en el programa ETABS para el posterior control de parámetros indicados en nuestras norma E.30 y E.070, muestran una serie de problemas y deficiencias, que si no son atendidos oportunamente, pueden traer severas consecuencias durante la ocurrencia de un sismo. Por tal razón, se hará un listado de soluciones de los problemas identificados, buscando de esta manera que las autoridades correspondientes tomen las acciones preventivas, así como esta investigación sirva de sustento para otras investigaciones.

- Se identificó problemas de deterioro en los muros de albañilería y concreto, parapetos, fisuras y desprendimiento de los recubrimientos en las columnas, fisuras en vigas y perforaciones en muros de las escaleras, perforación en una losa aligerada con exposición del acero. Para todo ello se propone la aplicación de inyecciones de resinas epóxicas, y en el caso de grandes grietas la aplicación en inyecciones de lechadas de cemento con epóxicos.

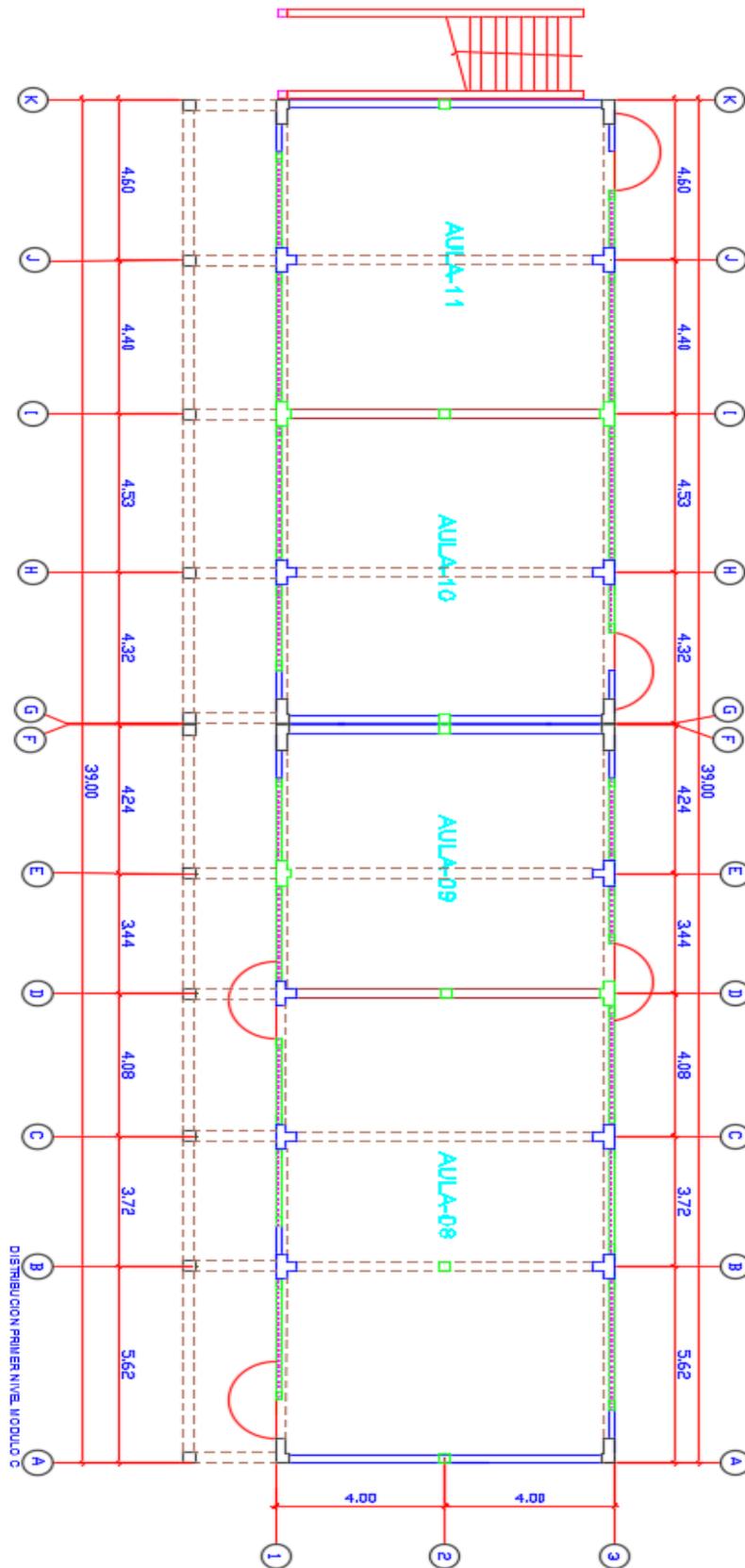
Daños	Ubicación
Deterioro en los muros de concreto	- Tercer nivel del pabellón A - Escalera del pabellón C - Primer y segundo nivel del pabellón J
Deterioro de parapetos de concreto	- Balcón del segundo nivel del pabellón C - Balcón del segundo nivel del pabellón J
Deterioro de parapetos de albañilería	- Azotea del pabellón C
Desprendimiento de recubrimientos en columnas	- Primer nivel del pabellón A - Segundo nivel del pabellón C
Fisuras en vigas	- Escaleras del pabellón C y J
Perforaciones en escalera	- Escalera del pabellón A
Perforación en losa aligerada	- Segundo Nivel del pabellón C

- Para el problema de la falta de conexión de la estructura metálica en el tercer nivel del pabellón A se propone la colocación de vigas de amarre para proporcionar estabilidad y una mejor fijación de la cubierta metálica.
- La corrosión observada en los aceros longitudinales de las columnas en el tercer nivel del pabellón C, puede ser reforzada aumentando la sección de la columna añadiendo una malla de alambre soldados adyacentes a la columna existente, buscando de esta manera incrementar la ductilidad de estos elementos estructurales.

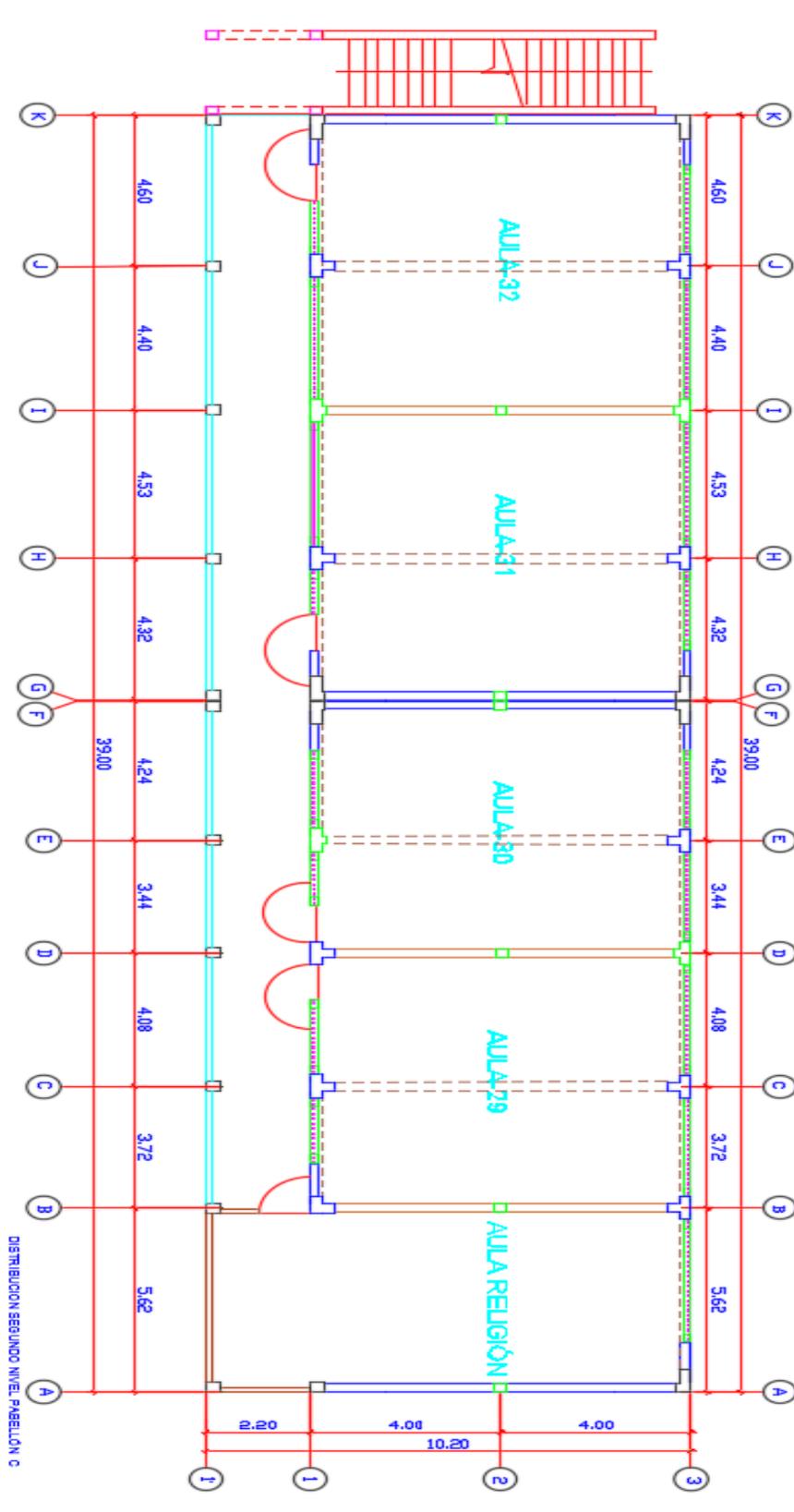
- Las longitudes excesivas de los muros de albañilería observados en los pabellones A, C y J en todos sus niveles, puede solucionarse incorporando columnas centrales cuyo ancho sea igual al espesor del muro. De esta manera se tendrá un mejor confinamiento de los muros, reduciendo las fallas por corte ante sismo moderado obtenido en el control de fisuras.
- Para el problema de la altura excesiva en las columnas de la escalera del pabellón J, se propone colocar muros de corte, buscando aportarle rigidez y resistencia a estos elementos de gran flexibilidad.
- La presencia de unidades de albañilería con grandes perforaciones en los parapetos del tercer nivel del pabellón C puede ocasionar problemas de estabilidad ante un sismo. Se sugiere cambiar dichas unidades por otras que cumplan con los requisitos mínimos de la norma de albañilería E.070, así como adicionarle unas vigas de igual espesor que los parapetos para un mejor confinamiento
- Para mejorar la resistencia global del pabellón C, se propone colocar muros de albañilería en la dirección Y, buscando una mejor distribución de la fuerza cortante en esa dirección.
- Los alféceles asilados de las columnas en los pabellones A, C y J pueden provocar problemas severos debido a la falta de arriostramiento. Para ello se recomienda la colocación de columnetas que confinen a estos muros.
- El problema de columna corta identificado en los alfeizeres de las ventanas altas y bajas de los pabellones A, C y J, puede solucionarse o reducir sus efectos ensanchando la parte de la columna que no está en contacto con el alfeizer de la ventana así como convertir todas las ventanas del primer y segundo nivel en altas.

Finalmente se presentará la propuesta de un nuevo diseño del pabellón C, manteniendo sus dimensiones originales y la misma distribución de ambientes.

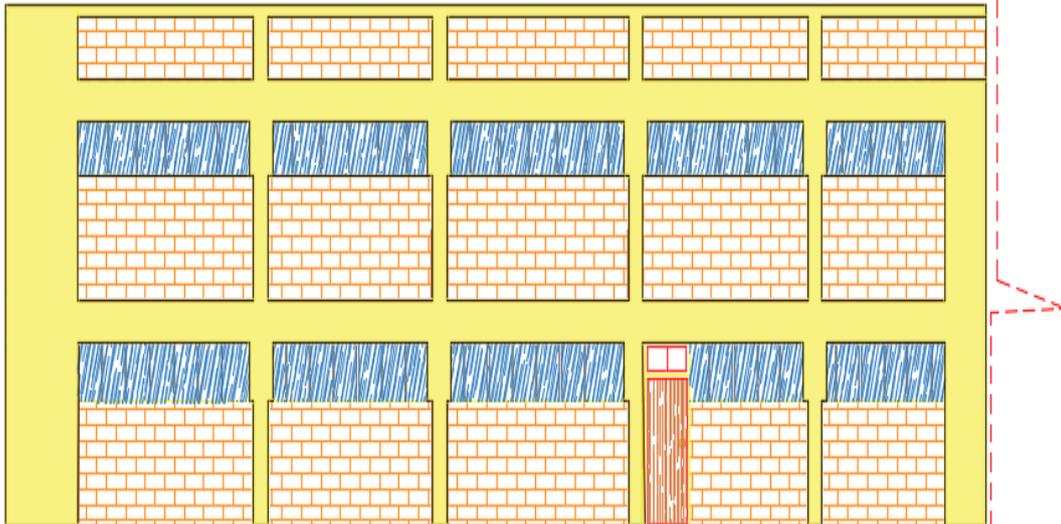
PABELLÓN C – PRIMER NIVEL



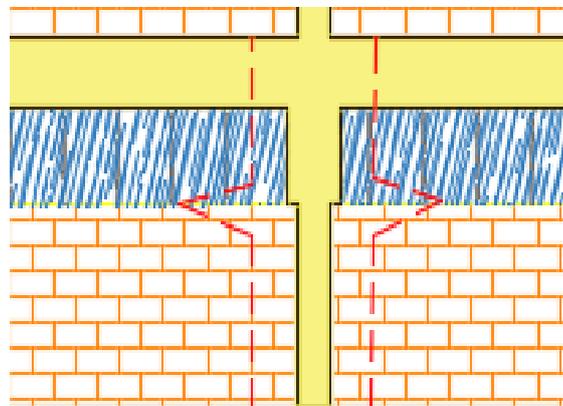
PABELLÓN C – SEGUNDO NIVEL



Detalle del ensanchamiento en las columnas cortas y la conversión de las ventanas del primer nivel y segundo nivel en altas. Así mismo se colocó vigas de reforzamiento en los parapetos de la azotea



ELEVACION FRONTAL



DETALLE : REFORZAMIENTO DE COLUMNAS

CONCLUSIONES

- El grado de vulnerabilidad sísmica de los pabellones A, C y J del centro educativo evaluados con el método del índice de vulnerabilidad fue medio-bajo. Los parámetros que obtuvieron las calificaciones más bajas fueron: configuración en planta, configuración en elevación, y distancia máxima entre muros.
- El ensayo de esclerometría realizado a las vigas, columnas, placas y alfeizeres arrojó una resistencia a la compresión axial promedio de 210kg/cm².
- El estudio de mecánica de suelos realizados determinó que la fundación del centro educativo presenta suelos de grano fino tipo arcilloso (arcillas medianamente plásticas) continuado por arena limoso (SM) hasta la profundidad de 1.80 mts subyacentes a éste una arena uniforme (SP). Así mismo el tipo de suelo de acuerdo a la estratigrafía de la zona en estudio es flexible correspondiéndole una clasificación S3 de acuerdo a la norma sismorresistente E.030.
- Se realizó la modelación estructural con el programa ETABS en base a los planos estructurales y a los lineamientos de las normas E.20, E.30 y E.70 del reglamento peruano.
- La distorsión de entrepiso obtenida en el análisis sísmico de los bloques I y II del pabellón C cumplen con los límites máximos indicado en la norma E.030
- La fuerza cortante mínima en la base determinada en los dos bloques del pabellón C en las dos direcciones cumplen con el valor mínimo de la norma sismorresistente E.030 (mayor a 80% para estructuras regulares).
- El control de fisuración realizado en base a la norma E.070 muestra problemas de agrietamiento en los muros de albañilería del bloque II en los dos niveles ante un sismo moderado. Así mismo se obtuvo la fisuración de algunos muros estructurales, lo que indica que dichos elementos deberían fallar por flexión ante un sismo.
- La resistencia al corte global determinada en base a la norma E.070 de toda la edificación muestra que los valores obtenidos no cumplen con la norma en mención en la dirección Y en sus dos niveles de los dos bloques, y en la dirección X en el bloque II del primer nivel.
- Se identificó otros problemas estructurales no contemplados en el método del índice de vulnerabilidad como: corrosión y falta de verticalidad en el acero vertical de columnas, desprendimiento del recubrimiento en columnas, problemas de columna corta, gran esbeltez de algunas columnas en las escaleras y deterioro de las vigas en las escaleras.
- Se planteó algunas alternativas de solución a los principales problemas detectados y que requieren una atención inmediata. Así mismo se realizó la propuesta de un nuevo diseño estructural del pabellón C, manteniendo sus dimensiones así como la distribución de sus ambientes.

RECOMENDACIONES

- Los resultados obtenidos con el método del índice de vulnerabilidad son valores estimativos de la respuesta de cada pabellón evaluado ante un posible evento sísmico, por lo que se recomienda realizar estudios complementados sobre el índice de daño de la edificación.
- La presente investigación debe servir como base para la planificación y la toma de acciones preventivas ante la posible ocurrencia de un evento sísmico. Por lo que se recomienda a las autoridades competentes a tomar las medidas oportunas necesarias para mejorar las condiciones estructurales y no estructurales actuales del centro educativo.
- Para el problema de la corrosión del acero vertical de las columnas, se recomienda realizar un estudio más profundo para determinar el grado de corrosión en los otros niveles de la edificación.
- Los valores obtenidos de la resistencia a la compresión axial del concreto mediante el ensayo de esclerometría son referenciales. Se recomienda realizar un ensayo de diamantina para valores más exactos.

REFERENCIAS

- Abanto Valdivia, S. C. (2015). DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA APLICANDO EL MÉTODO DE BENEDETTI-PETRINI EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL CENTRO HISTÓRICO DE TRUJILLO, PROVINCIA DE TRUJILLO, REGION LA LIBERTAD. TRUJILLO.
- Amoros Barrantes, C. A. (2015). ANÁLISIS SÍSMICO USANDO SAP 2000 PARA EVALUAR LA EFECTIVIDAD DEL COMPORTAMIENTO SISMORRESISTENTE DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA I.E. 82109 SAN ANOTNIO PLANTUAL-CENTRO POBLADO HUAMBOCANCHA ALTA, PROV. CAJAMARCA, REGIÓN CAJAMARCA. Cajamarca.
- ARQUIÑO TRUJILLO, W. (2011). PROPUESTA PARA MEJORAR LA CALIDAD ESTRUCTURAL DE LOS LADRILLOS ARTESANALES DE ARCILLA COCIDA DE HUÁNUCO. LIMA.
- Barbat, D. L. (2008). DISEÑO SISMORRESISTENTE DE ESTRUCTURAS. Lima: FONDO EDITORIAL ICG.
- Bazán, M. (2015). DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS. MEXICO: LIMUSA.
- Benjamín Hernández, J. . (2011). METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN SÍSMICA DE EDIFICACIONES DE HORMIGON ARMADO EXISTENTE. CIENCIA Y SOCIEDAD.
- Blanco Blasco, A. (1991). ESTRUCTURACIÓN Y DISEÑO DE EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO.
- Bozzo, A. H. (2000). DISEÑO SISMORRESISTENTE DE EDIFICIOS. TÉCNICAS CONVENCIONALES Y AVANZADAS. España: EDITORIAL REVERTÉ SA.
- Bustamante Vergara, R. C. (2007). ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE LA ZONA RURAL DEL NORTE DEL MUNICIPIO DE SINCELEJO. SUCRE.
- E-030. (2014). REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. DISEÑO SISMORRESISTENTE. PERÚ.
- F. Yépez, A. B. (1995). RIESGO, PELIGROSIDAD Y VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICIOS DE MAMPOSTERÍA. ESPAÑA: EDITORIAL A.H BARBAT.
- Fernández Cruz, Ó. (2014). EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL EN EDIFICACIONES. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/72999935/Evaluacion-de-la-Vulnerabilidad-Sismica-en-Edificaciones>
- Guerrero. (2007). XVI CONGRESO NACIONAL DE INGENIERIA SÍSMICA. EVALUACION SÍSMICA EN EDIFICIOS HISTORIOS EN EL ESTADO DE COLIMA POR METODOS EMPIRICOS. Obtenido de <http://webserver2.ineter.gob.ni/sis/vulne/cali/6.6.2.7-indice-vul.htm>

- Golfo Mendoza, A. S. (2015). VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA INFRAESTRUCTURA ESCOLAR URBANA EN GIRATOD-CUNDINAMARCA. Giradot.
- H.Barbat, S. J. (2005). Monografía de Ingeniería sísmica. CÁLCULO Y DISEÑO SISMORRESISTENTE DE EDIFICIOS USANDO LA NORMA NCSE-02. Barcelona, España: Editorial H.Barbat.
- Herrera, G. R. (2013). ESTADO DEL CONOCIMIENTO SOBRE METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICIOS. INGENIERIA Y SOCIEDAD UC VOL.8.
- Laucata Luna, J. E. (2013). ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SISMICA DE LAS VIVIENDAS INFORMALES EN LA CIUDAD DE TRUJILLO. TRUJILLO.
- Morales, F. (2015). PREZI. Obtenido de VULNERABILIDAD SISMICA EN EDIFICACIONES: <https://prezi.com/tehselrhkmy/vulnerabilidad-sismica-en-edificaciones/>
- Navarri, O. (2002). EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE ÁREAS URBANO MARGINALES. CURSO INTERNACIONAL CISMID 2002. LIMA, PERU.
- Parillo Sosa, E. (2015). EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS PRIMARIOS ESTATALES DE LA CIUDAD DE JULIACA. Juliaca.
- Salvador Safina, M. (2003). MEMORIA DE LA TESIS DOCTORAL. VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFCACIONES ESENCIALES. BARCELONA, ESPAÑA.
- San Bartolomé, Á. (1994). COMPORTAMIENTO SÍSMICO Y DISEÑO ESTRUCTURAL . LIMA: FONDO EDITORIAL PUCP.
- Sarmiento, R. O. (2004). INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA CIVIL. Obtenido de http://oviedos.tripod.com/peligr.htm#_ftn3
- UDEP, B. (1996). VULNERABILIDAD SÍSMICA. Obtenido de http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_134_180_87_1230.pdf

ANEXOS

ANEXO 01: REFERENCIAS HISTÓRICAS DEL MÉTODO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD

Método del índice de Vulnerabilidad

El análisis del comportamiento de edificios, durante terremotos ocurridos desde el año 1976 en diferentes regiones de Italia, ha permitido a los investigadores de ese país identificar algunos de los parámetros más importantes que controlan el daño de edificios. Estos parámetros se han compilado en un formulario de levantamiento, el cual se viene utilizando desde el año 1982, con el propósito de determinar de una forma rápida y sencilla la vulnerabilidad sísmica de edificios existentes. La combinación de dichos parámetros, por medio de una escala predefinida, en un único valor numérico llamado Índice de Vulnerabilidad. El MIV ha sido ampliamente utilizado en Italia durante los últimos quince años y su gran aceptación en ese país ha quedado demostrada por el GNDT (Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti) que lo ha adoptado para los planos de mitigación de desastres a nivel gubernamental. (CAMPOS MARTÍNEZ, 2012)

El procedimiento propuesto por el D. Benedetti V. Petrini en Italia, bien se puede definir como un método indirecto el cual fue adoptado por el Gruppo Nazionale Difesa dai Terremoti (GNDT) desde 1982, con el propósito de determinar de una manera rápida y sencilla la vulnerabilidad sísmica de edificaciones existentes. Tal procedimiento se fundamenta en el análisis de una serie de información sobre las características de los elementos constitutivos de una edificación que se colecciona a través de formularios de vulnerabilidad. (SANTISTEBAN VALDERA)

El método se basa en la información relacionada con características de los edificios como son: tipo de construcción, el uso, la calidad de los materiales, la estructuración utilizada, aspectos geométricos de la estructura, el tipo de daños que presenta, etc. (ALVAYAY BARRIENTOS, 2013)

El formulario para el levantamiento de la vulnerabilidad se ha modificado varias veces durante los últimos quince años, con el propósito de facilitar las tareas de observación durante las investigaciones de campo o para incluir una mejor descripción del daño, en los casos para los que dicho formulario se utiliza en la recopilación de los efectos producidos por un terremoto. El formulario de levantamiento consta de dos niveles, los cuales se han diseñado con el propósito de tener dos grados de aproximación. El primer nivel sirva para seleccionar los edificios más “peligrosos” desde el punto de vista estructural y, posteriormente, dichos edificios se investigan con el segundo nivel para obtener una apreciación más exacta de su vulnerabilidad. Sin embargo, actualmente se reconoce que el método en general sólo puede dar una estimación aproximada de la vulnerabilidad de los edificios, suficiente para la toma de decisiones durante los planes de mitigación de desastres. (NAVIA LLORENE, 2007)

El método ha sido desarrollado tanto para el estudio de estructuras de mampostería como para el de estructuras de concreto armado; sin embargo, gran parte del esfuerzo realizado para su estudio y aplicación ha sido dedicado a las primeras. (ABANTO VALFIVIA, 2015)

Referencias de la Aplicación del Método del índice de Vulnerabilidad (NORABUENA GARAY, 2012)

- Está fundamentado en datos reales que provienen del análisis y evaluación de daños por terremotos
- Se puede aplicar en estudios a nivel urbano y rural
- Se tiene la experiencia de haber aplicado en diferentes ciudades de Italia con buenos resultados y como consecuencia se adoptó oficialmente por un organismo gubernamental de protección civil (Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti, GNNDT)
- Se ha aplicado en España en los sismos de Almería en 1993 y 1994 (Yepez, 1996) y Murcia en 1999 (Mena 1999)
- También se ha aplicado en diversos trabajos como los de Angeletti en 1988, Benedetti en 1988; Caicedo en 1993; proyectos europeos entre otros.

Comparación entre NRE y los parámetros propuestos por el método de los índices de vulnerabilidad Italiano. En este estudio no se adiciono ningún parámetro nuevo al método original del índice de vulnerabilidad (CASTRO ORTEGA, 2015)

COMPONENTE PROPUESTO POR LA NORMA PERUANA DE ESTRUCTURA	METODOLOGIA DE BENEDETTI Y PETRINI – ITALIA
ASPECTOS GEOMÉTRICOS	
Irregularidad en planta de la edificación.	6. Configuración en planta.
Cantidad de muros en las dos direcciones.	8. Distancia máxima entre los muros.
Irregularidad en altura.	7. Configuración en elevación.
ASPECTOS CONSTRUCTIVOS	
Calidad de las juntas de pega en mortero.	2. Calidad del sistema resistente.
Tipo y disposición de las unidades de mampostería.	2. Calidad del sistema resistente.
Calidad de las juntas de los materiales.	2. Calidad del sistema resistente.
ASPECTOS ESTRUCTURALES	
Muros confinados y reforzados.	1. Organización del sistema resistente.
Detalles de columnas y vigas de confinamiento.	3. Resistencia convencional.
Vigas de amarre o corona.	9. Tipo de cubierta.
Características de las aberturas.	
Diagrama Rígido.	5. Diafragma horizontales.
Amarre de cubiertas.	9. Tipo de cubierta.
Cimentación	
Suelos	3. Resistencia convencional.
Entorno o topografía	4. Posición del edificio y cimentación.
Pendiente del terreno	

Formulario para el Levantamiento de la Vulnerabilidad Sísmica

El formulario encuesta que se observa en el formato siguiente, es una versión modificada para conocer el utilizado por el GNDT (Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti) en Italia. (GÓMEZ PRADO, 2014)

1. Organización del sistema resistente
2. Calidad del sistema resistente
3. Resistencia convencional:
3.1. Número de pisos N :.....
3.2. Área total cubierta A_t :.....m ²
3.3. Área resistente sentido x A_xm ² sentido y A_ym ²
3.4. Resistencia cortante mampostería T_K :.....Ton/m ²
3.5. Altura media de los pisos h :.....m
3.6. Peso específico mampostería P_m :.....Ton/m ³
3.7. Peso por unidad de área diafragma P_s :.....Ton/m ²
4. Posición del edificio y de la cimentación :
5. Diafragmas horizontales :
6. Configuración en planta: $B1 = a/L$: $B2 = b/L$:
7. Configuración en elevación. Superficie porche%:..... T/H :..... $\pm \frac{\Delta M}{M}$:.....
8. Distancia máxima entre los muros L/s :
9. Tipo de cubierta :
10. Elementos no estructurales :
11. Estado de conservación :

Referencias Bibliográficas

- ABANTO VALFIVIA, S. Y. (2015). DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA APLICANDO EL MÉTODO DE BENEDETTI - PETRINI EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL CENTRO EDUCATIVO HISTÓRICO DE TRUJILLO - UPAO. TRUJILLO.
- ALVAYAY BARRIENTOS, D. A. (2013). EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL CASO URBANO DE LA CIUDAD DE VALDIVIA, EMPLEANDO ÍNDICES DE VULNERABILIDAD - UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE. VALDIVIA - CHILE.
- CAMPOS MARTÍNEZ, F. (2012). MÉTODO SIMPLIFICADO PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL C.P "SAN MARTIN" CON APLICACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA - UNI. LIMA.
- CASTRO ORTEGA, D. E. (2015). VULNERABILIDAD SISMICA DEL CENTRO HISÓRICO DE LA CIUDAD DE JAUJA - UNI. JUNIN.
- GÓMEZ PRADO, W. Y. (2014). EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE CENTROS DE SALUD DEL DISTRITO DE AYACUCHO U.N.H. AYACUCHO.
- NAVIA LLORENE, B. R. (2007). DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL DE UNO Y DOS PISOS CONSTRUIDOS CON MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL. BOGOTÁ.
- NORABUENA GARAY, L. P. (2012). VULNERABILIDAD SISMICA EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL NIVEL SECUNDARIA DEL DISTRITO DE PATIVILCA, PROVINCIA DE BARRANCA. UPAO. LIMA.
- SANTISTEBAN VALDERA, E. Y. (s.f.). VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EL DISTRITO DE LA CIUDAD DE ETEN APLICANDO INDICE DE VULNERABILIDAD. U.N.P.R.G. ETEN.

ANEXO Nº 02 PANEL FOTOGRÁFICO HABILITACIÓN DE VIGAS, COLUMNAS, PLACAS Y ALFEIZER PARA ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA



ENSAYO EN VIGA



ENSAYO EN ALFEIZER



ENSAYO EN COLUMNA



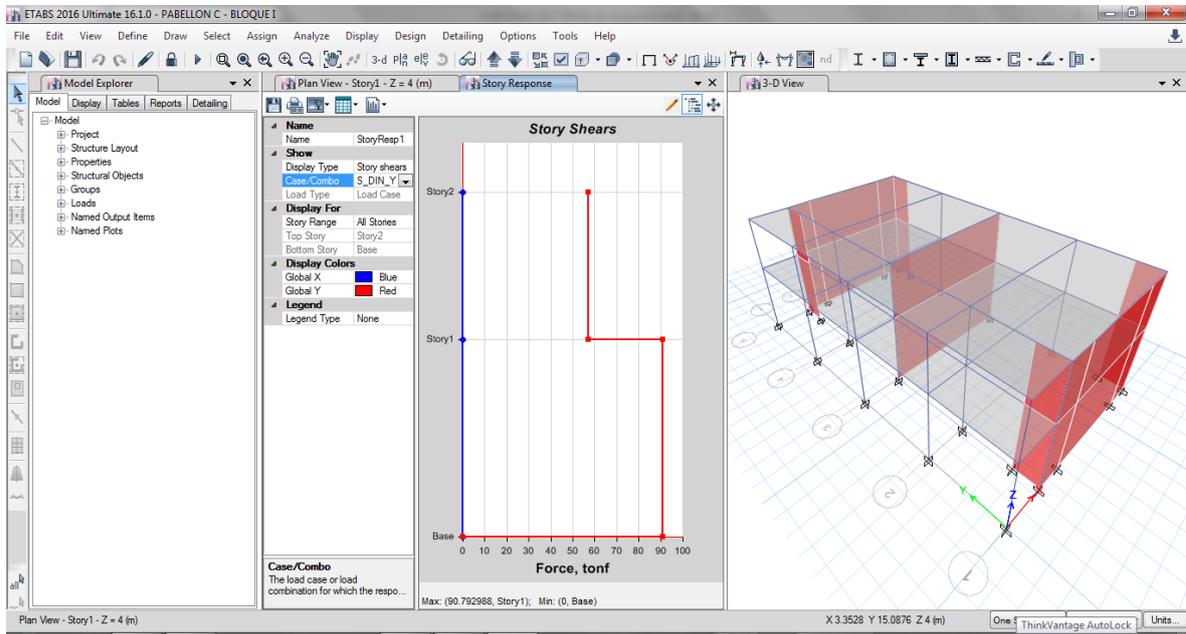
ENSAYO EN PLACA

ANEXO Nº 03 PANEL FOTOGRÁFICO DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

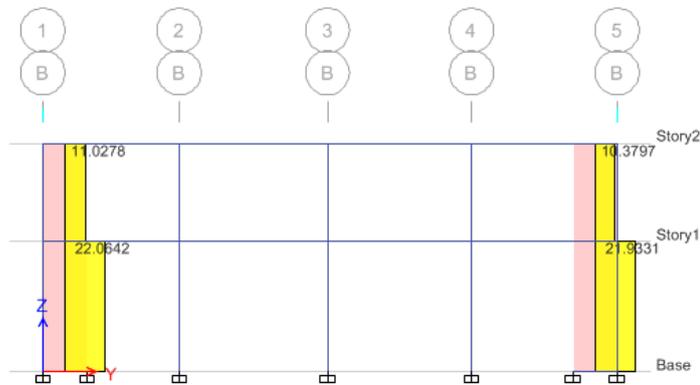


ANEXO 04: VERIFICACIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL EN LA DIRECCIÓN Y-Y

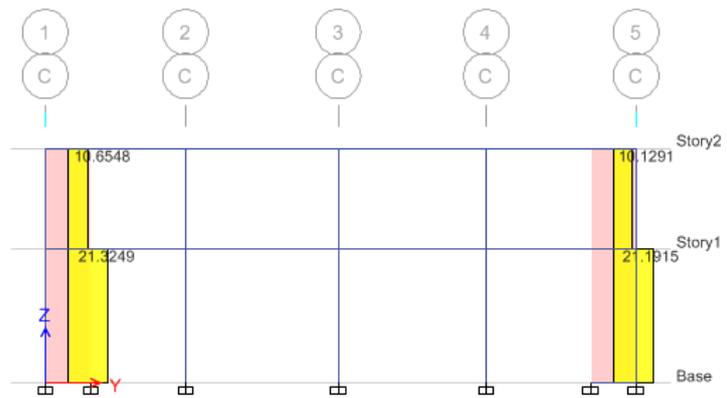
FUERZA CORTANTE EN LA BASE – PABELLÓN C –BLOQUE I



FUERZA CORTANTE EN LA BASE EJE B-B

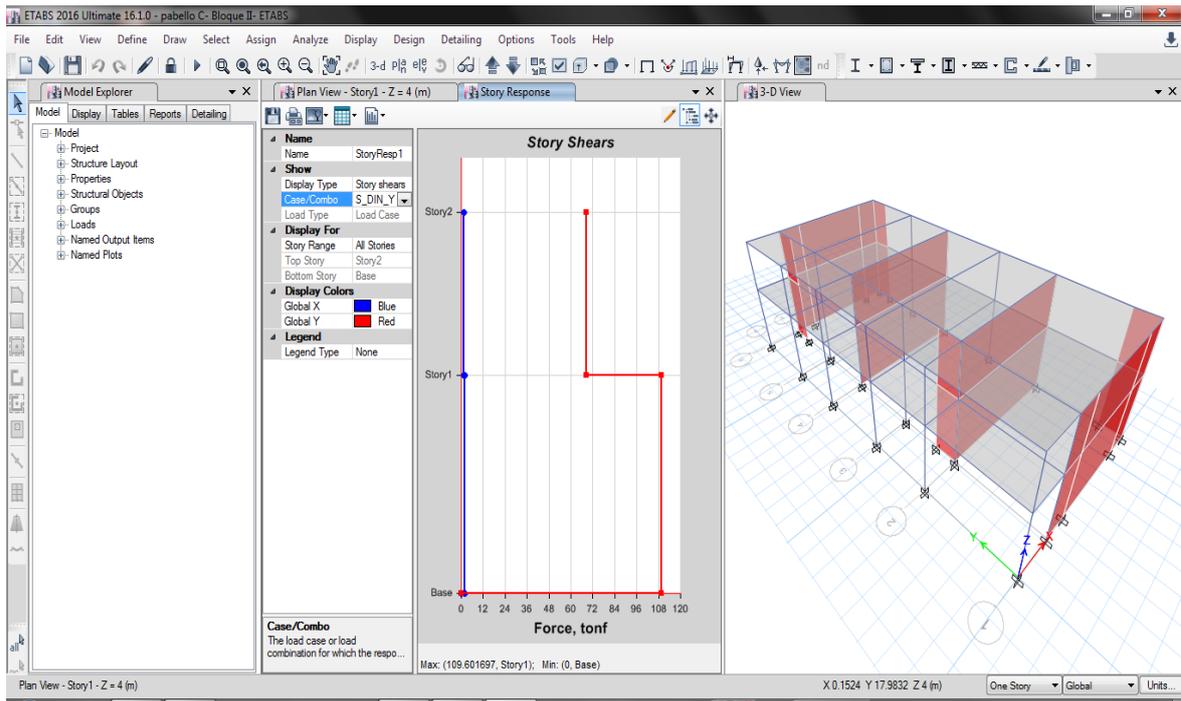


FUERZA CORTANTE EN LA BASE EJE C-C

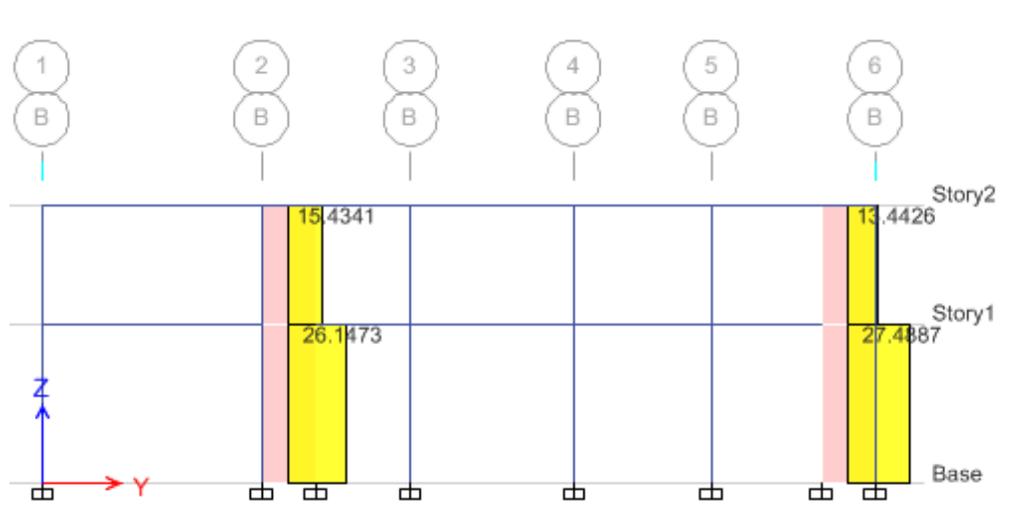


Pabellón C – Bloque I – Dirección X $V_e = 90.79$		
Eje B-B	Y1	22.06
	Y3	21.93
Eje C-C	Y2	21.32
	Y4	21.19
Cortante absorbida por Muros		86.50 (95.27%)

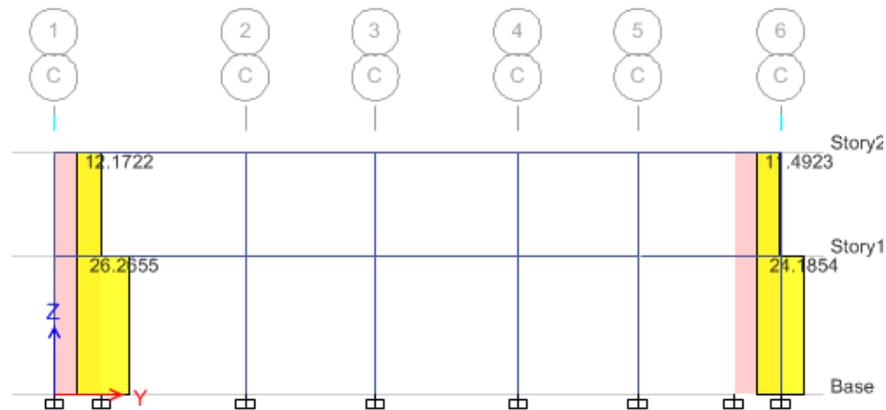
FUERZA CORTANTE EN LA BASE – PABELLÓN C –BLOQUE II



FUERZA CORTANTE EN LA BASE EJE B-B



FUERZA CORTANTE EN LA BASE EJE C-C



Pabellón C – Bloque II – Dirección X $V_e = 109.60$		
Eje B-B	Y1	26.1473
	Y3	27.4887
Eje C-C	Y2	26.2655
	Y4	24.1854
Cortante absorbida por Muros		104.09 (94.97%)

Norma E.030:

Sistema de Muros Estructurales: Sistema en el que la resistencia sísmica está dada predominantemente por muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 70% de la fuerza cortante en la base.

Por lo tanto para ambos bloques del pabellón C en la dirección X predomina el sistema estructural de muros estructurales.

ANEXO 05: IRREGULARIDAD EN PLANTA Y ALTURA

1. Irregularidades en Planta

A. Irregularidad Torsional

Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% permisible indicado en la tabla de distorsiones de entrepiso

Pabellón C – Bloque I

DIRECCIÓN	PISO	DISTORSIÓN	CONDICIÓN
X-X	1	0.0003	Cumple
	2	0.0002	Cumple
Y-Y	1	0.0030	Cumple
	2	0.0041	Cumple

Pabellón C – Bloque II

DIRECCIÓN	PISO	DISTORSIÓN	CONDICIÓN
X-X	1	0.0003	Cumple
	2	0.0002	Cumple
Y-Y	1	0.0037	Cumple
	2	0.0051	Cumple

Por lo tanto no hay irregularidad torsional

B. Esquinas Entrantes

La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta.

El bloque I y II del pabellón C no presentan esquinas entrantes

C. Discontinuidad del Diafragma

La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que el 50% del área bruta del diafragma.

El bloque I y II del pabellón C no presentan discontinuidad del diafragma.

D. Sistemas no Paralelos

Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos.

El bloque I y II del pabellón C no presentan irregularidad de sistemas no paralelos.

2. Irregularidades en Altura

A. Irregularidad de Rigidez – Piso Blando

Existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1.4 veces el correspondiente valor en el entrepiso inmediato superior.

Pabellón C – Bloque I

DIRECCIÓN	PISO	DISTORSIÓN	RELACIÓN	CONDICIÓN
X-X	1	0.0003	0.67	Cumple
	2	0.0002		
Y-Y	1	0.0030	1.37	Cumple
	2	0.0041		

Pabellón C – Bloque II

DIRECCIÓN	PISO	DISTORSIÓN	RELACIÓN	CONDICIÓN
X-X	1	0.0003	0.67	Cumple
	2	0.0002		
Y-Y	1	0.0037	1.38	Cumple
	2	0.0051		

Por lo tanto no hay irregularidad de rigidez – piso blando

B. Irregularidad de Resistencia – Piso Blando

Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior

Pabellón C – Bloque I

DIRECCIÓN	PISO	$\sum M_i$	RELACIÓN	CONDICIÓN
X-X	1	161.12	103.66%	Cumple
	2	155.43		
Y-Y	1	67.83	100%	Cumple
	2	67.83		

Pabellón C – Bloque II

DIRECCIÓN	PISO	$\sum M_i$	RELACIÓN	CONDICIÓN
X-X	1	174.16	105.58%	Cumple
	2	164.96		
Y-Y	1	67.83	100%	Cumple
	2	67.83		

C. Irregularidad de Masa o Peso

Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado es mayor que 1.5 veces el peso de un piso adyacente.

Pabellón C – Bloque I

PISO	Peso	RELACIÓN	CONDICIÓN
1	20.42765	1.42	Cumple
2	14.37138		

Pabellón C – Bloque II

PISO	Peso	RELACIÓN	CONDICIÓN
1	24.64844	1.42	Cumple
2	17.35988		

D. Irregularidad Geometría Vertical

La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1.3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas.

Pabellón C – Bloque I

DIRECCIÓN	PISO	Dimensión	RELACIÓN	CONDICIÓN
X-X	1	17.85	1	Cumple
	2	17.85		
Y-Y	1	8	1	Cumple
	2	8		

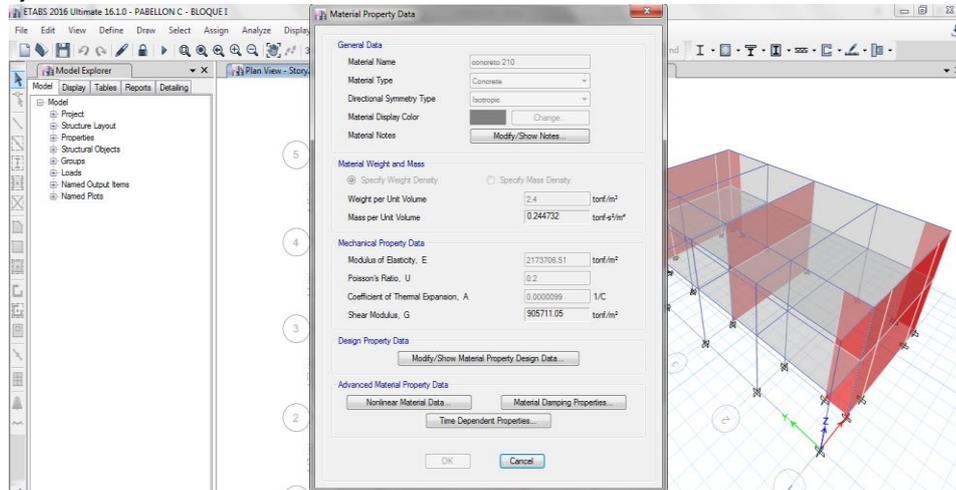
Pabellón C – Bloque II

DIRECCIÓN	PISO	Dimensión	RELACIÓN	CONDICIÓN
X-X	1	21.10	1	Cumple
	2	21.10		
Y-Y	1	8	1	Cumple
	2	8		

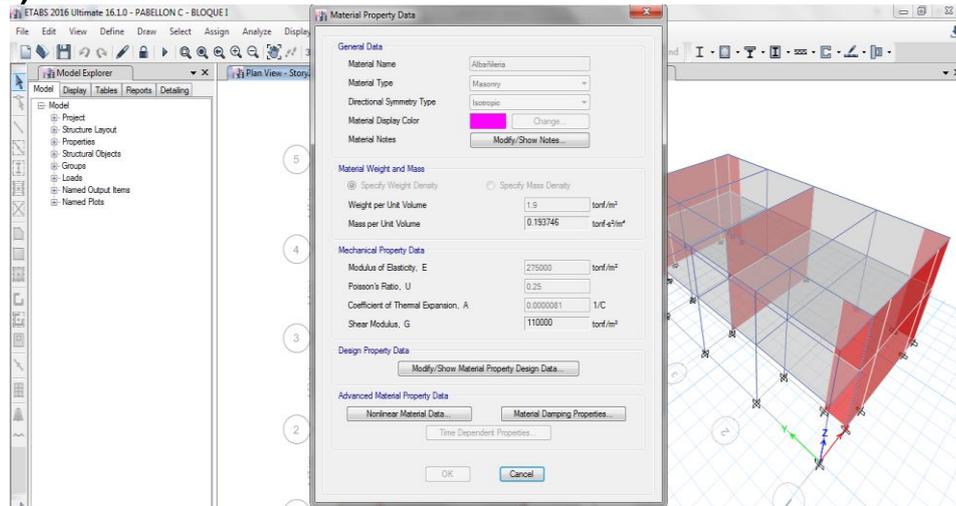
ANEXO 06: SECUENCIA LÓGICA DE LA MODELACIÓN Y ANÁLISIS SÍSMICO EN EL ETABS – PABELLÓN C – BLOQUE I

1. Definición de Materiales

A) Concreto

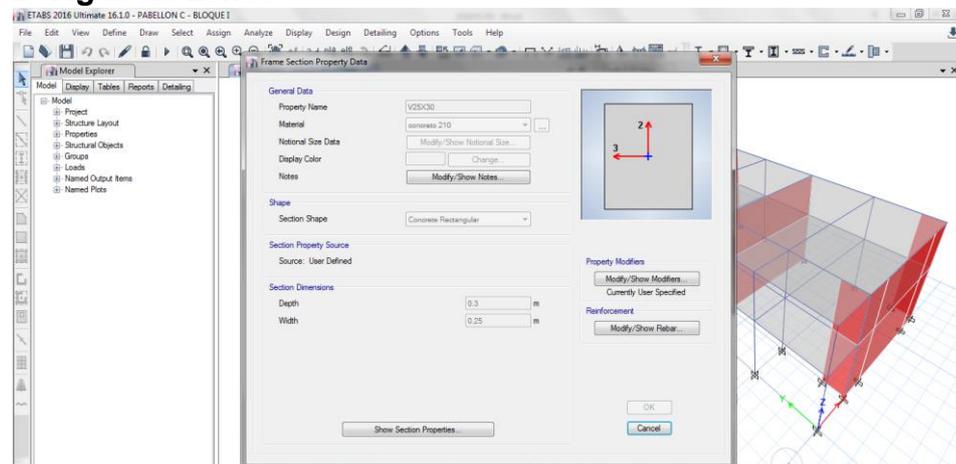


B) Albañilería

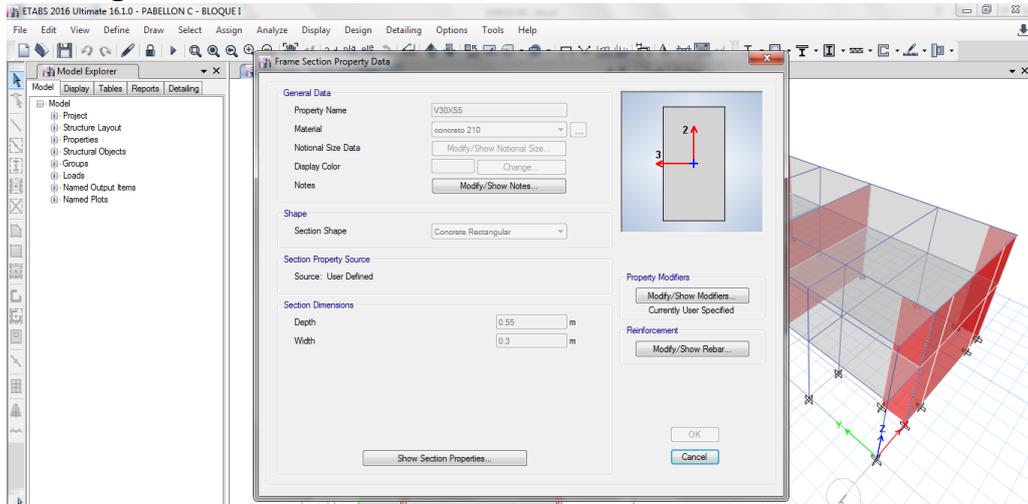


2. Definición de Secciones

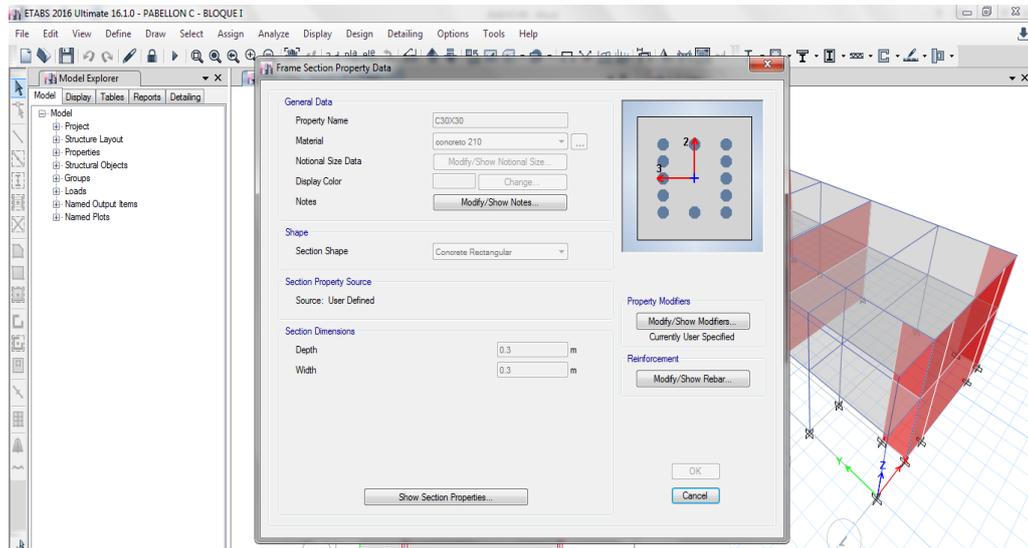
A. Vigas de 25x30



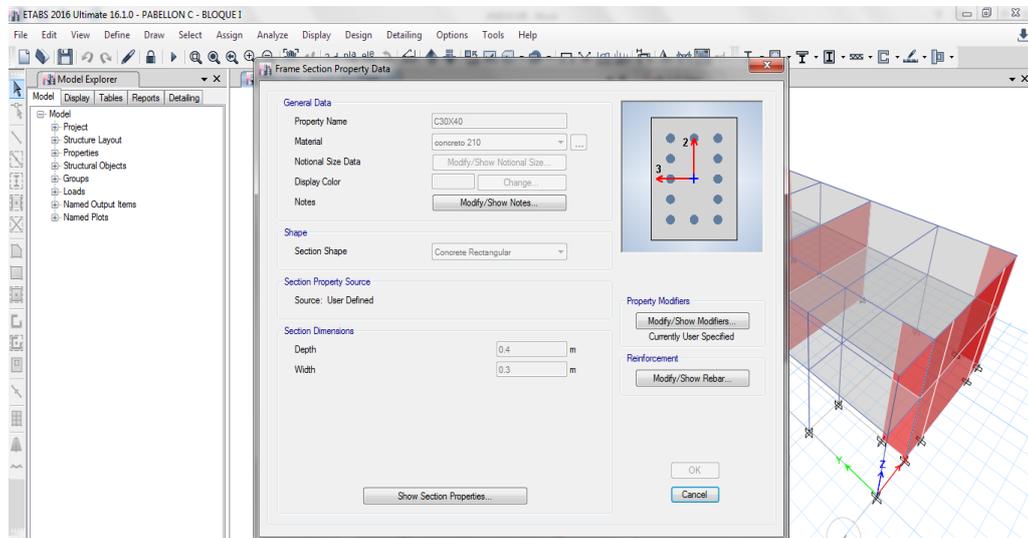
B. Vigas de 30x55



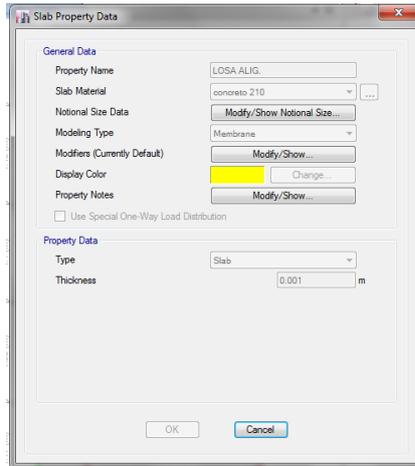
C. Columnas 30x30



D. Columnas 30x40



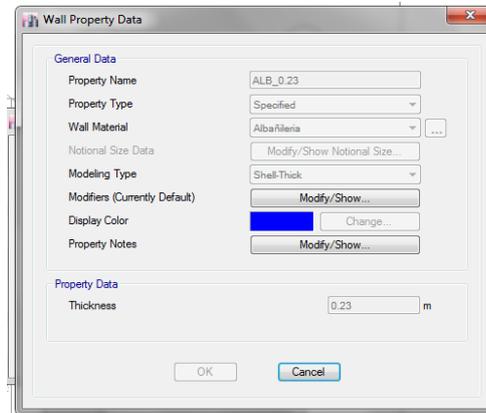
E. Losa Aligerada e=20cm



Slab Property Data dialog box configuration:

- General Data:
 - Property Name: LOSA ALIG.
 - Slab Material: concreto 210
 - Modeling Type: Membrane
 - Display Color: Yellow
- Property Data:
 - Type: Slab
 - Thickness: 0.001 m

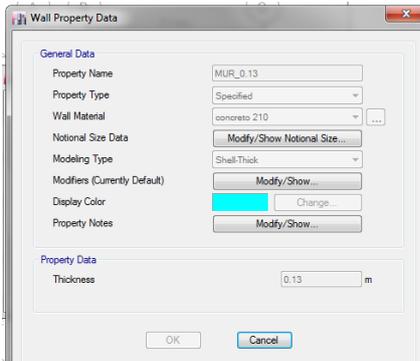
F. Muros de Albañilería e=23cm



Wall Property Data dialog box configuration:

- General Data:
 - Property Name: ALB_0.23
 - Property Type: Specified
 - Wall Material: Albañilería
 - Modeling Type: Shell-Thick
 - Display Color: Blue
- Property Data:
 - Thickness: 0.23 m

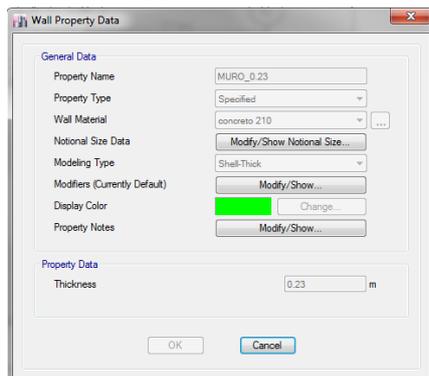
G. Muros de Concreto e= 13cm



Wall Property Data dialog box configuration:

- General Data:
 - Property Name: MUR_0.13
 - Property Type: Specified
 - Wall Material: concreto 210
 - Modeling Type: Shell-Thick
 - Display Color: Cyan
- Property Data:
 - Thickness: 0.13 m

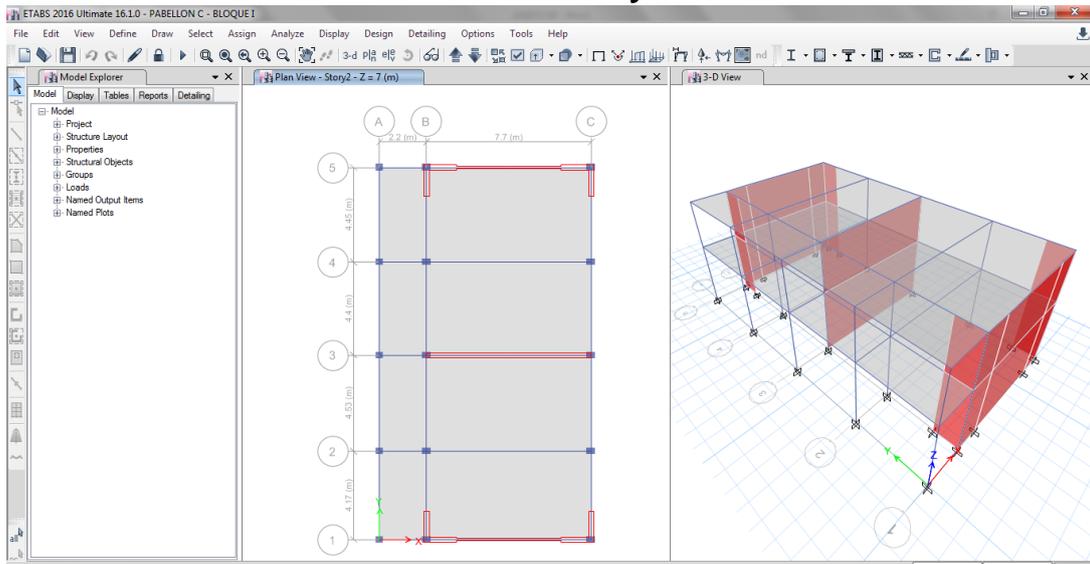
H. Muros de Concreto e=23cm



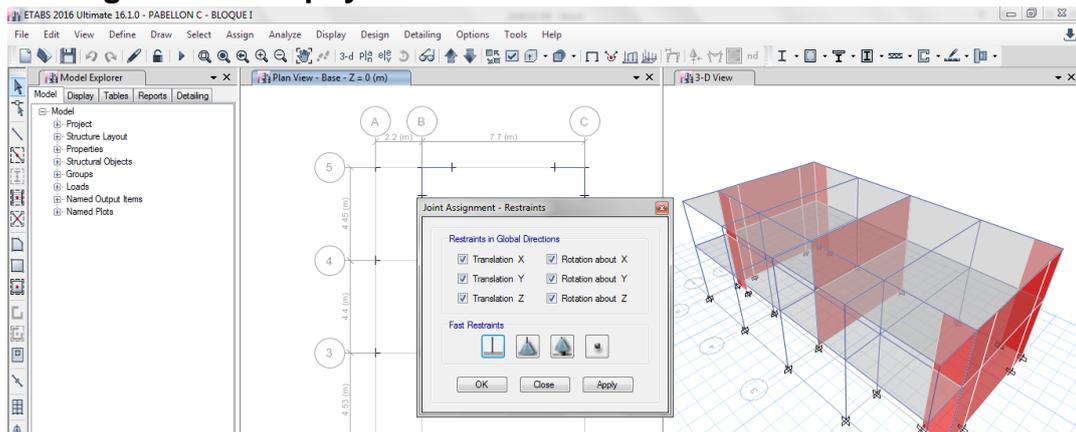
Wall Property Data dialog box configuration:

- General Data:
 - Property Name: MURO_0.23
 - Property Type: Specified
 - Wall Material: concreto 210
 - Modeling Type: Shell-Thick
 - Display Color: Green
- Property Data:
 - Thickness: 0.23 m

3. Modelación de los elementos Frame y Shell

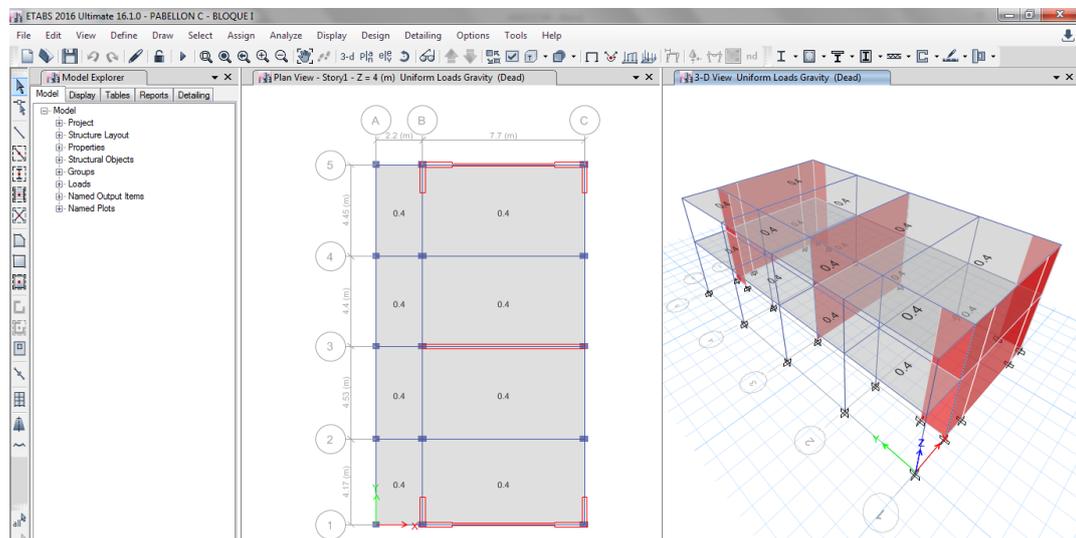


4. Asignación de Apoyos

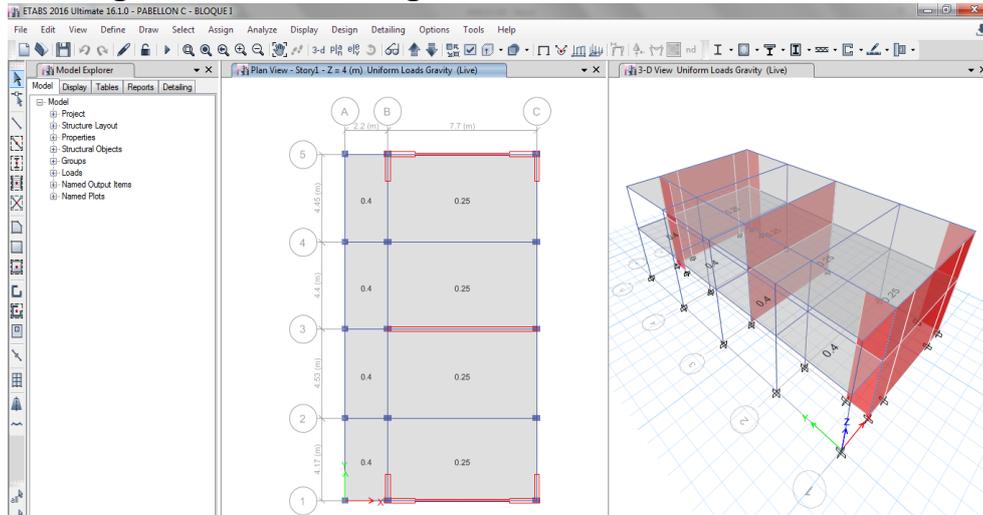


5. Asignación de Cargas

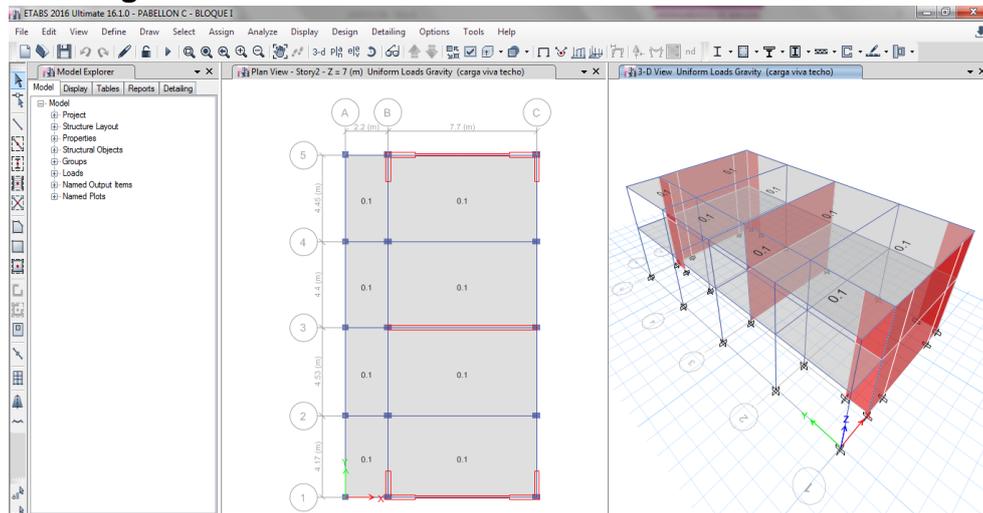
A. Carga Muerta en Losa Aligerada



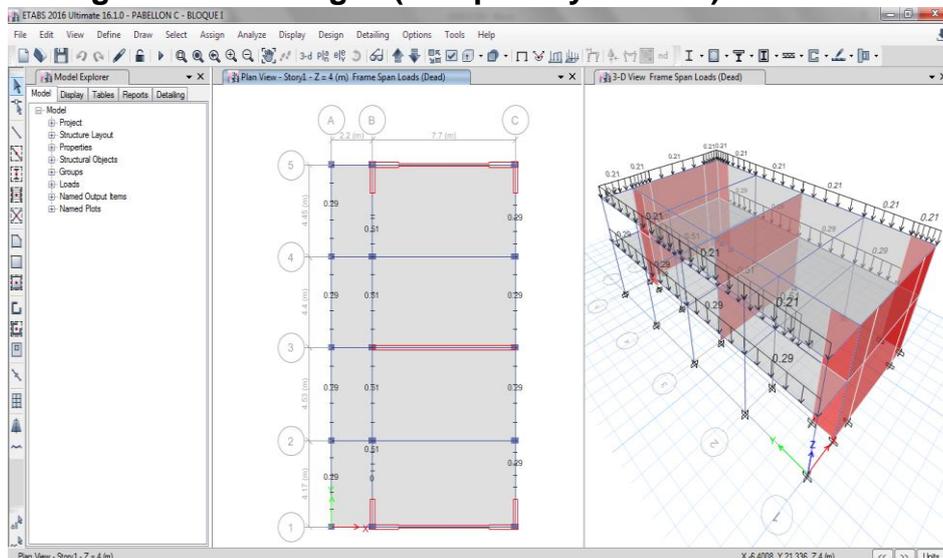
B. Carga Viva en Losa Aligerada



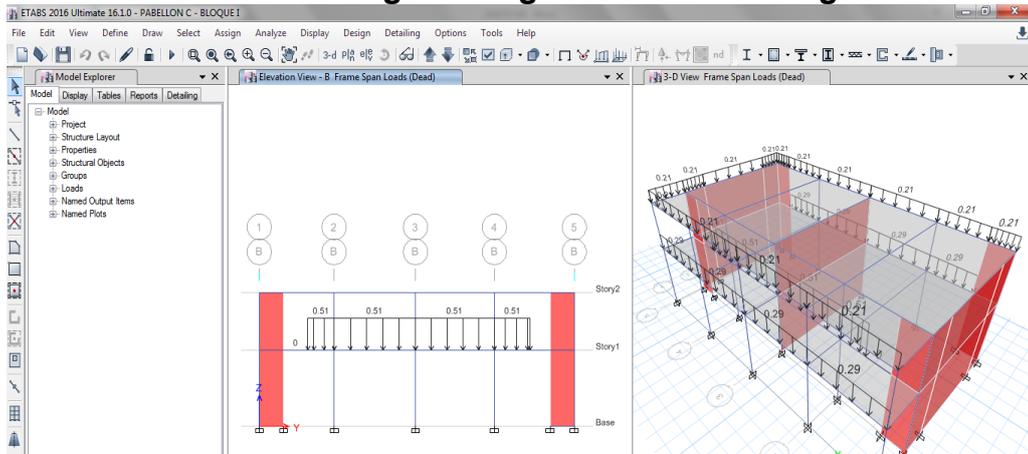
C. Carga Viva en Azotea



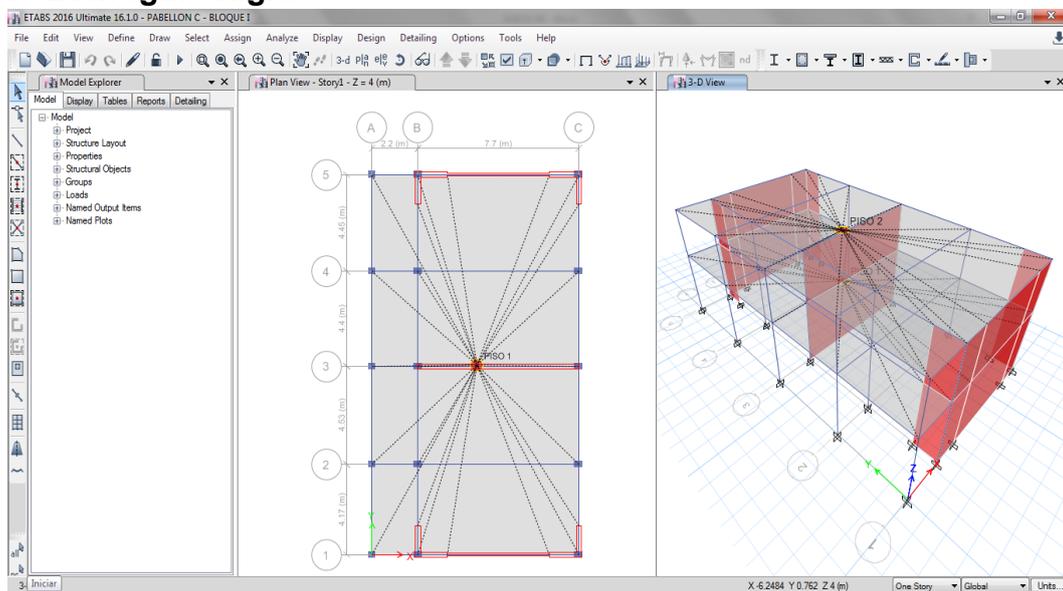
D. Carga Muerta en Vigas (Parapetos y Alfeizer)



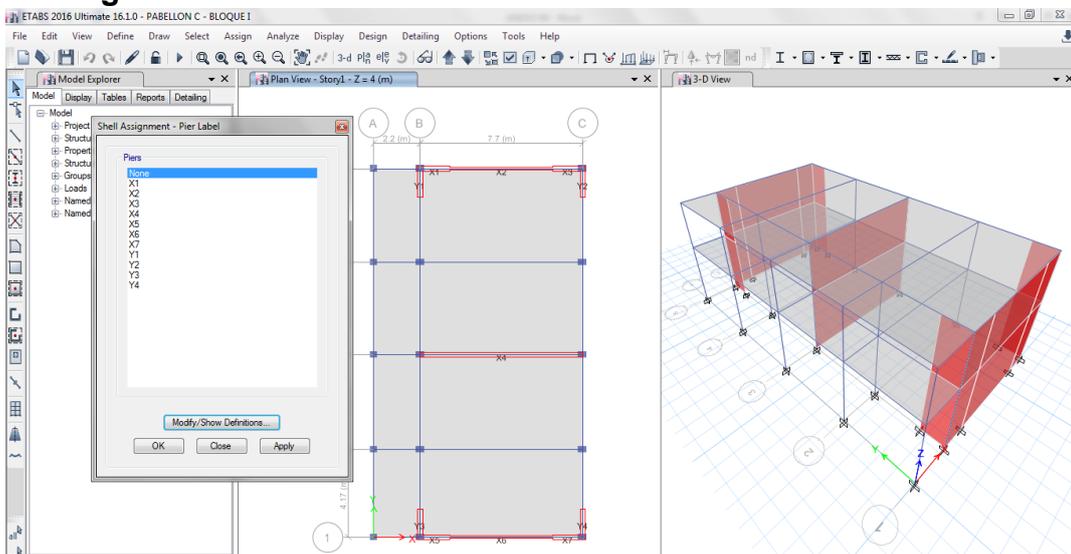
Detalle de Carga la Carga Distribuida en Vigas



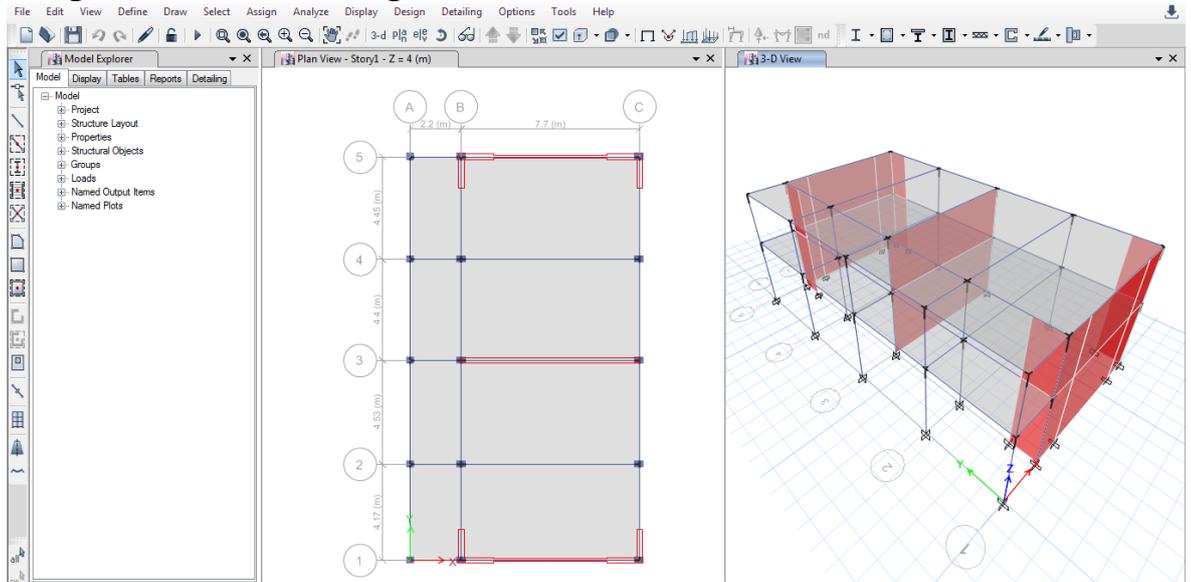
6. Diafragma Rígido



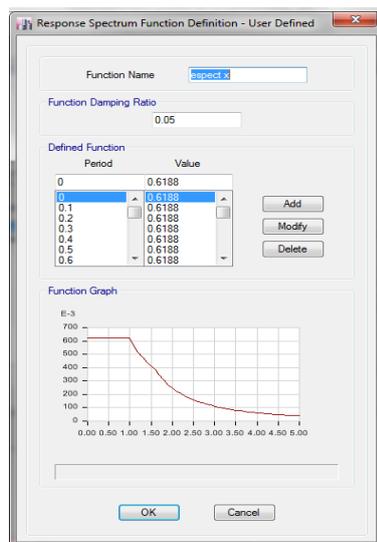
7. Asignación de los Piers Labels



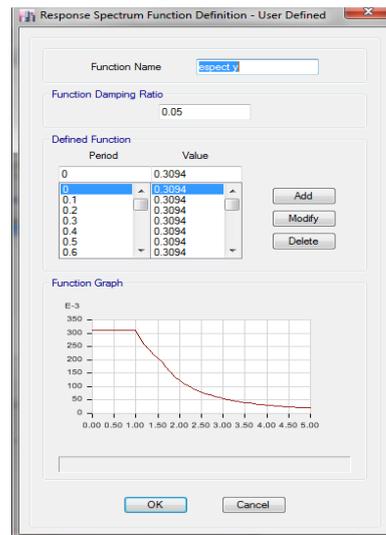
8. Asignación del Brazo Rígido



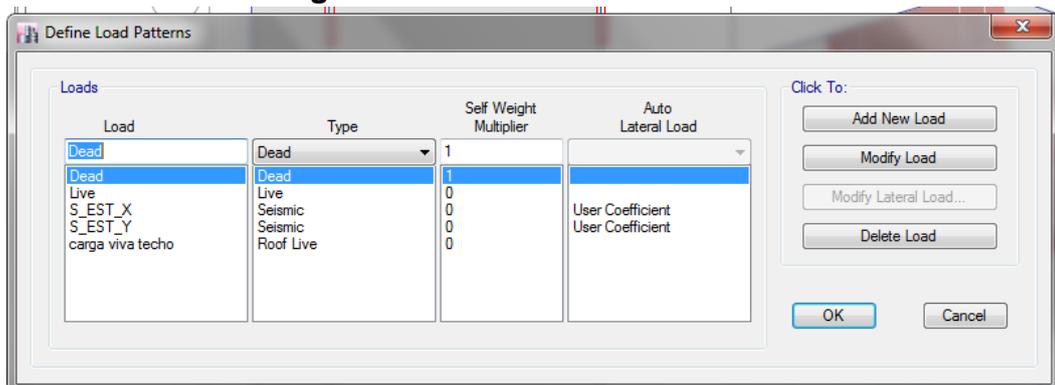
9. Espectro de Diseño Dirección X



Dirección Y



10. Definición de Carga Sísmica Estática



Sismo Estático X

Direction and Eccentricity

X Dir Y Dir

X Dir + Eccentricity Y Dir + Eccentricity

X Dir - Eccentricity Y Dir - Eccentricity

Ecc. Ratio (All Diaph.) 0.05

Overwrite Eccentricities Overwrite...

Factors

Base Shear Coefficient, C 0.62

Building Height Exp., K 1

Story Range

Top Story Story2

Bottom Story Base

OK Cancel

Sismo Estático Y

Direction and Eccentricity

X Dir Y Dir

X Dir + Eccentricity Y Dir + Eccentricity

X Dir - Eccentricity Y Dir - Eccentricity

Ecc. Ratio (All Diaph.) 0.05

Overwrite Eccentricities Overwrite...

Factors

Base Shear Coefficient, C 0.31

Building Height Exp., K 1

Story Range

Top Story Story2

Bottom Story Base

OK Cancel

11. Definición de Casos de Carga

Load Cases

Load Case Name	Load Case Type
Dead	Linear Static
Live	Linear Static
S_EST_X	Linear Static
S_EST_Y	Linear Static
S_DIN_X	Response Spectrum
S_DIN_Y	Response Spectrum
carga viva techo	Linear Static

Click to:

Add New Case...
Add Copy of Case...
Modify/Show Case...
Delete Case
Show Load Case Tree...

OK Cancel

Sismo Dinámico X

Load Case Data

General

Load Case Name S_DIN_X Design... Notes...

Load Case Type Response Spectrum

Exclude Objects in this Group Not Applicable

Mass Source Previous (MaSc1)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	espect x	9.81

Add Delete Advanced

Other Parameters

Modal Load Case Modal

Modal Combination Method CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1
Rigid Frequency, f2
Periodic + Rigid Type
Earthquake Duration, td
Directional Combination Type SRSS

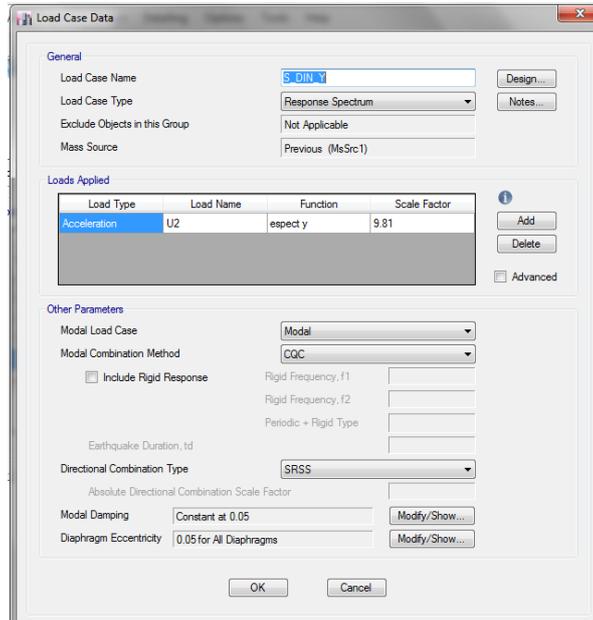
Absolute Directional Combination Scale Factor

Modal Damping Constant at 0.05 Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity 0.05 for All Diaphragms Modify/Show...

OK Cancel

Sismo Dinámico en Y



Load Case Data

General

Load Case Name: S DIN

Load Case Type: Response Spectrum

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	espect y	9.81

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

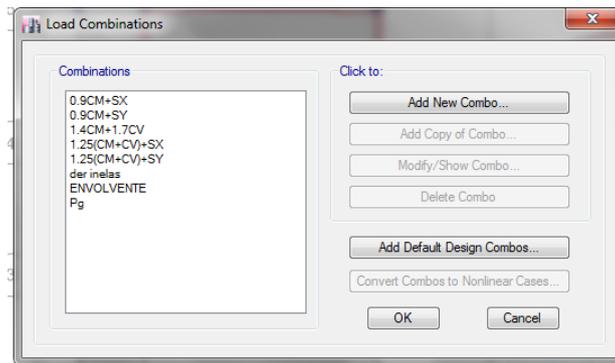
Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05

Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms

12. Combinación de Cargas



Load Combinations

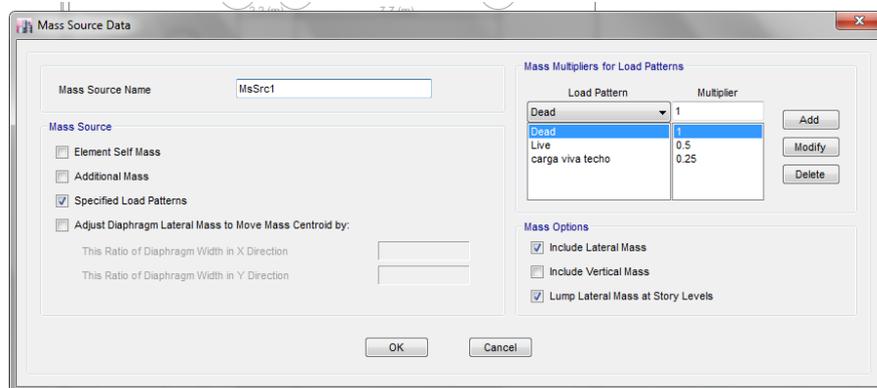
Combinations

- 0.9CM+SX
- 0.9CM+SY
- 1.4CM+1.7CV
- 1.25(CM+CV)+SX
- 1.25(CM+CV)+SY
- der inelas
- ENVOLVENTE
- Pg

Click to:

- Add New Combo...
- Add Copy of Combo...
- Modify/Show Combo...
- Delete Combo
- Add Default Design Combos...
- Convert Combos to Nonlinear Cases...

13. Definición de Masa Sísmica



Mass Source Data

Mass Source Name: MsSrc1

Mass Source

- Element Self Mass
- Additional Mass
- Specified Load Patterns
- Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:
 - This Ratio of Diaphragm Width in X Direction:
 - This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction:

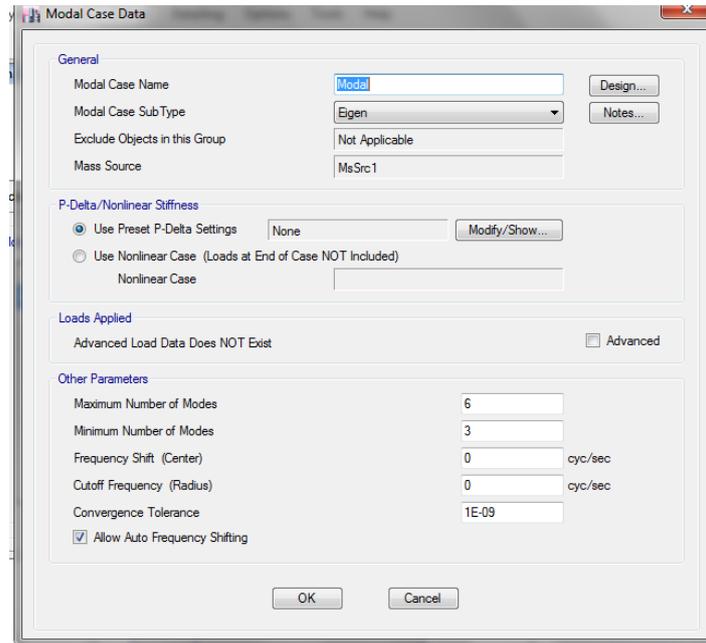
Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
Dead	1
Live	0.5
carga viva techo	0.25

Mass Options

- Include Lateral Mass
- Include Vertical Mass
- Lump Lateral Mass at Story Levels

14. Casos de Modos de Vibración



La modelación y análisis sísmico para el Bloque II se realizó de forma similar a la del Bloque I

ANEXO 07: RESULTADOS DEL ANÁLISIS SÍSMICO EN ETABS – PABELLÓN C

BLOQUE I

Masa Participativa en los 6 primeros Modos de Vibración

Modal Participating Mass Ratios											
Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ	
1	0.203	0	0.8454	0	0	0.8454	0	0.4343	0	0.0002	
2	0.057	0.9421	0	0	0.9421	0.8454	0	7.123E-07	0.2794	0.0007	
3	0.046	0.0007	0.001	0	0.9428	0.8464	0	0.006	4.1E-06	0.9322	
4	0.039	3.485E-06	0.1535	0	0.9429	0.9999	0	0.5593	0	0.0065	
5	0.02	0.0571	0	0	1	0.9999	0	0	0.7205	2.502E-05	
6	0.016	2.759E-06	0.0001	0	1	1	0	0.0004	0.0001	0.0604	

Masa de la Edificación por Nivel

Mass Summary by Story				
Story	UX tonf-s ² /m	UY tonf-s ² /m	UZ tonf-s ² /m	
Story2	14.37138	14.37138	0	
Story1	20.42765	20.42765	0	
Base	3.52619	3.52619	0	

Desplazamiento de Masa en el Centro del Diafragma

Diaphragm Center of Mass Displacements					
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX m	UY m	
Story2	PISO 2	S_DIN_X Max	0.0006	8E-06	9
Story2	PISO 2	S_DIN_Y Max	1E-06	0.004045	6
Story1	PISO 1	S_DIN_X Max	0.000368	5E-06	6
Story1	PISO 1	S_DIN_Y Max	1.998E-07	0.001719	3

Fuerza Cortante Mínima en la Base

Base Reactions					
Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	
S_EST_X	-211.5824	0	0	0	
S_EST_Y	0	-105.7912	0	598.2929	
S_DIN_X Max	199.5016	0.197	0	0.3954	
S_DIN_Y Max	0.0985	90.793	0	525.0596	

Control de Fisuración

Pg –Dirección X – Primer Nivel

Story	Pier	Load Case/Combo	Location	P tonf
Story1	X1	Pg	Bottom	-11.7957
Story1	X2	Pg	Bottom	-21.4935
Story1	X3	Pg	Bottom	-9.4469
Story1	X4	Pg	Bottom	-45.536
Story1	X5	Pg	Bottom	-11.4393
Story1	X6	Pg	Bottom	-20.8738
Story1	X7	Pg	Bottom	-9.2311

Pg –Dirección X – Segundo Nivel

Story	Pier	Load Case/Combo	Location	P tonf
Story2	X1	Pg	Bottom	-5.1709
Story2	X2	Pg	Bottom	-10.6332
Story2	X3	Pg	Bottom	-4.2154
Story2	X4	Pg	Bottom	-20.8258
Story2	X5	Pg	Bottom	-4.7171
Story2	X6	Pg	Bottom	-9.5749
Story2	X7	Pg	Bottom	-3.8652

Pg –Dirección Y – Primer Nivel

Story	Pier	Load Case/Combo	Location	P tonf
Story1	Y1	Pg	Bottom	-12.5436
Story1	Y2	Pg	Bottom	-9.3098
Story1	Y3	Pg	Bottom	-11.2911
Story1	Y4	Pg	Bottom	-8.306

Pg –Dirección Y – Segundo Nivel

Story	Pier	Load Case/Combo	Location	P tonf
Story2	Y1	Pg	Bottom	-5.7591
Story2	Y2	Pg	Bottom	-4.4683
Story2	Y3	Pg	Bottom	-5.4485
Story2	Y4	Pg	Bottom	-3.981

Ve – Dirección X – Primer Nivel

Story	Pier	Load Case/Combo	Location	P tonf	V2 tonf	V3 tonf	T tonf-m	M2 tonf-m	M3 tonf-m
Story1	X1	S_DIN_X Max	Bottom	15.656	22.0279	0.0214	0.7069	0.0347	46.0365
Story1	X2	S_DIN_X Max	Bottom	0.213	57.7453	0.0003	2.2793	0.0005	128.1479
Story1	X3	S_DIN_X Max	Bottom	15.9978	21.8613	0.0217	0.7064	0.0358	45.7323
Story1	X4	S_DIN_X Max	Bottom	0.4612	16.5669	0.0003	0.2189	0.0007	48.1844
Story1	X5	S_DIN_X Max	Bottom	14.9072	21.1084	0.0196	0.6432	0.0304	44.1072
Story1	X6	S_DIN_X Max	Bottom	0.2511	55.291	0.0003	2.076	0.0005	122.6397
Story1	X7	S_DIN_X Max	Bottom	15.2907	20.9382	0.0197	0.6429	0.03	43.7966

Para un sismo moderado Ve y Me representan la mitad de su valor (R=3)

Ve –Dirección X – Segundo Nivel

Story	Pier	Load Case/Combo	Location	P tonf	V2 tonf	V3 tonf	T tonf-m	M2 tonf-m	M3 tonf-m
Story2	X1	S_DIN_X Max	Bottom	4.4516	8.4879	0.0232	0.3993	0.0518	12.216
Story2	X2	S_DIN_X Max	Bottom	0.0418	37.9626	0.0005	1.3795	0.001	67.0198
Story2	X3	S_DIN_X Max	Bottom	4.6143	8.0317	0.0242	0.3989	0.0532	11.5647
Story2	X4	S_DIN_X Max	Bottom	0.1983	10.374	0.0014	0.0138	0.0021	18.4148
Story2	X5	S_DIN_X Max	Bottom	4.1553	7.9556	0.0227	0.3882	0.0512	11.4184
Story2	X6	S_DIN_X Max	Bottom	0.0553	35.733	0.0005	1.3478	0.001	63.2482
Story2	X7	S_DIN_X Max	Bottom	4.3286	7.498	0.0237	0.3899	0.052	10.7647

Para un sismo moderado V_e y M_e representan la mitad de su valor ($R=3$)

Ve –Dirección Y – Primer Nivel

Story	Pier	Load Case/Combo	Location	P tonf	V2 tonf	V3 tonf	T tonf-m	M2 tonf-m	M3 tonf-m
Story1	Y1	S_DIN_Y Max	Bottom	57.0866	21.9331	0.0525	0.0972	0.0801	62.2493
Story1	Y2	S_DIN_Y Max	Bottom	54.2379	21.1915	0.0389	0.0674	0.0481	60.6642
Story1	Y3	S_DIN_Y Max	Bottom	56.616	22.0642	0.0528	0.1007	0.0805	62.4915
Story1	Y4	S_DIN_Y Max	Bottom	53.8474	21.3249	0.0394	0.0699	0.0489	60.9104

Los valores de V_e y M_e son para un sismo moderado ($R=6$)

Ve –Dirección Y – Segundo Nivel

Story	Pier	Load Case/Combo	Location	P tonf	V2 tonf	V3 tonf	T tonf-m	M2 tonf-m	M3 tonf-m
Story2	Y1	S_DIN_Y Max	Bottom	9.1912	10.3797	0.0951	0.0464	0.1726	17.3908
Story2	Y2	S_DIN_Y Max	Bottom	8.6831	10.1291	0.0913	0.0568	0.1656	17.0462
Story2	Y3	S_DIN_Y Max	Bottom	8.7827	11.0278	0.0964	0.0435	0.1745	18.2628
Story2	Y4	S_DIN_Y Max	Bottom	8.3849	10.6548	0.0929	0.0583	0.1681	17.7634

Los valores de V_e y M_e son para un sismo moderado ($R=6$)

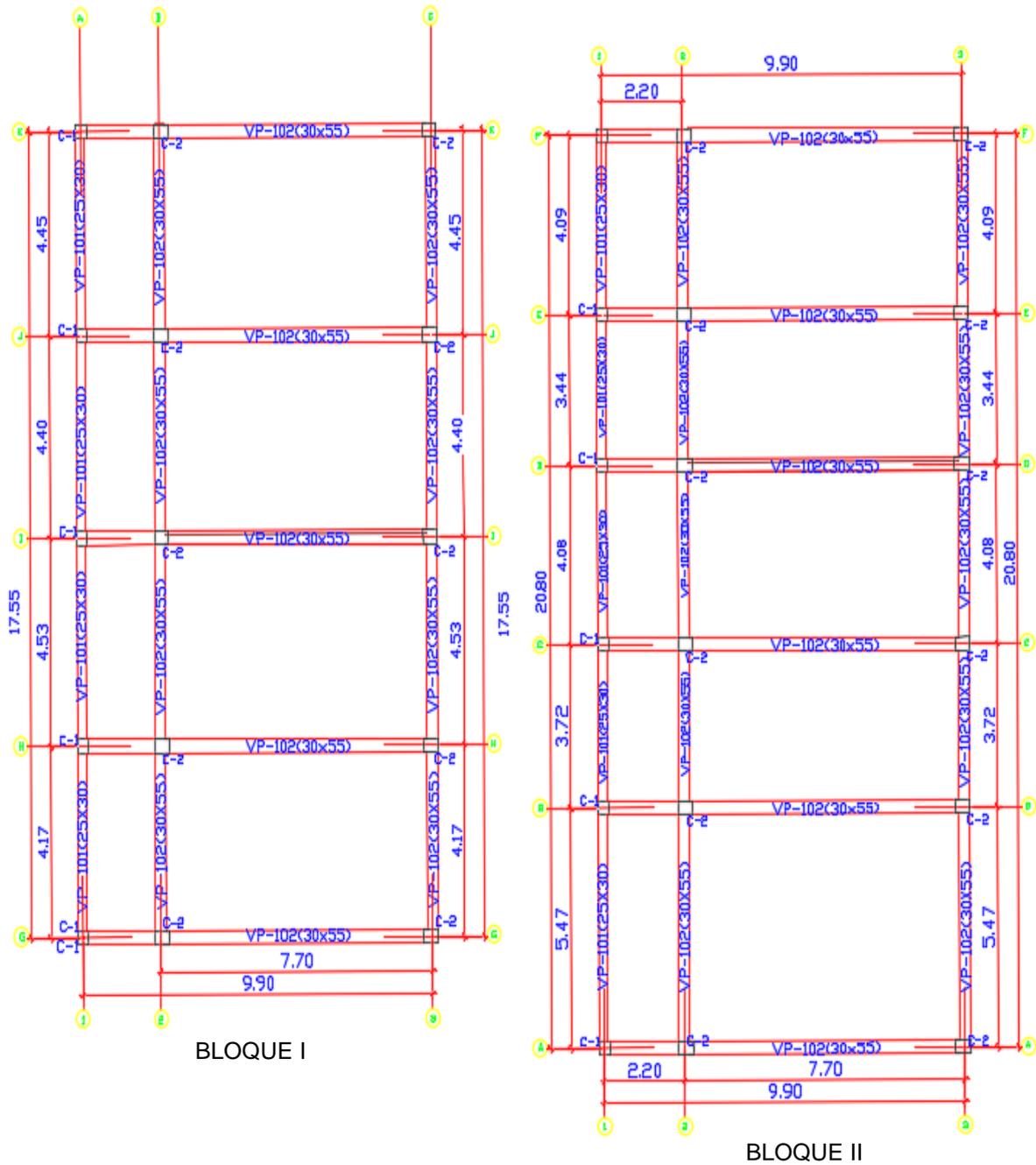
Fuerza Cortante producida por Sismo Severo

Story	Load Case/Combo	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
Story2	S_DIN_X Max	Bottom	0	107.9382	0.1913	1071.4618	0.5738	323.8145
Story2	S_DIN_Y Max	Bottom	0	0.0285	56.9213	311.5498	170.7638	0.0854
Story1	S_DIN_X Max	Bottom	0	199.5016	0.197	1965.4458	0.3954	1115.2571
Story1	S_DIN_Y Max	Bottom	0	0.0985	90.793	501.9156	525.0596	0.4616

V_e para un sismo severo es el doble del moderado ($R=6$)

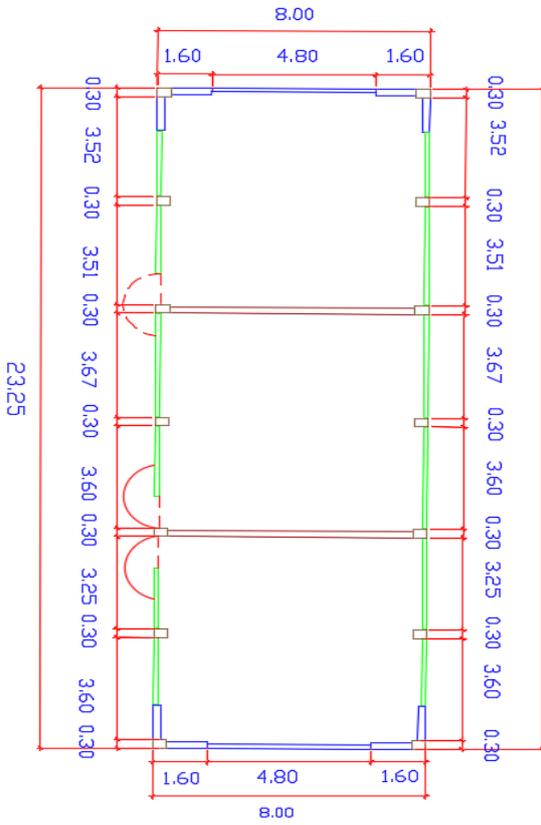
Los resultados del bloque II del pabellón C, se obtuvieron de la misma forma.

ANEXO Nº 08 PLANO DE VIGAS Y COLUMNAS DEL PABELLÓN C

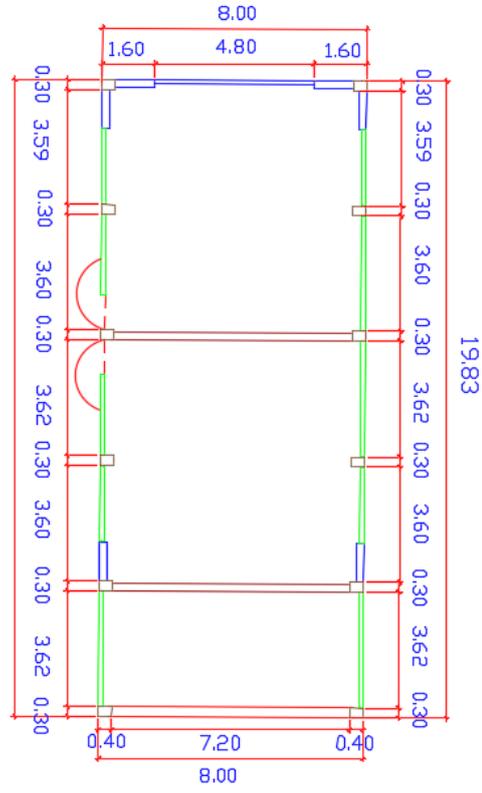


ANEXO Nº 09 PLANO DE ARQUITECTURA PABELLÓN A

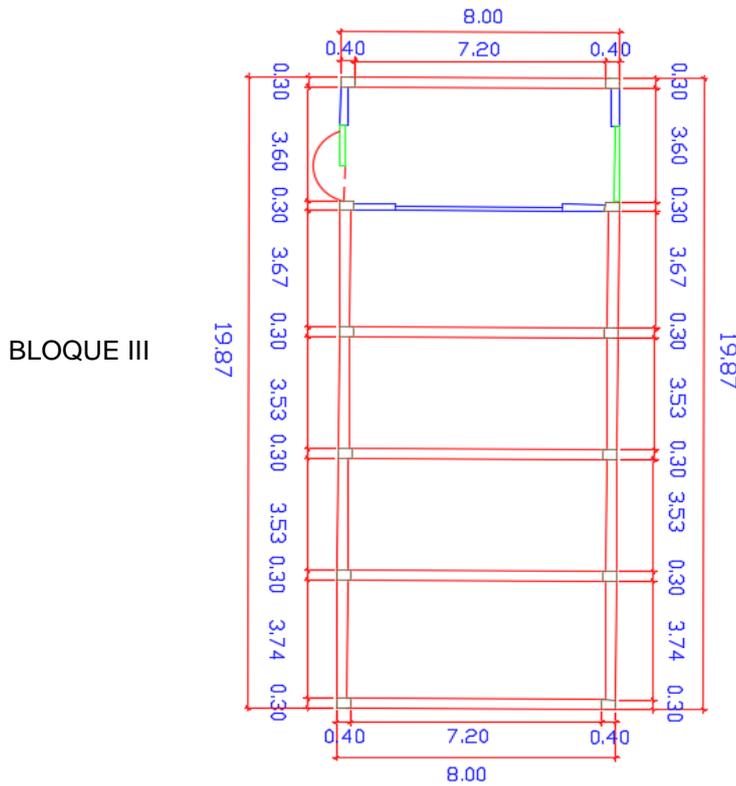
Primer Nivel



BLOQUE I

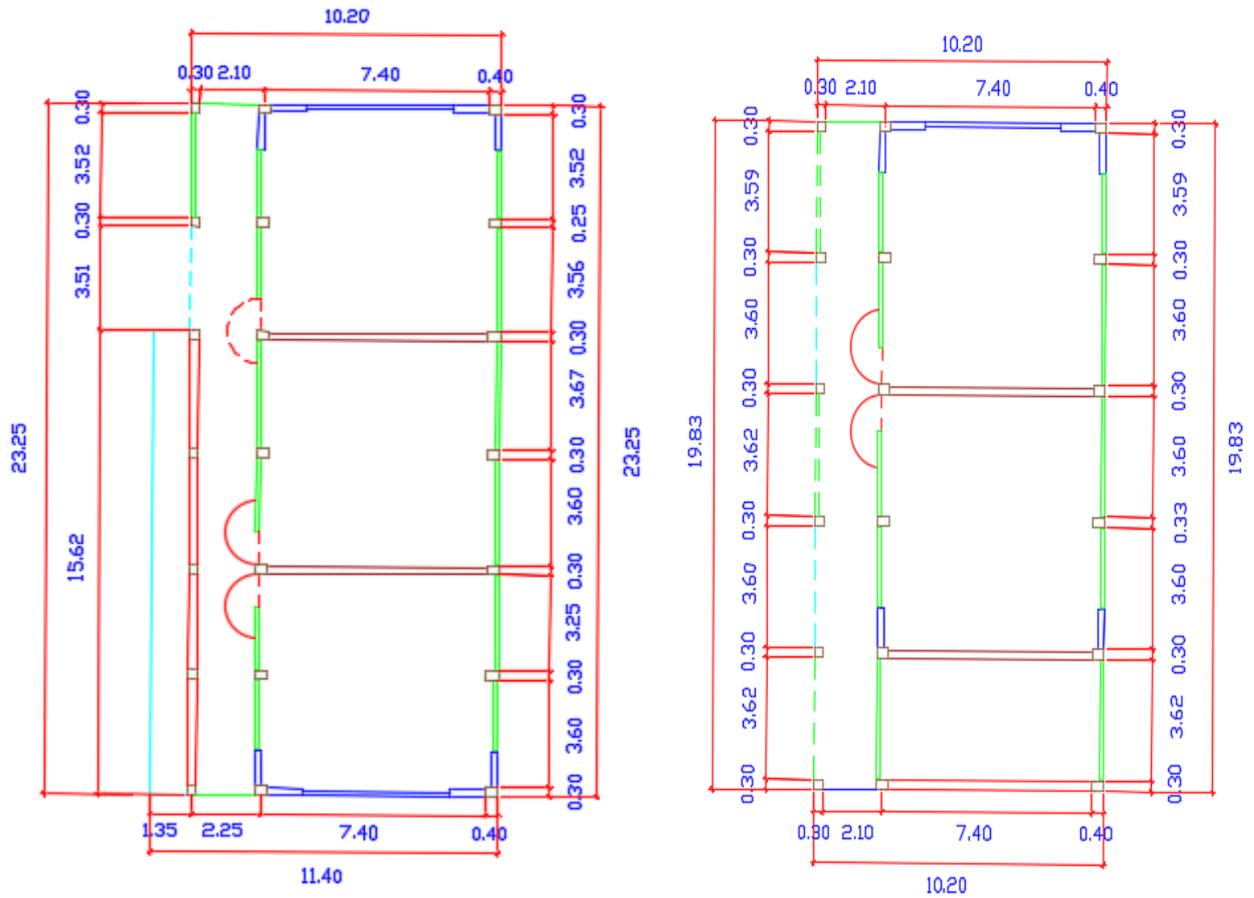


BLOQUE II



BLOQUE III

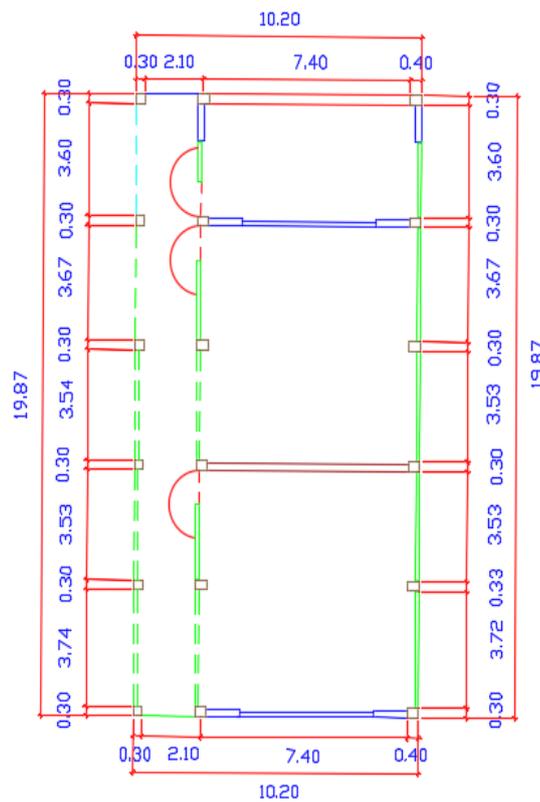
Segundo Nivel



BLOQUE II

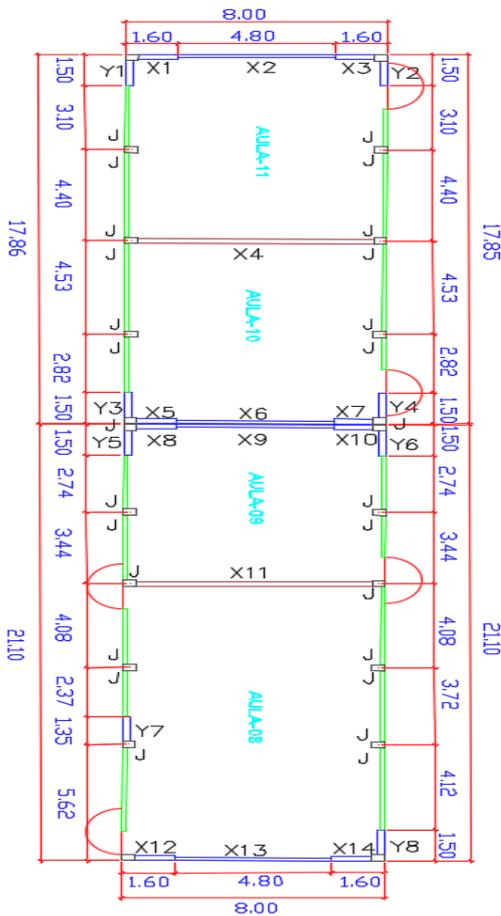
BLOQUE I

BLOQUE III

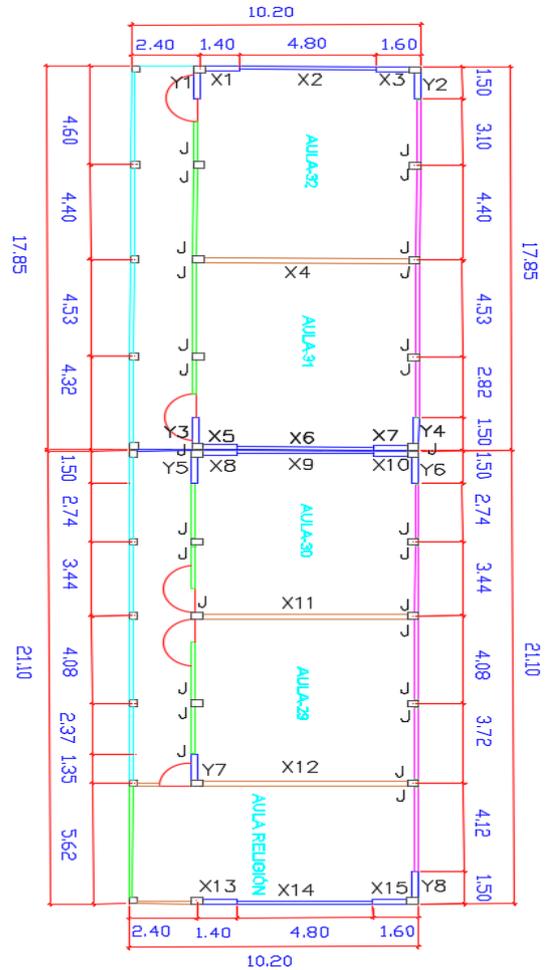


ANEXO Nº 10 PLANO DE ARQUITECTURA PABELLÓN C

Primer Nivel



Segundo Nivel



LEYENDA

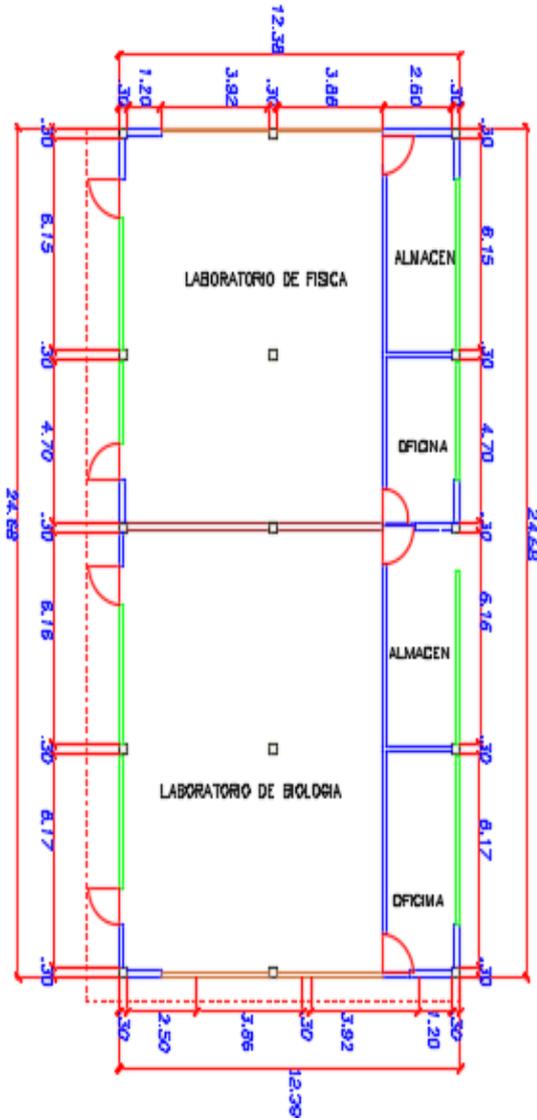
DESCRIPCIÓN	MATERIAL	DETALLE
J: Junta de Sísmica (e= 3 cm)	-	
Alfeizares en Ventana Alta (H= 1.50 cm)	Concreto	
Alfeizares en Ventana Baja (H= 0.80 cm)	Concreto	
Parapeto (H= 0.80 cm)	Concreto	

MUROS DE ALBAÑILERÍA Y CONCRETO

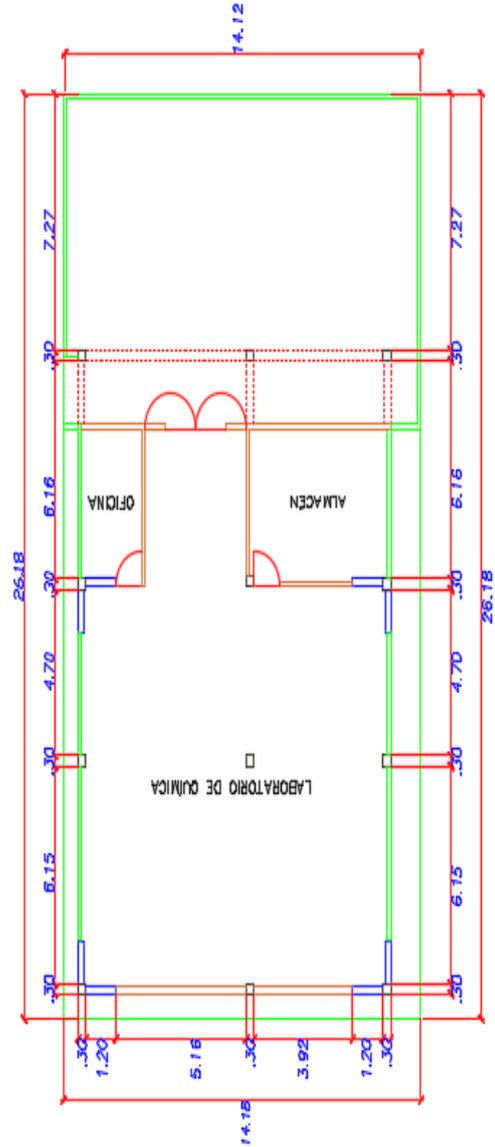
MURO	Nº Pisos	X	Y
Albañilería e= 0.23	1ro Piso	X 4,X11	-
	2do Piso	X 4,X11,X12	-
Concreto e= 0.13	1ro Piso	X2,X6,X9,X13	-
	2do Piso	X2,X6,X9,X14	-
Concreto e= 0.23	1ro Piso	X 1,X3,X5,X7,X8,X10,X12,X14	Y1,Y2,Y3,Y4,Y5,Y6,Y7,Y8
	2do Piso	X 1,X3,X5,X7,X8,X10,X13,X15	Y1,Y2,Y3,Y4,Y5,Y6,Y7,Y8

ANEXO Nº 11 PLANO DE ARQUITECTURA PABELLÓN J

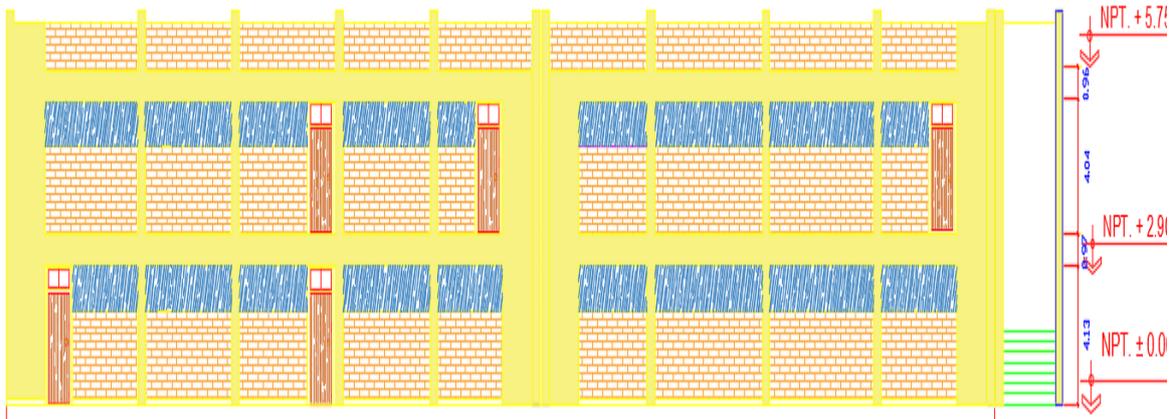
Primer Nivel



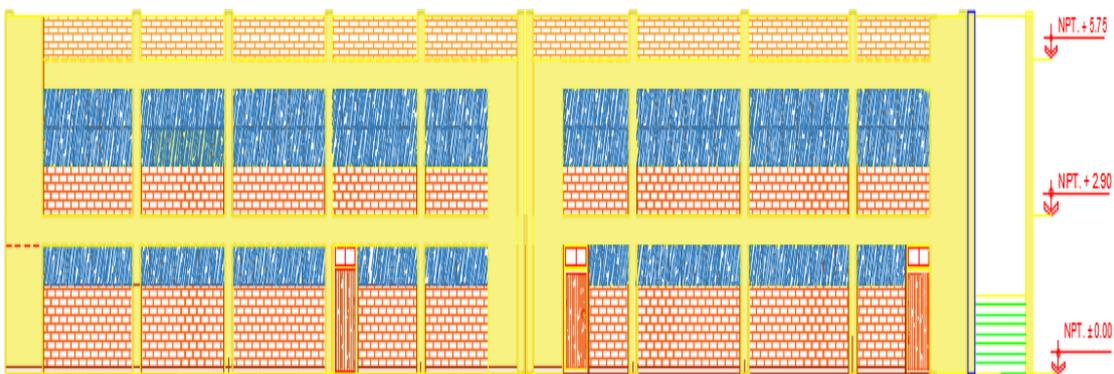
Segundo Nivel



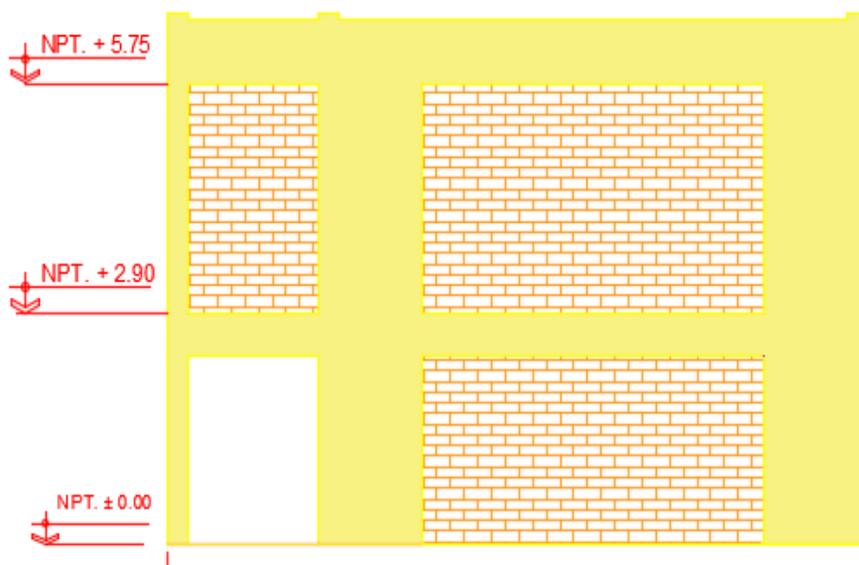
ANEXO Nº 12 PLANO DE ELEVACIONES PABELLÓN C



ELEVACION POSTERIOR



ELEVACION FRONTAL



ELEVACION TRANSVERSAL

ANEXO Nº 14: ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA



M&M LABORATORIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO : TESIS: ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SISMICA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA EMBLEMÁTICA
SAN JUAN DE LA CIUDAD DE TRUJILLO

UBICACIÓN : COLEGIO EMBLEMÁTICO SAN JUAN - TRUJILLO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE : PECORI ZAVALA, CARLOS GABRIEL
CRUZ MIRANDA, OCTONIEL

FECHA DE ENTREGA: Trujillo, 01 de Julio del 2017

ESCLEROMETRÍA

NTP 339.181 /ASTM C-805

Fecha del ensayo: 01/07/2017

Edad del concreto: No Especifica(Mayor a 28 días)

Condición de Humedad: Seco.

Resistencia de Diseño: 210 kg/cm²

Localización del ensayo: Bahía 138 KV

Dirección del ensayo (esclerómetro): Horizontal ($\alpha=0^\circ$)

Esclerómetro : marca SCHMIDT / Modelo "N" / Número de serie 2L0173, con energía de percusión igual 2.207 Nm.

Disparo \ Punto	PRIMER NIVEL	
	Viga Eje 1 entre (J-K)	Altezar 2 entre (H-I)
1	30	32
2	31	28
3	33	32
4	32	31
5	30	34
6	30	34
7	32	28
8	32	30
9	30	32
10	33	34
Promedio	31	32
Valor Mínimo admisible	24	25
Valor Máximo admisible	38	39

Dirección	$\alpha=0^\circ$	$\alpha=0^\circ$	
	→	→	
Índice de rebote	31.30	31.50	I.E.
Resistencia Probale (Kg/cm ²)	210.75	213.41	Rc

N=	10.00	10.00
Media=	31.30	31.50
Dispersión Experimental=	1.57	5.17
Desviación Típica=	1.25	2.27
T Student=	1.36	0.22
Condición de la medida=	Apta	Apta
Error probable máximo=	0.94	1.71
Intervalo de Validez	210.96 210.53	214.10 212.72

Observaciones:

Este Ensayo No reemplaza a los ensayos propuestos por las Normas ASTM C.39 y ASTM C 42.

Este ensayo sirve para evaluar la uniformidad del concreto en campo y estimar indirectamente la resistencia a la compresión.

Los resultados que se estiman son los que se obtienen a partir de la tabla de valores que facilita el fabricante del aparato (Valores más probable, en Kg/cm²) ó haciendo un análisis estadístico.

Una interpretación más correcta se obtendría determinando la correlación existente entre resultados de roque de probetas-testigo y los valores obtenidos con el aparato.



Ing. Carlos Siguenza Avalos
CIP. 88725
JEFE DE LABORATORIO

ECOPI

Calle Huayna Cápac 144 - Int. 2 - Urb. Santa María - Mov. #976785652 - E-Mail: Jim_0626@hotmail.com

TRUJILLO - PERU



M&M LABORATORIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO : TESIS: ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SISMICA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA EMBLEMÁTICA
SAN JUAN DE LA CIUDAD DE TRUJILLO
UBICACIÓN : COLEGIO EMBLEMÁTICO SAN JUAN - TRUJILLO - LA LIBERTAD
PECORI ZAVALA, CARLOS GABRIEL
SOLICITANTE : CRUZ MIRANDA, OCTONIEL
FECHA DE ENTREGA: Trujillo, 30 de Noviembre del 2016

ESCLEROMETRÍA

NTP 339.181 /ASTM C-805

Fecha del ensayo: 01/07/2017

Edad del concreto: No Especifica(Mayor a 28 días)

Condición de Humedad: Seco.

Resistencia de Diseño: 210 kg/cm²

Localización del ensayo: Bahía 138 KV

Dirección del ensayo (esclerómetro): Horizontal ($\alpha=0^\circ$)

Esclerómetro: marca SCHMIDT / Modelo "N" / Número de serie 2L0173, con energía de percusión igual 2.207 Nm.

Disparo \ Punto	SEGUNDO NIVEL	
	Columna Eje 1 - J	Placa Eje 1 entre J-K
1	36	34
2	33	32
3	32	32
4	34	34
5	33	30
6	35	30
7	34	30
8	34	31
9	31	32
10	34	31
Promedio	34	32
Valor Mínimo admisible	27	25
Valor Máximo admisible	41	39
Dirección	$\alpha=0^\circ$ →	$\alpha=0^\circ$ →
Índice de rebote	33.60	31.60
Resistencia Probale (Kg/cm ²)	242.34	214.74
N=	10.00	10.00
Media=	33.60	31.60
Dispersión Experimental=	2.04	2.27
Desviación Tipica=	1.43	1.51
T Student=	(1.12)	0.27
Condición de la medida=	Apta	Apta
Error probable maximo=	1.08	1.14
Intervalo de Validez	242.62 242.06	215.05 214.44

Observaciones:

Este Ensayo No reemplaza a los ensayos propuestos por las Normas ASTM C.39 y ASTM C.42.

Este ensayo sirve para evaluar la uniformidad del concreto en campo y estimar indirectamente la resistencia a la compresión.

Los resultados que se estiman son los que se obtienen a partir de la tabla de valores que facilita el fabricante del aparato (Valores más probable, en Kg/cm²) ó haciendo un análisis estadístico.

Una interpretación más correcta se obtendría determinando la correlación existente entre resultados de rotura de probetas-testigo y los valores obtenidos con el aparato.

Ing. Carlos Siguenza Avalos
CIP. 88725
JEFE DE LABORATORIO

NDECOPI

TRUJILLO - PERU

Calle Huayna Cápac 144 – Int. 2 - Urb. Santa María - Mov. #976785652 - E-Mail: Jim_0626@hotmail.com



M&M LABORATORIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO : TESIS: ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SISMICA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA EMBLEMÁTICA
SAN JUAN DE LA CIUDAD DE TRUJILLO
UBICACIÓN : COLEGIO EMBLEMÁTICO SAN JUAN - TRUJILLO - LA LIBERTAD
PECORI ZAVALA, CARLOS GABRIEL
SOLICITANTE : CRUZ MIRANDA, OCTONIEL
FECHA DE ENTREGA: Trujillo, 30 de Noviembre del 2016

ESCLEROMETRÍA

NTP 339.181 /ASTM C-805

Fecha del ensayo: 01/07/2017
Edad del concreto: No Especifica(Mayor a 28 días)
Condición de Humedad: Seco.
Resistencia de Diseño: 210 kg/cm²
Localización del ensayo: Bahía 138 KV
Dirección del ensayo (esclerómetro): Horizontal ($\alpha=0^\circ$)
Esclerómetro: marca SCHMIDT / Modelo "N" / Número de serie 2L0173, con energía de percusión igual 2.207 Nm.

Disparo \ Punto	SEGUNDO NIVEL	
	Columna Eje 3 - C	Viga Eje 2 entre (A-B)
1	32	30
2	32	32
3	30	36
4	31	32
5	30	31
6	32	30
7	34	32
8	30	32
9	30	32
10	32	30
Promedio	31	32
Valor Mínimo admisible	24	25
Valor Máximo admisible	38	39
Dirección	$\alpha=0^\circ$ →	$\alpha=0^\circ$ →
Índice de rebote	31.30	31.70
Resistencia Probale (Kg/cm ²)	210.75	216.09
N=	10.00	10.00
Media=	31.30	31.70
Dispersión Experimental=	1.79	3.12
Desviación Típica=	1.34	1.77
T Student=	(0.97)	0.17
Condición de la medida=	Apta	Apta
Error probable máximo=	1.01	1.33
Intervalo de Validez	210.99 210.50	216.51 215.67

Observaciones: Este Ensayo No reemplaza a los ensayos propuestos por las Normas ASTM C 39 y ASTM C 42. Este ensayo sirve para evaluar la uniformidad del concreto en campo y estimar indirectamente la resistencia a la compresión. Los resultados que se estiman son los que se obtienen a partir de la tabla de valores que facilita el fabricante del aparato (Valores más probable, en Kg/cm²) ó haciendo un análisis estadístico. Una interpretación más correcta se obtendría determinando la correlación existente entre resultados de ensayo de probetas-testigo y los valores obtenidos con el aparato.

Ing. Carlos Siguenza Avalos
CIP. 88725
JEFE DE LABORATORIO

DECOPI

Calle Huayna Cápac 144 – Int. 2 - Urb. Santa María - Mov. #976785652 - E-Mail: Jim_0626@hotmail.com

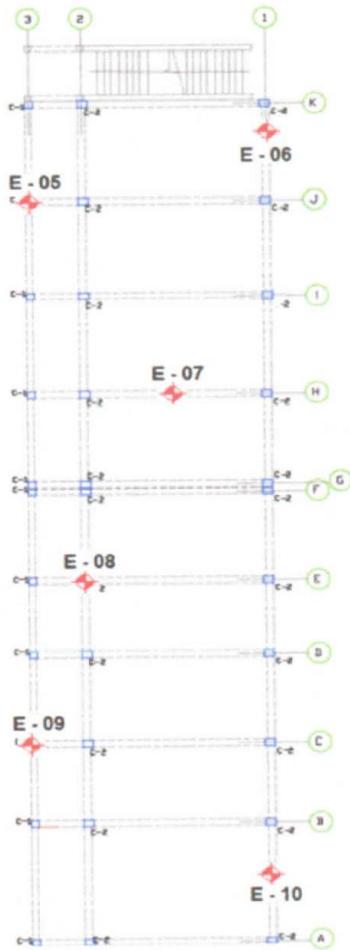
TRUJILLO - PERU



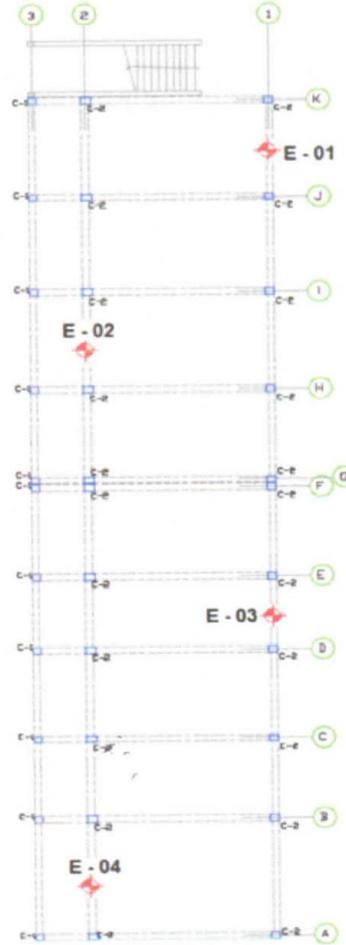
M&M LABORATORIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

UBICACIÓN DE PUNTOS DE ESCLEROMETRIA



SEGUNDO PISO



PRIMER PISO

Ing. Carlos Siguenza Avalos
CIP. 88725
JEFE DE LABORATORIO

INDECOPI

Calle Huayna Cápac 144 - Int. 2 - Urb. Santa María - Mov. #976785652 - E-Mail: Jim_0626@hotmail.com

TRUJILLO - PERU

ANEXO Nº 15: ENSAYO DE MECÁNICA DE SUELOS



M&M LABORATORIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

INFORME TÉCNICO

**ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE
CIMENTACIÓN**

PROYECTO:

**TESIS: ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SISMICA DE LA
INSTITUCIÓN EDUCATIVA EMBLEMÁTICA SAN JUAN
DE LA CIUDAD DE TRUJILLO**

SOLICITANTE:

- PECORI ZA VALETA, CARLOS GABRIEL
- CRUZ MIRANDA, OCTONIEL

UBICACIÓN:

LUGAR: COLEGIO EMBLEMÁTICO SAN JUAN

DISTRITO: TRUJILLO

PROVINCIA: TRUJILLO

DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

JUNIO DEL 2017

DECOPI

TRUJILLO - PERU
Calle Huayna Cápac 144 – Int. 2 - Urb. Santa María - Mov. #976785652 - E-Mail: Jim_0626@hotmail.com



M&M LABORATORIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

INDICE

1.0 GENERALIDADES

- 1.1. ANTECEDENTES
- 1.2. OBJETIVO DEL ESTUDIO
- 1.3. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO
- 1.4. TIPO DE ESTRUCTURA
- 1.5. SISMICIDAD

2.0 INVESTIGACIONES DE CAMPO

- 2.1. CALICATAS, MUESTREO Y REGISTROS DE EXPLORACIÓN

3.0 ENSAYOS DE LABORATORIO

4.0 CONFORMACION DEL SUB SUELO

5.0 TRABAJOS DE GABINETE

6.0 ANALISIS DE LA CIMENTACION

- 6.1. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE
- 6.2. CÁLCULO DEL ASENTAMIENTO

7.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.0 ANEXOS

- 8.1. REGISTROS DE EXPLORACION
- 8.2. REGISTROS DE ENSAYOS DE LABORATORIO
- 8.3. MAPA DE ZONIFICACION SISMICA DEL PERU
- 8.4. PLANO DE UBICACIÓN DE SONDEOS
- 8.5. FOTOGRAFIAS


Ing. Carlos Siguenza Avalos
CIP 88725
JEFE DE LABORATORIO

COPI

TRUJILLO - PERU
Calle Huayna Cápac 144 – Int. 2 - Urb. Santa María - Mov. #976785652 - E-Mail: Jim_0626@hotmail.com



M&M LABORATORIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

1. GENERALIDADES:

1.1. ANTECEDENTES:

Por encargo de los Sres. Tesistas Pecori Zavaleta Carlos Gabriel y Cruz Miranda Octoniel, se solicitó realizar el estudio de mecánica de suelos para el proyecto "ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SISMICA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA EMBLEMÁTICA SAN JUAN DE LA CIUDAD DE TRUJILLO"

1.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO:

El presente trabajo tiene por objetivo realizar la verificación de las condiciones geotécnicas del suelo de fundación, para las estructuras proyectadas que conforman el proyecto " ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SISMICA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA EMBLEMÁTICA SAN JUAN DE LA CIUDAD DE TRUJILLO " Para esta evaluación geotécnica se realizaron perforaciones tipo calicatas y con ensayos de laboratorio, a fin de obtener las principales características físicas y propiedades índices del suelo, y realizar las labores de gabinete en base a los cuales se define los perfiles estratigráficos y las recomendaciones generales para la cimentación de las estructuras proyectadas.

Además se determinaron los parámetros de resistencia del suelo para el cálculo de la capacidad admisible del terreno para absorber las diferentes sollicitaciones de carga.

1.3. UBICACIÓN:

El lugar de estudio se ubica en las inmediaciones del Colegio emblemático San Juan - , Urb. Huerta Grande, pertenecientes al distrito y provincia de Trujillo, departamento de La Libertad.

Ing. Carlos Siguenza Avalos
CIP. 68725
JEFE DE LABORATORIO

ECOPI

Calle Huayna Cápac 144 – Int. 2 - Urb. Santa María - Mov. #976785652 - E-Mail: Jim_0626@hotmail.com

TRUJILLO - PERU



M&M LABORATORIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

1.4. TIPO DE ESTRUCTURA:

De acuerdo a los datos alcanzados por el solicitante, el proyecto edificaciones no mayor de 4 pisos sin sótano, de estructura tipo A, constituida en su mayoría por material noble, esto es ladrillo de arcilla cocida, viguetas, columnetas de concreto armado y cimientos del tipo superficial. En general este proyecto será diseñado de tal manera que los esfuerzos transmitidos no superen los esfuerzos de trabajo del terreno.

1.5. SISMICIDAD:

De acuerdo al Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, según la nueva Norma Sismo Resistente (E-030) del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y del Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú, presentado por Alva Hurtado (1984), el cual se basó en registros de sismos peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos y sismos recientes; se concluye que el área en estudio se encuentra dentro de la Zona de alta sismicidad (Zona 3), existiendo la posibilidad de que ocurran sismos de intensidades tan considerables como VIII y IX en la escala Mercalli Modificada.

2. INVESTIGACIONES DE CAMPO

Los trabajos realizados según las Norma Peruana EMS E 050, que se basan en la aplicación de la Mecánica de Suelos, la cual es una ciencia que indica los ensayos fundamentales y necesarios para predecir el comportamiento de un suelo bajo la acción de un sistema de cargas y que, con la ayuda del análisis matemático, ensayos de laboratorio, ensayos de campo y de datos experimentales recogidos en obras anteriores, permite proyectar y ejecutar trabajos de fundaciones de toda índole.


Ing. Carlos Siguenza Avalos
CIP. 86725
JEFE DE LABORATORIO

DECOPI

TRUJILLO - PERU

Calle Huayna Cápac 144 - Int. 2 - Urb. Santa María - Mov. #976785652 - E-Mail: Jim_0626@hotmail.com



M&M LABORATORIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

La secuencia seguida para la realización los trabajos de campo fue la siguiente:

2.1. CALICATAS, MUESTREO Y REGISTROS DE EXPLORACIÓN

Se realizó un (01) pozo calicata que consisten en excavaciones de formas diversas que permiten una observación directa del terreno, así como la toma de muestras alteradas e inalteradas en bolsas (Mab), clasificación de campo de forma manual y visual de cada una de las muestras obtenidas con el muestreador, en los que se indican las diferentes características de los estratos subyacentes, tales como tipo de suelo, espesor del estrato, color, humedad, compacidad, consistencia etc, tal como se puede observar en los registros estratigráficos, estas según NTP 339.162 (ASTM D 420).

2.2. PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA (DPL)

Prueba de Auscultación Dinámica Ligera (DPL) consistente en hincar un tubo de medidas estándar (diámetro de 1"), por medio de una masa de fierro de 10 kilos de peso, dejada caer desde una altura de 50 cm., contabilizándose el número de golpes necesarios para hacer penetrar el tubo una profundidad de 10 cm. Esta prueba tiene la propiedad de medir en forma indirecta el grado de compacidad relativa que tienen los materiales granulares en el lugar a diferentes profundidades; esta dificultad a la penetración nos señala el ángulo de fricción interna del material, parámetro mecánico que sirve para conocer la capacidad admisible de los suelos. La correlación existente entre la prueba del DPL y la del SPT es $SPT = 1/3 DPL$.

CUADRO N°3 Compacidad Relativa de la Arena.

Numero de Golpes del SPT	Compacidad Relativa
0 - 4	Muy Suelta
5 - 10	Suelta
11 - 20	Firme
21 - 30	Muy Firme
31 - 50	Densa
MAS DE 50	Muy Densa


Ing. Carlos Siemenza Avalos
 CIP. 88725
 JEFE DE LABORATORIO

COPI

Calle Huayna Cápac 144 - Int. 2 - Urb. Santa María - Mov. #976785652 - E-Mail: Jim_0626@hotmail.com

TRUJILLO - PERU



M&M LABORATORIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

3. ENSAYOS DE LABORATORIO

Con el objetivo de determinar las características, propiedades físicas y mecánicas del suelo, así como el uso del material extraído de la investigación de campo, se realizaron los siguientes ensayos bajo las normas técnicas vigentes:

- Análisis granulométrico por tamizado ASTM D-422, MTC E-107
- Límite Líquido ASTM D-4318, MTC E- 110
- Límite Plástico ASTM D-424, MTC E- 111
- Contenido de humedad ASTM D-2216, MTC E-108
- Gravedad específica de los suelos ASTM D-854, MTC E-113
- Clasificación SUCS
- Clasificación AASHTO
- Sales Solubles Totales MTC E-219
- Ensayo de Corte Directo ASTM D-3080

4. CONFORMACIÓN DEL SUELO

De la calicata realizada, podemos deducir la siguiente interpretación concerniente al perfil estratigráfico:

CALICATA	MUESTRA	PROF. (mt)	DESCRIPCION ESTRATIGRAFICA
PC 1	M1	0.00 - 0.05	Superficialmente sembrado con grass natural
	M2	0.05 - 0.30	Arcilla medianamente plástica (CL) color marrón oscuro, en estado semi húmedo, mezclado con raíces.
	M3	0.30 - 0.80	Material tipo relleno natural mezclado con piedras grandes.
	M4	0.80 - 1.20	Material areno arcilloso (SM) color marrón claro, en estado semi seco, medianamente compacta.
	M5	1.20 - 3.00	Arena uniforme (SP), color beige claro, porcentaje de finos mayor al 12%, no presenta índice plástico, estructura medianamente compacta cementada por limos en matriz arenosa uniforme, contenido de humedad 3.14 %, densidad 1.68 ton/m ³
	De 3.00 mt a mas		CONTINÚA Material Areno Uniforme (SP)

Nivel Freático: No se ubicó a la profundidad estudiada

Ing. Carlos Siguenza Ayalos
CIP. 88725
JEFE DE LABORATORIO

COPI

Calle Huayna Cápac 144 - Int. 2 - Urb. Santa María - Mov. #976785652 - E-Mail: Jim_0626@hotmail.com

TRUJILLO - PERU



M&M LABORATORIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

Luego se seleccionaron muestras alteradas representativas del suelo que debidamente identificadas las cuales fueron ensayadas y cuyos resultados de laboratorio se presenta en el Cuadro N° 01 y el resumen se presenta a continuación:

CUADRO N°01: Resultados de Laboratorio

N° DE SPT	MUESTRA	PROF. (m)	HUMEDAD NATURAL	GRANULOMETRIA		CLASIFICACION		LIMITES			SALES (%)	ANGULO DE FRICCION (°)	COHESION (kg/cm ²)
				PASA % N°4	%PASA N°200	AASHTO	SUCS	L.L	L.P	I.P			
01	M-1	0.00-0.05	Superficialmente sembrado con grass natural										
	M-2	0.05-0.30	Arcilla medianamente plástica (CL) color marrón oscuro, en estado semi húmedo, mezclado con raíces.										
	M-3	0.30-0.80	Material tipo relleno natural mezclado con piedras grandes.										
	M-4	0.80-1.20	Material areno arcilloso (SM) color marrón claro, en estado semi seco, medianamente compacta.										
	M5	1.2-3.00	3.14	100.00	4.08	A-3	SP	NP	NP	NP	0.07	28.07	0.01

5. TRABAJOS DE GABINETE

De acuerdo al perfil estratigráfico de la zona y ensayos de laboratorio, el terreno en cuestión presenta suelos homogéneos sedimentarios identificados como suelos de grano fino tipo arcilloso (Arcillas medianamente plásticas) y Areno Limoso (SM) hasta la profundidad de 1.80 mt subyacente a éste una Arena Uniforme (SP) del tipo eólica cementados por finos limosos, ésta última capa de potencia indefinida. Cuyas características físicas, mecánicas, químicas, hidráulicas y dinámicas son las siguientes:

SUELO DE APOYO ESTUDIADO:

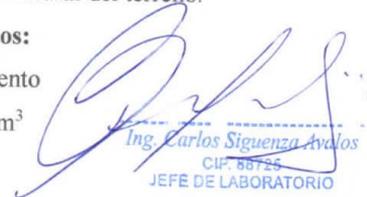
Clasificación SUCS: SP (Arenas Uniforme)

Desarrollo: A partir de -1.80 m en promedio de la superficie natural del terreno.

Parámetros Físicos, Mecánicos, Químicos é Hidráulicos:

Contenido de Humedad Natural = 3.14 por ciento

Densidad Unitaria = 1.98 gr. / cm³


Ing. Carlos Siguenza Avalos
CIP. 58725
JEFE DE LABORATORIO

INDECOPI

Calle Huayna Cápac 144 – Int. 2 - Urb. Santa María - Mov. #976785652 - E-Mail: Jim_0626@hotmail.com

TRUJILLO - PERU



M&M LABORATORIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

Angulo de Fricción Interna = 28.07 grados
Cohesión = 0.01 Kg. / cm²

Parámetros Dinámicos:

Módulo de Poissón (u) = 0.30
Módulo de Elasticidad (E) = 225 Kg. / cm²
Módulo de Corte (G) = 87 Kg. / cm²
Coeficiente de Balasto = 1.84 kg. / cm³

6. ANÁLISIS DE CIMENTACIÓN

6.1. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE

Como se desprende de la descripción del perfil estratigráfico, los suelos que corresponden al terreno de fundación, están constituidos principalmente por Arenas Uniformes (SP) cementados por finos limosos.

La fórmula que utilizaremos para el cálculo de la capacidad admisible, será la otorgada por Terzaghi, para cimientos corridos y cuadrados:

	Para falla General	Para falla Local
Cimentación corrida	$q_u = c'N_c + gDN_q + 0.5gBN'_g$	$q_u = 2/3 c'N'_c + gDN'_q + 0.5gBN'_g$
Cimentación cuadrada	$q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.4gBN'_g$	$q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.4gBN'_g$
Cimentación circular	$q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.3gBN'_g$	$q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.3gBN'_g$


Ing. Carlos Siguenza Avalos
CIP. 88725
JEFE DE LABORATORIO



M&M LABORATORIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

Donde:

q_a = Capacidad Admisible del suelo

N_γ , N_c y N_q = Factores de capacidad de carga, los cuales están en función del ángulo de fricción interna del material.

B = Ancho del cimiento corrido, lado del cimiento cuadrado, o menor lado del cimiento rectangular.

γ = Densidad Unitaria del Suelo (1.98 ton/m³).

D_f = Profundidad de desplante de la Cimentación, desde el nivel del terreno natural.

c = Cohesión del suelo.

F = Factor de Seguridad ($F = 3.0$).

Con los datos obtenidos, la capacidad admisible considerando falla general, dentro de este manto que se desarrolla a partir de -1.80 la superficie natural en promedio es:

Cimiento Superficial Corrido ($D_f \leq 2B$):

Para un ancho $B = 0.70$ metros, $\gamma = 1.98$ ton/m³, $D_f = 1.20$ metros, $c = 0.01$ kg/cm²,
Angulo de fricción interna = 28.07 grados ($N_\gamma = 14.79$, $N_c = 31.80$, $N_q = 17.96$), $F = 3.00$.

$$q_a = 0.85 \text{ kg/cm}^2$$

Cimiento Superficial Cuadrado ($D_f \leq 2B$):

Para un ancho $B = 1.60$ metros, $\gamma = 1.98$ ton/m³, $D_f = 2.00$ metros, $c = 0.01$ kg/cm²,
Angulo de fricción interna = 28.07 grados ($N_\gamma = 14.79$, $N_c = 31.80$, $N_q = 17.96$), $F = 3.00$.

$$q_a = 1.10 \text{ kg/cm}^2$$


Ing. Carlos Siguenza Avalos
CIP. 88725
JEFE DE LABORATORIO

TOPI

Calle Huayna Cápac 144 - Int. 2 - Urb. Santa María - Mov. #976785652 - E-Mail: Jim_0626@hotmail.com

TRUJILLO - PERU



M&M LABORATORIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

6.2. CALCULO DEL ASENTAMIENTO INMEDIATO (Se)

Las fórmulas (1 y 2), no contemplan asentamientos inmediatos, este valor lo calcularemos con base en la teoría de elasticidad, la misma que expresa la siguiente ecuación para un cimiento rígido:

$$Se = 0.80 \cdot q_0 \cdot B \left(\frac{1 - u^2}{E} \right) \alpha \quad (3)$$

Donde:

$$\alpha = 1/\pi \{ \ln((1+m^2)^{1/2} + m) / ((1+m^2)^{1/2} - m) + m \cdot \ln((1+m^2)^{1/2} + 1) / ((1+m^2)^{1/2} - 1) \}$$

$$m = L/B \text{ (L: largo del cimiento, B: ancho del cimiento)}$$

$$u = \text{Módulo de Poissón} = 0.30$$

$$q_0 = \text{Presión Transmitida} = 1.10 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Caso más desfavorable)}$$

$$E = \text{Módulo de Elasticidad} = 225 \text{ kg/cm}^2$$

Con estos valores

Se = 0.786 centímetros


 Ing. Carlos Siguenza Avalos
 CIP. 88725
 JEFE DE LABORATORIO

COPI

TRUJILLO - PERU

Calle Huayna Cápac 144 - Int. 2 - Urb. Santa María - Mov. #976785652 - E-Mail: Jim_0626@hotmail.com



M&M LABORATORIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a la exploración realizada, pruebas de campo, ensayos de laboratorio y al análisis efectuado, se concluye con lo siguiente:

- El lugar de estudio se ubica en las inmediaciones del Colegio emblemático San Juan - , Urb. Huerta Grande, pertenecientes al distrito y provincia de Trujillo, departamento de La Libertad.
- El terreno se encuentra superficialmente horizontal. Presenta suelos homogéneos sedimentarios identificados como suelos de grano fino tipo arcilloso (Arcillas medianamente plásticas) continuado por Arena Limoso (SM) hasta la profundidad de 1.80 mt subyacente a éste una Arena Uniforme (SP)
- En este material predominante (SP) se apoyarán las estructuras proyectadas. No se ubicaron aguas freáticas a la profundidad estudiada (-3.00 mt.), por lo que se estima que la cimentación estará en la condición seca en toda su vida útil.
- Se realizaron ensayos estándar y especiales de laboratorio, así como de descripción Visual – Manual, con la finalidad de conocer propiedades físicas, químicas, mecánicas, hidráulicas y dinámicas del suelo sustentante. El material de apoyo que se desarrolla a partir de -1.80 m desde la superficie del terreno, posee las siguientes características:

Contenido de Humedad Natural	=	3.14 por ciento
Densidad Unitaria	=	1.98 gr. / cm ³
Contenido de Sales	=	0.07 por ciento
Angulo de Fricción Interna	=	28.07 grados
Cohesión	=	0.01 Kg. / cm ²


Ing. Carlos Siguenza Avalos
CIP. 88726
JEFE DE LABORATORIO

DECOPI

Calle Huayna Cápac 144 – Int. 2 - Urb. Santa María - Mov. #976785652 - E-Mail: Jim_0626@hotmail.com

TRUJILLO - PERU



M&M LABORATORIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

- Las Capacidades Admisibles de los suelos en estudio, para un asentamiento instantáneo de 0.786 centímetros, considerando cimentaciones corridas y cuadradas es como se indica a continuación:

Tipo de Cimentación	(B) (m)	Df (m)	qa (kg./cm ²)
Corrida	0.80	1.20	0.85
Cuadrada	1.60	2.00	1.10

- Los suelos en cuestión poseen insignificante cantidad de sales solubles totales (SST = 0.07 por ciento ú 1000 ppm), Por lo que recomendamos utilizar cemento Pacasmayo tipo I en el diseño de mezclas para el concreto.
- De acuerdo con la estratigrafía de la zona en estudio, los parámetros de subsuelo ante excitaciones sísmicas, están designados por la siguiente clasificación de acuerdo a las Normas Sismo - Resistentes:

Tipo de Suelo	Clasificación	Período de Vibración
Flexible	S3	0.90 segundos

- La fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se determina a partir de la expresión $V = 0.45 P$, donde P es el peso de la edificación.

Trujillo, Junio del 2017

Ing. Carlos Siguenza Avalos
CIP. 88725
JEFE DE LABORATORIO

INDECOPI

TRUJILLO - PERU

Calle Huayna Cápac 144 - Int. 2 - Urb. Santa María - Mov. #976785652 - E-Mail: Jim_0626@hotmail.com



M&M LABORATORIOS E.I.R.L.

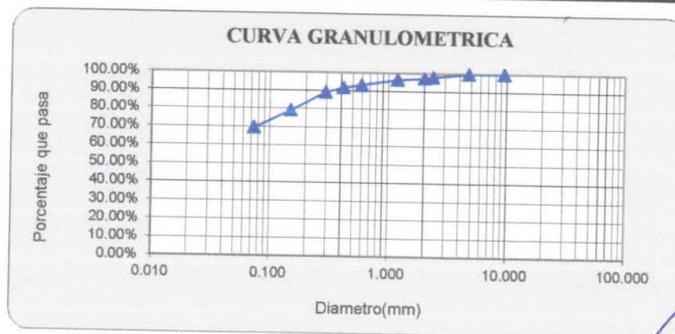
LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

OBRA: TESIS: ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SISMICA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA
EMBLEMÁTICA SAN JUAN DE LA CIUDAD DE TRUJILLO
UBICACIÓN: EMBLEMÁTICA SAN JUAN - URB. HUERTA GRANDE - TRUJILLO - LA LIBERTAD
SOLICITA: PECORI ZAVALAETA, CARLOS GABRIEL - CRUZ MIRANDA, OCTONIEL
FECHA: TRUJILLO, JUNIO DEL 2017

CANtera: MATERIAL IN SITU
CLASE DE SUELO : ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Peso Original (gr)		200.00					
Pérd. por lavado(gr)		138.89					
Peso Tamizado (gr)		61.11					
ABERT. MALLA		Peso	%	% Ret	%		
Pulg/malla	mm	Retenido	Retenido	Acumulado	Pasa		
1/2"	12.700						
3/8"	9.525	0.00	0.00%	0.00%	100.00%		
No 4	4.760	0.00	0.00%	0.00%	100.00%		
No 8	2.381	3.98	1.99%	1.99%	98.01%		
No 10	2.000	1.32	0.66%	2.65%	97.35%		
No 16	1.191	2.01	1.01%	3.66%	96.35%		
No 30	0.595	6.18	3.09%	6.75%	93.26%	D60=	
No 40	0.420	2.97	1.49%	8.23%	91.77%	D30=	
No 50	0.296	5.03	2.52%	10.75%	89.26%	D10=	
No 100	0.149	20.14	10.07%	20.82%	79.19%	Cu=	
No 200	0.074	19.48	9.74%	30.56%	69.45%	Cc=	
Plato		138.89	69.45%	100.00%	0.00%	LL(%) =	31.55%
Sumatoria		200.00	100.00%			LP(%) =	18.07%
SUCS		CL		w (%)		IP(%) =	13.48%
				1.360			



Carlos Siguenza Avalos
Ing. Carlos Siguenza Avalos
CIP. 88725
JEFE DE LABORATORIO



M&M LABORATORIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

OBRA: TESIS: ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SISMICA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA
UBICACIÓN: EMBLEMÁTICA SAN JUAN - URB. HUERTA GRANDE - TRUJILLO - LA LIBERTAD
SOLICITA: PECORI ZAVALETA, CARLOS GABRIEL - CRUZ MIRANDA, OCTONIEL
FECHA: TRUJILLO, JUNIO DEL 2017
CANTERA: MATERIAL IN SITU
CLASE DE SUELO : ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD

LIMITES DE CONSISTENCIA

LL	LP	IP
31.55%	18.07%	13.48%

LIMITE LIQUIDO

TARA No	5	2	1	6
Tara + suelo húmedo	33.48	34.39	35.30	32.81
Tara + suelo seco	29.96	30.88	32.47	29.75
Agua	3.52	3.51	2.83	3.06
Peso de la tara	20.30	20.87	23.50	19.67
Peso del suelo seco	9.66	10.01	8.97	10.08
% humedad	36.44%	35.06%	31.55%	30.36%
No. golpes	8	11	25	34
LIMITE LIQUIDO	31.55%			

LIMITE PLASTICO

TARA No	3	4		
Tara + suelo húmedo	25.66	27.35		
Tara + suelo seco	25.17	26.68		
Agua	0.49	0.67		
Peso de la tara	22.46	22.97		
Peso del suelo seco	2.71	3.71		
% humedad	18.08%	18.06%		
LIMITE PLASTICO	18.07%			



Ing. Carlos Sigüenza Avalos
CIP. 88725
JEFE DE LABORATORIO

IECOPI

Calle Huayna Cápac 144 - Int. 2 - Urb. Santa María - Mov. #976785652 - E-Mail: Jim_0626@hotmail.com

TRUJILLO - PERU



M&M LABORATORIOS E.I.R.L.

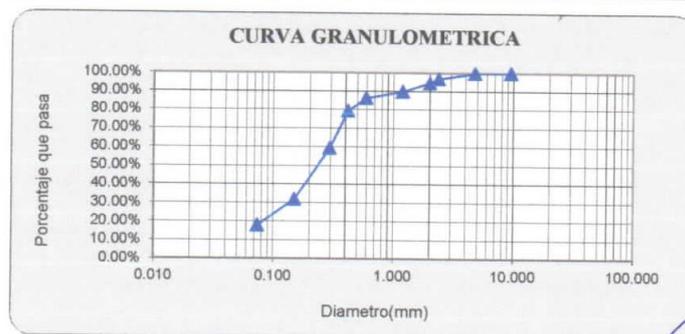
LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

OBRA: TESIS: ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SISMICA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA
EMBLEMÁTICA SAN JUAN DE LA CIUDAD DE TRUJILLO
UBICACIÓN: EMBLEMÁTICA SAN JUAN - URB. HUERTA GRANDE - TRUJILLO - LA LIBERTAD
SOLICITA: PECORI ZAVALA, CARLOS GABRIEL - CRUZ MIRANDA, OCTONIEL
FECHA: TRUJILLO, JUNIO DEL 2017

**CANtera: MATERIAL IN SITU
CLASE DE SUELO : ARENA LIMOSA**

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Peso Original (gr)		200.00					
Pérd. por lavado(gr)		36.16					
Peso Tamizado (gr)		163.84					
ABERT. MALLA		Peso	%	% Ret	%		
Pulg/malla	mm	Retenido	Retenido	Acumulado	Pasa		
1/2"	12.700						
3/8"	9.525	0.00	0.00%	0.00%	100.00%		
No 4	4.760	0.00	0.00%	0.00%	100.00%		
No 8	2.381	6.11	3.06%	3.06%	96.95%		
No 10	2.000	4.87	2.44%	5.49%	94.51%		
No 16	1.191	9.32	4.66%	10.15%	89.85%		
No 30	0.595	7.27	3.64%	13.79%	86.22%		
No 40	0.420	13.65	6.83%	20.61%	79.39%		
No 50	0.296	39.84	19.92%	40.53%	59.47%		
No 100	0.149	55.22	27.61%	68.14%	31.86%		
No 200	0.074	27.56	13.78%	81.92%	18.08%		
Plato		36.16	18.08%	100.00%	0.00%	LL(%) =	23.90%
Sumatoria		200.00	100.00%	w (%)		LP(%) =	20.83%
SUCS		SM		2.170		IP(%) =	3.07%



Carlos Siguenza Avalos
CIP. 88725
JEFE DE LABORATORIO



M&M LABORATORIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

OBRA: TESIS: ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SISMICA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA
EMBLEMÁTICA SAN JUAN DE LA CIUDAD DE TRUJILLO
UBICACIÓN: EMBLEMÁTICA SAN JUAN - URB. HUERTA GRANDE - TRUJILLO - LA LIBERTAD
SOLICITA: PECORI ZAVALA, CARLOS GABRIEL - CRUZ MIRANDA, OCTONIEL
FECHA: TRUJILLO, JUNIO DEL 2017
CANTERA: MATERIAL IN SITU
CLASE DE SUELO : ARENA LIMOSA

LIMITES DE CONSISTENCIA

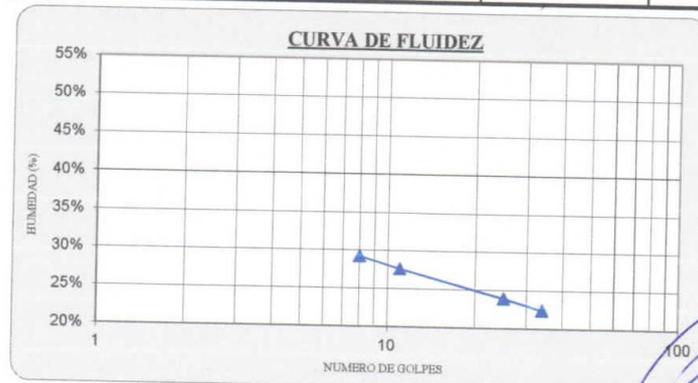
LL	LP	IP
23.90%	20.83%	3.07%

LIMITE LIQUIDO

TARA No	5	2	1	6
Tara + suelo húmedo	34.85	35.23	36.41	33.11
Tara + suelo seco	31.56	32.12	33.92	30.65
Agua	3.29	3.11	2.49	2.46
Peso de la tara	20.30	20.87	23.50	19.67
Peso del suelo seco	11.26	11.25	10.42	10.98
% humedad	29.22%	27.64%	23.90%	22.40%
No. golpes	8	11	25	34
LIMITE LIQUIDO	23.90%			

LIMITE PLASTICO

TARA No	3	4		
Tara + suelo húmedo	26.76	26.56		
Tara + suelo seco	26.02	25.94		
Agua	0.74	0.62		
Peso de la tara	22.46	22.97		
Peso del suelo seco	3.56	2.97		
% humedad	20.79%	20.88%		
LIMITE PLASTICO	20.83%			



Carlos Siguenza Avalos
Ing. Carlos Siguenza Avalos
CIP. 88725
JEFE DE LABORATORIO

COPI

Calle Huayna Cápac 144 - Int. 2 - Urb. Santa María - Mov. #976785652 - E-Mail: Jim_0626@hotmail.com

TRUJILLO - PERU



M&M LABORATORIOS E.I.R.L.

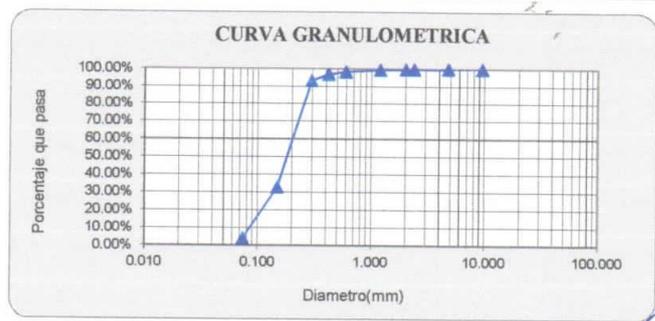
LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

OBRA: TESIS: ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SISMICA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA
EMBLEMÁTICA SAN JUAN DE LA CIUDAD DE TRUJILLO
UBICACIÓN: EMBLEMÁTICA SAN JUAN - URB. HUERTA GRANDE - TRUJILLO - LA LIBERTAD
SOLICITA: PECORI ZAVALA, CARLOS GABRIEL - CRUZ MIRANDA, OCTONIEL
FECHA: TRUJILLO, JUNIO DEL 2017

CANTERA: MATERIAL IN SITU
CLASE DE SUELO : ARENA UNIFORME

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Peso Original (gr)		200.00					
Pérd. por lavado(gr)		8.15					
Peso Tamizado (gr)		191.85					
ABERT. MALLA		Peso	%	% Ret	%		
Pulg/malla	mm	Retenido	Retenido	Acumulado	Pasa		
1/2"	12.700						
3/8"	9.525	0.00	0.00%	0.00%	100.00%		
No 4	4.760	0.00	0.00%	0.00%	100.00%		
No 8	2.381	0.22	0.11%	0.11%	99.89%		
No 10	2.000	0.17	0.09%	0.20%	99.81%		
No 16	1.191	0.41	0.21%	0.40%	99.60%		
No 30	0.595	2.26	1.13%	1.53%	98.47%	D60=	0.20
No 40	0.420	3.05	1.53%	3.06%	96.95%	D30=	0.15
No 50	0.296	7.32	3.66%	6.72%	93.29%	D10=	0.09
No 100	0.149	120.70	60.35%	67.07%	32.94%	Cu=	2.34
No 200	0.074	57.72	28.86%	95.93%	4.08%	Cc=	1.34
Plato		8.15	4.08%	100.00%	0.00%	LL=	NP
Sumatoria		200.00	100.00%	w (%)		LP=	NP
SUCS		SP		3.140		IP=	NP



Carlos Siuenza Avalos
Ing. Carlos Siuenza Avalos
CIP. 88725
JEFE DE LABORATORIO

COPI TRUJILLO - PERU
Calle Huayna Cápac 144 – Int. 2 - Urb. Santa María - Mov. #976785652 - E-Mail: Jim_0626@hotmail.com



M&M LABORATORIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

OBRA: TESIS: ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SISMICA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA
EMBLEMÁTICA SAN JUAN DE LA CIUDAD DE TRUJILLO
UBICACIÓN: EMBLEMÁTICA SAN JUAN - URB. HUERTA GRANDE - TRUJILLO - LA LIBERTAD
SOLICITA: PECORI ZA VALETA, CARLOS GABRIEL - CRUZ MIRANDA, OCTONIEL
FECHA: TRUJILLO, JUNIO DEL 2017

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES

MUESTRA:	PC-1	
	SM	SP
TIPO:		
PROFUNDIDAD (mts):	1.20	2.50
PESO FIOLA (gr):	140.13	140.16
PESO FIOLA + PESO AGUA DESTILADA + SALES (gr):	243.01	243.26
PESO FIOLA + SALES (gr):	140.19	140.23
CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES (%):	0.06	0.07

SULFATO (SO ₄) EN EL AGUA, %	EXPOSICION A SULFATOS
0.00 <= SO ₄ < 0.10	Insignificante
0.10 <= SO ₄ < 0.20	Moderada
0.20 <= SO ₄ <= 2.00	Severa
SO ₄ > 2.00	Muy Severa


Ing. Carlos Siguenza Avalos
CIP. 88725
JEFE DE LABORATORIO

COPI

Calle Huayna Cápac 144 – Int. 2 - Urb. Santa María - Mov. #976785652 - E-Mail: Jim_0626@hotmail.com

TRUJILLO - PERU



M&M LABORATORIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO PARA ZAPATA SUPERFICIAL

PROYECTO	: ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SISMICA DE LA INSTITUCION EDUCATIVA EMBLEMÁTICA SAN JUAN DE LA CIUDAD DE TRUJILLO	RESP. DE LAB	: C. S. A.
UBICACIÓN	: EMBLEMÁTICA SAN JUAN - URB. HUERTA GRANDE - TRUJILLO - LA LIBERTAD	TEC. LAB	: J. A. F.
CALICATA	: 01	FECHA	: 15/06/2017
MUESTRA	: M-5	ESTADO	: REMOLDEADA
PROFUNDIDAD	: 1.20 - 3.00		
PROPIETARIO	: PECORI ZAVALETA, CARLOS GABRIEL - CRUZ MIRANDA, OCTONIEL		

Nivel Frático, m	=	NO	Prof. de Cimentacion Cuadrada, Df	=	2.00 m
Peso Especifico del Suelo gr/cm3	=	1.98	Prof. de Cimentacion Corrida, Df	=	1.20 m
Cohesion del Suelo ,kg/cm2	=	0.01	Ancho de Cimentacion Cuadrada, B, m	=	1.60 m
Angulo de Friccion, f, °	=	28.07	Ancho de Cimentacion Corrida, B, m	=	0.80 m
Angulo de Friccion, f _u	=	19.57			

SEGÚN FORMULA DE CAPACIDAD DE CARGA DE TERZAGHI (1943)

Formulas de capacidad de Carga

	Para falla General	Para falla Local
Cimentacion corrida	$q_u = c'N_c + gDN_q + 0.5gBN_g$	$q_u = 2/3 c'N'_c + gDN'_q + 0.5gBN'_g$
Cimentacion cuadrada	$q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.4gBN_g$	$q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.4gBN'_g$
Cimentacion circular	$q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.3gBN_g$	$q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.3gBN'_g$

Factores de Capacidad de Carga

	General	Local
Nc =	31.80	17.20
Nq =	17.96	7.12
Ng =	14.76	4.15

Factor de Seguridad = 3

Capacidad de Carga

	Falla Local (kg/cm2)	
	q _u	q _{adm}
Cimentacion corrida	2.54	0.85
Cimentacion cuadrada	3.31	1.10

Carlos Siguenza Avalos
CIP. 88723
JEFE DE LABORATORIO

COPI

TRUJILLO - PERU

Calle Huayna Cápac 144 – Int. 2 - Urb. Santa María - Mov. #976785652 - E-Mail: Jim_0626@hotmail.com



M&M LABORATORIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

**ENSAYOS DE CORTE DIRECTO
ASTM D-3080**

PROYECTO	ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SISMICA DE LA INSTITUCION EDUCATIVA EMBLEMATICA SAN JUAN DE LA CIUDAD DE TRUJILLO		
UBICACIÓN	EMBLEMÁTICA SAN JUAN - URB. HUERTA GRANDE - TRUJILLO - LA LIBERTAD		
CALICATA	01		
MUESTRA	M-5		RESP. DE LAB : C. S. A.
PROFUNDIDAD	1.20 - 3.00		TEC. LAB : J. A. F.
PROPIETARIO	PECORI ZAVALA, CARLOS GABRIEL - CRUZ MIRANDA, OCTONIEL		FECHA : 15/06/2017
			ESTADO : REMOLDEADA

DATOS		ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Esfuerzo Normal	(kg/cm ²)	1.00		2.00		4.00	
Etapa		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura	(cm)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Area	(cm ²)	30.19	30.19	30.19	30.19	30.19	30.19
Densidad Húmeda	(g/cm ³)	1.97	1.99	1.97	1.97	1.98	1.99
Humedad	(%)	10.90	11.00	10.97	11.16	10.88	11.43
Densidad Seca	(g/cm ²)	1.78	1.79	1.77	1.78	1.79	1.79

ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deform. Tangencial (mm)	Esfuerzo de Corte		Deform. Tangencial (mm)	Esfuerzo de Corte		Deform. Tangencial (mm)	Esfuerzo de Corte	
	Tangencial (kg/cm ²)	Normalizado (kg/cm ²)		Tangencial (kg/cm ²)	Normalizado (kg/cm ²)		Tangencial (kg/cm ²)	Normalizado (kg/cm ²)
0.10	0.044	0.103	0.10	0.063	0.075	0.10	0.114	0.068
0.20	0.062	0.146	0.20	0.097	0.115	0.20	0.182	0.108
0.30	0.071	0.168	0.30	0.127	0.150	0.30	0.242	0.143
0.40	0.084	0.200	0.40	0.155	0.183	0.40	0.292	0.173
0.50	0.097	0.230	0.50	0.189	0.224	0.50	0.340	0.201
0.60	0.110	0.261	0.60	0.202	0.239	0.60	0.386	0.228
0.70	0.121	0.286	0.70	0.233	0.276	0.70	0.442	0.261
0.80	0.132	0.314	0.80	0.243	0.288	0.80	0.463	0.274
0.90	0.143	0.338	0.90	0.259	0.306	0.90	0.497	0.294
1.00	0.155	0.368	1.00	0.270	0.319	1.00	0.529	0.313
1.10	0.162	0.384	1.10	0.283	0.335	1.10	0.556	0.329
1.20	0.171	0.405	1.20	0.299	0.354	1.20	0.581	0.344
1.30	0.176	0.418	1.30	0.313	0.371	1.30	0.600	0.355
1.40	0.179	0.424	1.40	0.325	0.385	1.40	0.626	0.370
1.50	0.183	0.433	1.50	0.339	0.401	1.50	0.645	0.382
1.60	0.189	0.448	1.60	0.352	0.417	1.60	0.669	0.396
1.70	0.190	0.450	1.70	0.360	0.428	1.70	0.688	0.407
1.80	0.192	0.455	1.80	0.369	0.437	1.80	0.716	0.424
1.90	0.196	0.464	1.90	0.377	0.446	1.90	0.732	0.433
2.00	0.200	0.473	2.00	0.388	0.460	2.00	0.750	0.444
2.10	0.203	0.481	2.10	0.392	0.465	2.10	0.769	0.455
2.20	0.206	0.488	2.20	0.396	0.469	2.20	0.780	0.462
2.30	0.211	0.499	2.30	0.401	0.475	2.30	0.795	0.471
2.40	0.215	0.508	2.40	0.407	0.482	2.40	0.806	0.477
2.50	0.218	0.515	2.50	0.413	0.488	2.50	0.821	0.486
2.60	0.221	0.524	2.60	0.418	0.494	2.60	0.836	0.495
2.70	0.224	0.531	2.70	0.425	0.503	2.70	0.842	0.498
2.80	0.227	0.538	2.80	0.433	0.513	2.80	0.852	0.504
2.90	0.231	0.547	2.90	0.438	0.519	2.90	0.867	0.513
3.00	0.233	0.552	3.00	0.444	0.525	3.00	0.875	0.518
3.10	0.234	0.555	3.10	0.450	0.533	3.10	0.883	0.523
3.20	0.234	0.554	3.20	0.455	0.539	3.20	0.912	0.540
3.30	0.233	0.553	3.30	0.462	0.548	3.30	0.911	0.540
3.40	0.235	0.556	3.40	0.467	0.552	3.40	0.911	0.539
3.50	0.234	0.555	3.50	0.461	0.545	3.50	0.911	0.539

Carlos Siguenza Ayalos
CIP-88725
JEFE DE LABORATORIO
TRUJILLO - PERU

ECOPI

Calle Huayna Cápac 144 - Int. 2 - Urb. Santa María - Mov. #976785652 - E-Mail: Jim_0626@hotmail.com

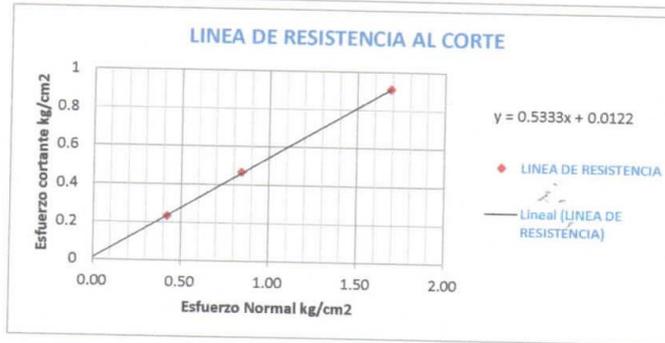
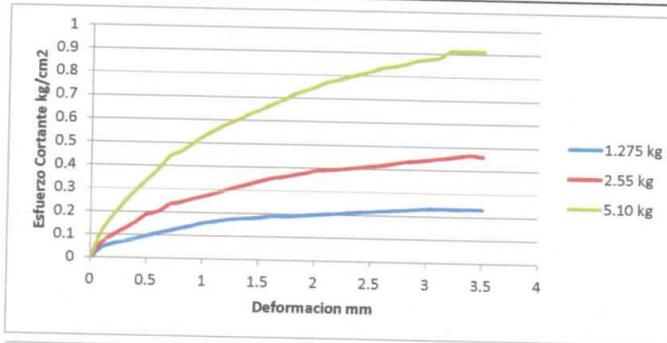


M&M LABORATORIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM D-3080**

PROYECTO	ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SISMICA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA EMBLEMÁTICA SAN JUAN DE LA CIUDAD DE TRUJILLO		
UBICACIÓN	EMBLEMÁTICA SAN JUAN - URB. HUERTA GRANDE - TRUJILLO - RESP. DE LAB : C. S. A.		
CALICATA	01	TEC. LAB :	J. A. F.
MUESTRA	M-5	FECHA :	15/06/2017
PROFUNDIDAD	1.20 - 3.00	ESTADO :	M-5
PROPIETARIO	PECORI ZAVALA, CARLOS GABRIEL - CRUZ MIRANDA, OCTONIEL VEL. ENSAYO : 0.5mm/min		



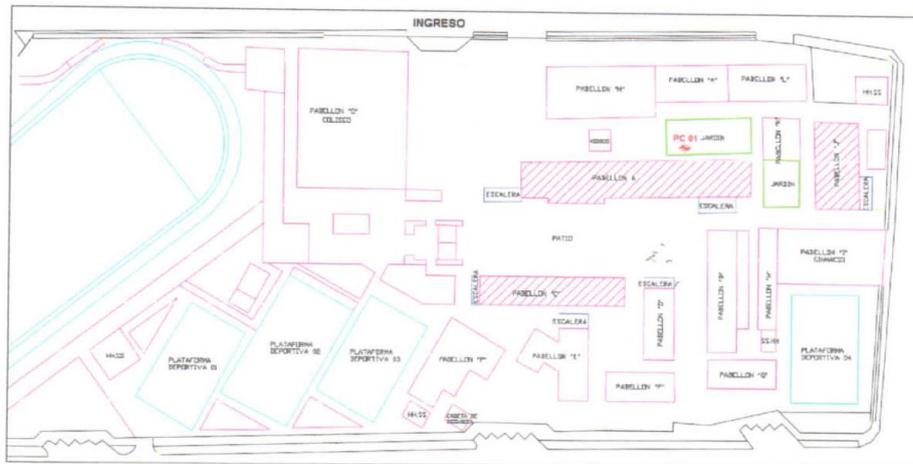
Parametros de Resistencia al Corte		
Cohesion	=	0.01 kg/cm ²
Angulo de Fricción Interna	=	28.1 °

Carlos Siguenza Avalos
Ing. Carlos Siguenza Avalos
CIP. 88725
JEFE DE LABORATORIO



M&M LABORATORIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION



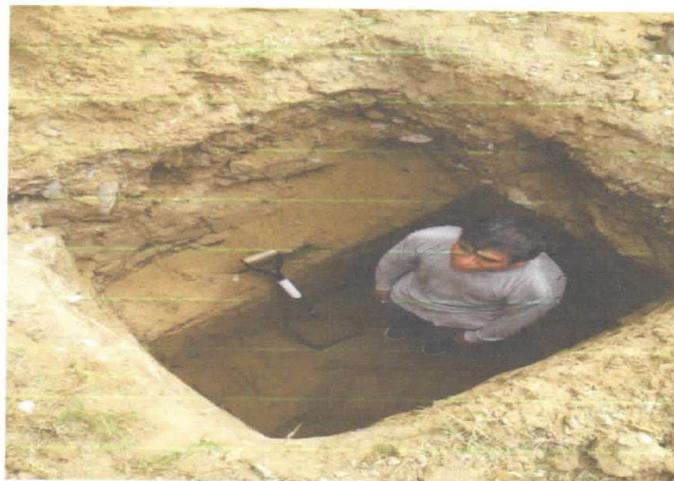
Carlos Siguenza Avalos
CIP. 88725
JEFE DE LABORATORIO



M&M LABORATORIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PANEL FOTOGRAFICO



Ing. Carlos Siguenza Avalos
CIP. 88725
JEFE DE LABORATORIO

DECOPI

Calle Huayna Cápac 144 – Int. 2 - Urb. Santa María - Mov. #976785652 - E-Mail: Jim_0626@hotmail.com

TRUJILLO - PERU