

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



**EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE
EDIFICACIONES ESCOLARES EN EL DISTRITO DE SAN MARTÍN
DE PORRES**

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

HENRY MARLON NUÑEZ GONZALEZ

LIMA – PERU

2004

Reconocimientos

Un sincero agradecimiento a mi asesor, el Dr. Ing. Carlos A. Zavala Toledo, profesor de la Universidad Nacional de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería Civil y Ex – Director del Centro Peruano – Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID), por su apoyo y orientación en la elaboración de la presente investigación.

También, el autor agradece al personal del Centro de Cómputo del CISMID, por su amistad, acompañamiento académico, inquietudes y cuestionamientos.

Finalmente, agradezco a mi familia por su apoyo constante durante la realización de esta investigación.

Contenido

Reconocimientos	<i>i</i>
Contenido	<i>iii</i>
Lista de Figuras	<i>vii</i>
Lista de Cuadros	<i>vii</i>
Lista de Tablas	<i>viii</i>
Lista de Gráficos	<i>x</i>
Introducción	1
1 Aspectos Generales	4
1.1 Características de los desastres	5
1.1.1 Desastre	5
1.1.2 Tipos de Desastre	6
1.1.3 Efectos de los Desastres	7
1.1.4 Definiciones Importantes	8
1.1.5 Amenaza y Riesgo Sísmico	10
1.2 Experiencias de Afectación de Edificaciones Escolares	12
1.3 Importancia y Función de las instalaciones educativas	21
1.3.1 Centros educativos en situaciones de desastres	21
1.3.1.1 Características de Ocupación	23
1.3.1.2 La Instalación en situación de desastre	23
1.3.2 Costos económicos y sociales	23
1.4 Vulnerabilidad de los centros educativos	24
1.4.1 Características que los hacen vulnerables	25
1.4.2 Vulnerabilidad Funcional	25
1.4.3 Vulnerabilidad No Estructural	26
1.4.4 Vulnerabilidad Estructural	26
2 Tectónica y Sismicidad de Perú	27
2.1 Principales Elementos Tectónicos de Perú	28
2.1.1 Zonificación morfológica	28
2.1.2 Zonificación tectónica	30
2.2 Sismicidad Histórica	32
2.3 Sismicidad Instrumental	33

2.4	Distribución Espacial de los Sismos (1962 – 1995)	34
2.4.1	Sismos con foco superficial	34
2.4.2	Sismos con foco intermedio	35
2.4.3	Sismos con foco profundo	35
2.5	Distribución de los Sismos en función de la Profundidad de sus focos	35
2.5.1	Región norte	35
2.5.2	Región centro	36
2.5.3	Región sur	36
2.6	Sismicidad en Lima Metropolitana	37
2.6.1	Distrito de San Martín de Porres	38
3	El Distrito de San Martín de Porres	47
3.1	Antecedentes Históricos	48
3.1.1	Prehistoria	48
3.1.2	Época Incaica	48
3.1.3	Época Colonial	49
3.1.4	La República	50
3.1.5	Formación Distrital	50
3.2	Aspectos Generales	51
3.2.1	Génesis	51
3.2.2	Ubicación y Límites	51
3.2.3	Área y Topografía	52
3.2.4	Condiciones Meteorológicas	52
3.2.5	Población	52
3.3	Infraestructura Distrital	53
3.3.1	Infraestructura Vial	53
3.3.2	Infraestructura Educativa	53
3.3.3	Infraestructura Inmobiliaria	56
3.3.4	Infraestructura Sanitaria	58
3.4	Estructura Productiva	58
3.4.1	Estructura Productiva de Servicios	58
3.4.2	Estructura Productiva Motriz	59
3.5	Vulnerabilidad Funcional del Entorno	60
3.5.1	Instalaciones Importantes	60
3.6	Vulnerabilidad de la infraestructura escolar	62
3.6.1	Evaluación de la Vulnerabilidad estructural y no estructural	62
3.6.2	Infraestructura escolar	64
3.6.3	Selección de edificaciones de estudio	67
3.6.4	Características de las estructuras tipo	67
4	Aspectos Geotécnicos	75
4.1	Introducción	76
4.1.1	Antecedentes	76
4.1.2	Objetivos de la Evaluación Geotécnica	76
4.2	Características Geotécnicas Generales del Conglomerado de Lima	76

4.3	Geología del Distrito de San Martín de Porres	79
4.4	Hidrogeología	81
4.5	Consideraciones Sísmicas	82
4.5.1	Intensidades	82
4.5.2	Zonificación Sísmica	82
4.5.3	Categoría de las edificaciones	82
4.5.4	Tipo de Suelo y Periodo Predominante	83
4.5.5	Magnitud	83
4.5.6	Aceleración Máxima	83
5	Metodología empleada para evaluar la Vulnerabilidad Estructural	92
5.1	Análisis de Vulnerabilidad	93
5.1.1	Método Japonés	95
5.1.2	Métodos Norteamericanos	97
5.1.3	Método de Energía	98
5.1.4	Índices de daño	98
5.2	Metodología Empleada	100
6	Estudio Estructural	106
6.1	Descripción de los Modelos estructurales adoptados	107
6.1.1	Modelos de los Módulos Piba87 y 780	107
6.1.2	Modelo del Módulo Bloqueta	108
6.1.3	Modelo del Módulo Apenkai	109
6.1.4	Modelo del Módulo de albañilería – 2 niveles	110
6.2	Comportamiento dinámico de las estructuras	111
6.2.1	Análisis dinámico de los sistemas estructurales	111
6.2.1.1	Características dinámicas del Módulo Piba87	111
6.2.1.2	Características dinámicas del Módulo 780	112
6.2.1.3	Características dinámicas del Módulo Bloqueta	113
6.2.1.4	Características dinámicas del Módulo Apenkai	114
6.2.1.5	Características dinámicas del Módulo de albañilería – 2 niveles	115
6.2.2	Análisis por carga de gravedad	115
6.2.3	Combinación de cargas	115
6.2.4	Respuesta dinámica del sistema estructural	116
6.2.4.1	Módulo Piba87	116
6.2.4.2	Módulo 780	116
6.2.4.3	Módulo Bloqueta	117
6.2.4.4	Módulo Apenkai	117
6.2.4.5	Módulo de albañilería – 2 niveles	117
6.3	Estimación de la Resistencia de las estructuras	118
6.3.1	Cortantes Resistentes Últimos	118
6.4	Demanda Sísmica y Resistencia de las estructuras	119
6.4.1	Demanda - Resistencia Estructural del Módulo Piba87	119
6.4.2	Demanda - Resistencia Estructural del Módulo 780	121

6.4.3	Demanda - Resistencia Estructural del Módulo Bloqueta	122
6.4.4	Demanda - Resistencia Estructural del Módulo Apenkai	123
6.4.5	Demanda - Resistencia Estructural del Módulo de albañilería – 2 niveles	125
7	Diagnosis	142
7.1	Diagnosis de la Vulnerabilidad de las edificaciones escolares	143
7.1.1	Eventos seleccionados	143
7.1.2	Respuesta de las estructuras tipo	143
7.1.2.1	Módulo Piba87	143
7.1.2.2	Módulo 780	145
7.1.2.3	Módulo Bloqueta	146
7.1.2.4	Módulo Apenkai	146
7.1.2.5	Módulo de Albañilería – 2 Niveles	147
7.1.3	Diagnosis de la Vulnerabilidad Sísmica de los Centros Educativos Inspeccionados	149
8	Conclusiones y Recomendaciones	165
8.1	Conclusiones	166
8.2	Recomendaciones	168
	Bibliografía	170
	Anexos	
A.	Información obtenida en las visitas de campo	
B.	Análisis de elementos no-estructurales	
C.	Registro fotográfico	

Lista de Figuras

- Figura 2.1 Principales elementos tectónicos en el Perú. (Tavera y Buforn, 1998)
- Figura 2.2 Distribución de los terremotos ocurridos en el Perú entre 1513 y 1959.
- Figura 2.3 Fuentes sismogénicas superficiales. (Castillo y Alva, 1993)
- Figura 2.4 Fuentes sismogénicas intermedias y profundas. (Castillo y Alva, 1993)
- Figura 2.5 Sismicidad del Perú entre 1960 y 1995. (NEIC)
- a) Epicentros con foco superficial
 - b) Epicentros con foco intermedio y profundo
- Figura 2.6 Perfiles verticales de sismicidad para el periodo 1960 – 1995
- a) Región norte del Perú.
 - b) Región central del Perú
 - c) Región sur del Perú
- Figura 3.1 Proceso de ocupación del Distrito de San Martín de Porres
- Figura 3.2 Ubicación del Distrito de San Martín de Porres en Lima Metropolitana
- Figura 3.3 Mapa de San Martín de Porres con distritos colindantes
- Figura 3.4 Distritos con mayor generación de residuos sólidos
- Figura 4.1 Mapa Geológico de Lima
- Figura 4.2 Mapa de Mecánica de Suelos de Lima
- Figura 4.3 Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas
- Figura 4.4 Mapa de Zonificación Sísmica
- Figura 4.5 Mapa de isoaceleraciones para un 10% de excedencia en 50 años
- Figura 4.6 Mapa de isoaceleraciones para un 10% de excedencia en 100 años
- Figura 4.7 Ubicación de Pozos y Esquemas de Uso Conjuntivo de Lima
- Figura 5.1 Ficha de Evaluación de Centros educativos (Parte 1)
- Figura 5.2 Ficha de Evaluación de Centros educativos (Parte 2)
- Figura 6.1 Modelo Estructural – Módulo Piba87
- Figura 6.2 Modelo Estructural – Módulo 780
- Figura 6.3 Modelo Estructural – Módulo Bloqueta
- Figura 6.4 Modelo Estructural – Módulo Apenkai
- Figura 6.5 Modelo Estructural. Módulo de albañilería – 2 niveles
- Figura 7.1 Espectro de Respuesta de Aceleraciones. Dirección X – X
- Figura 7.2 Espectro de Respuesta de Aceleraciones. Dirección Y – Y

Lista de Cuadros

- Cuadro 2.1 Principales terremotos ocurridos en el Perú entre 1513 y 1959
- Cuadro 3.1 Población de San Martín de Porres según censo de 1993
- Cuadro 7.1 Resultado de Centros Educativos Inspeccionados

Lista de Tablas

Tabla 3.1	Centros Educativos y Programas no escolarizados
Tabla 3.2	Principales indicadores de vivienda
Tabla 3.3	Tipo de vivienda
Tabla 3.4	Viviendas por tipo de abastecimiento de agua
Tabla 3.5	Viviendas por disponibilidad de servicio higiénico
Tabla 3.6	Viviendas por disponibilidad de alumbrado eléctrico
Tabla 3.7	Establecimientos industriales por Conos
Tabla 3.8	Porcentajes de la Industria Según Actividad
Tabla 3.9	Centros Educativos Escolares por Niveles
Tabla 3.10	Locales escolares agrupados por Niveles
Tabla 3.11	Modalidades de la Educación Inicial
Tabla 4.1	Ensayos Realizados en el Cono Norte
Tabla 4.2	Resultados de Ensayos de Carga en el Cono Norte
Tabla 4.3	Valores de Aceleración para la Zona de Estudio
Tabla 5.1	Valores de Distorsión Máxima
Tabla 5.2	Locales escolares por Grupos
Tabla 6.1	Periodos de vibración. Módulo Piba87
Tabla 6.2	Factores de Masa Efectiva por cada Modo. Módulo Piba87
Tabla 6.3	Periodos de vibración. Módulo 780
Tabla 6.4	Factores de Masa Efectiva por cada Modo. Módulo 780
Tabla 6.5	Periodos de vibración. Módulo Bloqueta
Tabla 6.6	Factores de Masa Efectiva por cada Modo. Módulo Bloqueta
Tabla 6.7	Periodos de vibración. Módulo Apenkai
Tabla 6.8	Factores de Masa Efectiva por cada Modo. Módulo Apenkai
Tabla 6.9	Periodos de vibración. Módulo de albañilería – 2 niveles
Tabla 6.10	Factores de Masa Efectiva por cada Modo. Módulo de albañilería – 2 niveles
Tabla 6.11	Cortantes de Entrepiso. Módulo Piba87
Tabla 6.12	Cortantes de Entrepiso. Módulo 780
Tabla 6.13	Cortantes de Entrepiso. Módulo Bloqueta
Tabla 6.14	Cortantes de Entrepiso. Módulo Apenkai
Tabla 6.15	Cortantes de Entrepiso. Módulo de albañilería – 2 niveles
Tabla 6.16	Comparación Demanda - Resistencia (Kg) para Amax= 100 gals. Módulo Piba87
Tabla 6.17	Comparación Demanda - Resistencia (Kg) para Amax= 250 gals. Módulo Piba87
Tabla 6.18	Comparación Demanda - Resistencia (Kg) para Amax= 350 gals. Módulo Piba87
Tabla 6.19	Comparación Demanda - Resistencia (Kg) para Amax= 100 gals. Módulo 780
Tabla 6.20	Comparación Demanda - Resistencia (Kg) para Amax= 250 gals. Módulo 780

Tabla 6.21	Comparación Demanda - Resistencia (Kg) para Amax= 350 gals. Módulo 780
Tabla 6.22	Comparación Demanda - Resistencia (Kg) para Amax= 100 gals. Módulo Bloqueta
Tabla 6.23	Comparación Demanda - Resistencia (Kg) para Amax= 250 gals. Módulo Bloqueta
Tabla 6.24	Comparación Demanda - Resistencia (Kg) para Amax= 350 gals. Módulo Bloqueta
Tabla 6.25	Comparación Demanda - Resistencia (Kg) para Amax= 100 gals. Módulo Apenkai
Tabla 6.26	Comparación Demanda - Resistencia (Kg) para Amax= 250 gals. Módulo Apenkai
Tabla 6.27	Comparación Demanda - Resistencia (Kg) para Amax= 350 gals. Módulo Apenkai
Tabla 6.28	Comparación Demanda - Resistencia (Kg) para Amax= 100 gals. Módulo de albañilería – 2 niveles
Tabla 6.29	Comparación Demanda - Resistencia (Kg) para Amax= 250 gals. Módulo de albañilería – 2 niveles
Tabla 6.30	Comparación Demanda - Resistencia (Kg) para Amax= 350 gals. Módulo de albañilería – 2 niveles
Tabla 6.31	Desplazamientos y distorsiones para Amax= 100 gals. Módulo Piba87
Tabla 6.32	Desplazamientos y distorsiones para Amax= 250 gals. Módulo Piba87
Tabla 6.33	Desplazamientos y distorsiones para Amax= 350 gals. Módulo Piba87
Tabla 6.34	Desplazamientos y distorsiones para Amax= 100 gals. Módulo 780
Tabla 6.35	Desplazamientos y distorsiones para Amax= 250 gals. Módulo 780
Tabla 6.36	Desplazamientos y distorsiones para Amax= 350 gals. Módulo 780
Tabla 6.37	Desplazamientos y distorsiones para Amax= 100 gals. Módulo Bloqueta
Tabla 6.38	Desplazamientos y distorsiones para Amax= 250 gals. Módulo Bloqueta
Tabla 6.39	Desplazamientos y distorsiones para Amax= 350 gals. Módulo Bloqueta
Tabla 6.40	Desplazamientos y distorsiones para Amax= 100 gals. Módulo Apenkai
Tabla 6.41	Desplazamientos y distorsiones para Amax= 250 gals. Módulo Apenkai
Tabla 6.42	Desplazamientos y distorsiones para Amax= 350 gals. Módulo Apenkai
Tabla 6.43	Desplazamientos y distorsiones para Amax= 100 gals. Módulo de Albañilería – 2 Niveles
Tabla 6.44	Desplazamientos y distorsiones para Amax= 250 gals. Módulo de Albañilería – 2 Niveles
Tabla 6.45	Desplazamientos y distorsiones para Amax= 350 gals. Módulo de Albañilería – 2 Niveles
Tabla 7.1	Vulnerabilidad de las Estructuras Tipo
Tabla 7.2	Locales escolares evaluados
Tabla 7.3	Antigüedad de estructuras (pabellones) evaluadas

Lista de Gráficos

Gráfico 3.1 Centros Educativos y Programas no escolarizados

- Gráfico 6.1 Demanda – Resistencia, Dirección X-X. Módulo Piba87
- Gráfico 6.2 Demanda – Resistencia, Dirección Y-Y. Módulo Piba87
- Gráfico 6.3 Distorsión de Entrepiso, Dir. X-X. Módulo Piba87
- Gráfico 6.4 Distorsión de Entrepiso, Dir. Y-Y. Módulo Piba87
- Gráfico 6.5 Demanda – Resistencia, Dirección X-X. Módulo 780
- Gráfico 6.6 Demanda – Resistencia, Dirección Y-Y. Módulo 780
- Gráfico 6.7 Distorsión de Entrepiso, Dir. X-X. Módulo 780
- Gráfico 6.8 Distorsión de Entrepiso, Dir. Y-Y. Módulo 780
- Gráfico 6.9 Demanda – Resistencia, Dirección X-X. Módulo Bloqueta
- Gráfico 6.10 Demanda – Resistencia, Dirección Y-Y. Módulo Bloqueta
- Gráfico 6.11 Distorsión de Entrepiso, Dir. X-X. Módulo Bloqueta
- Gráfico 6.12 Distorsión de Entrepiso, Dir. Y-Y. Módulo Bloqueta
- Gráfico 6.13 Demanda – Resistencia, Dirección X-X. Módulo Apenkai
- Gráfico 6.14 Demanda – Resistencia, Dirección Y-Y. Módulo Apenkai
- Gráfico 6.15 Distorsión de Entrepiso, Dir. X-X. Módulo Apenkai
- Gráfico 6.16 Distorsión de Entrepiso, Dir. Y-Y. Módulo Apenkai
- Gráfico 6.17 Demanda – Resistencia, Dirección X-X. Módulo de Albañilería – 2 Niveles
- Gráfico 6.18 Demanda – Resistencia, Dirección Y-Y. Módulo de Albañilería – 2 Niveles
- Gráfico 6.19 Distorsión de Entrepiso, Dir. X-X. Módulo de Albañilería – 2 Niveles
- Gráfico 6.20 Distorsión de Entrepiso, Dir. Y-Y. Módulo de Albañilería – 2 Niveles

- Gráfico 7.1 Nivel de Desempeño, Dirección X-X. Módulo Piba87
- Gráfico 7.2 Nivel de Desempeño, Dirección Y-Y. Módulo Piba87
- Gráfico 7.3 Nivel de Desempeño, Dirección X-X. Módulo 780
- Gráfico 7.4 Nivel de Desempeño, Dirección Y-Y. Módulo 780
- Gráfico 7.5 Nivel de Desempeño, Dirección X-X. Módulo Bloqueta
- Gráfico 7.6 Nivel de Desempeño, Dirección Y-Y. Módulo Bloqueta
- Gráfico 7.7 Nivel de Desempeño, Dirección X-X. Módulo Apenkai
- Gráfico 7.8 Nivel de Desempeño, Dirección Y-Y. Módulo Apenkai
- Gráfico 7.9 Nivel de Desempeño, Dirección X-X. Módulo de Albañilería – 2 Niveles
- Gráfico 7.10 Nivel de Desempeño, Dirección Y-Y. Módulo de Albañilería – 2 Niveles
- Gráfico 7.11 Cortante de Entrepiso Vs. Periodo, Dirección X-X
- Gráfico 7.12 Cortante de Entrepiso Vs. Periodo, Dirección Y-Y
- Gráfico 7.13 Relación de Cortantes: Demanda/ Resistencia Vs. Periodo, Dirección X-X
- Gráfico 7.14 Relación de Cortantes: Demanda/ Resistencia Vs. Periodo, Dirección Y-Y
- Gráfico 7.15 Relación de Cortantes. Curvas Aproximadas, Dirección X-X
- Gráfico 7.16 Relación de Cortantes. Curvas Aproximadas, Dirección Y-Y
- Gráfico 7.17 Distorsión Máxima Vs. Periodo, Dirección X-X
- Gráfico 7.18 Distorsión Máxima Vs. Periodo, Dirección Y-Y
- Gráfico 7.19 Antigüedad de estructuras (pabellones) evaluadas

Capítulo I

ASPECTOS GENERALES

Los edificios escolares cumplen una función multifacética en la comunidad. Adicionalmente al papel que cumplen como centros educativos, sirven frecuentemente como puntos de encuentro para eventos de la comunidad, como organizaciones religiosas o clubes, depósitos para libros y otros materiales técnicos y refugios en situaciones de emergencias. Cuando un edificio escolar es vulnerable a desastres naturales, el bienestar de toda la comunidad está en riesgo.

La vulnerabilidad de infraestructuras escolares no se debe de ver en términos de la necesidad de prevención de daños catastróficos que podrían destruir los edificios. Es también necesario prevenir daños menores que pueden afectar la continuidad de los servicios que éstas edificaciones proveen. Los daños a la infraestructura escolar causados por desastres naturales están directamente relacionados a la reducción de horas de clase, y consecuentemente, a la reducción de la calidad de la educación.

De lo anterior se deduce que para evaluar la vulnerabilidad sísmica es de suma importancia la evaluación de la vulnerabilidad estructural.

A continuación se revisan brevemente conceptos relativos a la amenaza sísmica, experiencias de afectación de centros educativos en el Perú, importancia de centros educativos en situación de desastre, aspectos que los hacen vulnerables y la importancia de reducir la vulnerabilidad existente.

1.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS DESASTRES

1.1.1 Desastre

Un desastre es una calamidad que puede causar daños o destruir bienes o provocar sufrimientos y lesiones en las personas. Algunos de estos desastres pueden ser pronosticados o previstos a tiempo para prevenir a las personas que puedan verse afectadas, pero en su mayoría los desastres no avisan de su llegada, haciendo que la cantidad de pérdidas humanas y materiales sean mayores.

Esta situación significa la desorganización de los patrones normales de vida generando adversidad, desamparo y sufrimiento en las personas, efectos

sobre la estructura socioeconómica del país y la modificación del medio ambiente, lo cual determina la necesidad de asistencia y de intervención inmediata.

Los desastres, sean naturales o antrópicos, están asociados a más de veinte tipos de amenaza física y deben ser considerados como uno de los principales frenos para el desarrollo. En este contexto, deben tener particular atención elementos importantes como son los asentamientos humanos, las instalaciones de producción económica, los sitios de concentración pública, el patrimonio cultural e histórico y principalmente las denominadas instalaciones críticas, que definiríamos como aquellas estructuras necesarias para la salud, seguridad y prosperidad de las comunidades; imprescindibles para su sustento. Dentro de este último grupo están catalogadas las edificaciones escolares.

1.1.2 Tipos de desastres

Los desastres pueden ser originados por: La manifestación de un fenómeno natural, provocados por el hombre o como consecuencia de una falla técnica en sistemas industriales o bélicos.

Algunos desastres de origen natural corresponden a amenazas que no pueden ser neutralizadas debido a que difícilmente su mecanismo de origen puede ser intervenido. Terremotos, erupciones volcánicas, tsunamis y huracanes son ejemplos de amenaza que aún no pueden ser intervenidos en la práctica, mientras que inundaciones, sequías, deslizamientos pueden llegar a atenuarse con obras civiles de canalización o estabilización de suelos.

Una amplia lista de los fenómenos naturales que pueden originar desastres o calamidades, es el siguiente: Terremotos, Tsunamis, Erupciones volcánicas, Huracanes (tormentas, vendavales), Inundaciones (lentas, Rápidas), Movimientos en masa (deslizamientos, derrumbes, flujos), Sequías (desertificación), Epidemias, Plagas. La mayoría de estos fenómenos ocurren en forma cataclísmica, es decir súbitamente y afectan un área no muy grande; sin embargo otros como la desertificación y las sequías ocurren durante un largo periodo y sobre áreas extensas en forma casi irreversible.

Entre los desastres de origen antrópico pueden mencionarse: Guerras, explosiones, incendios, accidentes, deforestación, etc.

En general existe una diversidad de posibles desastres de origen tecnológico debido a la alta densificación de la industria, de la edificación y de los medios de transporte masivo de carga y población.

1.1.3 Efectos de los desastres

Los efectos que pueden causar un desastre varían dependiendo de las características propias de los elementos expuestos y de la naturaleza del evento mismo. El impacto puede causar diferentes tipos de alteraciones.

En general pueden considerarse como elementos bajo riesgo la población, el medio ambiente y la estructura física representada por la vivienda, la industria, el comercio y los servicios públicos.

Los efectos pueden clasificarse en pérdidas directas e indirectas. Las pérdidas directas están relacionadas con el daño físico, expresado en víctimas, en daños a la infraestructura de servicios públicos, daños en las edificaciones, el espacio urbano, la industria, el comercio y el deterioro del medio ambiente, es decir la alteración física del hábitat.

Las pérdidas indirectas generalmente pueden subdividirse en efectos sociales tales como la interrupción del transporte, de los servicios públicos, de los medios de información y la desfavorable imagen que puede tomar una región con respecto a otras; y en efectos económicos que representan la alteración del comercio y la industria como consecuencia de la baja en la producción, la desmotivación de la inversión y la generación de gastos de rehabilitación y reconstrucción.

En un amplio número de países en desarrollo, como los países de América Latina, se han presentado desastres en los cuales han muerto miles de personas y se han perdido cientos de millones de dólares en veinte o treinta segundos, desastres cuyos costos directos e indirectos pueden llegar a un gran porcentaje de su Producto Bruto Interno.

1.1.4 Definiciones importantes

El impacto de los desastres en las actividades humanas ha sido un tema tratado en los últimos años en un amplio número de publicaciones desarrollados por diversas disciplinas que han conceptualizado sus componentes en forma diferente, aunque en la mayoría de los casos de una manera similar. La Oficina del Coordinador de las Naciones Unidas para Casos de desastres (UNDRO - actualmente Oficina de Naciones Unidas para Asuntos Humanitarios - ONU/DHA) en conjunto con la Organización de Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO) promovió una reunión de expertos con el fin de proponer una unificación de definiciones que ha sido ampliamente aceptada en los últimos años. Entre otros conceptos, el reporte de dicha reunión "Desastres Naturales y Análisis de Vulnerabilidad" incluyó los siguientes:

Amenaza o Peligro (Hazard - H)

Probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso durante cierto periodo de tiempo en un sitio dado.

Vulnerabilidad (V)

Grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo, resultado de la probable ocurrencia de evento desastroso, expresada en una escala desde 0 o sin daño a 1 o perdida total.

Riesgo Específico (Specific Risk - Rs)

Grado de perdida esperada debido a la ocurrencia de un evento en particular y como una función de la Amenaza y la Vulnerabilidad

Elementos Bajo Riesgo (E)

La población, las edificaciones y las obras civiles, las actividades económicas, los servicios públicos, las utilidades y la infraestructura expuesta en un área determinada.

Riesgo Total (Total Risk - Rt)

Número de pérdidas humanas, heridos, daños en las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la ocurrencia de un evento desastroso, es decir el producto del Riesgo Especifico R_s y los elementos bajo riesgo E .

En otras palabras la evaluación del riesgo puede llevarse a cabo mediante formulación General:

$$R_t = E \cdot R_s = E(H \cdot V)$$

Considerando la exposición E implícita en la vulnerabilidad V sin que esto modifique la concepción original, podría plantearse que una vez conocida la amenaza o peligro H_i , entendida como la probabilidad que se presente un evento con una intensidad mayor o igual a i , durante un periodo de exposición t , y conocida la vulnerabilidad V_e , entendida como la predisposición intrínseca de un elemento expuesto e a ser afectado o ser susceptible a sufrir una pérdida ante la ocurrencia de un evento con intensidad i , el riesgo R_{ie} puede entenderse como la probabilidad de que se presente una pérdida sobre el elemento e , como consecuencia de la ocurrencia de un evento con una intensidad mayor o igual a i .

$$R_{ie} = (H_i, V_e)$$

Es decir, la probabilidad de exceder unas consecuencias sociales y económicas durante un periodo de tiempo t dado.

En términos generales la "Vulnerabilidad" puede entenderse, como la predisposición intrínseca de un sujeto o elemento a sufrir daño debido a posibles acciones externas, y por lo tanto su evaluación contribuye en forma fundamental al conocimiento del riesgo mediante interacciones del elemento susceptible con el ambiente peligroso.

La vulnerabilidad de una estructura ante la presencia de un desastre natural depende principalmente del tipo de construcción, y se expresa en términos de daños o pérdidas potenciales esperadas según la magnitud del evento al que se expone.

La diferencia fundamental entre la amenaza y el riesgo está en que la amenaza está relacionada con la probabilidad que se manifieste un evento natural o un evento provocado, mientras que el riesgo está relacionado con la probabilidad que se manifiesten ciertas consecuencias, las cuales están íntimamente relacionadas no sólo con el grado de los elementos sometidos sino con la vulnerabilidad que tienen dichos elementos a ser afectados por el evento. Pero sí debemos tener claro que el riesgo de una amenaza dependerá de la naturaleza y ubicación del lugar.

1.1.5 Amenaza y riesgo sísmico

Los sismos consisten en liberaciones súbitas de energía de deformación de la corteza terrestre, acumuladas durante años en los sitios de la corteza terrestre donde tiene lugar esa deformación. Las causas principales de las deformaciones de la corteza terrestre se encuentran en las fuerzas que arrastran a los sectores de los que está compuesta (las llamadas placas tectónicas) y a las que se oponen fuerzas contrarias en las placas adyacentes. Sobre la naturaleza de todas estas fuerzas no hay claridad suficiente aún, pero que pueden deberse o bien a las altas temperaturas interiores de la Tierra, o a la fuerza de gravedad. Los sismos originados por esta causa tienen generalmente una profundidad media a alta.

Las fuerzas que se desarrollan en las placas tectónicas producen a su vez, agrietamientos dentro de la misma placa, conocidos como fallas geológicas. En ellas pueden manifestarse fuerzas derivadas de la actividad tectónica, que tienden a mover un sector de la falla, generando la reacción contraria en el sector opuesto de la misma, con lo que se origina el proceso de acumulación de energía de deformación.

Los sismos causados por fallas activas tienen en términos generales una profundidad pequeña a media, y son en consecuencia, de alta peligrosidad.

Las maneras usuales de medición de un sismo son las relativas a su energía, a su ubicación y a su manifestación en la superficie de las ciudades o sitios de interés. La energía del sismo se mide por medio de la Magnitud, ideada por Richter como un número sencillo.

La medición de la magnitud, así como la localización del sitio de ocurrencia del fenómeno (hipocentro) se realiza por medio de sismómetros. Como tal, la magnitud no es más que una medida referente al suceso mismo del sismo en el sitio de la liberación de la energía. Para sitios alejados del mismo, dicha energía se atenúa debido a las propiedades de amortiguamiento de las rocas por la que transitan las ondas sísmicas. Por esto, la manifestación sobre las ciudades de interés es más conveniente medirla en términos de los movimientos mismos del suelo. Esta medición, realizada por medio de acelerómetros, registra generalmente el movimiento del suelo en las tres direcciones del espacio, en términos de su aceleración, ya que en esta información está contenida la referente a la velocidad y a la deformación del suelo.

El movimiento del suelo es, en consecuencia, una función de la magnitud del sismo, su distancia al sitio de la ocurrencia de la liberación de la energía, y de las propiedades de atenuación de la misma provincia geológica.

Los estudios de amenaza sísmica buscan establecer, para cada sitio de interés, un sismo de baja probabilidad de ser excedido en un lapso que se considere adecuado como vida media de la edificación o de edificaciones a construir, de acuerdo a la información disponible sobre las fuentes sísmicas que afecten ese sitio.

Además de lo mencionado anteriormente los siguientes factores pueden influir sobre el impacto del sismo en las ciudades: la amplificación de las ondas sísmicas por parte de los suelos, licuación de suelos, movimientos en masa, asentamientos del suelo, tsunamis o maremotos y peligros indirectos.

La mayoría de los daños causados por sismos se deben a los fuertes movimientos del terreno. Eventos de grandes magnitudes han sido sentidos en áreas del orden de 5 millones de kilómetros cuadrados. Por esta razón, las decisiones de ingeniería se toman normalmente sobre la base de evaluaciones de grandes movimientos, expresados en términos de la máxima aceleración que se espera del movimiento en cada sitio.

América del sur en sus costas del Océano Pacífico son *Zonas de alta sismicidad y amenaza sísmica*. Algunos sismos de especial importancia han ocurrido entre Costa Rica y Panamá (8.3; 1904), la frontera entre Colombia y

Ecuador (8.9; 1906), en el Perú (8.6; 1942), al norte de Santo Domingo (8.1; 1946) y en Chile (8.4; 1960).

Aproximadamente 100000 habitantes de esta región han muerto como consecuencia de los terremotos durante el siglo XX, 50000 como consecuencia de erupciones volcánicas y la cantidad de heridos supera ampliamente a la de muertos.

Los centros educativos son elementos expuestos que pueden sufrir graves daños como consecuencia de la ocurrencia de sismos intensos. En otras palabras el riesgo sísmico de los centros educativos puede llegar a ser muy alto, razón por la cual es necesario construir las nuevas edificaciones con requisitos sismorresistentes adecuados de acuerdo con la Amenaza sísmica de cada zona y también es necesario evaluar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones existentes, con el fin de identificar sus debilidades y diseñar y construir las intervenciones físicas o reestructuraciones que sean necesarias.

1.2 EXPERIENCIAS DE AFECTACIÓN DE EDIFICACIONES ESCOLARES

Un amplio número de centros educativos ha sufrido graves daños o han llegado al colapso funcional o estructural como consecuencia de eventos naturales intensos (sismos). A continuación se presentan algunos ejemplos:

México

La ciudad de México sufrió la acción de un sismo de magnitud 7,5 en julio de 1957; el epicentro fue ubicado en la costa del Pacífico y la intensidad registrada en la ciudad fue de Grado VII en M.M.

A consecuencia del sismo un local de enseñanza en la zona del lago Texoco sufrió graves daños. Una estructura aporticada colapsó totalmente, salvándose sólo la cimentación; mientras que el cuerpo de aulas, con muros regularmente distribuidos según los ejes de simetría del edificio presentó grietas en columnas, vigas y muros con una inclinación de 45°.

Es evidente el trabajo que desarrollan los muros de relleno cuando la estructura es sometida a fuerzas horizontales, pues esencialmente no había

ninguna diferencia entre los dos cuerpos del edificio. En algunos casos, los muros empotraban la columna produciéndose el problema de columna corta, y en otros, ayudaban a la torsión, sobretodo los muros perimetrales.

No debe olvidarse, que el suelo de cimentación era blando, por lo que es muy posible que haya existido el fenómeno de resonancia en esa área.

El día 15 de junio de 1999, aproximadamente a las 15:40 horas ocurrió un sismo de 6.7 grados en la escala de Richter (Mw. 7), cuyo epicentro se ubicó a unos 20 km al sur-suroeste de la ciudad de Tehuacan, Puebla y a unos 55 km al noreste de la ciudad de Huajuapán de León, Oaxaca.

El sismo destruyó o afectó seriamente un número apreciable de viviendas, escuelas, algunos centros de salud y un cierto número de edificios públicos.

El sector educativo de Puebla resultó afectado en 870 escuelas. El costo de reparación de las mismas se estimó en 127.8 millones de pesos. Mientras que en Oaxaca, ocurrieron daños en la infraestructura escolar de siete distritos de la región Mixteca y el distrito de Teotitlán en la región de la Cañada. En ellas fueron reportados 468 centros educativos con algún tipo de daño, que comprometieron un número superior a las 2 mil aulas. Los alumnos afectados por esta situación sumaron 56 mil. Los servicios educativos fueron suspendidos los días 16 y 17 de junio a efecto de valorar los daños y dictaminar el estado de las instalaciones.

En lo general, llama la atención la magnitud de los daños ocurridos en escuelas y hospitales, si se tiene en cuenta que el sismo tuvo una intensidad moderada a baja. Este tipo de construcciones, debido a su importancia no deberían haber presentado el nivel de daño observado.

El día 30 de septiembre de 1999 ocurrió un sismo en Oaxaca que causó daños de consideración a los sectores en circunstancias críticas, cuando aún no se recuperaban del movimiento telúrico sufrido apenas el mes de junio anterior. La magnitud de este nuevo sismo (Mw. =7.5) fue similar al que azotó al mismo estado en enero de 1931 (Mw. =7.8) causando gran destrucción, particularmente en la ciudad capital.

En el sector educativo, se observa que los edificios que demandan mayor presupuesto para su rehabilitación son edificios destinados a educación primaria, le siguen los de preescolar y secundaria.

Chile

En mayo de 1960, el territorio chileno fue sacudido por una serie de temblores. Un edificio de enseñanza de 3 pisos, ubicado en Concepción, en terrenos ganados al mar, sufrió considerables daños. La estructura era de marcos metálicos con columnas de fachada huecas y ligeramente sobresalidas. La planta baja estaba arriostrada en ambas direcciones con diagonales metálicas y las juntas de la estructura eran soldadas.

En este caso las fallas ocurrieron porque las juntas fueron defectuosas y la flexibilidad de las plantas superiores excedió a la supuesta, quizás en buena parte a la disposición desfavorable de las columnas perimetrales. Además, es casi seguro que se hayan desarrollado fuerzas cortantes horizontales superiores a las supuestas en el diseño. Esto debido a la elevada magnitud de las fuerzas sísmicas que se presentaron, la cual debe atribuirse a dos causas: por una parte, la estructura descansaba casi superficialmente sobre un manto muy grueso pero en estado relativamente suelto y en su mayor parte saturado (terrenos ganados al mar), esto hizo que las ondas sísmicas llegaran a la base, especialmente las de corto periodo, sin que la presencia de manto compresible trajera consigo los beneficios que se derivan del amortiguamiento de las ondas de periodo corto, como cuando éstas deben atravesar un manto blando de gran espesor. Por otra parte, las características estructurales llevaban a periodos cortos por el reducido número de pisos y la gran rigidez de la planta baja. Así es probable que el periodo fundamental del edificio antes de que sucedieran las fallas, haya coincidido aproximadamente con el periodo dominante del terreno subyacente, y que las ondas de ese periodo hayan poseído de por sí una importancia excepcional dada la brevedad del mismo y la proximidad del foco, y se hayan visto amplificadas grandemente sin sufrir un amortiguamiento de importancia al atravesar el relleno artificial.

Colombia

El 25 de enero de 1999, a las 1:19 p.m. hora local (18:19 GMT), se presentó un terremoto de 6.2 ML en la zona Centro-Occidental de Colombia (4.41° N, 75.72° W). Dicho evento causó graves daños en la ciudad de Armenia (270,000 hab.), capital del Departamento de Quindío; en la ciudad de Pereira (380,000 hab.), capital del Departamento de Risaralda, y en un amplio número de pequeños poblados (35) alrededor de estas ciudades en varios departamentos. El sismo afectó principalmente a las poblaciones de la zona cafetera de Colombia.

Las estructuras de un amplio número de escuelas y colegios fueron fuertemente afectadas. Se estima que cerca del 80% de las edificaciones educativas de la zona sufrieron daños moderados a severos. El principal problema encontrado fue la falla por columna corta en las edificaciones.

Perú

El sismo del 17 de octubre de 1966 ocurrido 230 km al noroeste de Lima ocasionó graves daños a la ciudad de Lima, principalmente en las localidades de La Molina, Callao, Chorrillos, Rímac.

En el **colegio Reina de los Ángeles** de la Planicie, en la Molina, fallaron varias aulas, lo mismo ocurrió en el **colegio La Recoleta** por encontrarse en una zona de interfase de Suelos. Los daños sufridos se debieron principalmente al problema de columna corta, el cual estaba presente en los pabellones de dos plantas; y también a la gran asimetría existente, lo cual se debió a la falta de coordinación entre la parte arquitectónica y la parte estructural. Esto produjo el fenómeno de torsión, el cual, posiblemente, no fue tomado en cuenta.

En el Callao, el **colegio San José** sufrió considerables daños; mientras que en San Juan de Miraflores, la **escuela primaria N° 680** reveló serias deficiencias en la construcción y problemas en las columnas del primer piso, las cuales acabaron desviadas

También se produjeron daños en las localidades de Huacho, Huaral, Chancay, Barranca, Casma y Chimbote, donde se declararon en emergencia al 60% de los colegios de secundaria y al 90% de primaria. El **Colegio Nacional**

Alonso de Mesías de Pacaraos, en la sierra de Huaral, se derrumbó parcialmente, haciendo imposible su reparación.

El 31 de mayo de 1970 ocurrió un devastador sismo en el departamento de Ancash, el cual dejó el saldo de 6730 aulas destruidas.

El **Colegio Regional de Chimbote** resultó seriamente dañado. Uno de los edificios de dos pisos presentó fallas por columnas cortas en el primer piso, produciendo un asentamiento en la losa del segundo nivel.

En Casma (300 km al norte de Lima) colapsó el **Colegio Nacional Mariscal Luzuriaga**. La estructura era aporticada de concreto armado con tabiquería de ladrillo de dos plantas. Falló por las siguientes causas:

- Cercanía del epicentro y la gran liberación de energía del sismo (Magnitud 7,75) y la alta intensidad VIII M.M.
- Posibilidad de resonancia entre el suelo y la estructura, dando como resultado una alta respuesta espectral. Esto se sustenta por el hecho de que edificaciones bajas con gran porcentaje de muros de albañilería de ladrillo, y suelos de tipo duro (clasificación desde el punto de vista sísmico), tienen periodos de vibración similares relativamente bajos (alrededor de 0,1 seg.) y precisamente éstas son las características que tienen la edificación y el suelo del colegio.
- Deficiencias en la concepción al analizar la estructura en el espacio para determinar su comportamiento ante sollicitaciones sísmicas, dando como resultado una distribución no simétrica de masas y rigideces, propiciándose así el colapso de la estructura al fallar principalmente las columnas por rigidización de las mismas por muros laterales, produciéndose la falla por cortante (columna corta).
- Deficiencias en la construcción de la edificación al emplearse hormigón en la elaboración del concreto de las columnas, siendo por tanto heterogénea la resistencia del concreto de las mismas y de muy baja calidad e inferior a la especificada en los planos estructurales.

En el distrito de San Martín de Porres, en Lima, el **Colegio Fiscal “Dos de Mayo”** resultó afectado debido a que fue construido sobre un basural y los cimientos cedieron.

El sismo del 03 de octubre de 1974, cuyo epicentro se ubicó 90 km al suroeste de Lima, tuvo una duración de más de 90 segundos. Las zonas más afectadas en Lima Metropolitana fueron Callao, Chorrillos y La Molina; además algunas poblaciones costeras como Lurín, Chilca, Mala, Imperial, Cañete, Chincha y Pisco. Según el Instituto Geofísico del Perú, en el distrito de San Martín de Porres se registró una Intensidad de V. El sismo fue seguido por varias réplicas en la que destaca la del 09 de noviembre de 1974.

En el Cercado de Lima, el segundo nivel del **Colegio Nacional de Nuestra Señora de Guadalupe** quedó inhabilitado, además se produjeron daños en la mampostería.

En la Molina el **Colegio Reina del Mundo** sufrió graves daños en su estructura debido a la escasa dimensión de los aceros, lo cual origino la baja resistencia frente a las fuerzas sísmicas, además la mampostería de ladrillo no tenía ninguna conexión con la estructura.

El **Colegio Villa María** sufrió daños menores comparados con el colegio anterior, el sismo produjo desprendimientos del revestimiento en los muros y columnas.

El **Colegio La Recoleta** presentó daños en su mampostería de ladrillos, ya que estos no tenían vinculación con la estructura y por lo tanto colapsaron, también se presentó el caso de columna corta y se observó gran espaciamiento de los estribos.

El sismo producido el 12 de noviembre de 1996 en Nazca causó la destrucción de centenares de escuelas rurales, construidas con adobe, lo que era de esperar dadas las limitaciones que en su comportamiento sísmico tiene dicho sistema. Sin embargo, lo preocupante fue encontrar que los modernos centros educativos construidos por el estado a través de INFES resultaron seriamente

dañados. Según informe preparado por CISMID¹, en estos últimos centros educativos, con estructura de concreto armado y albañilería confinada, se observaron problemas de diseño estructural e importantes defectos constructivos, los que han reducido la capacidad de las estructuras.

Se trata de edificaciones aporricadas, con columnas y vigas peraltadas en la dirección de los pórticos principales; mientras que en la dirección secundaria tienen elementos con poca capacidad resistente, como columnas de poco peralte. La influencia de los elementos no estructurales, como es el caso de los tabiques de ladrillo que resultan ligados a los pórticos y modifican el comportamiento de la estructura, fue una de las causas principales por las que fallaron las columnas, ya que presentaban juntas muy pequeñas o en otros casos simplemente éstas no existían.

Adicionalmente al problema anterior, en algunas columnas falladas se encontró una inexplicable falta de estribos y en otros casos una insuficiente cantidad de éstos en los extremos superiores de las columnas, lo que las hizo incapaces de absorber los esfuerzos cortantes del sismo. Este problema sólo atribuible a una evidente irresponsabilidad de quienes construyeron dichos centros educativos (empresas constructoras privadas), y a la deficiente labor de supervisión técnica por parte del organismo contratante de dichas obras, puso en evidente riesgo la vida de miles de niños, representando además pérdida económica para el estado por obras públicas mal ejecutadas.

Debido al sismo ocurrido en la zona sur del Perú el 23 de junio del 2001, se vieron afectados los departamentos de Arequipa, Moquegua y Tacna principalmente.

En el **centro escolar Casimiro Cuadros** en Arequipa, cuyos pabellones fueron construidos en épocas diferentes, empleando normas y criterios de diseño distintos y con una marcada diferencia en la calidad de construcción, el sismo debió mover la cimentación de todos los bloques, de manera muy parecida, (ya

¹ Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID). Resumen del informe del sismo de Nazca del 12 de Noviembre de 1996. Revista El Ingeniero Civil, Nº 107 y Nº 108 marzo – junio 1997.

que están sobre el mismo perfil de suelo y hasta algunos tienen la misma orientación. Sin embargo cada pabellón tuvo un comportamiento distinto.

Los pabellones tradicionales, con sistemas muy flexibles, tuvieron fallas de columna corta. En uno de estos pabellones la mala calidad de la construcción, agudizó el problema a tal extremo que la mejor alternativa era su demolición. En cambio el pabellón rígido, construido con los criterios del código peruano vigente no presentó daño, ni en la propia estructura ni en los elementos no estructurales.

Lo encontrado Colegio "Casimiro Cuadros" es un buen ejemplo de lo observado en otros centros educativos de la zona afectada: pabellones muy flexibles con daños por problemas de columna corta y pabellones rígidos sin daños.

El **colegio San Agustín de Hunter** es un edificio de 3 pisos construido el año 1995. El modelo es conocido como Modelo APENKAI con una torre octogonal conectado a un pabellón de aulas. El pabellón de aulas es una estructura de concreto armado con muros de albañilería confinada en una dirección y sistema aporticado en la otra.

La estructura fue reforzada en el año 2000, adecuándola parcialmente a la Norma de Diseño Sismorresistente E-030 del Reglamento Nacional de Construcciones (1997). Se produjeron daños importantes en los componentes estructurales y no estructurales. Se aprecian grietas en los muros de albañilería, así como en vigas y columnas en todos los niveles, principalmente en la dirección paralela a los pasillos debido a su menor rigidez.

En la **Universidad Nacional San Agustín** de Arequipa los daños también se debieron a la excesiva flexibilidad de los edificios, lo que ocasionó la falla de columna corta en muchos pabellones. En el pabellón de Ingeniería Electrónica se había tratado de evitar el problema de columna corta empleando ventanas entre la columna y los tabiques; sin embargo la poca rigidez del edificio y el marco de la ventana fueron suficientes para que se iniciara la falla de columna corta. En el edificio de la Biblioteca, dos escaleras tipo alfombra, unidas al suelo y al primer techo, fallaron al verse solicitadas axialmente debido a que el movimiento del edificio no pudo ser controlado por el sistema aporticado.

El **colegio Angela Barrios** fue el más afectado en la ciudad de Moquegua. En uno de los pabellones, las columnas interiores fallaron por el problema de columna corta perdiendo más de 30 cm. de altura; luego el techo se inclinó y sobrevino la falla en las columnas exteriores. El colegio se ubica en un terreno con pendiente, y el pabellón dañado se encuentra elevado entre 2 y 4 metros sobre el nivel del terreno natural. Es probable que un problema de cimentación y mala calidad constructiva hayan agudizado la vulnerabilidad natural del sistema estructural empleado.

El nuevo local del **Colegio "Santa Fortunata"** en el Cerrillo, Moquegua, es arquitectónico y estructuralmente algo diferente al colegio estatal tradicional. El sistema estructural consiste de pórticos de concreto armado adecuadamente aislados de los tabiques y ventanas. Según información proporcionada por el personal administrativo del colegio, se trataría de un proyecto desarrollado en México. La estructura del local no sufrió daño, pero los tabiques, aislados de la estructura, quedaron inestables con una gruesa grieta de separación en su base.

En la ciudad de Tacna fueron afectados importantes colegios debido al efecto de columna corta y la presencia de pocos muros en una dirección.

En general, los edificios educativos construidos por INFES según los criterios de la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente de 1997 no presentaron daño, ni en la estructura, ni en tabiques. El sistema estructural de estos bloques consiste en muros de albañilería en una dirección y columnas de peralte importante en la dirección longitudinal.

En aquellos construidos entre 1993 y 1997, con la anterior Norma de Diseño Sismorresistente se tienen diferentes resultados: muchos tienen daños mínimos, pero muchos otros presentan daños importantes. El problema es que esos locales tienen pórticos de poca rigidez lateral en la dirección longitudinal y los tabiques altos o bajos tienen una junta de separación insuficiente con las columnas. Estas juntas en muchos casos están rellenas, no cumpliéndose el objetivo de separar las columnas de los tabiques y evitar las columnas cortas.

1.3 IMPORTANCIA Y FUNCIÓN DE LAS INSTALACIONES EDUCATIVAS

1.3.1 Centros educativos en situaciones de desastres

Las instalaciones críticas, por su singularidad, al ser dañadas, destruidas o al interrumpirse sus servicios por un evento catastrófico, pueden perturbar actividades de suma importancia para la población. En el caso particular de los planteles educativos, se produce un colapso de su función normal al ser utilizados como centros de apoyo y asistencia de la emergencia, ya que sirven como albergues temporales para damnificados y como centros de distribución de alimentos, medicinas y ropa. Según el grado de afectación de la comunidad, podríamos hablar de períodos de inutilización de la planta física para fines didácticos, de días, semanas o meses, dependiendo de cada situación específica, no contando en la mayoría de los casos con estrategias efectivas para que se asignen de manera ágil los recursos necesarios para una rápida rehabilitación de la infraestructura física escolar (entendida como edificaciones, mobiliario, equipo y material didáctico), que sufre un deterioro considerable al producirse el cambio de uso en los planteles, producto de una emergencia.

Podemos afirmar que la alteración que se da en la forma de vida habitual de los pobladores, producto del desastre, se refleja directamente en el Sector Educación en:

- a) La paralización o retraso del curso lectivo y por ende de las actividades escolares.
- b) En la deserción escolar debida a las migraciones o a los requerimientos de mano de obra para la reconstrucción o rehabilitación de los espacios físicos.
- c) En una considerable disminución del rendimiento académico y docente, aunado a traumas psicológicos, físicos y afectivos.
- d) En un incremento de la problemática social y disminución de la calidad de vida de la población damnificada.

Un aspecto muy importante a destacar es que el Sector Educación cumple la función primordial de asegurar la formación de recursos humanos y la

promoción de actividades científicas y culturales que contribuyan al desarrollo económico y social de los países. En este contexto, la capacidad y la calidad de la infraestructura educacional son determinantes para el logro de un desarrollo progresivo del Sector.

Según estudios realizados por técnicos del Centro Nacional de Infraestructura Física Educativa – CENIFE (Costa Rica), un alto porcentaje de las edificaciones escolares es vulnerable a los desastres naturales debido a:

- a) Desconocimiento de los planificadores y ejecutores de proyectos constructivos, sobre las amenazas naturales en el ámbito local, regional y nacional, al momento de seleccionar los terrenos y la posterior edificación de los planteles educativos.
- b) Prácticas inadecuadas de diseño, construcción, o al efectuar modificaciones, principalmente en proyectos de autoayuda comunitaria, donde muchas veces se excede la capacidad técnica de las comunidades. En otros casos tampoco se logra la asesoría y supervisión de profesionales en el campo.
- c) Un alto nivel de deterioro debido al mal uso del edificio escolar, excesiva carga de trabajo, crecimiento anárquico de la planta física, barreras arquitectónicas, robos y vandalismo.
- d) Limitados presupuestos gubernamentales para obra nueva, así como para mantenimiento, rehabilitación y reforzamiento de la infraestructura física escolar existente.
- e) Falta de atención por parte de la comunidad educativa a los requerimientos de mantenimiento recurrente, preventivo y correctivo de los edificios escolares.
- f) Desconocimiento o incumplimiento de la normativa legal establecida para construcción, reparación o rehabilitación de la planta física educativa.

Esta vulnerabilidad está sustentada además en una alta dependencia del Estado, en la ausencia del sentido de pertenencia y en la carencia de una cultura de prevención, conservación y mantenimiento, por parte de la comunidad educativa.

Por consiguiente, los edificios escolares deben recibir alta prioridad para el reforzamiento antes del desastre, garantizar su estabilidad estructural y

seguridad para sus ocupantes, para las operaciones de emergencia y para que se de la reparación rápida al ocasionarse en ellos daños o interrupciones.

Los centros educativos requieren consideraciones especiales en relación con la mitigación de desastres debido a las características de ocupación y el papel de las instalaciones durante un desastre.

1.3.1.1 Características de Ocupación

Los centros educativos pueden tener una alta población de alumnos, funcionarios, empleados y visitantes. Por esta razón la protección de todos los ocupantes debe ser asegurada. Se debe hacer un análisis de vulnerabilidad de las instalaciones y, si es necesario, la instalación debe ser reforzada de acuerdo con los requisitos actuales de diseño y construcción.

También puede ser necesario, en algún momento durante el evento peligroso, evacuar las instalaciones. Esto se convierte en un problema grave si el evento se presenta cuando hay muchos visitantes; por lo general los padres de familia, quienes no están familiarizados con los procedimientos de evacuación.

1.3.1.2 La Instalación en situación de desastre

En caso de desastre, un centro educativo debe garantizar la seguridad del alumnado y demás personas que se encuentren en las instalaciones. Es muy importante que el personal que labore en él esté preparado para responder a la situación; sobretodo en lo referente a la movilización de los alumnos hacia las zonas de seguridad identificadas.

El contenido de las edificaciones causa más problemas cuando ocurren terremotos. Muchos daños pueden ser evitados aplicando medidas sencillas y poco costosas, como asegurar los estantes a las paredes y colocar las plantas y equipos en posiciones estratégicas y seguras.

1.3.2 Costos económicos y sociales

La educación es entendida generalmente como un derecho individual y de toda la comunidad. Por esta razón, en muchos países las instalaciones educativas

son de propiedad del estado y la operación la lleva a cabo el gobierno. En la mayoría de los casos la educación es financiada por rentas generadas principalmente de impuestos, razón por la cual la educación pública se imparte a bajo costo y depende de la capacidad económica de los gobiernos. En otras palabras, debido a que la infraestructura educativa es creada con inversión gubernamental, su supervivencia depende del estado de la economía y desarrollo de los gobiernos.

Cualquier impacto adverso a la economía del país afectará su capacidad para ofrecer una adecuada educación. De otra parte, debido a la importancia y costo de la infraestructura educativa, un daño severo a la misma afectará también las finanzas públicas debido al costo que significa la rehabilitación y reconstrucción.

En los últimos años, se han destinado muchos recursos a la construcción de centros educativos; no obstante que este capital no genera renta y puede crear una carga adicional al gobierno al tener que encontrar recurrentemente los recursos que le permitan el manejo de las instalaciones en forma adecuada. Esto hace que sea muy importante asegurar que todas las inversiones en programas sociales, particularmente en tiempos de dificultad económica estén aseguradas y no sujetas al azar de las amenazas naturales.

1.4 VULNERABILIDAD DE LOS CENTROS EDUCATIVOS

Los centros educativos son instalaciones esenciales para enfrentar un desastre debido a que cumplen el papel de refugio; sin embargo son también instalaciones altamente vulnerables.

a) Complejidad

Los centros educativos son edificaciones complejas que deben cumplir dentro de sus instalaciones las funciones de enseñanza, oficinas y laboratorio.

El aspecto de enseñanza involucra el hecho de que las escuelas albergan durante gran parte del día el más alto porcentaje de la población infantil y juvenil de nuestro país. Existen numerosos ambientes y corredores largos, además están las oficinas administrativas, laboratorios y zonas de recreo que serán ocupadas por un amplio número de alumnos.

b) Ocupación

Los centros educativos son edificios altamente ocupados. Estos reciben niños, adolescentes y jóvenes que pasan muchas horas al día en sus instalaciones. Deberá tenerse especial cuidado con los más pequeños.

c) Artículos Pesados

Muchos centros educativos tienen equipo, materiales o útiles de escritorio en estantes altos o cerca de las carpetas de los alumnos; estos pueden caer y causar serios accidentes.

1.4.1 Características que los hacen vulnerables

De las características que hacen vulnerables a los centros educativos se pueden agrupar en tres grupos con la finalidad de evaluar su vulnerabilidad sísmica.

Vulnerabilidad Funcional

Vulnerabilidad No – Estructural

Vulnerabilidad Estructural

1.4.2 Vulnerabilidad Funcional

La vulnerabilidad funcional se da en términos de los efectos de un desastre en el buen funcionamiento de una edificación para el fin que tiene propuesto. En el caso de las escuelas, su función primordial es la de centro de enseñanza, pero en casos de desastre también puede servir con fines de ayuda en emergencia. Por esto, debe ser incluida la vulnerabilidad funcional en una evaluación.

Desde el punto de vista funcional, también es necesario hacer referencia a los aspectos externos, relativos a la selección del terreno, su tamaño, los servicios públicos, las restricciones ambientales, las vías adyacentes y su conexión con el entramado urbano. Igualmente, es necesario considerar la zonificación general; es decir, las interrelaciones, circulaciones primarias y secundarias, privadas y públicas y accesos generales.

1.4.3 Vulnerabilidad No Estructural

Ésta implica los sistemas arquitectónicos de la edificación; un edificio que sufra daños no estructurales severos puede ser tan mortal como uno que sufra daños estructurales. La falla en los elementos no estructurales de un edificio puede causar la inhabilitación del edificio para su buen funcionamiento o para su ocupación temporal, o puede llegar a causar gran cantidad de pérdidas humanas, además de materiales.

Los elementos arquitectónicos también están sujetos a un diseño y deben cumplir con normas especiales para resistir la avenencia de un evento de desastre. Muchas veces, las pérdidas más grandes se han dado en edificios que no colapsaron, pero que sus elementos no estructurales fueron incapaces de soportar el evento.

De allí que la vulnerabilidad no estructural sea también de gran importancia en una evaluación pre- y post-desastre como un factor de peligro en caso de un sismo, huracán, deslizamiento, etc.

Este aparte está enfocado a enfatizar la prevención del "desastre interno" o "falla no estructural". También se refiere a las fallas de elementos no estructurales que puedan afectar la integridad de la estructura misma.

1.4.4 Vulnerabilidad Estructural

La vulnerabilidad estructural es el grado en que pueden afectarse los elementos estructurales de una edificación; son todos los aspectos ingenieriles de un edificio y que son la base soportante del mismo.

Los elementos estructurales de un edificio se conciben en el diseño, dónde se les debe prestar la primera atención para que cumplan con los requerimientos necesarios para soportar un desastre; luego, en la etapa de construcción se debe cuidar de utilizar los métodos adecuados y los materiales de buena calidad; por último, al hacer reparaciones o al reforzarlos, se debe tomar en cuenta el riesgo al que se expone la edificación y sus ocupantes debido a las amenazas naturales.

Capítulo II

TECTÓNICA Y SISMICIDAD DE PERU

El Perú, es uno de los países de mayor actividad sísmica en el mundo, siendo ésta principalmente relacionada con el proceso de subducción de la placa oceánica (Nazca) bajo la placa continental (Sudamericana). Este proceso genera una constante acumulación de energía que se libera en forma de terremotos, por lo tanto está expuesto a la pérdida de vidas humanas y pérdidas materiales. Entonces, es necesario realizar evaluaciones de vulnerabilidad de instalaciones escolares para poder planificar y mitigar los grandes efectos que trae consigo.

El cálculo de los parámetros hipocentrales de terremotos ocurridos en Perú, han mostrado que estos ocurren a diferentes profundidades, teniendo como máximo la profundidad de 700 Km. Esta característica ha permitido clasificar a los sismos de acuerdo a la profundidad de sus focos en sismos con foco superficial, foco intermedio y foco profundo.

2.1 PRINCIPALES ELEMENTOS TECTONICOS DE PERU

Las características tectónicas de Perú, pueden ser descritas o evaluadas en función de su Zonificación Morfológica y Tectónica.

2.1.1 Zonificación morfológica

Este tipo de zonificación permite distinguir para el Perú, cinco zonas morfológicas según Tavera y Buforn (1998) referidas a la estructura y características del relieve terrestre, tal como se muestra en la Figura 2.1.

La Zona Costera (Z C)

Esta zona está formada por una estrecha banda de terreno, la cual esta limitada por el oeste con el Océano Pacífico y por el este con una estructura maciza de roca ígnea, llamada Batolito costero. Esta zona tiene en promedio un ancho de 150km en la región Norte y de 40km en la Sur. La zona costera se

extiende hasta una cota de 300 metros sobre el nivel del mar y de 100 metros bajo el nivel del mar.

La Cordillera Occidental (C. OC)

Esta zona se constituye como la de mayor volumen y está formada mayormente por un Batolito granítico cuyas crestas tienen una altitud de 5000 m en la región Norte y Centro del Perú. En la región Sur esta altitud disminuye. Esta zona considera el Batolito costero, parte de la zona del altiplano y su ancho aumenta conforme se extiende hacia el sur. En la Cordillera Occidental, el volcanismo se presenta a partir de 13° S hacia el sur por decenas de kilómetros.

El Altiplano

El Altiplano se encuentra localizada entre la Cordillera Occidental y la Cordillera Oriental nítidamente diferenciada en las regiones Centro y Sur de Perú. Esta unidad se localiza en las altas mesetas del altiplano a unos 3,000m. En la parte central del Perú, esta unidad tiene un ancho de 10 a 50 km y en la sur de 120 km al nivel del Lago Titicaca.

La Cordillera Oriental (C. OR)

Esta unidad morfológica se encuentra bien definida de Norte a Sur. La Cordillera Oriental en promedio alcanza una altura de 3 700-4000 m. La unidad se localiza entre el Altiplano y la Zona Subandina y esta compuesta por una zona extensa de plegamientos en la cual las estructuras buzcan en sentido contrario de la dirección de formación de los plegamientos. En la región sur a la altura de 12°S, la Cordillera Oriental toma una dirección E-W para luego continuar paralela a las unidades mencionadas anteriormente.

La Zona Subandina

Corresponde a las faldas o laderas de los Andes limitados por el Oeste por la Cordillera Oriental y por el Este con el escudo brasileño. Esta zona es de anchura variable y es aquí en donde se amortiguan las estructuras andinas formando plegamientos de grandes longitudes de onda. En esta zona se localizan los principales sistemas de fallas inversas orientadas en la dirección NW-SE.

2.1.2 Zonificación tectónica

Este tipo de zonificación permite identificar los diferentes relieves formados en Perú por efectos de la tectónica de placas; es decir, por la colisión de la placa oceánica de Nazca y la placa continental o Sudamericana. Este contacto de placas, conocido como subducción, es causante de todos los procesos orogénicos que se desarrollan en el continente (Figura 2.1).

La Fosa Marina

La fosa marina, indica de Norte a Sur y paralelo al litoral costero, el límite de contacto entre la placa oceánica y la placa continental. Este límite tiene la forma de una fosa de gran extensión, la misma que alcanza profundidades de hasta 8000m. Esta fosa está formada por sedimentos que han sido depositados sobre rocas pre-existentes.

La Cordillera Andina

La Cordillera Andina se ha formado como producto del proceso de compresión entre la placa oceánica y la placa continental en diferentes procesos orogénicos. Esta cordillera esta conformada en general por rocas ígneas plutónicas que afloraron a la superficie terrestre por procesos tectónicos. La Cordillera Andina se distribuye en el Perú de Norte a Sur, alcanzando un ancho de 50km aproximadamente en las regiones Norte y Centro hasta 300km en la región Sur.

Así mismo, la Cordillera Andina se orienta en promedio en dirección NW-SE, aunque a la altura de la latitud de 13° S, esta se orienta en dirección E-W a lo largo de la deflexión de Abancay. Estudios de sismicidad, muestran que la Cordillera Andina tiene espesores del orden de 51km en la región Central (Tavera, 1993); mientras que en la región Sur su espesor sería de 75km aproximadamente (James, 1978).

Los Sistemas de Fallas

Los diferentes sistemas de fallas que se distribuyen en el continente, se han formado como un efecto secundario de la colisión de placa oceánica y la placa continental. Todos deben su origen a una distribución heterogénea de esfuerzos tensionales y compresionales en el interior del continente. Este proceso generó la presencia de plegamientos y fracturas en la corteza terrestre. Estos sistemas de fallas se localizan en el altiplano y en la región Subandina de Norte a Sur. Asimismo, estos sistemas se localizan en los pies de las Cordilleras o nevados (Cordillera de Huaytapallana, Cordillera Blanca, Cordillera de Vilcabamba) (James, 1978) y entre los límites de la Cordillera Occidental y la zona costera (Falla de Marcona, Huaypira, etc.).

La Cadena Volcánica

La formación de la cadena volcánica según algunos autores (Udias y Mezcuca, 1997), se debe a la colisión entre los márgenes de las placas Sudamericana y de Nazca; siendo el primero un margen continental y el segundo oceánico. En el Perú, la cadena volcánica se localiza al Sur de la Cordillera Occidental con conos volcánicos activos como los de Ampato, Coropuna, Paucarani, Misti, Ubinas, Sarasara, etc. Según Udias y Mezcuca (1997), los volcanes de la región Sur del Perú deben su origen a una subducción de tipo normal de mayor pendiente mediante el cual el material del manto participa en los diferentes procesos que producen el ascenso del magma. En la región Norte y Centro de

Perú hay una ausencia de volcanes debido al proceso de subducción en estas regiones tiende a ser casi horizontal.

Dorsal de Nazca

Esta cadena montañosa o cordillera se localiza en el océano Pacífico entre 15°S y 19°S. La dorsal esta formada por rocas volcánicas con capas de minerales en los cuales predomina el hierro, magnesio, potasio y sodios cálcicos (Marocco, 1980); siendo, estos minerales más comunes en la corteza terrestre. La estructura de la Dorsal de Nazca es producto de un proceso de distensión de la corteza oceánica y se estima que su formación tiene una edad de 5 a 10 millones de años (Marocco, 1980).

2.2 SISMICIDAD HISTORICA

Silgado (1968, 1978, 1985) realizó la más importante descripción ordenada de la historia sísmica del Perú. En la figura 2.2 y cuadro 2.1 se muestran los terremotos con intensidad $I_0 \geq VIII$ MM para el periodo 1513 – 1959. En esta figura se observa que los terremotos se distribuyen principalmente a lo largo de la línea de costa Centro y Sur. Desde el siglo XVI hasta el siglo XIX solo se reportan los sismos sentidos en las ciudades principales, indicando que dicha actividad no es totalmente representativa, ya que pueden haber ocurrido sismos importantes en regiones remotas, que no fueron reportados.

Según Silgado (1978) y Dorbaht et al. (1990) en la costa central del Perú, los terremotos mayores son los de 1586, 1687 y el de 1746 que destruyó completamente la ciudad de Lima y generó un Tsunami de 15m a 20m de altitud ($I_0 = X$ MM). En la región sur, los terremotos más importantes son los de 1604, 1748 y 1868; este último es el mejor documentado y descrito en detalle por Montessus de Ballore (1911) y Vargas (1922). Estos terremotos destruyeron las principales ciudades del sur del Perú (Arequipa, Moquegua, Tacna y Puno). En la región Andina el único terremoto histórico documentado es el ocurrido en 1650, que destruyó la ciudad del Cuzco y fue sentido en Lima, Arequipa y La Paz. En la

zona central, el terremoto ocurrido en 1947 afectó un área máxima de 4000 km² y fue sentido en casi todo el Perú. Para el periodo 1513 – 1920, no existe información sobre terremotos ocurridos en la zona Andina y Subandina del norte y centro del Perú, pero en la actualidad se ha comprobado que estas regiones son sísmicamente muy activas.

Dorbaht et al. (1990) analizaron los grandes sismos históricos y obtuvieron cantidades estimadas de longitudes de ruptura en un diagrama espacio-tiempo de los grandes sismos históricos del Perú. Se muestra la existencia de tres zonas diferentes correspondientes a la segmentación de la placa de Nazca subducida en la placa Sudamericana.

La actividad sísmica en el Norte y Centro es compleja debido a la irregularidad de las longitudes de ruptura, la zona Sur tiene modelos sísmicos simple y regular, ya que ha experimentado cuatro grandes sismos cuyo tiempo de recurrencia es del orden de un siglo; ésta es una zona de alto riesgo sísmico.

2.3 SISMICIDAD INSTRUMENTAL

La información sismológica instrumental del Perú se encuentra recopilada en el catálogo Sísmico del proyecto SISRA (Sismicidad de la Región Andina, 1982), que tiene eventos desde el año de 1900. En este catálogo sísmico, depurando todas las réplicas y premonitorias quedando los sismos como eventos principales, se cuenta con 4276 eventos sísmicos.

En la figura 2.3 se presenta la sismicidad superficial ($H < 70\text{km}$) localizadas en el Perú hasta 1991. Los círculos indican profundidades inferiores a 33km y los cuadrados valores comprendidos entre este valor y 70km. La figura 2.4 describe la localización de sismos intermedios y profundos. Los triángulos representan profundidades entre 71 y 300km. y las estrellas focos entre 301 y 700km. Ambas figuras han sido tomadas de Castillo y Alva (1993). Se observa que la actividad sísmica en la zona norte y centro del país está distribuida en dos fajas sísmicas longitudinales a los Andes; una occidental a los Andes y exclusivamente producto de la subducción; y la otra oriental a los Andes.

2.4 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS SISMOS (1960 – 1995)

Los datos sísmicos utilizados a fin de realizar el análisis de la distribución espacial de los sismos en Perú corresponden al catálogo del National Earthquake Information Center (NEIC) para el periodo 1962—1995 complementado con los datos del Instituto Geofísico del Perú¹. Se ha procedido a clasificar los sismos de acuerdo a la profundidad de sus focos, estableciendo: foco superficial ($h \leq 60\text{km}$), intermedia ($60 < h \leq 350\text{km}$) y profundo ($h > 350\text{km}$). Se ha considerado únicamente sismos con $m_b \geq 4.5$, debido a que con esta magnitud los parámetros del sismo han sido mejor determinados; por lo tanto, los errores en su localización serán menores. Así mismo, se ha eliminado aquellos sismos que presentan focos a una profundidad de 33km que es la que se le asigna al sismo cuando no se resuelve la profundidad de su foco, especialmente cuando el sismo presenta foco superficial.

2.4.1 Sismos con foco superficial

En la Figura 2.5.a se presenta un mapa con sismos superficiales, los mismos que se distribuyen de Norte a Sur entre la línea de la fosa marina y la costa, siendo mayor su número en la parte Central y Sur de Perú. Esta sismicidad podría estar asociada al contacto de placas a niveles superficiales. En el interior del continente, los sismos se distribuyen a lo largo de la zona Subandina sobre los principales sistemas de fallas de tipo inverso y orientado en dirección NW-SE. En la región Sur, en el Altiplano, la distribución de los sismos superficiales es muy dispersa; mientras que, en la alta cordillera se observa alineamientos de sismicidad sobre las trazas de las fallas de Quiches (Ancash) y Huaytapallana (Huancayo).

¹ Oscar Pomachagua Pérez. Características Generales de la Tectónica y Sismicidad del Perú. Instituto Geofísico del Perú.

2.4.2 Sismos con foco intermedio

Estos sismos se encuentran localizados dentro de un rango de profundidad de 60 y 350 km. En la figura 2.5.b se observa que estos sismos se distribuyen entre la fosa marina y el litoral costero. En la región Subandina Norte y Centro de Perú, se observa que los sismos intermedios se distribuyen paralelos a la orientación de la Cordillera Andina. En la región Sur de Perú, la distribución espacial de sismos con foco intermedio es mucho más densa que en las regiones Norte y Centro. Esta sismicidad se localiza sobre todo el Altiplano abarcando parte la Cordillera Oriental y Cordillera Occidental.

2.4.3 Sismos con foco profundo

Estos sismos presentan su foco a profundidades mayores a 350 km. En la Figura 2.5.b se observa que estos sismos se localizan en la región Central y Sur del Llano Amazónico cerca de los límites de Perú con Brasil y Bolivia. Estos sismos cubren una extensión lineal de 500 km entre 6°S – 12°S, mientras que al sur se distribuyen de manera dispersa.

2.5 DISTRIBUCIÓN DE LOS SISMOS EN FUNCION DE LA PROFUNDIDAD DE SUS FOCOS

Se ha elaborado tres perfiles sísmicos con un ancho de 600 km aproximadamente, según las líneas consideradas en la Figura 2.5.b (AA', BB' y CC'). Estos perfiles corresponden las regiones Norte, Centro y Sur de Perú.

2.5.1 Región norte

La figura 2.6.a corresponde al perfil de la región Norte de Perú según la línea AA'. En esta figura se observa que los focos aumentan su profundidad conforme se distribuyen de Oeste a Este. Esta sismicidad se inicia a una profundidad de 30 km y se distribuye en profundidad con una inclinación de 10°-

15° aproximadamente hasta una profundidad de 150 km, constante hasta una distancia de 870 km desde la fosa (F). En esta región se observa una disminución del número de los sismos entre 320 y 480 km de distancia desde el punto A, sugiriendo que esta área puede corresponder a una zona asísmica. La distribución de los sismos en función de la profundidad de sus focos, nos describe la subducción de la placa oceánica bajo la placa continental.

2.5.2 Región centro

En el perfil de la región Central de Perú (Figura 2.6.b), se observa que los sismos tienen la misma distribución en profundidad que la mostrada para la región Norte; sin embargo, los sismos siguen una pendiente que va entre los 25° a 30° aproximadamente y a partir de los 450 km de distancia desde el punto B (nivel de referencia de la Figura 2.6.b), los focos de los sismos siguen una distribución prácticamente horizontal hasta una distancia de 950 km aproximadamente. Asimismo, en este perfil se observa la presencia de sismos con foco profundo, los mismos que se distribuyen entre 550-700 km. de profundidad y corresponden a los sismos localizados en el límite Perú Brasil.

2.5.3 Región sur

Para la región Sur de Perú (Figura 2.6.c), se observa la presencia de un mayor número de sismos, los mismos se distribuyen en profundidad siguiendo una pendiente que va entre los 25° a 30° hasta alcanzar 300 km de profundidad. Entre 300 y 500 km de profundidad, existe ausencia de sismos. Los sismos con foco profundo se localizan a la distancia de 650 m de distancia del punto C (nivel de referencia) y a una profundidad de 550—700 km.

Estas características generales de la sismicidad de Perú, ya han sido descritas por diversos autores utilizando datos tele-sísmicos, regionales y de

microsismicidad (Stauder, 1975; Barazangi y Isacks, 1976; Bevis y Isacks, 1984; Rodríguez y Tavera, 1991; Cahill y Isacks, 1992; Tavera y Buforn, 1998).

2.6 SISMICIDAD EN LIMA METROPOLITANA

La ciudad de Lima se ubica en la costa occidental de Sudamérica, en una franja desértica entre el Océano Pacífico y los andes. Lima está localizada en los conos de deyección de los ríos Rímac y Chillón, que descienden de los Andes al Océano Pacífico.

La región es parte del Cinturón Circum-Pacífico, que es una de las zonas sísmicas más activas del mundo. Los sismos en esta área se originan principalmente por la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana. Esta zona ha generado sismos de alta magnitud con periodos de recurrencia relativamente cortos.

De los terremotos ocurridos en el pasado reciente en la ciudad de Lima, son los de 1940, 1966 y 1974 los que han producido mayores daños en ciertas zonas de ésta. El terremoto del 24 de mayo de 1940 tuvo una magnitud de 8,2° Richter y alcanzó en Lima intensidades entre VII y VIII MM. causando importante destrucción en algunos distritos como Chorrillos donde el 80% de las viviendas colapsaron. El sismo del 17 octubre de 1966 con magnitud 7,5° Richter alcanzó intensidades entre VII y VIII en Lima.

El sismo del 3 de octubre de 1974, con aceleraciones máximas registradas de 260 gals, magnitud de 7,6° Richter e intensidades de hasta IX MM. tuvo una duración de 1 minuto 20 segundos y produjo daños importantes en El Callao, La Molina y Chorrillos.

De los terremotos más destructivos ocurridos en el pasado (1586, 1687 y 1746) se puede citar como uno de los terremotos más importantes al del 28 de octubre de 1746, que fue acompañado por un Tsunami de 15m a 20m de altitud en el Callao ($I_0 = X$ MM). De las 3000 viviendas existentes en Lima sólo quedaron en pie 25. Cayeron monasterios, conventos, hospitales y otras construcciones.

Aproximadamente 1141 personas perecieron de un total de 60000 habitantes; mientras que en el Callao de 4000 habitantes sólo pudieron salvarse unos 200.

Se dice que el periodo de retorno del sismo destructor ocurrido en octubre de 1746 ya se ha cumplido; de volver a ocurrir un evento similar sería sumamente desastroso, pues en Lima existen muchas zonas tugurizadas en donde predominan construcciones cuya vulnerabilidad frente a eventos sísmicos es alta. Además, se considera que entre el sur de Lima y Nazca se está produciendo un "gap" sísmico, correspondiente al terremoto de 1687, que no ha sido cubierto por otras descargas sísmicas desde entonces. Esto representa un peligro potencial para la capital del país y centros poblados del sur.

Como se puede notar después de una rápida revisión de la sismicidad de Lima Metropolitana y el Callao, la amenaza existe y los elementos expuestos son vulnerables por lo tanto el riesgo sísmico para esta ciudad es alto.

2.6.1 Distrito de San Martín de Porres

El distrito metropolitano de San Martín de Porres tiene un suelo donde predomina el conglomerado de gravas y arenas en estados desde suelto a compacto, de alta resistencia y baja compresibilidad. Sobre la base de los mapas de "Intensidad Probable de Lima Metropolitana" y de "Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú" (Alva et al., 1984), el sismo máximo probable para el distrito metropolitano de San Martín de Porres tendría una magnitud de 8.0 grados en la escala de Richter, produciría aceleraciones locales de 350 gals y alcanzaría intensidades de VIII MM a IX MM. A esta amenaza se suman la elevada vulnerabilidad de la vivienda predominante en el distrito calificada como antigua, tugurizada y precaria, y la de un entorno social en crisis.

Se puede colegir, que las intensidades VIII a IX para el Rímac y San Martín de Porres, tendrían localmente iguales o peores consecuencias que las intensidades sísmicas de VII MM. en las zonas tugurizadas del Cercado de Lima y La Victoria donde ocasionarían el colapso de unas 20000 viviendas originando 30 mil heridos.

Se recomienda afrontar la elevada amenaza sísmica desde el nivel central del estado con políticas integrales de desarrollo que permitan el ordenamiento de la ocupación y el uso urbano en un marco de seguridad global, y la institucionalización de la protección contra desastres que promueva masivamente la mitigación y la educación hasta alcanzar una cultura de la prevención de desastres.

Cuadro 2.1. Principales terremotos ocurridos en Perú entre 1513 y 1959, $I_0 \geq VIII$ MM (Silgado, 1978; Dorbaht et al, 1990b).

Fecha (dd-mm-aa)	Lat-S (°)	Lon-W (°)	I_0 (MM)	M (Silgado)
22-01-1582	-16,3	-73,3	X*	7,9
09-07-1586	-12,2	-77,7	IX*	8,1
24-11-1604	-18	-71,5	IX*	8,4
14-02-1619	-8	-79,2	IX	7,8
31-05-1650	-13,8	-72	X	7,2
13-11-1655	-12	-77,4	IX	7,4
12-05-1664	-14	-76	X	7,8
16-06-1678	-12,3	-77,8	IX*	-
20-09-1687	-13	-77,5	IX*	8,2
21-10-1687	-16,4	-71,6	VIII	-
22-01-1725	-12	-77	VIII	-
28-09-1746	-11,6	-77,5	X*	8,4
13-05-1784	-16,5	-72	X*	8
07-12-1806	-12	-78	VIII	7,5
10-07-1821	-16	-73	VIII	7,9
18-09-1833	-18,2	-71	VIII	-
13-08-1868	-18,5	-71,2	X*	8,6
09-05-1877	-19,5	-71	VIII	7,5
28-07-1913	-17	-73	IX	7
06-08-1913	-17	-74	X	7,7
24-05-1940	-10,5	-77,6	VIII*	8,2
24-08-1942	-15	-76	IX*	8,4
10-11-1946	-8,3	-77,8	X	7,2
01-11-1947	-11	-75	IX	7,5
12-12-1953	-3,6	-80,5	VIII	7,7

Los terremotos que originaron maremotos, están indicados con un asterisco. M indica la magnitud asignada por Silgado (1978). MM corresponde a la escala Mercalli Modificada.

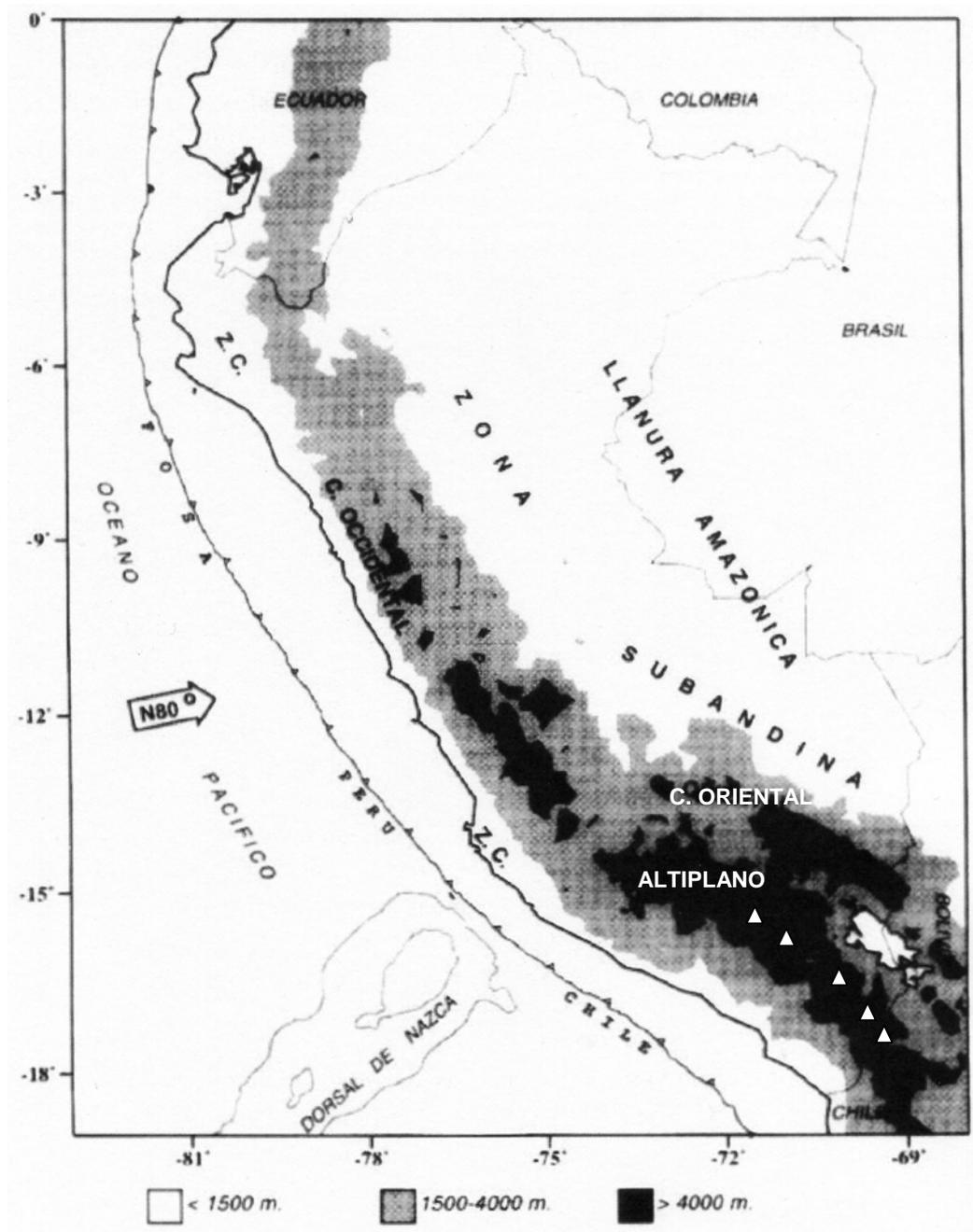


Figura 2.1 - Principales elementos tectónicos en el Perú. (Tavera y Buforn, 1998)

Z.C.=Zona Costera, C. Oc.= Cordillera Occidental, Altiplano, C. Or.= Cordillera Oriental. La zona sombreada corresponde a la Cordillera Andina. Los triángulos indican la localización de la cadena volcánica. La flecha indica la dirección de movimiento relativo de las placas, según Minster y Jordan (1978).

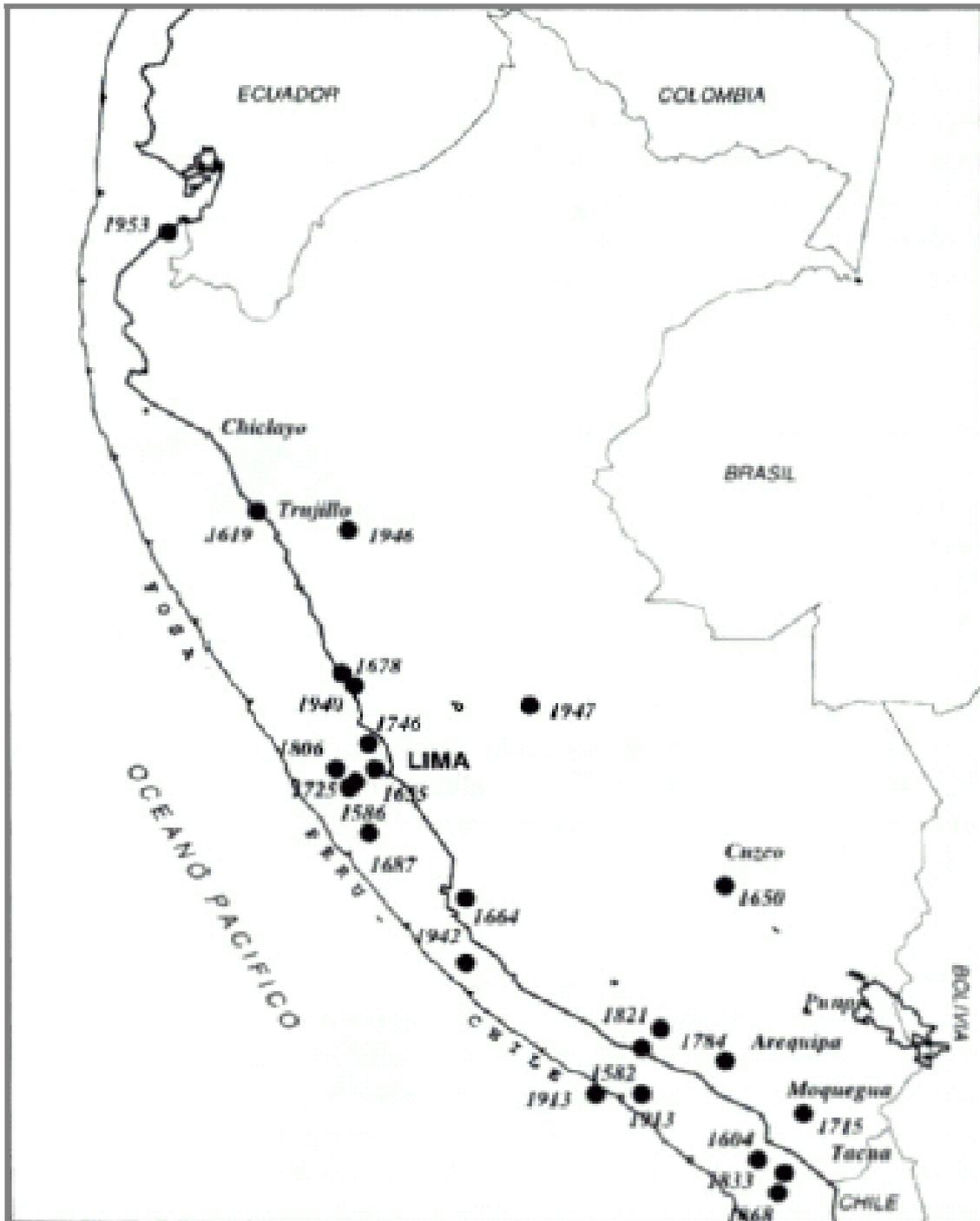


Figura 2.2 - Distribución de los terremotos ocurridos en el Perú entre 1513 y 1959, $I_0 \geq VIII$ MM. (Silgado, 1978)

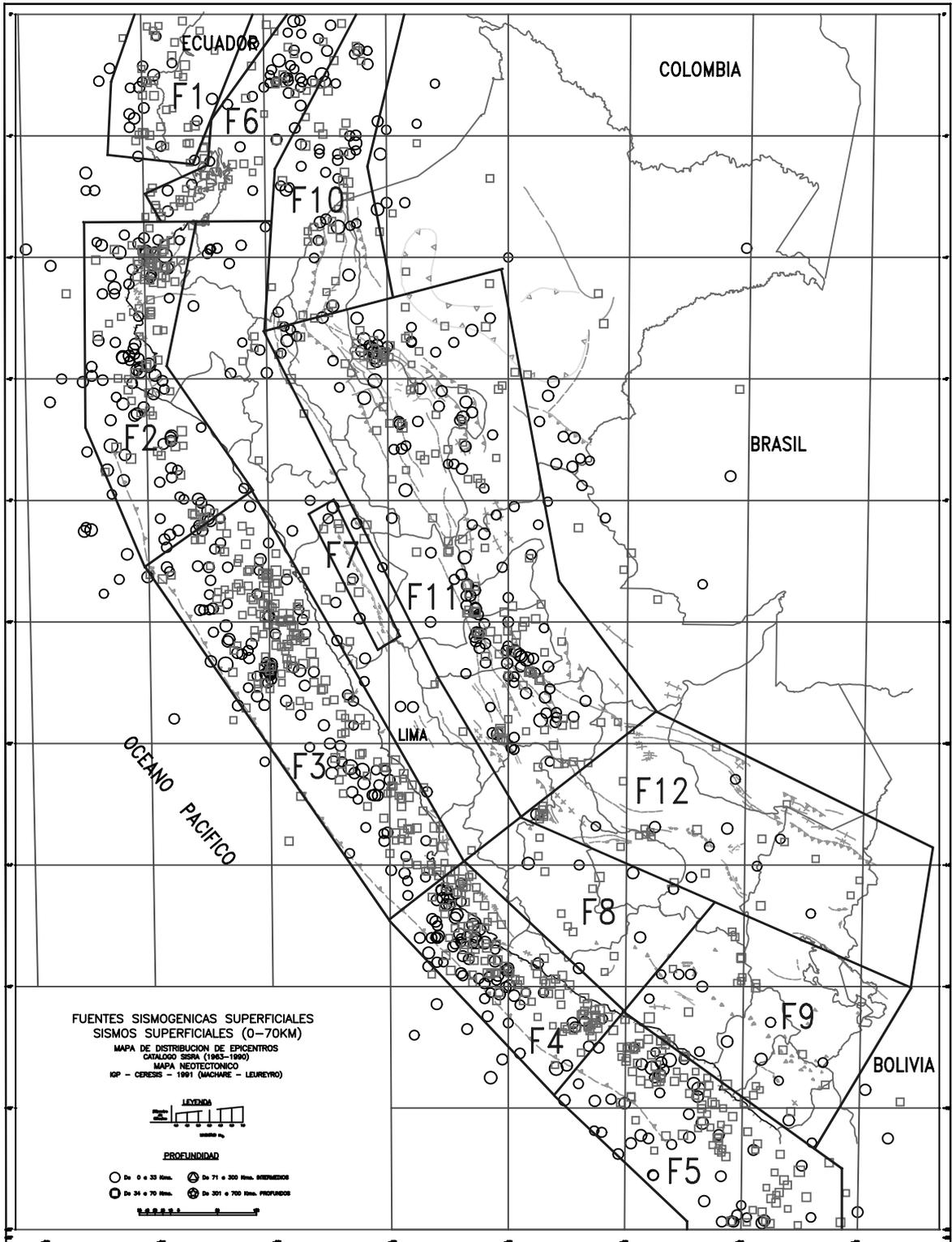


Figura 2.3 - Fuentes Sismogénicas Superficiales
(Castillo y Alva, 1993)

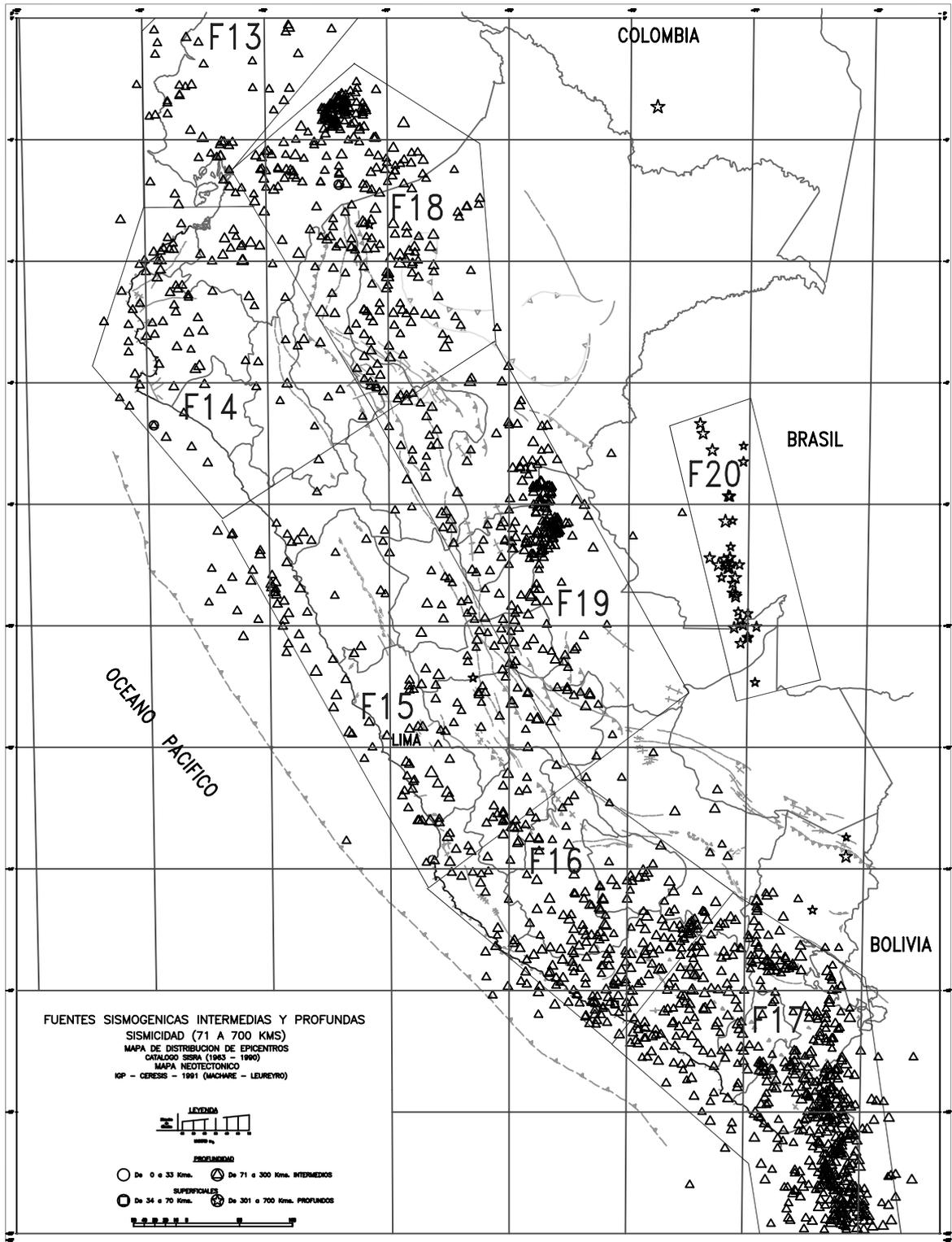
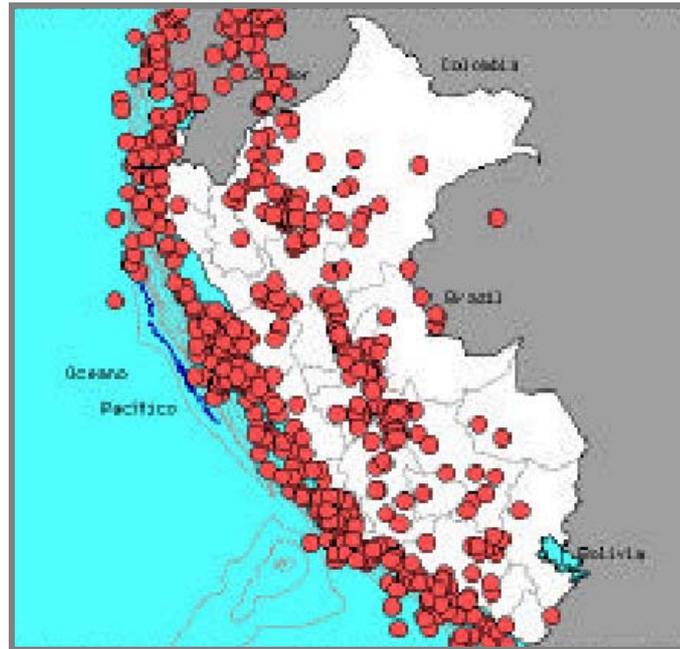
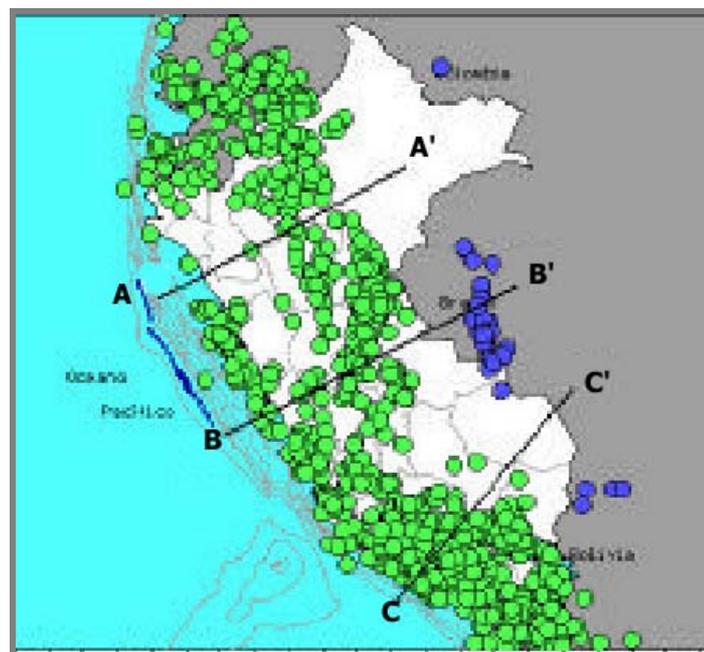


Figura 2.4 - Fuentes Sismogénicas Intermedias y Profundas
 (Castillo y Alva, 1993)



a) Distribución de epicentros con foco superficial ($h \leq 60$ km)



b) Distribución de epicentros con foco intermedio ($60 < h < 350$ km) en color verde; y profundo ($h \geq 350$ km) en color azul

Figura 2.5 - Sismicidad de Perú para el periodo 1960 – 1995, $m_b \geq 5$ (National Earthquake Information Center, NEIC)

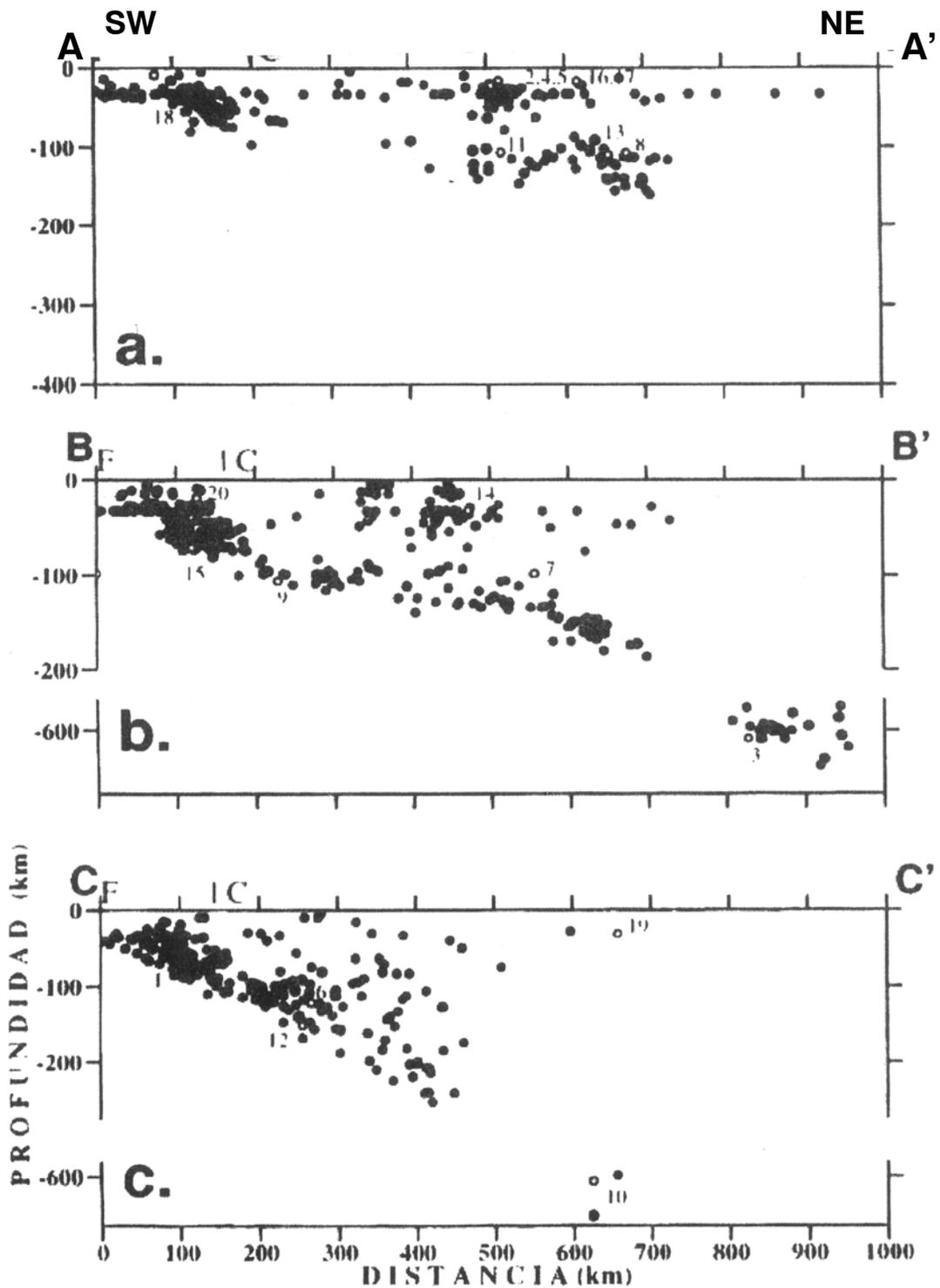


Figura 2.6 - Perfiles verticales de sismicidad para el periodo 1960 – 1995 ($m_b \geq 5$)
 (Corresponden a las líneas AA', BB' y CC' de la figura 2.5.b)
 (a.) Región Norte del Perú. (b.) Región Centro del Perú. (c.) Región Sur del Perú

(Fuente: Catálogo del NEIC e Instituto Geofísico del Perú)

Capítulo III

EL DISTRITO DE SAN MARTÍN DE PORRES

3.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

3.1.1 Prehistoria

12000 a.C.

Restos líticos hallados en la margen derecha del Chillón evidencian la presencia de cazadores en este valle.

2000 a.C.

El hombre ha pasado a ser sedentario. Se postula la pesca como base fundamental del sustento. Estos elementos justamente con la aparición de las clases sociales hacen posible el levantamiento del Monumento Ceremonial pétreo de El Paraíso (Chuquitanta), en el Valle del Chillón.

1500 a.C.

La agricultura ha alcanzado un buen desarrollo. El hombre construye el Conjunto Monumental de Garagay, en las inmediaciones de las actuales urbanizaciones El Pacífico y Los Libertadores.

En el año 1985, el conjunto monumental fue invadido y pese a la existencia de orden judicial a favor de su intangibilidad, persiste con el perjuicio de su deterioro.

1200 a.C.

Se construyen los Conjuntos de Chuquitanta e Infantas, ambos en el Valle del Chillón.

3.1.2 Época Incaica

SIGLO XV

Durante el reinado de Pachacutec se produjo la conquista de la Costa central. Según M. Rostworowsky, la parte norte del actual distrito formaba parte

del Señorío de Colli, el que se extendía desde el mar hacia la sierra, a lo largo del valle del Chillón hasta el Curacazgo de Quivi (actual Santa Rosa de Quives).

La parte sur del actual distrito, correspondiente al valle del Rímac, formaba parte del señorío de Ychma cuyo centro principal era Pachacamac.

Entre las obras que sobresalieron en esta época tenemos:

Huaca Palao. Ubicada a 500 metros de la Municipalidad; destaca por su arquitectura formada de adobones de barro que buscaban imitar el estilo poligonal ciclópeo de las construcciones cuzqueñas.

Las Murallas del Chillón. Pertenecieron al señorío de Colli. Bordea la margen izquierda del río Chillón y se introduce en Chuquitanta. Existió un complejo sistema de riego, abundando zonas pantanosas y numerosos puquiales. Actualmente se encuentra en plena zona rural del distrito y en sus alrededores subsisten sembríos de pan llevar.

Puente Inca. Durante la colonia fue reparado y conservado sus antiguas características. Durante las crecidas del río Chillón es aun de mucha utilidad para los lugareños.

Otros monumentos arqueológicos que figuran en el Catastro del Instituto Nacional de Cultura (I.N.C.) pero que no han sido restaurados ni estudiados son: Condevilla Señor II y Huaca Ana Kella.

3.1.3 Época Colonial

En el cerro La Regla, fronterizo con el Callao, se encuentra los cimientos de la capilla de la época de Francisco Pizarro que también se le utilizaba como mirador hacia la Bahía del Callao.

En el siglo XVI, ciertos documentos indican que las tierras de Chuquitanta hasta el valle del Río Rímac pertenecieron a la hija de Francisco Pizarro, cuyo nombre era Francisca, tenida en Inés Yupanqui, la cual era hija de Huayna Cápac.

3.1.4 La República

1838. Durante la Confederación Perú-Boliviana, el ejército chileno y peruano exiliado invade Lima. Se combate en la zona de Piñonate que determina el ingreso triunfal de los invasores por la Portada Guía.

1882. En la guerra con Chile, desde Infantas, al norte del distrito partió la expedición Lynch coordinada con otra formación chilena similar, en un intento de cercar y aniquilar las huestes del General Andrés A. Cáceres; quien logró eludir el peligro.

Se debe tener en cuenta que Infantas es casi tan antiguo como Lima y en 1955 consigue la categoría de pueblo (Ley 12708).

3.1.5 Formación Distrital

La fuerte inmigración a la capital, como producto del centralismo agudizó el problema de la vivienda. A manera de paliativo se programa la construcción de núcleos de vivienda a bajo costo. Estas viviendas se denominaron "BARRIO OBREROS" y empezaron a construirse durante el gobierno del General Oscar R. Benavides.

El tercer Barrio Obrero se situó al NO del Parque del Trabajo. Constaba de dos pasajes de casas con bloques de dos plantas.

Entre 1939 y 1940 se construye el cuarto Barrio Obrero. Fue levantado al sur del Parque del Trabajo, constituyéndolo tres pasajes de casas de dos plantas.

A consecuencia del terremoto del 24 de mayo de 1940, se produjeron invasiones a la altura del cuarto Barrio Obrero, por agrupaciones de familias provenientes del Callao y zonas destruidas de Lima, determinando la construcción de 112 casas (Quinto Barrio Obrero).

Durante el gobierno del Doctor J.L. Bustamante y Rivero se produjo la primera invasión en la zona de Piñonate. Este proceso se dio desde 1945 hasta 1947. Así, también se produjeron sucesivas invasiones en las tierras que colindan con la actual Av. Perú. Fueron 3 millones de metros cuadrados de la testamentaría Aparicio que beneficiaron a más de 8 mil familias invasoras.

El futuro distrito pertenecía en ese entonces al distrito de Carabayllo, una de cuyas agencias municipales servía deficientemente a esta zona. En ceremonia cívica, el 25 de noviembre de 1949, la población se pronuncia por su autonomía, hallándose presente el Alcalde de Lima.; posteriormente esto se oficializaría por Decreto Legislativo.

3.2 ASPECTOS GENERALES

3.2.1 Génesis

El distrito de San Martín de Porres es creado por el Gral. Manuel Odría mediante D.L. N° 11369, llamándolo distrito Obrero industrial "27 DE OCTUBRE" y separándose definitivamente del distrito de Carabayllo. Esto sucedió el 22 de mayo de 1950, fecha en que se celebra el Aniversario del distrito. Años más tarde, el 11 de mayo de 1962, luego de la canonización del santo, se expide el D.L. 382 A-M, modificándose el nombre del distrito a "San Martín de Porres".

El territorio de San Martín de Porres en sus inicios estuvo conformado por las haciendas: Chuquitanta, Pro, Naranjal, Infantas, Santa Rosa, Garagay Alto, Garagay Bajo, Cavaría, Mulería, Aliaga, Condevilla, San José, Palao, Huerta Sol, Oquendo, Taboada, Bocanegra y San Agustín, pero al producirse el primer desmembramiento, las cuatro últimas pasaron al Callao (02 de enero de 1956).

3.2.2 Ubicación y Límites

San Martín de Porres se encuentra ubicado en el Cono Norte de Lima Metropolitana; situado al N.O. del centro de Lima, entre la margen derecha del río Rímac y la izquierda del Chillón. Su altitud respecto al Ecuador es de 12°01'40" y su longitud es 77°02'36" Oeste del Meridiano de Greenwich. Este dato corresponde a su capital que es el Barrio Obrero del Puente del Ejército. La altitud es de 123 m.s.n.m.

Los límites del distrito son:

- Por el Norte, Ventanilla, Puente Piedra y Los Olivos.
- Por el Sur, Cercado de Lima y Carmen de la Legua.

- Por el Este, Rímac, Independencia y Comas.
- Por el Oeste, el Callao.

3.2.3 Área y Topografía

Actualmente la superficie del distrito es de 36,91 km², lo que representa el 1,32% del territorio de Lima Metropolitana; de los cuales 29,00 km² son habitables. Hasta ahora 23,99 km² han sido ocupados. Su extensión inicial era de 94 km², su frontera Oeste estaba dada por el Océano Pacífico. Sin embargo, la ley 12538 pasó todo su litoral al Callao (un total de 34 km²) quedando reducida su extensión a 60 km². Un nuevo desmembramiento se produjo con la ley 25017 el 7 de abril de 1989 que crea Los Olivos.

La pendiente crece de este a oeste. Existen cerros de baja altura como La Milla, Candela, Montonero, Pan de Azúcar, Las Animas, El Paraíso, Oquendo, entre otros.

3.2.4 Condiciones Meteorológicas

El clima es templado, con alta humedad atmosférica y constante nubosidad durante el invierno en que debido al afloramiento costero se produce la inversión térmica. Existen escasas precipitaciones pluviales mal distribuidas a lo largo del año. La temperatura anual promedio es de 18° C, la máxima puede llegar a 34° C y la mínima en invierno a 12° C, produciéndose una sensación de excesivo calor y de frío, debido a la alta humedad atmosférica. (Ref. SENAMHI)

3.2.5 Población

El Distrito de San Martín de Porres con 380384 habitantes según el Censo nacional de 1993 (ver Cuadro 3.1) y alrededor de 436756 habitantes para el año 2000, es hoy uno de los más densamente poblados de Lima Metropolitana, constituyendo el 22,7% de la población del Cono Norte y el 5,02% de Lima Metropolitana. La población proyectada al año 2010 es de 532102 habitantes¹.

¹ ONG Alternativa. Plan de Desarrollo Integral de Independencia.

La procedencia de la población es esencialmente provinciana. El 99,5% de la población es urbana, la rural se localiza en el valle del Chillón.

El Distrito de San Martín de Porres tiene una superficie de 48,72 Km² con una Densidad Poblacional de 11833 Hab./ Km². Existe una mayor cantidad de mujeres que hombres. Así mismo esta superioridad numérica se hace un poco más evidente en la categoría de 15 a 19 años. Por otro lado, podemos decir que del total de la población, la mayor cantidad está representada por jóvenes de 15 a 24 años.

Según información del INEI y Centros de Investigación el 38,2% del total de la población del distrito se encuentra en el estrato socioeconómico bajo y muy bajo, un 53,3% para el estrato socioeconómico medio y un 0,3% para el estrato socioeconómico alto; por lo que el distrito se compone mayoritariamente por el estrato socioeconómico C (bajo), con una población económicamente activa (PEA) de 141170 habitantes.

San Martín de Porres cuenta con 5 comisarías, 250 urbanizaciones, asociaciones de vivienda, cooperativas de vivienda y programas de vivienda, y también 100 asentamientos humanos. Es además considerado una zona de protección ecológica y recreación.

3.3 INFRAESTRUCTURA DISTRITAL

3.3.1 Infraestructura vial

El distrito cuenta con importantes avenidas como la Perú, Alfredo Mendiola, Caquetá, E. De Habich, José Granda, Tomas Valle, Angélica Gamarra, Universitaria, Lima, Dominicos, Santa Rosa, Los Alisos, Miguel Grau y Zarumilla, entre otras; por las que transitan a diario unas 100 mil unidades vehiculares.

3.3.2 Infraestructura Educativa

De acuerdo a los datos del Área de Gestión Institucional / Equipo de Estadística de la Unidad de Servicios Educativos 02, en el distrito de San Martín de Porres se cuenta con los siguientes centros educativos.

Nivel y /o Modalidad	Nº CC.EE.
Estatal	203
Centros educativos	184
Educación Inicial	53
Educación Primaria	76
Menores	67
Mayores	9
Educación Secundaria	49
Menores	37
Mayores	12
Otros	6
Educación Especial	1
Educación Ocupacional	5
Programas No escolarizados	19
Educación Inicial	18
Otros	1
Educación Especial	1
No Estatal	672
Centros educativos	669
Educación Inicial	254
Educación Primaria	302
Menores	301
Mayores	1
Educación Secundaria	102
Menores	100
Mayores	2
Otros	11
Educación Ocupacional	11
Programas No escolarizados	3
Educación Primaria	1
Mayores	1
Educación Secundaria	2
Mayores	2

Tabla 3.1 - Centros Educativos y Programas no escolarizados

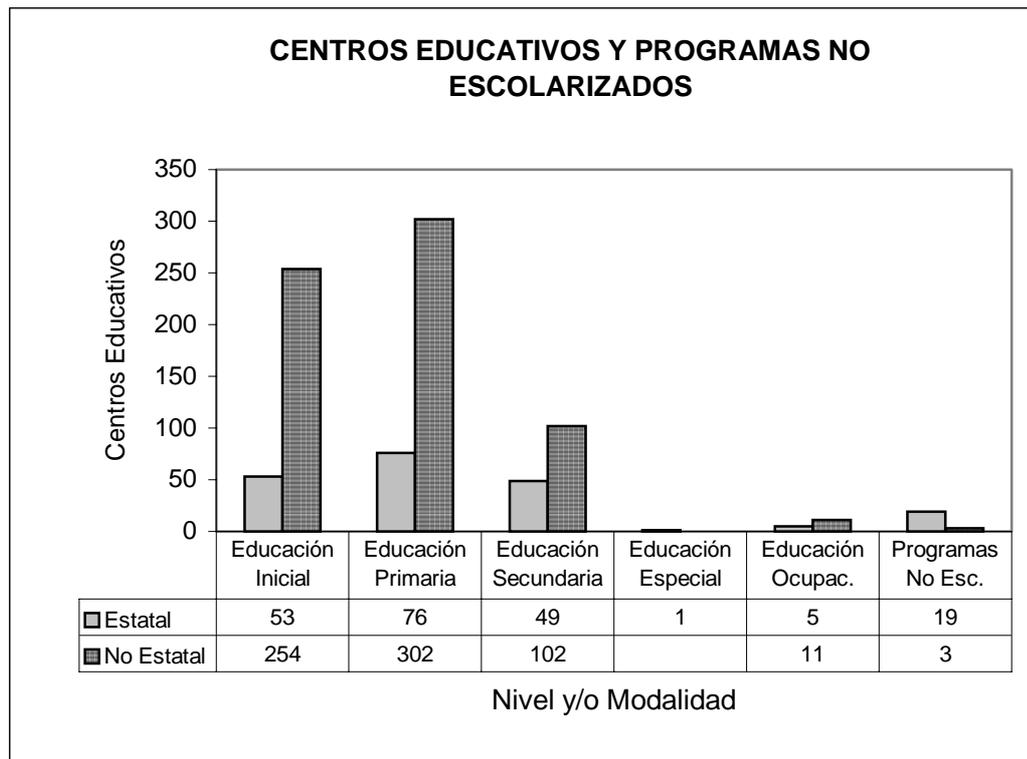
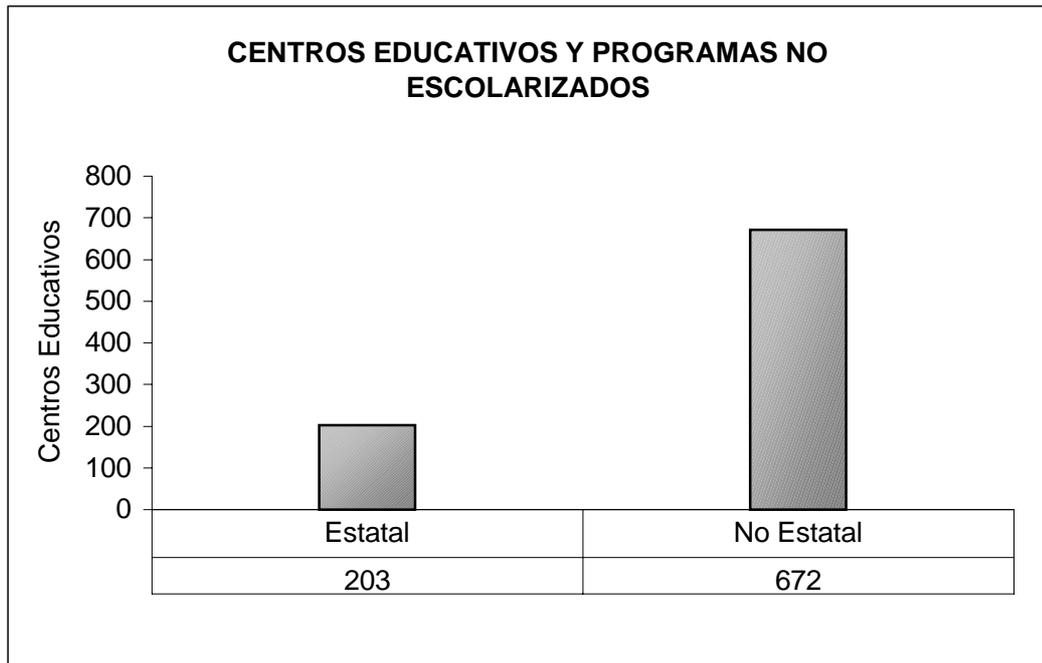


Gráfico 3.1 - Centros Educativos y Programas no escolarizados

Además, San Martín de Porres cuenta con la Universidad Peruana Cayetano Heredia especializada en ciencias de la salud; la cual mantiene vinculación formal y funcional con el hospital Cayetano Heredia

3.3.3 Infraestructura Inmobiliaria

A continuación se brinda una serie de tablas que indican la situación inmobiliaria del distrito de San Martín de Porres.

Indicador	Porcentaje
Hogares	100
Zona Urbana	99,5
Zona Rural	0,5
Hogares con Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)	21
Zona Urbana	20,7
Zona Rural	81,9
Hogares con NBI en viviendas con hacinamiento	9,7
Zona Urbana	9,6
Zona Rural	17,2
Hogares con NBI en viviendas con características físicas inadecuadas	5,4
Zona Urbana	5,3
Zona Rural	24,3
Hogares con NBI en vivienda sin desagüe	6
Zona Urbana	5,6
Zona Rural	72,2

Tabla 3.2 - Principales indicadores de vivienda

Vivienda	Porcentaje
Casa independiente	81,3
Departamento en edificio	10,9
En quinta	1,0
En casa de vecindad	2,4
Choza o cabaña	0,1
Improvisada	3,7
No destinado a vivienda	0,5
Otro tipo	0,1
Total	100,0

Tabla 3.3 - Tipo de vivienda

Vivienda	Total	Red dentro de vivienda	Red fuera de vivienda	Pilón público	Pozo	Camión cisterna	Río, acequia, manantial	Otro
Casa independiente	100	83,7	-	7,8	1,6	6,0	0,2	0,6
Departamento en edificio	100	55,7	44,3	-	-	-	-	-
En quinta	100	100,0	-	-	-	-	-	-
En casa de vecindad	100	11,6	82,7	3,6	0,1	1,2	-	0,8
Choza o cabaña	100	-	-	-	66,7	30,2	3,1	-
Improvisada	100	7,1	7,4	62,2	2,1	16,5	0,7	4,1
No destinado a vivienda	100	53,9	30,5	6,1	1,8	5,3	-	2,4
Otro tipo	100	-	-	34,0	6,4	55,3	-	4,3
Total	100	75,96	7,22	8,80	1,51	5,65	0,18	0,68

Tabla 3.4 - Viviendas por tipo de abastecimiento de agua

Vivienda	Total	Red dentro de vivienda	Red fuera de vivienda	Pozo negro o ciego	Acequia o canal	Sin servicio
Casa independiente	100	82,5	0,7	11,3	0,5	4,9
Departamento en edificio	100	53,1	46,3	0,6	-	-
En quinta	100	96,2	3,8	-	-	-
En casa de vecindad	100	10	79,2	7,5	0,1	3,3
Choza o cabaña	100	-	-	7,3	10,4	82,3
Improvisada	100	6,3	6,8	36,6	1,5	48,8
No destinado a vivienda	100	51,6	32,1	7,1	-	9,2
Otro tipo	100	-	-	68,1	-	31,9
Total	100	74,6	8,0	10,9	0,5	6,1

Tabla 3.5 - Viviendas por disponibilidad de servicio higiénico

Vivienda	Total	Si dispone	No dispone
Casa independiente	100	91,3	8,7
Departamento en edificio	100	97,9	2,1
En quinta	100	97,1	2,9
En casa de vecindad	100	89,8	10,2
Choza o cabaña	100	1,0	99,0
Improvisada	100	50,0	50,0
No destinado a vivienda	100	90,8	9,2
Otro tipo	100	42,6	57,4
Total	100	90,4	9,6

Tabla 3.6 - Viviendas por disponibilidad de alumbrado eléctrico

3.3.4 Infraestructura Sanitaria

La generación de residuos sólidos producto de las actividades humanas y económicas en Lima es muy alta. En 1998, el 26% de la producción total de residuos se concentró en los distritos de San Martín de Porres, San Juan de Lurigancho, Santiago de Surco y Ate.

Según datos de SUMSEL, en el distrito de San Martín de Porres se generaron 55467 ton de residuos sólidos en 1999, con 6361 atenciones por enfermedades gastrointestinales, tal como se aprecia en la figura 3.4. Aun está pendiente dar respuesta al manejo integral de residuos tóxicos y peligrosos; si bien el nuevo marco legal hace referencia a éstos, en la práctica no hay experiencia al respecto y las actividades que a la fecha se ejercen de manera clandestina y constituyen un riesgo para la población involucrada, serán formalizadas y ampliadas en el marco de una nueva ley.²

3.4 ESTRUCTURA PRODUCTIVA

3.4.1 Estructura Productiva de Servicios

La ubicación estratégica de San Martín de Porres y la importancia que tiene en la economía nacional ha originado que se convierta en sede de prestigiosas empresas comerciales, como Metro y Shopping Boss; la mayoría de las cuales se ubican a lo largo de la Av. Alfredo Mendiola, donde también se encuentra el segundo complejo bancario y el Terminal Terrestre de salida al Norte, además del Mercado Mayorista del Cono Norte.

Asimismo, en esta jurisdicción se encuentran importantes centros de esparcimiento y recreación, entre ellos el popular estadio que lleva el nombre de nuestro santo patrón, San Martín de Porres y el Parque Zonal Mayta Cápac de propiedad del Municipio.

² CONSEJO NACIONAL DEL AMBIENTE – CONAM. Informe Nacional sobre el Estado del Ambiente. GEO PERU2000

3.4.2 Estructura productiva motriz

El 68% de la industria del país se concentra en la ciudad de Lima, siendo San Martín de Porres uno de los distritos donde se encuentra gran número de establecimientos industriales. El 19,6 % de las instalaciones se encuentra en el Cono Norte, de las que San Martín de Porres alberga al 33,4 %. A continuación se muestra el cuadro donde se detallan las actividades económicas de los conos.

Tabla 3.7 - Establecimientos industriales por Conos

Cono	Total	Alimentos	Textiles	Muebles	Metales	Maquinaria	Otros
Total Lima	100	100	100	100	100	100	100
Norte	19,6	20,3	15,3	26,2	26	23,4	18,5
Sur	14,7	18,6	12,6	27,1	14	13,4	11,5
Centro	40,5	33,7	49,5	23,1	30,9	30,6	46,4
Este	18,7	20,3	18,0	21,9	19,9	20,2	16,9
Callao	6,5	7,2	4,6	1,7	9,2	12,4	6,7

Fuente: INEI, 1999

Disgregando a la industria por actividades, podemos observar la participación de San Martín de Porres en el siguiente cuadro:

Actividad	Porcentaje	Distrito	Porcentaje
Maquinaria y Equipo	14,9	Lima	9,4
		Callao	8,2
		San Martín de Porres	7,6
		San Juan de Lurigancho	7,1
Muebles y Accesorios	12,2	San Juan de Lurigancho	10,4
		San Martín de Porres	8,1
		Comas	7,4
Alimentos y Bebidas	10,4	San Juan de Lurigancho	7,6
		Lima	6,8
		San Martín de Porres	6,6
Metales comunes	1,10	Lima	11,4
		San Juan de Lurigancho	11,0
		San Martín de Porres	8,5

Tabla 3.8 - Porcentajes de la Industria Según Actividad

3.5 VULNERABILIDAD FUNCIONAL DEL ENTORNO

3.5.1 Instalaciones Importantes

Se mencionan brevemente las edificaciones y los ambientes que podrían apoyar la asistencia o servir de refugio temporal a las víctimas en caso de desastres. Asimismo, aparecen también las instalaciones que contribuirían de alguna forma a la peligrosidad del entorno.

Serían utilizables como ambientes para mantener la asistencia sanitaria los ambientes propios de los hospitales que soporten el terremoto. Serían utilizables como establecimientos de apoyo a la asistencia, los siguientes:

- La Universidad Peruana Cayetano Heredia, especializada en ciencias de la salud. Mantiene vinculación formal y funcional con el hospital Cayetano Heredia con quien comparte recursos humanos y materiales.
- Instituto Nacional de Salud Mental Honorio Delgado / Hideyo Noguchi, especializado en psiquiatría.
- Policlínico ESSALUD, ubicado en Fiori.

Los ambientes que serían utilizables como áreas de refugio para damnificados y desplazados serían:

- Servicio Nacional de Capacitación en Tecnología para Construcción Civil, SENATI; ubicado sobre la Av. Panamericana Norte.
- Colegios vecinos: gran número de colegios y jardines de infancia de tamaño pequeño.
- Grandes parques: Alfonso Ugarte, C. Heredia, Túpac Amaru. (a 600 m, frente al local de SENATI)
- También se puede considerar por su cercanía, a la Universidad Nacional de Ingeniería, ubicada sobre la Av. Túpac Amaru, la cual cuenta con numerosas construcciones con las líneas vitales y amplias áreas libres.

Figuran como instalaciones peligrosas las siguientes:

- Empresa industrial Cogra S.A. (Compañía de Grasa); que produce resinas para pintura y jabones, glicerina, ácidos grasos y poliuretano (depósito subterráneo de 2000 Gal. de petróleo 5, tanque de 3000 Gal. de petróleo 2).
- Empresa industrial Oleaginosa del Sur S.R.L; fabricante de aceite de pescado acidulado, semirrefinado y grasa hidrogenada. Está ubicada en la Urb. Industrial – La Milla.
- Estaciones de expendio de combustibles; las cuales se ubican a una distancia mínima de 200 metros a la redonda de los centros educativos por normas de seguridad controladas por la Municipalidad del distrito.

Dentro del distrito de San Martín de Porres se encuentra la Compañía de Bomberos Nº 65, ubicada sobre la Av. Caquetá, perteneciente a la Jefatura Departamental Lima. Su labor es la de prestar socorro y asistencia en caso de desastres, promover y coordinar acciones de prevención de incendios y accidentes. Los servicios que prestan son:

- Prevención y Extinción de Incendios
- Emergencias Médicas
- Rescate especializado
- Materiales peligrosos
- Brigada de desastres

3.6 VULNERABILIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA ESCOLAR

La necesidad de prestar atención en la seguridad de los niños y jóvenes obliga a mirar la situación de la infraestructura escolar, los lugares donde se concentran y transcurren diariamente gran parte de su tiempo, y que por lo mismo debieran brindar la protección y seguridad requeridos.

La importancia de estimar el grado de vulnerabilidad de una estructura está en poder hallar el riesgo para cuantificar la necesidad de reforzar o reconstruir una edificación para que en un momento de desastre sea capaz de resistir los esfuerzos a los que será sometida.

La vulnerabilidad de las escuelas se hace mayor debido a la importancia que tienen antes y después de un desastre. Se ha contemplado la evaluación de los las edificaciones escolares que alberguen la mayor cantidad de población estudiantil y sobretodo de menores de edad.

3.6.1 Evaluación de la Vulnerabilidad estructural y no estructural

En las instalaciones educativas es una responsabilidad evaluar la vulnerabilidad local que dichas instalaciones tienen ante la posible ocurrencia de amenazas naturales, con el fin de obtener estimaciones precisas de los niveles de riesgo existentes. Una vez elaborado este tipo de análisis, con la información obtenida se podrá decidir cuanto riesgo se está en disposición de aceptar.

Aspecto Estructural

La vulnerabilidad estructural está relacionada fundamentalmente con la capacidad que tiene la estructura para soportar los desplazamientos y los esfuerzos que uno o varios movimientos sísmicos pueden causarle durante su vida útil (Atkan y Ho, 1990).

Debido a que muchas edificaciones educativas fueron construidas hace mucho tiempo y otras no han sido diseñadas ni construidas con normas sismo resistentes surgen dudas con respecto a la seguridad que dichas edificaciones ofrecen en caso de un terremoto, principalmente porque muchas veces son utilizadas como centros de apoyo y asistencia de la emergencia, ya que sirven

como albergues temporales para damnificados y como centros de distribución de alimentos, medicinas y ropa. En estos casos se hace imperativa una revisión lo mas detallada posible de la capacidad de la estructura de soportar sismos moderados y fuertes. Debe tenerse presente que la dificultad de construir nuevas instalaciones educativas en zonas sísmicas, debido a su alto costo, hace imperativo el reforzar las existentes.

El diseño del refuerzo debe pasar necesariamente por un análisis de la capacidad disponible de resistencia y ductilidad ante sismos. Para ello se dispone de métodos analíticos y experimentales. Estos últimos determinan el comportamiento dinámico de la estructura por medición directa de vibraciones ambientales; sin embargo, tienen la desventaja de que no aportan más información que la correspondiente a las características dinámicas de la estructura bajo vibraciones de pequeña amplitud, lo cual los hace insuficientes para responder inquietudes sobre resistencia, disipación de energía, etc., razón por la cual deben necesariamente ser complementados por los métodos puramente analíticos.

Aspecto No Estructural

La vulnerabilidad no estructural está relacionada con la operación o funcionamiento de la edificación, lo que depende de elementos tales como acabados, divisiones, instalaciones, equipos, etc. De su desempeño en el caso de un sismo depende que el edificio mantenga su operación y pueda seguir ofreciendo sus servicios. Este aspecto es de máxima importancia en el caso de aquellos edificios cuya función es vital, como es el caso de los centros educativos.

Los daños en componentes no estructurales pueden ser severos aun cuando la estructura de la edificación permanezca intacta, es por ello que frecuentemente son causantes de enormes pérdidas a causa de terremotos.

Por lo general, los daños no estructurales se deben a la unión inadecuada entre la estructura y muros de relleno, instalaciones, acabados de arquitectura, etc. También se producen debido a la falta de rigidez de la estructura, lo que se traduce en excesivas deformaciones que no pueden ser absorbidas por este tipo de componentes. Los daños no estructurales más comunes son el agrietamiento

de elementos divisorios de mampostería, el aplastamiento de las uniones entre estructuras, el desprendimiento de acabados y la rotura de vidrios e instalaciones de diferente tipo.

En el diseño de toda estructura sometida a movimientos sísmicos debe considerarse que los elementos no estructurales de la construcción deben soportar los movimientos de la estructura. Sin embargo, debe tenerse presente que la excitación de los elementos no estructurales inducida por los propios movimientos de la estructura es, en general, mayor que la excitación en la base, por lo que puede decirse que la seguridad de los elementos no estructurales se encuentra más comprometida en muchos casos que la de la estructura misma.

3.6.2 Infraestructura escolar

Es la Unidad de Servicios Educativos N° 02 la que se encarga de supervisar a los centros educativos en el distrito; los cuales están distribuidos por niveles educativos, tal como se muestra en la Tabla 3.9.

Nivel	Nº CC.EE.
Estatad	179
Educación Inicial	53
Educación Primaria Menores	67
Educación Primaria Adultos	9
Educación Secundaria Menores	37
Educación Secundaria Adultos	12
Educación Especial	1
No Estadad	658
Educación Inicial	254
Educación Primaria Menores	301
Educación Primaria Adultos	1
Educación Secundaria Menores	100
Educación Secundaria Adultos	2
Total	837

Tabla 3.9. Centros Educativos Escolares por Niveles

Muchas escuelas funcionan con diferentes niveles en un mismo local; por lo que deberán ser depuradas, quedando sólo **locales** escolares. En muchos casos se utilizan las mismas instalaciones para la educación de menores y adultos.

Para el caso de este estudio se ha considerado solamente a las escuelas que albergan menores de edad debido a las limitaciones físicas y de recursos humanos. A continuación se presenta la Tabla 3.10, donde se han agrupado los locales según el nivel de enseñanza y la población que predomina en cada centro.

Nivel	Nº CC.EE.	Grupo
Estatal	101	
Educación Inicial	30	I
Educación Inicial y Primaria	4	II
Educación Primaria	32	II
Educación Primaria y Secundaria	25	II
Educación Secundaria	6	II
Educación Inicial, Primaria y Secundaria	3	II
Educación Especial	1	I
No Estatal	349	III
Educación Inicial	53	
Educación Inicial y Primaria	82	
Educación Primaria	118	
Educación Primaria y Secundaria	54	
Educación Secundaria	2	
Educación Inicial, Primaria y Secundaria	40	
Total	450	

Tabla 3.10. Locales escolares agrupados por Niveles

Además existen catorce centros de educación primaria de gestión estatal que por el momento atienden a niños de cinco años de edad para que reciban educación inicial en la modalidad de "Inicial Articulación". En la Tabla 3.11 se presentan las modalidades de educación inicial que se ofrecen en el distrito de San Martín de Porres.

Modalidad	Nº CC.EE.
Estatal	53
Inicial Jardín	30
Inicial Cuna – Jardín	6
Inicial Articulación	14
Inicial Parroquial	2
Inicial Otro Sector	1
No Estatal (Privado)	254
Inicial Jardín	254
Total	307

Tabla 3.11. Modalidades de la Educación Inicial

Las edificaciones del sector estatal son construidas según la política establecida por el gobierno central sobre la base de modelos arquitectónicos típicos para cada región del país, tratando de atender a la mayor cantidad de niños y jóvenes posibles. A lo largo del tiempo diferentes instituciones cumplieron ese rol, actualmente lo realiza el Instituto Nacional de Infraestructura educativa y de Salud – INFES.

El caso del sector no estatal (privado) es completamente diferente, puesto que cada centro educativo es construido según las posibilidades económicas de quien decide incursionar en la educación como negocio.

En el caso de las escuelas de educación inicial debe tenerse especial cuidado, puesto que sus instalaciones albergan a una población de niños por debajo de los cinco años de edad, involucrando en muchos casos las denominadas “Cuna Jardín”. Esto significa que se trata de una población que depende del personal que labora en el centro educativo y que en el caso de un movimiento sísmico la estructura deberá asegurar su bienestar hasta que sean evacuados y puestos a salvo.

3.6.3 Selección de edificaciones de estudio

Las estructuras construidas de acuerdo a las normas del RNC-97 han demostrado su buen desempeño (Arequipa, 2001); sin embargo, la mayor parte de los centros educativos se han construido antes de 1997, y son estos los que se han considerado para este estudio.

No es necesario analizar todas las instalaciones de los centros educativos. Se pueden obviar algunas instalaciones menos importantes, como ambientes administrativos, almacenes, laboratorios, etc.

Este estudio se ha realizado en las edificaciones destinadas para salones de clase; comprendiendo diversos módulos arquitectónicos típicos; los cuales han sido agrupados considerando varios criterios conceptuales, como las características de la arquitectura de la edificación, la parte estructural, los materiales, el procedimiento constructivo, y otros factores.

Así, tenemos los siguientes módulos para el sector estatal:

- Módulo PIBA 87
- Módulo 780
- Módulo Bloqueta
- Módulo APENKAI

Para el sector no estatal (privado) se ha tomado como caso representativo el de aquellas escuelas que funcionan en edificaciones que originalmente fueron construidas para servir como viviendas; ya que estas son las que priman en el distrito de San Martín de Porres.

- Módulo de albañilería – 2 niveles

3.6.4 Características de las Estructuras Tipo

Módulo PIBA 87

Edificación de dos pisos de planta regular, que comprenden dos aulas por piso. En la dirección más corta o transversal, la estructuración es mixta, conformada por tres ejes de muros portantes de albañilería de unidades de arcilla y dos pórticos de concreto armado. En la otra dirección, la estructura está

constituida por dos pórticos de concreto armado espaciados 6,00 m. La losa del segundo piso es aligerada de concreto armado de 0,20 m de espesor. La losa del pasadizo del segundo nivel se apoya sobre vigas en voladizo que salen de las estructuras portantes principales; el techo de la edificación es aligerada de concreto armado de 0,20 m de espesor. Las escaleras de acceso al segundo piso son estructuras independientes.

Módulo 780

Edificación de dos pisos de planta regular alargada, que comprenden tres aulas por piso. En la dirección más corta o transversal, la estructuración es mixta, conformada por cuatro ejes de muros portantes de albañilería de unidades de arcilla y tres pórticos de concreto armado. En la otra dirección, la estructura está constituida por dos pórticos de concreto armado espaciados 7,40 m. La losa del segundo piso es aligerada de concreto armado de 0,20 m de espesor. La losa del pasadizo del segundo nivel se apoya sobre vigas en voladizo que salen de las estructuras portantes principales; el techo de la edificación es aligerada de concreto armado de 0,20 m de espesor. Las escaleras de acceso al segundo piso son estructuras independientes.

Módulo Bloqueta

Edificación de dos pisos de planta regular alargada, que comprenden tres aulas por piso. En la dirección más corta o transversal, la estructuración es mixta, conformada por cuatro ejes de muros portantes de bloqueta y tres pórticos de concreto armado. En la otra dirección, la estructura está constituida por dos pórticos de concreto armado espaciados 6,00 m. La losa del segundo piso es aligerada de concreto armado de 0,20 m de espesor. La losa del pasadizo del segundo nivel se apoya sobre columnas y vigas que salen de las estructuras portantes principales; el techo de la edificación es aligerada de concreto armado de 0,20 m de espesor.

Módulo APENKAI

Edificación de tres pisos que comprende tres aulas regulares alineadas y una cuarta en forma octogonal. Estas aulas están comunicadas en cada piso, por pasadizos y con acceso a los niveles por una escalera adyacente al aula octogonal (Torre). La estructura está compuesta por pórticos de concreto armado y muros portantes de albañilería de ladrillo en una dirección y por pórticos de concreto armado en la otra dirección. La luz del pórtico que recibe la carga de los techos es de 7,80 m. La distancia entre los pórticos en la otra dirección es de 4,20 m. La luz del aula octogonal es de 8,40 m.

La forma del edificio es aproximadamente una L, con la torre y la escalera en uno de sus extremos.

Módulo de albañilería – 2 niveles

Edificación de dos pisos de planta regular alargada. La estructura está constituida por albañilería de unidades de arcilla, confinada con columnas cuadradas de 0,25 m de lado. Los muros portantes son de cabeza de 0.25 m de espesor; mientras que los muros divisorios o tabiques son de soga de 0,15 m de espesor.

La estructura tiene un patio central que diferencia dos zonas. La zona delantera presenta una deficiente distribución de muros de ladrillo en la dirección más corta; mientras que en la zona posterior existe una mejor distribución de muros. El techo de la edificación es aligerado de concreto armado con ladrillos huecos de 0.20 m de espesor.

SAN MARTIN PORRES : Población Censal por Grupos de Edad y Sexo, Área Urbana y Rural

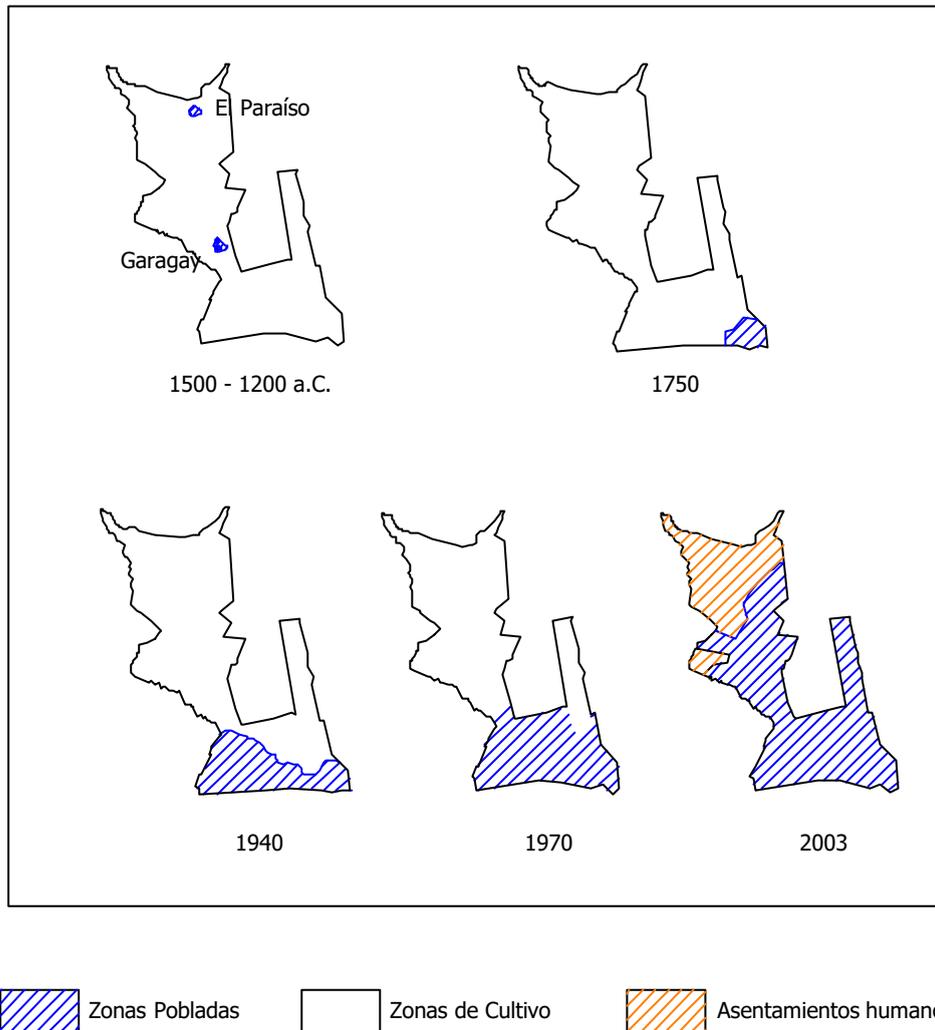
Resultados Definitivos - Censo de 1993

POBLACION				URBANA			RURAL		
	TOTAL	HOMBRES	MUJERES	TOTAL	HOMBRES	MUJERES	TOTAL	HOMBRES	MUJERES
	380.384	185.013	195.371	378.353	183.961	194.392	2.031	1.052	979
MENOS DE 1 AÑO	7.559	3.874	3.685	7.511	3.845	3.666	48	29	19
DE 1 A 4 AÑOS	29.650	15.011	14.639	29.429	14.903	14.526	221	108	113
DE 5 A 9 AÑOS	34.825	17.514	17.311	34.574	17.387	17.187	251	127	124
DE 10 A 14 AÑOS	36.767	18.276	18.491	36.507	18.129	18.378	260	147	113
DE 15 A 19 AÑOS	41.096	19.130	21.966	40.862	19.009	21.853	234	121	113
DE 20 A 24 AÑOS	41.291	19.766	21.525	41.092	19.667	21.425	199	99	100
DE 25 A 29 AÑOS	38.206	17.962	20.244	38.030	17.880	20.150	176	82	94
DE 30 A 34 AÑOS	34.725	16.686	18.039	34.570	16.611	17.959	155	75	80
DE 35 A 39 AÑOS	28.136	13.534	14.602	28.016	13.480	14.536	120	54	66
DE 40 A 44 AÑOS	21.616	10.807	10.809	21.500	10.744	10.756	116	63	53
DE 45 A 49 AÑOS	15.201	7.522	7.679	15.137	7.486	7.651	64	36	28
DE 50 A 54 AÑOS	12.499	5.917	6.582	12.438	5.885	6.553	61	32	29
DE 55 A 59 AÑOS	10.377	5.083	5.294	10.342	5.061	5.281	35	22	13
DE 60 A 64 AÑOS	9.662	4.759	4.903	9.630	4.739	4.891	32	20	12
DE 65 Y MAS AÑOS	18.774	9.172	9.602	18.715	9.135	9.580	59	37	22

Fuente : Instituto Nacional de Estadística e Informática
Elaboración : Banco de Datos - Alternativa

Cuadro 3.1

Figura 3.1 - Proceso de ocupación de la extensión actual del Distrito de San Martín de Porres



Los restos arqueológicos del Monumento Ceremonial Pétreo de El Paraíso (Chuquitanta), construido hacia 1200 a.C. en el valle del Chillón y el Complejo de Garagay (1500 a.C.) son algunas expresiones de los primeros pobladores de la costa peruana y es motivo de orgullo para el Distrito de San Martín de Porres.

Hacia 1750 recién se empezaba a poblar la margen derecha del Río Rímac, lo que ahora es el Cono Norte. En su mayor parte, el territorio del distrito era destinado a zonas de cultivo.

La ocupación del territorio del Distrito de San Martín de Porres se volvió sumamente acelerada durante el siglo XX, cuando se produce el exodo del campo a las ciudades.

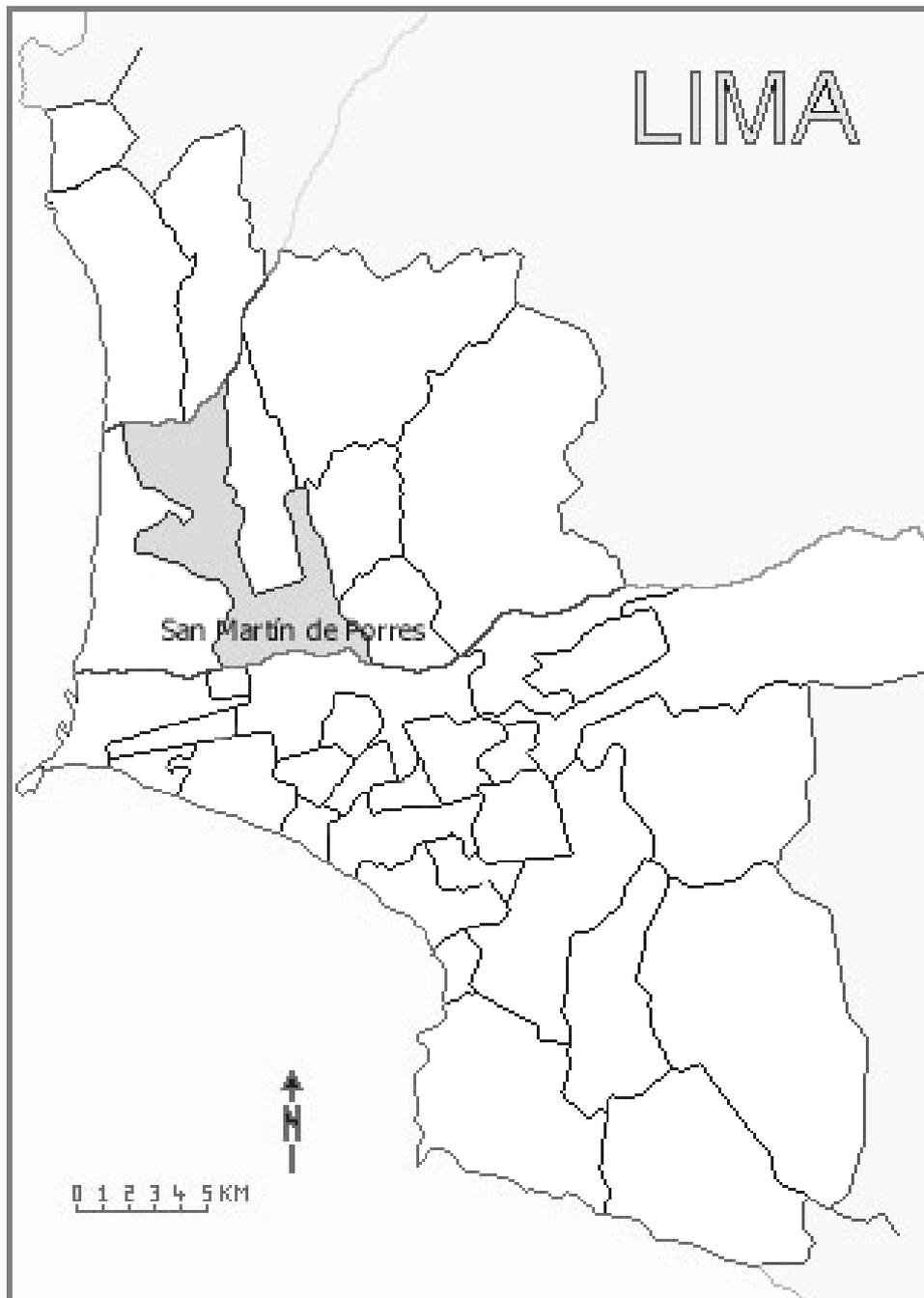


Figura 3.2. Ubicación del Distrito de San Martín de Porres en Lima Metropolitana

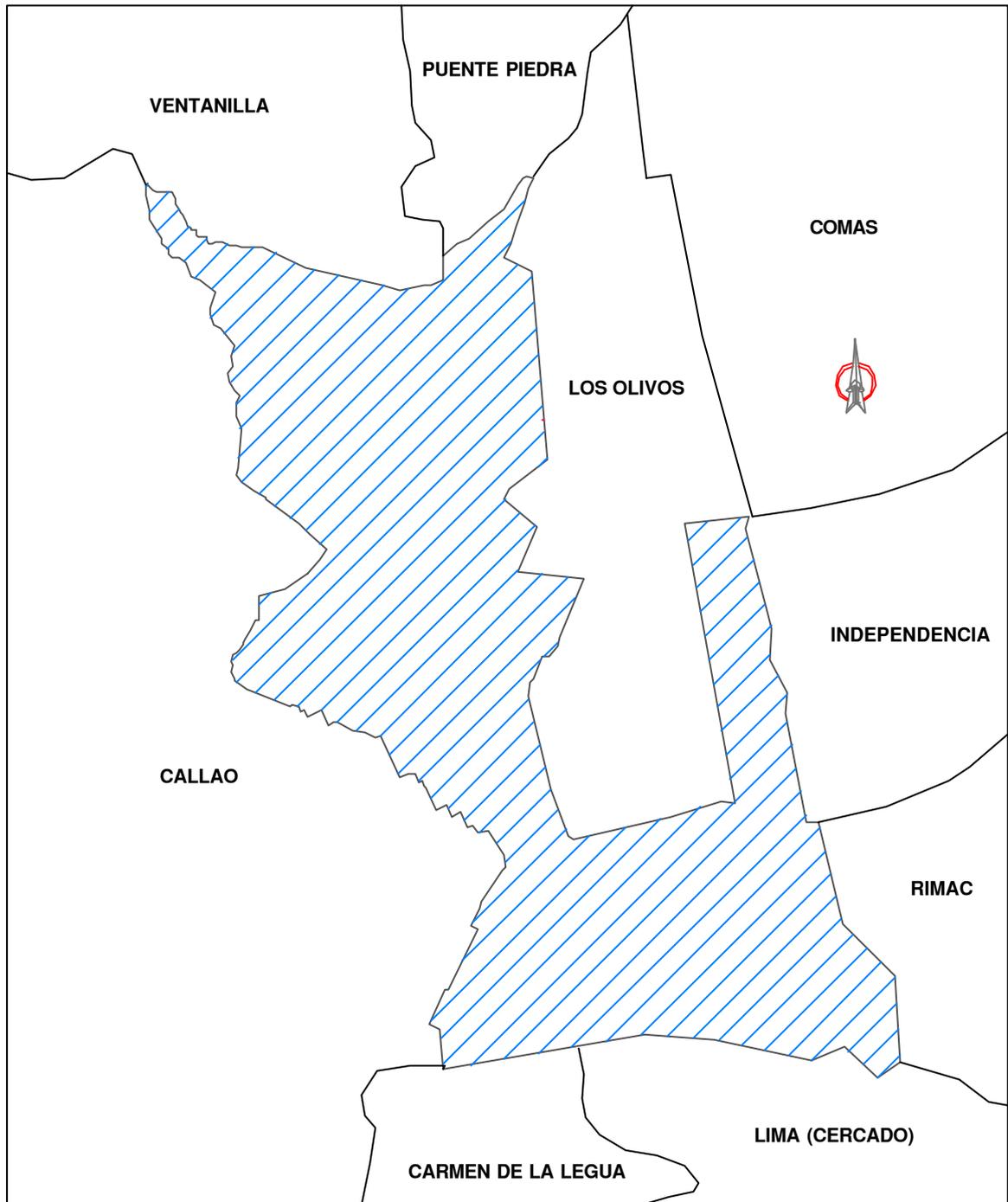
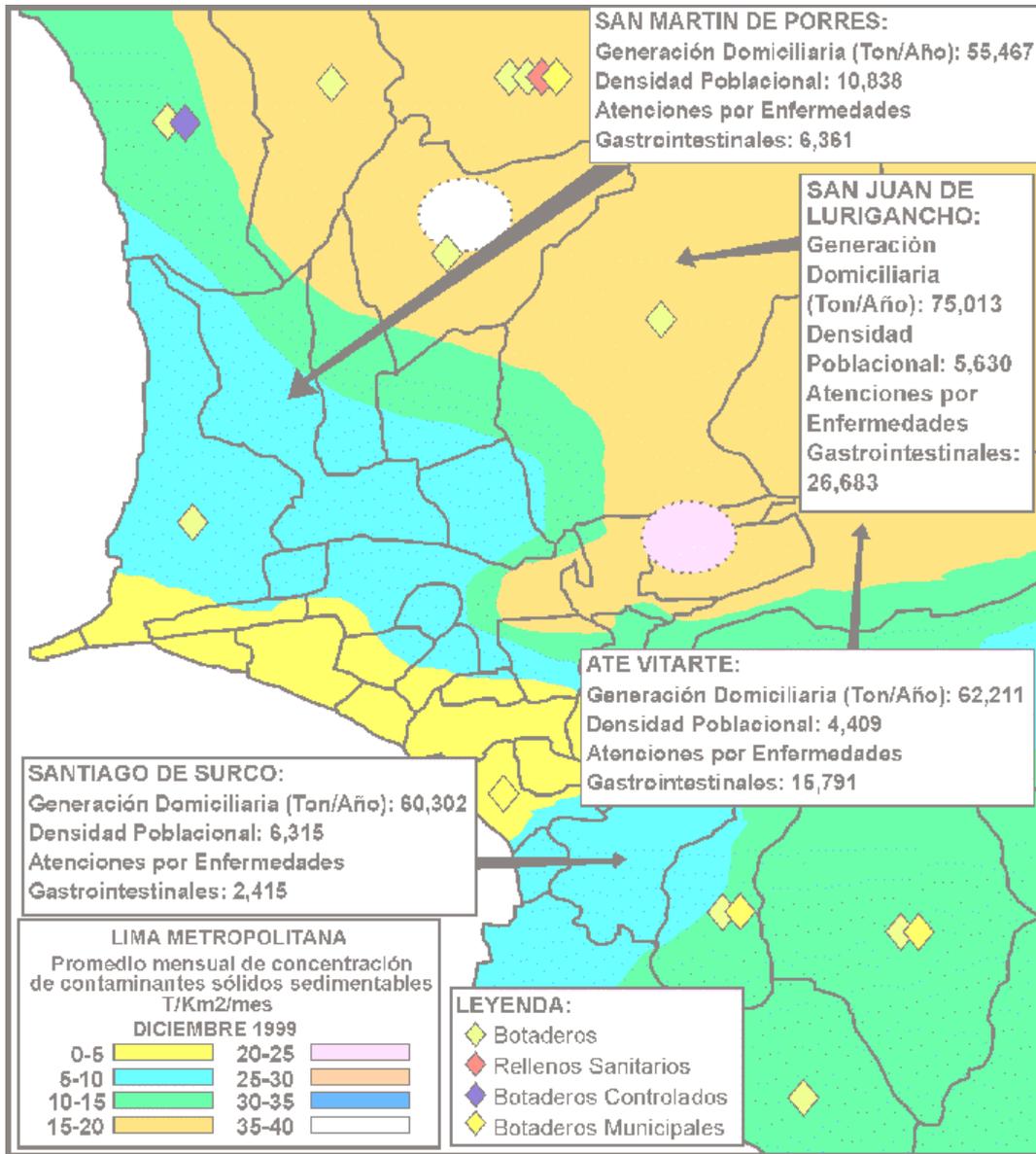


Figura 3.3 - Mapa de San Martín de Porres con distritos colindantes

Figura 3.4 - Distritos con mayor generación de residuos sólidos



Fuente: SUMSEL, 2001

Capítulo IV

ASPECTOS GEOTÉCNICOS

4.1 INTRODUCCION

4.1.1 Antecedentes

Con la finalidad de evaluar la vulnerabilidad estructural de los centros educativos del distrito de San Martín de Porres, se ha visto conveniente llevar a cabo la Evaluación Geotécnica del distrito sobre la base de la información existente de las condiciones del suelo en otras áreas de la ciudad y alguna información que ha sido posible recopilar de diversos proyectos realizados en el mismo distrito.

4.1.2 Objetivos de la Evaluación Geotécnica

El presente capítulo servirá de base para considerar ciertos parámetros que involucren el comportamiento del suelo de cimentación de las estructuras a considerar en el análisis de vulnerabilidad estructural.

Es necesario subrayar que las conclusiones y recomendaciones que deriven de este capítulo son sólo referenciales, debido a la ausencia de un programa de exploración geotécnica que hubiera permitido evaluar apropiadamente las características geotécnicas de los suelos de cimentación de las edificaciones.

4.2 CARACTERISTICAS GEOTECNICAS GENERALES DEL CONGLOMERADO DE LIMA

El conglomerado del suelo de Lima pertenece al cono de deyección del Río Rímac, que consiste en depósitos de guijarros (rodados), arena y arcilla, superpuestos sin orden ni arreglo alguno. Los depósitos tienen una potencia grande, como se ve en los escarpes de la bahía entre Chorrillos y el Callao. El Rímac cruza su cono de deyección en una dirección de este a oeste. Hacia el sur, el cono de deyección del Rímac se extiende hasta el Morro Solar. Al norte, a dos o tres kilómetros de la orilla del Rímac se halla una zona algo elevada donde el cono del Rímac encuentra el del Chillón.

El suelo gravoso de origen fluvio-aluvional que constituye el material de cimentación de una gran cantidad de estructuras de la ciudad de Lima, ha sido caracterizado por diversos autores como un suelo de gran resistencia mecánica y baja compresibilidad. Debido a la forma en que ha sido depositado y a su edad geológica (Cuaternario pleistocénico), este conglomerado se presenta en estados desde sueltos y medianamente compactos superficialmente a compactos y muy compactos a mayores profundidades, con lentes y pequeños espesores de arenas limpias, limos arcillosos y arcillas limosas que típicamente se presentan en forma de intercalaciones pero siempre con predominio de la grava.

Los cerros que rodean la ciudad de Lima están constituidos principalmente por rocas intrusivas y materiales del periodo Cretáceo. La mayor parte de la ciudad está localizada sobre una superficie plana.

Se ha considerado que en el proceso de deformación elástica de los suelos de lima se puede asumir a este como un material homogéneo dado que las partículas sólidas que constituyen el conglomerado pueden ser consideradas como elementos absolutamente rígidos depositados en estratos potentes.

La potencia del conglomerado fluvio-aluvional que conforma la parte central del cono de deyección del río Rímac sobrepasa los 400 metros de profundidad. Como resultado de ensayos efectuados en este tipo de material es posible establecer los siguientes parámetros físicos y mecánicos para el conglomerado de Lima:¹

Peso Unitario Seco	:	1,80 ton /m ³ a 2,20 ton /m ³
Densidad Relativa	:	70% a 95%
Diámetro Efectivo (D10)	:	0,15 a 0,45
Coefficiente de Uniformidad (Cu)	:	10 a 130
Cohesión Promedio	:	0,40 kg /cm ² a 0,80 kg /cm ²
Ángulo de Fricción Interna	:	36° a 42°

¹ Carrillo, Gil A.; Estabilidad y Resistencia del Conglomerado de Lima Metropolitana.

Por otro lado, la compresibilidad de este tipo de suelos es muy baja, siendo los asentamientos que se pueden producir de naturaleza inmediata, es decir que ocurren durante la construcción, no habiéndose reportado daños en edificaciones como consecuencia de asentamientos diferenciales.

Para representar las características del Cono Norte, en la Tabla 4.1 se presentan los resultados de diferentes ensayos realizados por el CISMID–UNI, con motivo de diversos proyectos.

Ubicación	Corte Directo			Permeab. K (cm/seg)	Peso Vol. γ_m (ton/m ³)	Clasif. SUCS
	Z (m)	ϕ (°)	C (kg/cm ²)			
Hipermercado METRO (al costado de CISMID–UNI)	2,40	16	0,21	*	*	CL
C.E. Casa Blanca de Jesús (San Juan de Lurigancho)	1,00	*	*	*	1,60	SM
	2,35	*	*	*	1,60	SW-SM
C.E. 2038 Inca Garcilazo de la Vega (Comas)	1,55	*	*	*	1,60	SP
	3,00	*	*	*	1,60	SM
C.E. .3040 (Los Olivos)	1,50	23	0,18	*	1,64	CL
Proyecto Especial Periférico Vial Norte Tramo I (Resistencia Máxima)						
Int. Carretera Canta/Izaguirre (lado der.)	8,65	27,5	0	*	*	ML
Int. Carretera Canta/Alisos (lado izq.)	2,60	41,3	0,2	*	*	ML
Int. Carretera Canta/Naranjal (lado der.)	3,75	32,3	0,5	*	*	CL
Int. Avs. Naranjal y Huandoy (lado izq.)	4,60	36,3	0,15	*	*	CL

Tabla 4.1 - Ensayos Realizados en el Cono Norte

Ensayos de carga estáticos y cíclicos realizados en el Cono Norte por el CISMID – UNI proporcionan los resultados presentados en la Tabla 4.2.

Lugar	Ensayo	Profundidad (m)	Carga Máxima (Kg/cm ²)	Asentamiento Máximo (mm)	Módulo de Elasticidad (Kg/cm ²)
Hipermercado METRO (al costado de CISMID–UNI)	EP-1	2,50	5,00	18,47	—
	EP-2	2,50	12,00	4,43	—
	EP-3	2,00	12,00	19,12	—

Tabla 4.2 - Resultados de Ensayos de Carga en el Cono Norte

4.3 GEOLOGIA DEL DISTRITO DE SAN MARTÍN DE PORRES

El subsuelo del área en estudio tiene su origen en la época Cuaternaria durante la última etapa del Pleistoceno, es decir, hace aproximadamente un millón de años. Los materiales existentes pertenecen al cono de deyección del Río Rímac constituido por un depósito fluvio-aluvional. El material generado es un conglomerado de gravas y arenas de compacidad variable, con algunos lentes arenosos. La porosidad y permeabilidad de algunos niveles, permite la existencia de acuíferos (aguas subterráneas) que es extraída mediante pozos.²

El abanico del Río Rímac tiene en la actualidad una extensión aproximada de 300 Km², con su límite oriental en Santa Clara y su límite occidental sobre la línea costera. Hacia el sur limita con el macizo de Morro Solar y por el norte cubre parte del abanico del Río Chillón.

El área de distribución de sedimentos cerca de la superficie en el abanico cortado por el Río Rímac muestra generalmente capas gravosas con aglomerantes areno-limosos con una amplia granulometría cuyas partículas se vuelven más finas hacia el oeste.

² CISMID – UNI. Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica del Hospital Nacional Cayetano Heredia. 1997.

En general el suelo predominante es el conglomerado en estados desde suelto a compacto, de alta resistencia y baja compresibilidad, intercalados con capas de arenas medias a finas, limos y arcillas, de buena calidad para las cimentaciones. Según Martínez (1978), el distrito de San Martín de Porres se encuentra en su mayoría en una zona correspondiente a un "conglomerado suelto" y "más o menos suelto"; sin embargo presenta "suelos erráticos del contacto" hacia la margen derecha del Río Rímac y la margen izquierda del Río Chillón.

Como resultado de Estudios Geotécnicos realizados en el distrito y la homogeneidad del depósito gravoso existente en gran parte de la ciudad de Lima, verificado a través de numerosos Estudios de Suelos con Fines de Cimentación llevados a cabo por diversos consultores y también por el CISMID de la UNI, se puede concluir que en la parte superficial existe un limo arenoso no plástico de color beige oscuro, es el típico material superficial utilizado como terreno de cultivo en el valle del Rímac. Se encuentra poco húmedo y es de consistencia semi-dura a dura, en algunas zonas se encuentran gravas aisladas en poca proporción. El espesor de este estrato superficial es variable.

Por debajo del material anterior existe una grava limpia pobremente graduada (GP) con matriz arenosa, de partículas subredondeadas; presenta bolonería de hasta 12" de tamaño máximo, la misma que aumenta en proporción con la profundidad. Se encuentra en un estado semicompacto cambiando a compacto a mayor profundidad y con cierta humedad.³

En la margen izquierda del Río Chillón se encuentra una grava aluvial – fluvial con cobertura de suelo limoso, siendo sus características similares a la margen derecha del Río Rímac.

La geodinámica externa del distrito no presenta peligro de huaycos, deslizamientos de escombros o inundaciones. En cuanto a la geodinámica interna deberán considerarse los efectos de la actividad sísmica, debido a que el área en estudio se encuentra ubicada en una zona altamente sísmica.

³ CISMID – UNI. Estudio Geotécnico con fines de Cimentación de la Universidad Cayetano Heredia. 1995

Se presentan en las Figuras 4.1 y 4.2, los Mapas Geológico y de Mecánica de Suelos de Lima presentados por Martínez (1978), con la ubicación del distrito de San Martín de Porres.

4.4 HIDROGEOLOGIA

La revisión del Estudio Hidrogeológico del Mejoramiento de Distribución de Agua Potable y Alcantarillado en San Martín de Porres y Callao⁴ indica que el depósito cuaternario de origen aluvial constituido por sedimentos poco consolidados acarreados por los ríos Rímac y Chillón es el asiento de una napa acuífera (aguas subterráneas) con un espesor superior a los 100 m. Para determinarlo se realizó una prospección geoeléctrica.

La recarga del acuífero se debe a la porosidad y permeabilidad de algunos niveles. En el sector de estudio del proyecto mencionado se efectúa por infiltraciones provenientes del cauce de aguas del Río Chillón, canales de regadío sin revestimiento y corresponden a acuíferos productivos. La napa pertenece al sistema de napa libre iniciándose a 1,10 m, con una profundidad de nivel de agua variable entre 5,00 y 40,00 m.

El agua del acuífero es extraída mediante pozos. En San Martín de Porres la producción de agua en pozos administrados por SEDAPAL llegó a 12396 miles de m³ en el año 2000, lo que significa el 12% del agua producida en los pozos de la Gerencia de Servicios Norte (Cono Norte y Callao)⁵

En la Figura 4.7 se presenta la Ubicación de pozos y esquemas de Uso Conjuntivo de Lima Metropolitana. El uso conjuntivo de las aguas superficiales y subterráneas permite la paralización temporal de la extracción de aguas subterráneas en los sectores donde se cuenta con suficiente agua superficial. Se

⁴ Ing. Roberto Ribeyro A.; BLASA S.A.; "Estudio de Factibilidad: Mejoramiento de Distribución de Agua Potable y Alcantarillado de Ex - Fondos Oquendo, Santa Rosa, Naranjal, Chuquitanta y Parque Porcino en San Martín de Porres y Callao".

⁵ SEDAPAL, Gerencia De Desarrollo e Investigación. Equipo de Planeamiento Operativo y Financiero. Anuario Estadístico 2000

puede apreciar la gran cantidad de pozos en San Martín de Porres, donde se ha observado claramente la recuperación del nivel de la napa.

4.5 CONSIDERACIONES SÍSMICAS

4.5.1 Intensidades

Según el análisis sismo tectónico, existen en el mundo dos zonas muy importantes de actividad sísmica conocidas como el Circulo Alpino Himalayo y el Circulo Circumpácifico. En esta última donde se localiza el Perú, han ocurrido el 80% de los eventos sísmicos en el mundo. Por lo tanto, nuestro país está comprendido entre una de las regiones de más alta actividad sísmica.

En la Figura 4.3 se presenta el Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú que está basada en isosistas de sismos peruanos y datos de intensidades de sismos históricos y recientes (Alva et.al. 1984).

De lo anterior se concluye que de acuerdo al área sísmica donde se ubica la zona en estudio existe la posibilidad de que ocurran sismos de intensidades del orden de VIII a IX en la escala de Mercalli Modificada.

4.5.2 Zonificación Sísmica

Dentro del territorio peruano se han establecido diversas zonas, las cuales presentan diferentes características de acuerdo a la mayor o menor presencia de los sismos. Según el Mapa de Zonificación Sísmica presentado en la Figura 4.4, el distrito de San Martín de Porres se encuentra comprendido en la Zona 3 correspondiéndole una sismicidad alta.

4.5.3 Categoría de las Edificaciones

Cada estructura se clasifica de acuerdo a las categorías indicadas en la Tabla 3 de la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente NT-030. Según esta

clasificación los Centros Educativos pertenecen a la categoría A, es decir, son edificaciones esenciales y por ello deberán estar en condiciones de operar antes, durante y luego del evento sísmico. A esta categoría le corresponde el coeficiente de uso $U = 1,5$.

4.5.4 Tipo de Suelo y Periodo Predominante

De acuerdo a las Normas de Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Construcciones, el suelo de cimentación corresponde a un suelo S_2 con un periodo predominante $T_s = 0,6$ seg.

4.5.5 Magnitud

En el Estudio de Peligro Sísmico en el Perú realizado por Castillo y Alva (1993), se establece que la magnitud máxima para la fuente sismogénica en la cual se encuentra la zona en estudio es de 8.0, correspondiendo este valor a un sismo localizado en la zona de subducción superficial.

4.5.6 Aceleración Máxima

En las Figuras 4.5 y 4.6 se presentan los mapas de isoaceleraciones en roca basal que pueden ocurrir en el Perú con una excedencia de 10% en un tiempo de vida útil de 50 y 100 años respectivamente tomado del Estudio de Peligro Sísmico en el Perú (Castillo y Alva, 1993).

Por otro lado, la metodología propuesta en este estudio proporciona valores de aceleraciones máxima conservadores, por lo tanto, para la evaluación de la aceleración máxima en la zona en estudio se ha considerado conveniente disminuir los valores obtenidos aplicando un factor de reducción de $2/3$, con lo cual se obtendrán los valores de las aceleraciones efectivas a nivel del roca basal. Este factor de reducción considera el valor promedio de la aceleración en lugar del valor de pico que ocurre en solo un instante de tiempo.

La Tabla 4.3 presenta un resumen de los valores de aceleración considerando tiempos de vida útil de 50 y 100 años.

Tiempo de Vida Útil (años)	Aceleración Máxima (g)	Aceleración Efectiva (g)
50	0,42	0,28
100	0,50	0,33

Tabla 4.3 - Valores de Aceleración para la Zona de Estudio⁶

De lo anterior, los valores de aceleraciones en un tiempo de vida útil de la estructura de 50 y 100 años serían de 0,25g y 0,35g respectivamente. (g = aceleración de la gravedad).

⁶ Estudio Geotécnico para el Hospital Cayetano Heredia (Dennis Parra, "Estudio de Vulnerabilidad Sísmica de 10 Hospitales en el Perú". CISMID – UNI, 1997)

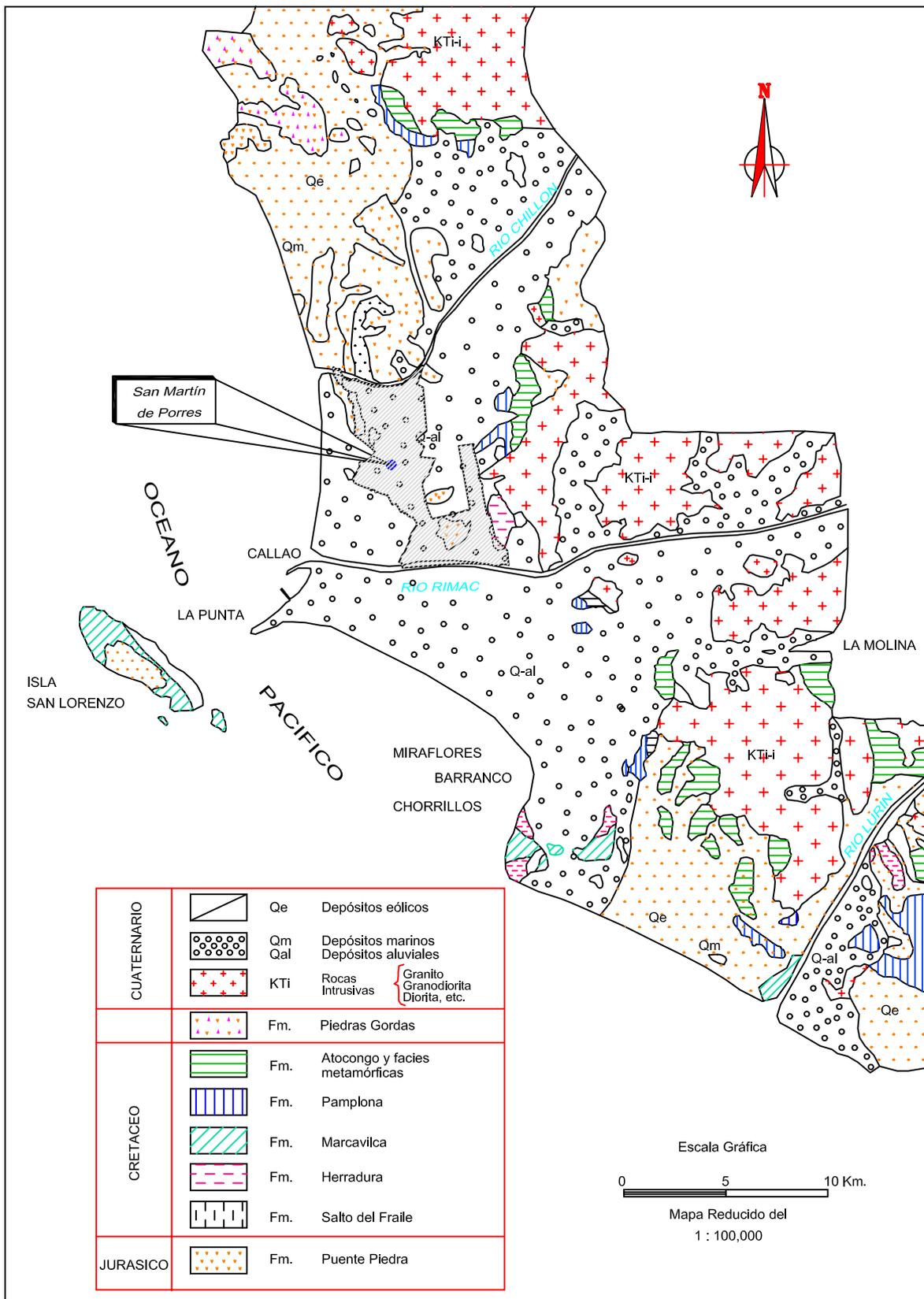


Figura 4.1 - Mapa Geológico de Lima
(Según A. Martínez Vargas y col. 1,975)

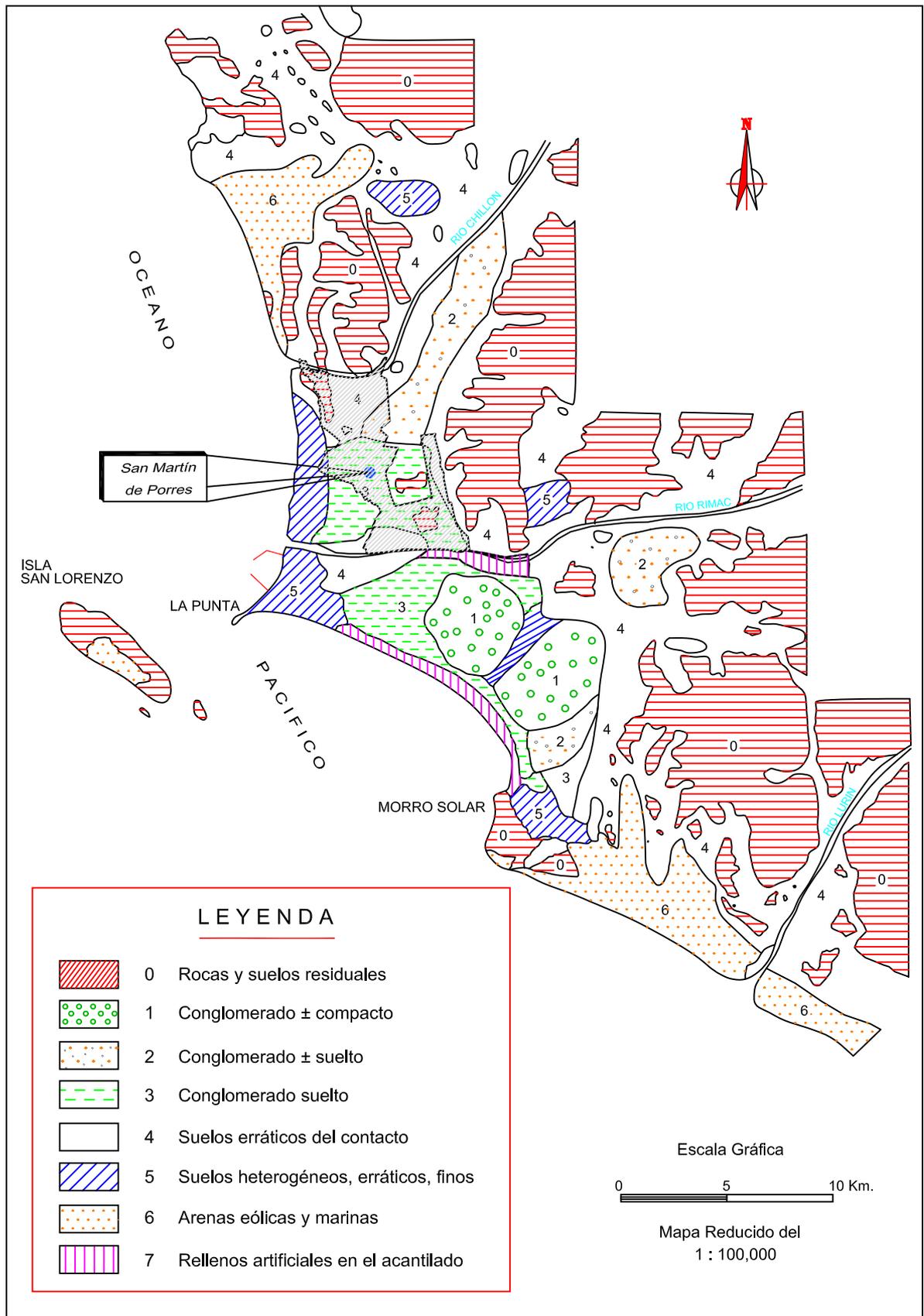


Figura 4.2 - Mapa de Mecánica de Suelos
(Según A. Martínez Vargas - 1,978)

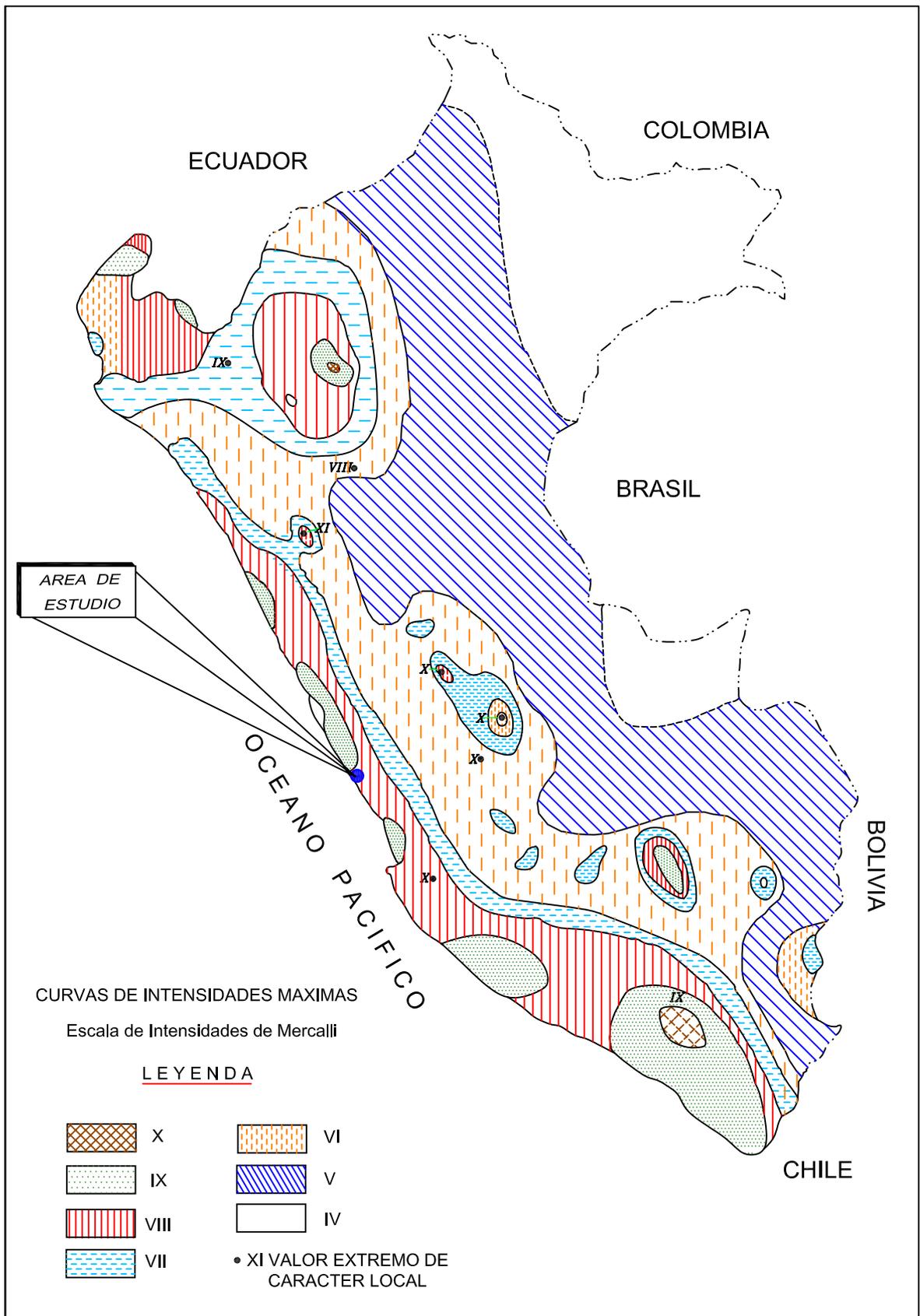


Figura 4.3 - Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas
(Alva et al, 1984)

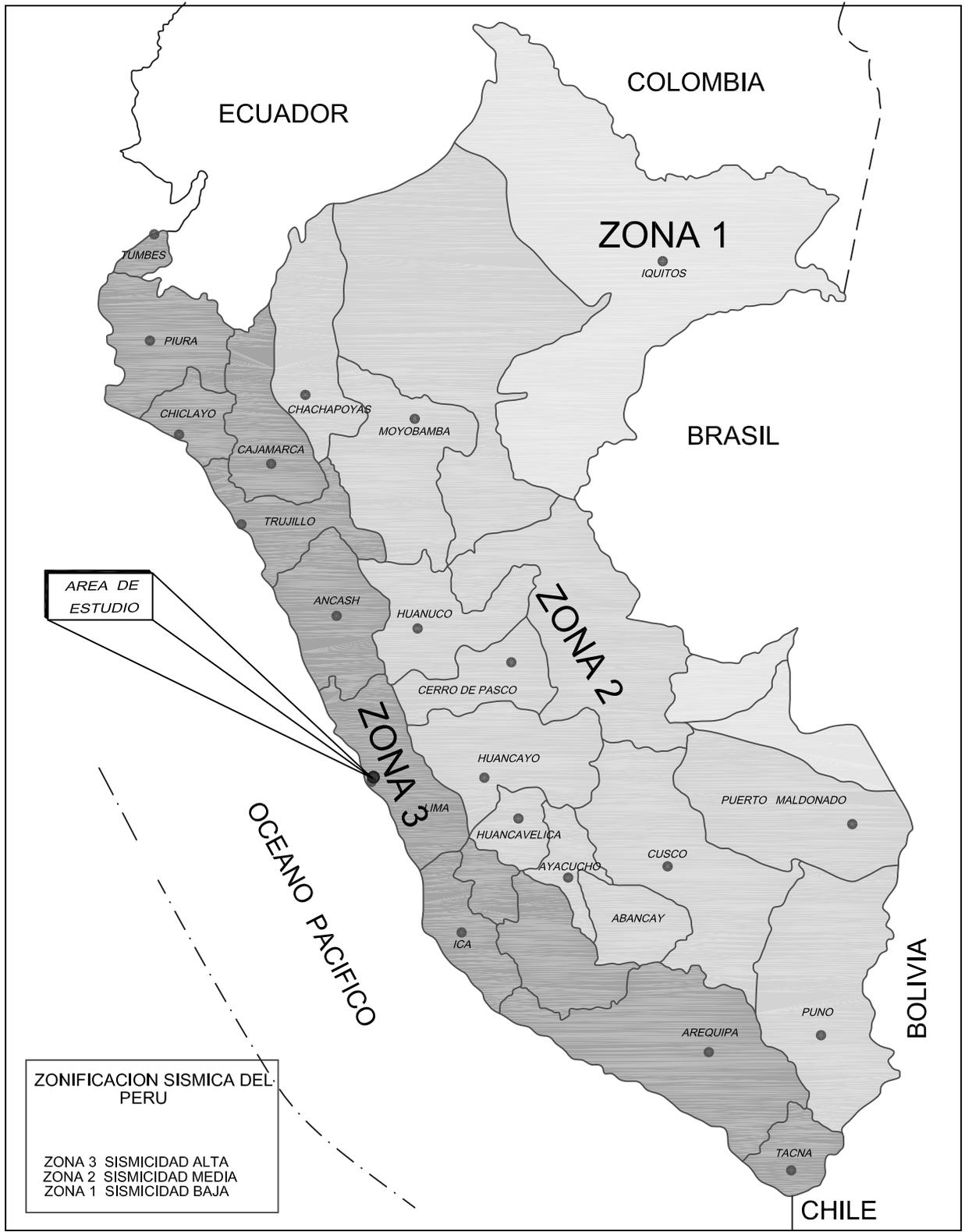


Figura 4.4 - Zonificación Sísmica del Perú
 Norma Técnica de Edificación E.030 (2003)

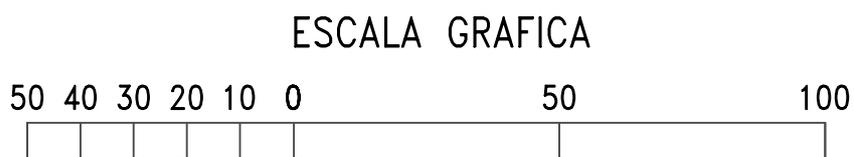
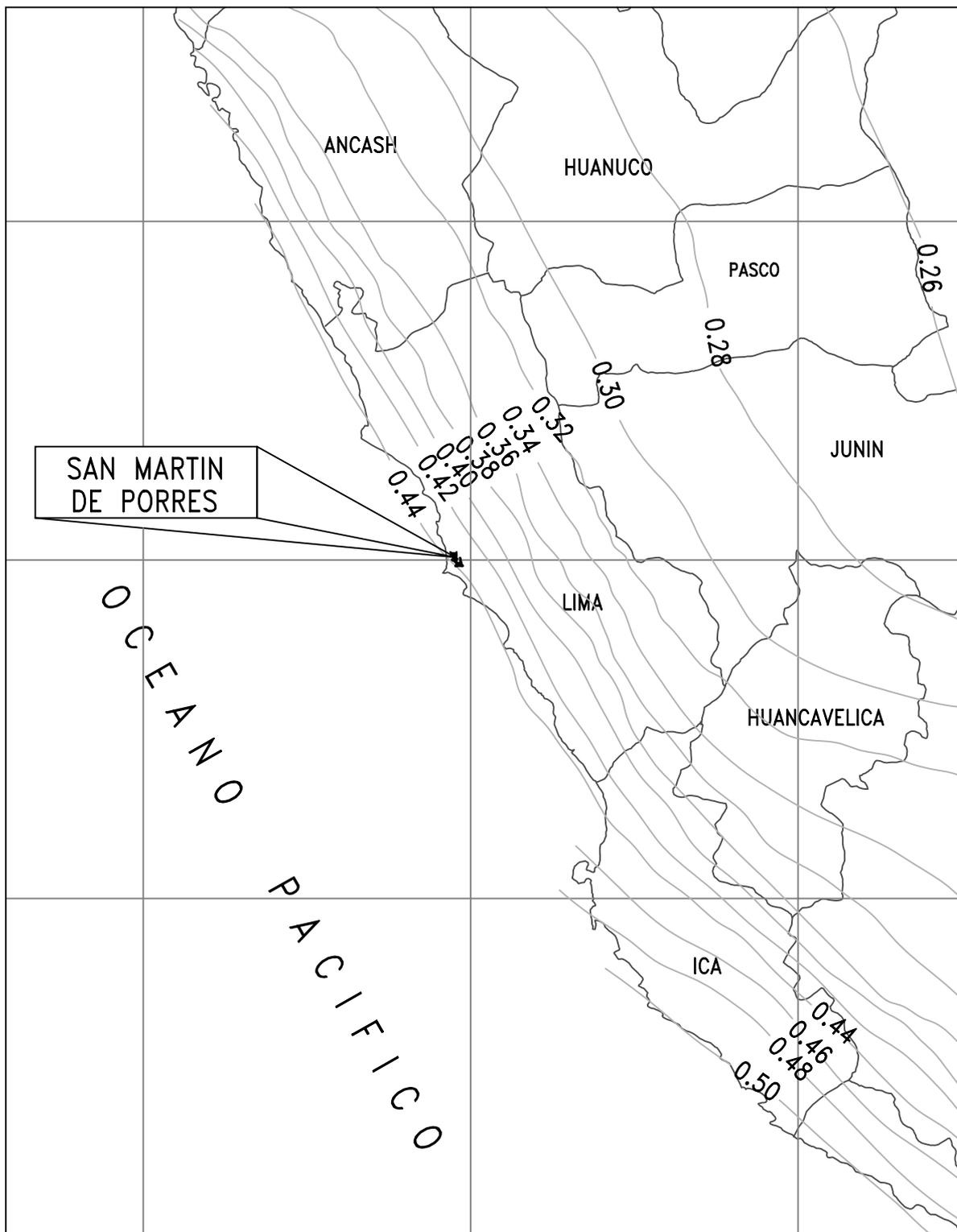


Figura 4.5 - Mapa de Isoaceleraciones (50 años)
(Alva y Castillo, 1993)

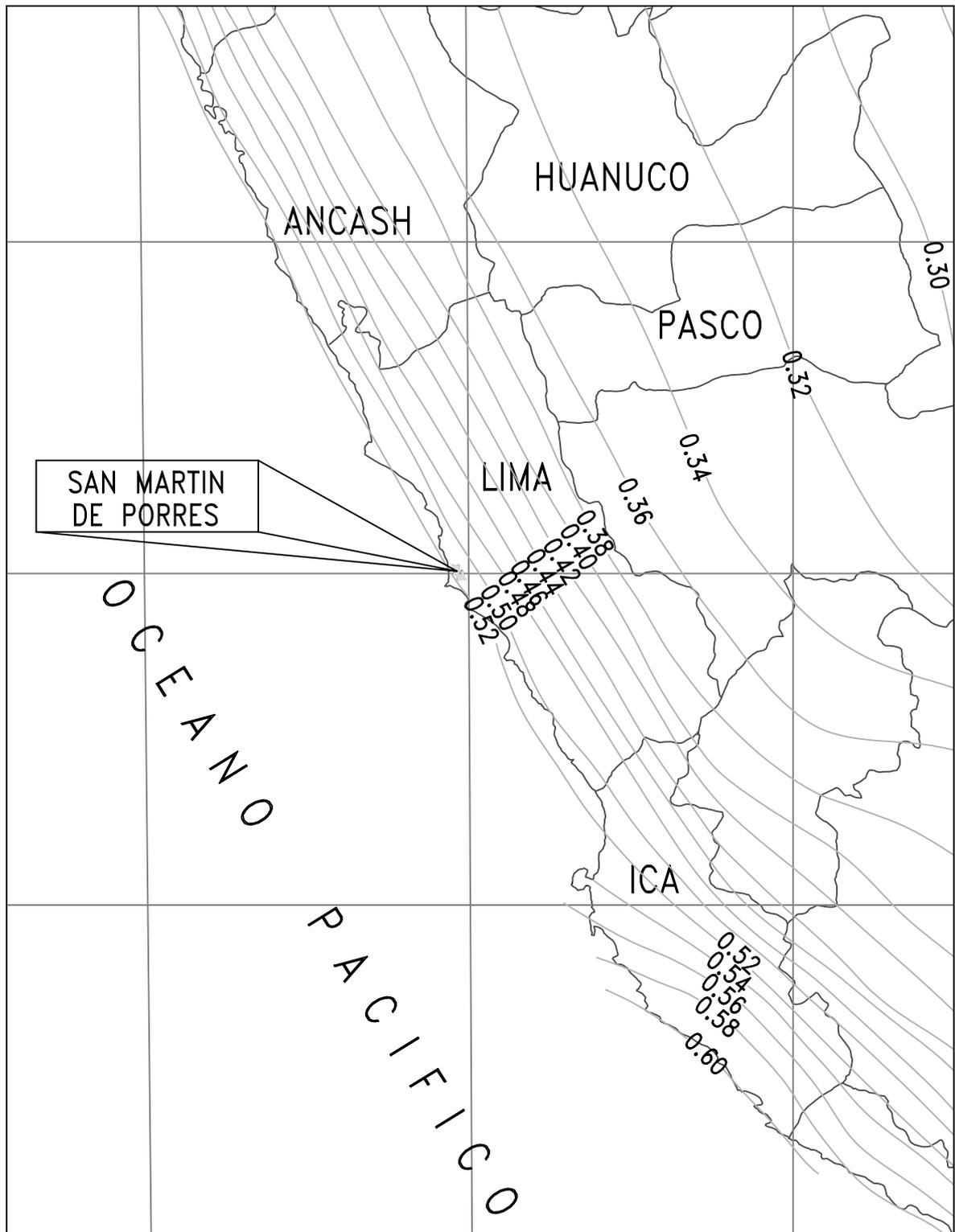


Figura 4.6 - Mapa de Isoaceleraciones (100 años)
(Alva y Castillo, 1993)

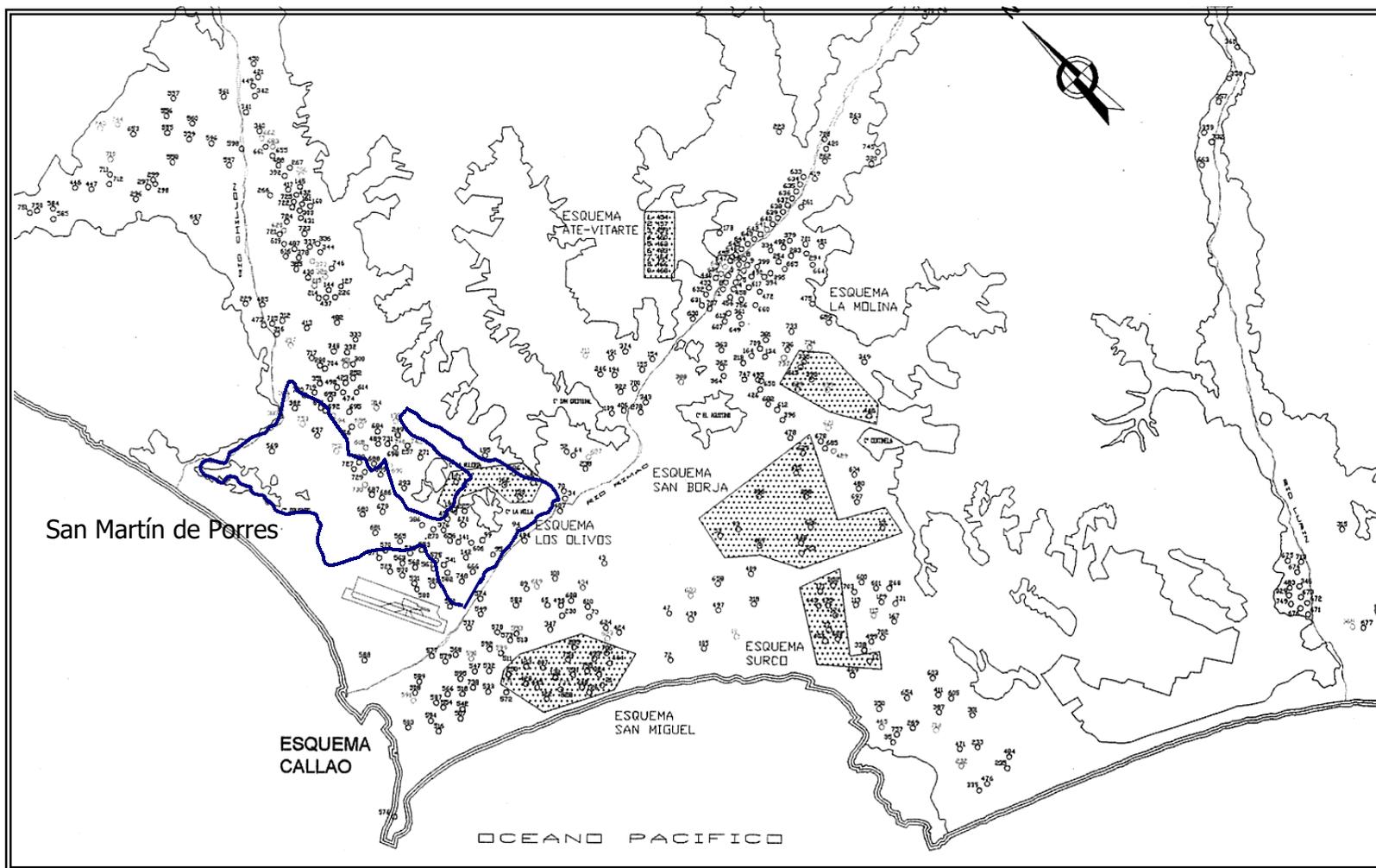


Figura 4.7 - Ubicación de pozos y Esquemas de Uso Conjunto de Lima
(Fuente: SEDAPAL)

Capítulo V

METODOLOGÍA EMPLEADA PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

5.1 ANALISIS DE VULNERABILIDAD

Se hace imperativa la evaluación estructural para determinar la capacidad de la estructura de soportar sismos moderados y fuertes. Además, dicha evaluación será insuficiente si no se acompaña de una revisión de los elementos no estructurales, el colapso o falla de los cuales puede causar serios problemas de vulnerabilidad funcional en edificaciones esenciales. La vulnerabilidad de una escuela se hace mayor debido a la importancia que tienen antes y después de un desastre.

Para fines de análisis de vulnerabilidad sísmica detallada de una construcción de concreto Armado, la literatura internacional presenta diversos métodos. En términos generales los métodos pueden clasificarse en los siguientes grupos:

- Métodos cualitativos.
- Métodos experimentales.
- Métodos analíticos.

Los primeros son métodos diseñados para evaluar de manera rápida y sencilla un grupo de edificaciones diversas, y seleccionar aquellas que ameriten un análisis más detallado. El uso principal de estos métodos es para la evaluación masiva de edificios con fines de cuantificación del riesgo sísmico en una región amplia de una ciudad, y sus resultados, fuera de lo necesario para realizar dicha selección, no pueden tomarse como concluyentes en ningún caso particular. Algunos de estos métodos constituyen el primer nivel de evaluación de los métodos analíticos, como el caso del método japonés y la evaluación diseñada por Iglesias para el caso de la Ciudad de México. Además de ellos, también tenemos los propuestos por el Applied Technology Council (ATC-21).

En términos generales, puede decirse que son métodos eminentemente cualitativos, en los que la construcción recibe una calificación determinada de acuerdo a aspectos tales como su estado de conservación, su irregularidad en planta y en altura, su relación con el suelo, etc., calificación que en general no

precisa de cálculos de oficina. Sin embargo, el primer nivel del método japonés, por el contrario, requiere del cómputo de ciertas variables, y sus ecuaciones están estrechamente relacionadas con las de los niveles superiores.

Para la recuperación post-sísmica de edificios esenciales, resulta deseable la realización de un análisis más juicioso; para lo cual se dispone de los métodos analíticos y de los experimentales. Estos últimos determinan el comportamiento dinámico de la estructura por medición directa de vibraciones ambientales. Por ello, tienen la desventaja de que no aportan más información que la correspondiente a las características dinámicas de la construcción bajo vibraciones de pequeña amplitud, lo cual los hace insuficientes para responder inquietudes sobre resistencia, disipación de energía, etc., razón por la que deben ser necesariamente complementados con los métodos puramente analíticos.

Los métodos puramente analíticos son los usualmente utilizados para la evaluación en detalle de la vulnerabilidad posible de una estructura ante sismos de diferente orden de magnitud. En términos generales, todo análisis no lineal e hysterético de una estructura sometida a movimientos del terreno, constituye un análisis de vulnerabilidad de la misma. Sin embargo, la aplicabilidad de estos métodos es discutible por varias razones:

- La alta complejidad del modelo, que sólo justifica su utilización en casos muy especiales, pero al mismo tiempo de gran sencillez, condiciones que pocas veces coinciden.
- La necesidad de realizar el análisis utilizando varios tipos de registros de sismos, para cubrir las varias posibilidades de acción sobre la estructura, lo que complica la situación.

Por estas razones, se han desarrollado diversos métodos analíticos más cercanos a las prácticas usuales de diseño. A continuación se presentan algunos métodos aproximados propuestos por diversos autores para la evaluación de la vulnerabilidad de edificaciones existentes.

5.1.1 Método Japonés

Este método, propuesto por Hirosawa, es utilizado oficialmente en Japón por el Ministerio de Construcción para la evaluación de la seguridad sísmica de edificaciones de concreto reforzado de mediana y baja altura construidos en zonas sísmicas mediante métodos convencionales. Dispone de tres niveles de evaluación, que van de lo simple a lo detallado, y es en general un método supremamente riguroso. Se basa en la calificación del comportamiento sísmico de cada piso de la estructura en las direcciones principales de la planta.

Se calcula el índice de resistencia provista (I_s) en el que se incorporan los siguientes aspectos, a través de los subíndices respectivos:

- C : Resistencia de los elementos verticales (columnas y placas)
- F : Capacidad de ductilidad de los mismos
- T : Deterioro de la construcción a través del tiempo y su comportamiento en sismos anteriores
- S_d : Influencia de la forma, la asimetría en planta, las concentraciones de masa y rigidez, las aberturas en el diafragma, etc.,

Los dos primeros índices son combinados en un máximo de tres grupos por piso, a través del índice sísmico básico de comportamiento estructural:

$$E_0 = C.F$$

y, a su vez, los índices E_0 de un piso son promediados de manera probabilística para obtener el índice E_0 único por piso, por medio del método de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados. Los grupos en mención son grupos de comportamiento dúctil, formados de acuerdo al factor de ductilidad característico.

Para cada grupo se obtienen a continuación los índices T y S_d , y finalmente el índice I_s , que tiene por valor:

$$I_s = E_0 S_d T$$

Cuando los valores correspondientes a la resistencia provista (I_s) son mayores que los valores de resistencia demandada (I_{so}), se asegura según este método, un comportamiento adecuado del piso frente a un evento sísmico.

El valor de I_{so} se calcula como:

$$I_s = E_s Z G U$$

Donde:

- E_s : valor básico del comportamiento sísmico, relacionado solo con el método de evaluación.
- Z : Factor de zona sísmica, su valor depende del peligro sísmico del lugar donde se ubica la estructura, con un máximo valor de 1.0
- U : Factor de importancia de la construcción para la recuperación después del terremoto.
- G : Influencia de las condiciones topográficas y geotécnicas e intensidad de los movimientos del terreno.

Esta evaluación no ofrece un parámetro de comparación para los valores obtenidos, quedando a juicio del ingeniero determinar el grado de vulnerabilidad que tiene la estructura. Sólo haciendo varios análisis de este tipo se podría determinar un rango de valores que permita hacer comparaciones.

El método dispone de tres niveles de evaluación, de los cuales el primero es el comentado en párrafos anteriores. Para la aplicación del segundo es necesario tener conocimiento de las armaduras de los elementos estructurales verticales, y el tercero, la pertinente además a las vigas. La característica más importante de este método es que confiere mayor importancia al análisis de resistencia que al de los esfuerzos internos que eventualmente podría presentar un sismo dado en los elementos de la estructura. Puede decirse que para la aplicación de este método no es necesario en general realizar un análisis detallado de dichos esfuerzos internos. Además, el método confiere gran importancia al establecimiento de los mecanismos de falla y disipación de energía de los

elementos, los cuales resultan clasificados en diversos grupos de acuerdo a su comportamiento y tipo de falla.

5.1.2 Métodos Norteamericanos

Los métodos desarrollados por el Applied Technology Council, ATC-14 y ATC-22, avalados por la Federal Emergency Management Agency (FEMA) de los Estados Unidos, son métodos que proponen una revisión simplificada de la estructura, por medio de ecuaciones aproximadas para la estimación de esfuerzos y deformaciones. El método ATC-14 está elaborado en relación con la concepción de esfuerzos de trabajo, mientras que el ATC-22 lo está en relación con la concepción de diseño límite del ATC-3. En ambos casos la revisión busca obtener relaciones demanda - capacidad de los elementos estructurales sometidos a los diferentes esfuerzos.

A diferencia del método Japonés, este método confiere gran importancia al análisis de esfuerzos internos, tanto como a la resistencia de los elementos a los mismos, pues su objetivo final es la evaluación de las relaciones demanda sísmica de fuerza / capacidad redundante de la resistencia a la misma, D_e / C_e

$$\frac{D_e}{C_e} = \frac{Q_e}{(Q_n - Q_v)}$$

Donde:

- Q_e : Fuerza interna causada sólo por la carga sísmica
- Q_n : Resistencia del elemento a la misma
- Q_v : Fuerza interna causada por la carga vertical.

Estos valores deben ser ordenados de manera descendente, de suerte que los mayores reflejan aquellos elementos que están en la situación de mayor riesgo de falla.

Sin embargo, el método tiene la grave deficiencia de no disponer las herramientas para evaluar de manera clara la capacidad de ductilidad de la estructura en sus diferentes tipos de elementos y diferentes pisos, como si lo hace el método Japonés. En lugar de ello, clasifican los edificios según un indicativo global de ductilidad de acuerdo a su sistema estructural, según una tabla un poco más detallada en el Código ATC-3.

La experiencia reciente en sismos fuertes y los métodos teóricos de energía muestran, no obstante, diferencias substanciales en las demandas de ductilidad entre los diferentes pisos de una estructura, y aún entre diferentes elementos, razón por la cual la calificación global de la capacidad de absorción de energía en todo el edificio por medio de un índice único es claramente insuficiente.

5.1.3 Método de Energía

El método de energía. presenta un enfoque radicalmente diferente del usual tanto para el diseño como para la revisión de edificios sometidos a movimientos sísmicos. Para efectos de revisión de estructuras existentes tiene la virtud de establecer claramente los pisos débiles de la estructura, los elementos de los mismos que tienen tendencia a fallar en primer lugar, las demandas de ductilidad asociadas a la energía absorbida en cada piso y, en consecuencia, refleja de manera adecuada la situación probable del edificio en relación con un sismo fuerte.

5.1.4 Índices de daño

Para estimar el daño estructural también se ha hecho uso de índices, que se ha propuesto a nivel global y local (Williams *et al.* 1995; Aguiar y Barbat, 1997). Los modelos de daño local son usados para precisar el nivel de daño en elementos estructurales individuales. Ha sido común, en estos casos, utilizar criterios tales como la capacidad estructural en términos de deformación y resistencia, la degradación, el daño acumulado en deformación, el daño

acumulado en energía, como también indicadores tales como la ductilidad, la deformación, la energía inelástica, la curvatura y el daño basado en la fatiga. Algunos métodos hacen una aproximación del daño global a partir del daño local utilizando criterios como la energía, la carga axial, y la ubicación del piso. Dentro de los parámetros utilizados para el cálculo directo del daño global es posible considerar la capacidad resistente en términos de deformación y corte basal, y parámetros vibracionales como la frecuencia y el periodo.

Uno de los métodos actualmente más aceptados es el propuesto por Park y Ang (1985) que utiliza índices de daño locales. Este método es una combinación lineal del daño causado debido a deformaciones excesivas y el efecto de cargas cíclicas repetidas (Singhal y Kiremidjian, 1997). El índice utilizado se presenta en las siguientes ecuaciones:

$$D = \frac{\delta_m}{\delta_u} + \frac{\beta}{P_y \delta_u} \int dE$$

ó

$$D = \frac{\delta_m}{\delta_u} + \beta \int \left(\frac{\delta}{\delta_u} \right)^\alpha \frac{dE}{E_c(\delta)}$$

donde:

δ_m = Deformación máxima bajo un sismo

δ_u = Capacidad de deformación última bajo cargas monotónicas

P_y = Esfuerzo de fluencia calculado

$E_c(\delta)$ = Energía histerética por ciclo a la deformación δ

α, β = Parámetros no negativos

δ = Amplitud de deformación en cada ciclo de oscilación

dE = Energía histerética incremental de disipación

El valor del índice de daño, D , es 0 cuando no hay evidencia de daño, y es 1 para colapso.

Por otra parte, el índice de daño global está definido como el promedio ponderado de los índices de daño locales de cada uno de los elementos. La

función de ponderación para cada elemento es proporcional a la energía disipada en cada uno. La siguiente ecuación corresponde a la expresión mediante la cual se calcula el índice de daño global.

$$D_T = \sum_{i=1}^N \lambda_i D_i$$

donde:

$$\lambda_i = \frac{E_i}{\sum_{i=1}^N E_i}$$

N = Número de elementos

E_i = Energía disipada en el elemento i

De la misma manera es posible calcular índices de daño por piso, teniendo en cuenta solamente los elementos que pertenecen a un nivel en la edificación.

El índice de daño global fue modificado posteriormente por Park, Ang y Wen (1987), por lo cual el planteamiento original sufrió algunos ajustes y sugirieron D = 0.4 como el umbral entre daño reparable e irreparable.

5.2 METODOLOGÍA EMPLEADA

La determinación de la vulnerabilidad estructural de los centros educativos frente a cargas de sismo, requiere conocer el comportamiento dinámico de las estructuras que los conforman.

Se presenta una evaluación a nivel cualitativo, es decir, conocer las fuerzas cortantes de piso, desplazamientos y distorsiones de entrepiso con el propósito de verificar si los elementos sismorresistentes pueden absorber las fuerzas cortantes impuestas por el nivel de demanda sísmica y verificar que los desplazamientos laterales permisibles no sean superados. Por ello, se requiere generar modelos de análisis que permitan conocer el comportamiento de la estructura a nivel global.

Debido al número considerable de edificaciones educativas en el distrito, se utilizó una ficha de evaluación; la cual está dirigida a obtener información de las características propias de la edificación. Además, se recopiló información sobre los planos de la estructura, información referente a la etapa de construcción, etc. La ficha de evaluación se muestra en las Figuras 5.1 y 5.2.

El levantamiento de esta información a través de visitas de campo permitió elaborar una base de datos que se trabajó utilizando herramientas SIG (Sistemas de información Geográfica). Para ello se eligió el programa de cómputo ARCVIEW 3,2 de ESRI (Environmental Systems Research Institute) Inc, Redlands, California. Estos sistemas poseen procedimientos diseñados para soportar la administración, manipulación, análisis, modelamiento y visualización de la información georeferenciada. Por esta razón la base de datos es fácilmente actualizable, amoldándose así al desarrollo que se pueda dar en el sector educación.

Al clasificar las edificaciones educativas, se establecieron las estructuras tipo que representen a los locales escolares del distrito. Para esto se consideraron varios criterios conceptuales, los cuales tienen relación directa con las características de la arquitectura de la edificación, la parte estructural, los materiales, el procedimiento constructivo, y otros factores.

Según la clasificación realizada, por cada estructura tipo se generan los modelos matemáticos para el análisis estructural dinámico. Estos modelos y la demanda sísmica para diversas excitaciones serán analizados utilizando el programa de cómputo ETABS (Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems) versión 8,09 de Computers and Structures Inc. Berkeley, California.

Los resultados de la respuesta sísmica que demandan las excitaciones serán comparados con la resistencia de la estructura, lo que indicará la tendencia del edificio a ser vulnerable o no a partir de una evaluación demanda - resistencia. Aquí se presentarán los máximos esfuerzos así como desplazamientos máximos posibles que presenten las estructuras para las diversas sollicitaciones sísmicas.

Asimismo, los valores de distorsión de entrepiso proporcionarán una medida del daño estructural esperado así como el daño en componentes no estructurales. Esto es de suma importancia debido a que se trata de edificaciones esenciales, las cuales deberán operar antes, durante y luego de un evento sísmico. En la tabla 5.1 se presentan los valores de distorsión máxima propuestos, los cuales están relacionados con un nivel de daño.

Distorsión	Comportamiento Esperado
1/3200	Grietas no visibles
1/1600	Primeras grietas en los talones del muro
1/800	Inicio de agrietamiento en diagonales
1/400	Agrietamiento inicial en columnas de confinamiento y apertura de la grieta diagonal
1/200	Grietas horizontales a lo largo de columnas de confinamiento, generalización de grietas en diagonal y apertura considerable. Vidrios pueden romperse
1/100	Grietas de lado a lado, el muro pierde verticalidad, peligro de desplome. Puertas, ventanas y ascensores no pueden abrirse, particiones colapsan

Tabla 5.1 – Valores de Distorsión Máxima¹

Los aspectos geotécnicos del distrito proporcionan la información necesaria para clasificar y mitigar el comportamiento del suelo frente a las acciones sísmicas. Asimismo, también proveerá de la información necesaria acerca de las características de los sismos de mayor grado destructivo que podrían presentarse en la vida útil de los locales escolares.

Para esta evaluación se han considerado aquellos centros educativos inscritos en el Padrón de Centros Educativos elaborado por el Área de Gestión

¹ Dr. Carlos Zavala; CISMID – UNI; Construction Monitoring and Improvement Techniques for Masonry Housing - On Going Research Report - Junio 2003.

Institucional / Equipo de Estadística de la Unidad de Servicios Educativos (USE) N° 02, la cual tiene dentro de su jurisdicción al distrito de San Martín de Porres.

Debido a las limitaciones físicas y de disponibilidad de recursos humanos se contempló la evaluación de las edificaciones escolares que alberguen la mayor cantidad de población estudiantil y sobretodo de menores de edad. Los Centros educativos evaluados según niveles de enseñanza son:

Grupo I: Cunas y Jardines de Infancia, Centros de Educación Especial.

Grupo II: Centros Educativos del Nivel Primaria, Centros Educativos del Nivel Secundaria.

Grupo III: Centros Educativos de Gestión No estatal.

Se ha considerado a los Centros Educativos de Gestión No estatal en un grupo aparte debido a que presentan características estructurales completamente diferentes a las escuelas públicas y albergan mucho menor cantidad de estudiantes.

En base a esta pre-calificación se procedió a tomar una muestra estadística. Se realizó la depuración de las escuelas que funcionan en un mismo local, quedando sólo *locales* escolares. El número total de locales escolares se presenta en la Tabla 5.2.

GRUPO	Nº DE LOCALES ESCOLARES
GRUPO I	31
GRUPO II	70
GRUPO III	349

Tabla 5.2 – Locales escolares por Grupos

FICHA PARA INSPECCION

CENTRO EDUCATIVO: _____

Dirección: _____ Teléfono: _____
 Director: _____ Teléfono: _____

Posición de la edificación en la manzana

Esquina _____ Medio _____ Libre _____

Area de terreno (m²) _____ Area libre _____

Tipo de terreno

Hormigón _____ Suelo Blando _____ Relleno _____ Otro: _____
 Conglomerado _____

Descripción de la Estructura

Piso Nº	Fecha Const.	% Avances de Construcción	Material estructural								
			Concreto Reforzado	Mampostería	Cimentación	Sistema Estructural	Estructura de techo	Regularidad planta	SISTEMA EDUCATIV.	Nº salones	

Conclusión

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Reforzamientos

Año	Piso	Descripción

Daños Previos:

Año	Piso	Pérdidas humanas

Reparaciones

Año	Piso	Comentario

Figura 5.1 – Ficha de Evaluación de Centros educativos (Parte 1)

Población escolar		Registro fotográfico:	
	N° alumnos		
Inicial	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Primaria	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Secundaria	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Total	<input type="text"/>		
Problemas			
	Pabellón	Descripción	
Columna Corta	<input type="text"/>		
Fisuras			
columna	<input type="text"/>		
viga	<input type="text"/>		
muro	<input type="text"/>		
techo	<input type="text"/>		
Juntas	<input type="text"/>		
Cerco	Material:		
	comentario:		
OBSERVACIONES			
Aspecto Estructural			
Aspecto No - estructural			
Aspecto Funcional (salidas emergencia, servicios,etc)			

Figura 5.2 – Ficha de Evaluación de Centros educativos (Parte 2)

Capítulo VI

ESTUDIO ESTRUCTURAL

6.1 DESCRIPCIÓN DE LOS MODELOS ESTRUCTURALES ADOPTADOS

El comportamiento dinámico de las estructuras se determina mediante la generación de modelos matemáticos, los cuales deben considerar en primera instancia la contribución de los elementos estructurales tales como vigas, columnas y muros portantes para determinar la rigidez lateral de cada nivel. Debido a que las fuerzas de sismo son del tipo inercial, es necesario precisar la cantidad y distribución de la masa en los pisos para poder completar los requisitos del modelo.

La presencia de elementos no-estructurales como muros de albañilería (tabiquería) afecta el comportamiento dinámico de las estructuras en el rango elástico, por lo que debe considerarse la contribución de estos elementos en la rigidez lateral de las estructuras. En la ocurrencia de sismos leves o moderados los muros contribuyen en la rigidez lateral de la estructura siempre y cuando no hayan fallado.

Además de los elementos estructurales, se modeló la tabiquería (modelado como elemento tipo PANEL por ETABS) con módulo de elasticidad de 20000 kg /cm² y espesor 0,15 m que corresponde a albañilería de baja calidad. Así, se considera la influencia de los alféizares que producen una reducción de altura en la columna y provocaría un comportamiento de columna corta.

Bajo estas consideraciones se construyeron los modelos y se efectuaron los análisis para obtener la respuesta dinámica de la estructura en términos de distorsiones de entrepiso y cortantes de piso.

6.1.1 Modelos de los Módulos Piba87 y 780

Estos módulos de dos niveles están formados por pórticos (modelados por ETABS como marcos tridimensionales) y muros de albañilería; los cuales han sido modelados como elementos tipo PANEL, considerando las propiedades mecánicas del material.

Toda la estructura es analizada como un pórtico tridimensional, con losas supuestas como infinitamente rígidas frente a acciones en su plano.

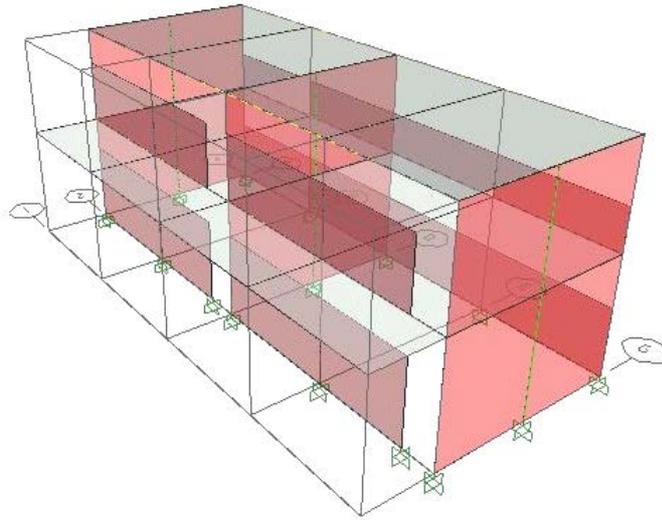


Figura 6.1 Modelo Estructural – Módulo Piba87

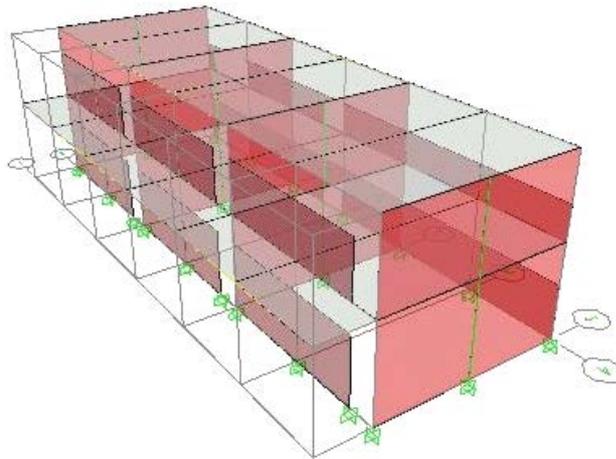


Figura 6.2 Modelo Estructural – Módulo 780

6.1.2 Modelo del Módulo Bloqueta

Este módulo está formado por pórticos (modelados por ETABS como marcos tridimensionales) y muros de bloqueta; los cuales han sido modelados como elementos tipo PANEL, considerando las propiedades mecánicas del material.

Toda la estructura es analizada como un pórtico tridimensional rigidizado por los muros de bloqueta, con losas supuestas como infinitamente rígidas frente a acciones en su plano.

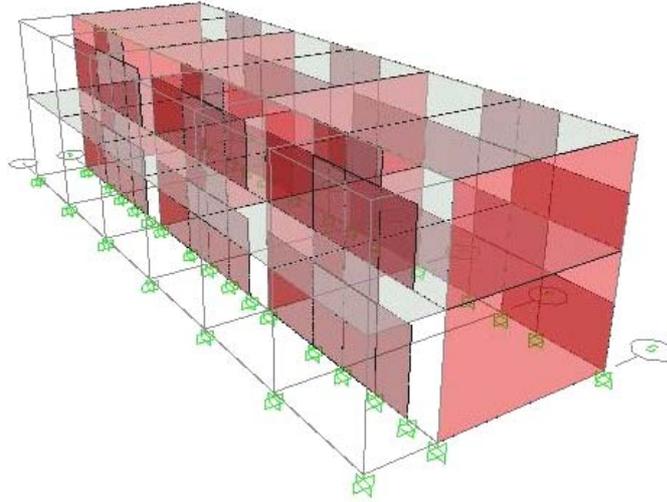


Figura 6.3 Modelo Estructural – Módulo Bloqueta

6.1.3 Modelo del Módulo Apenkai

Este módulo de tres niveles está compuesto por un sistema mixto de pórticos (modelados por ETABS como marcos tridimensionales) y muros de albañilería de ladrillo; los cuales han sido modelados como elementos tipo PANEL, considerando las propiedades mecánicas del material. En esencia se puede distinguir una torre octogonal y una estructura rectangular, las que se encuentran formando un sistema único.

Toda la estructura es analizada como un pórtico tridimensional, con losas supuestas como infinitamente rígidas frente a acciones en su plano.

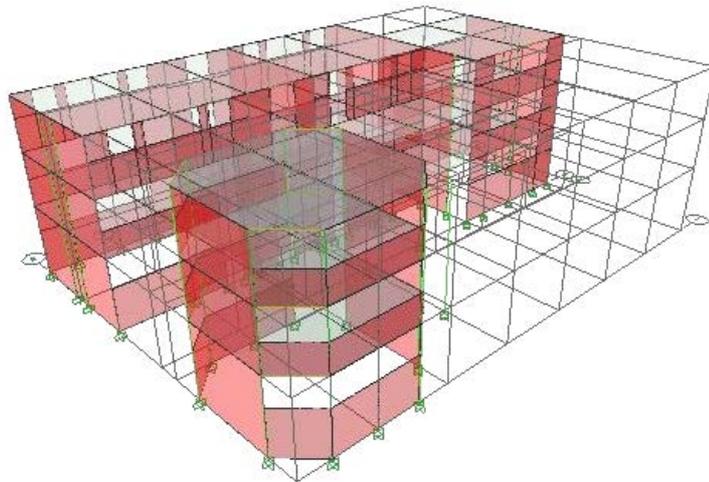


Figura 6.4 Modelo Estructural – Módulo Apenkai

6.1.4 Modelo del Módulo de albañilería – 2 niveles

Este módulo de dos niveles está compuesto por un sistema de muros de albañilería confinada; modelados por ETABS como elementos tipo PANEL; los cuales han sido modelados considerando las propiedades mecánicas del material. Los elementos de confinamiento (vigas y columnas) son modelados como marcos tridimensionales.

En esencia se observa que la estructura confía su resistencia a los muros portantes; mientras que los tabiques aportan rigidez a la estructura en ambas direcciones.

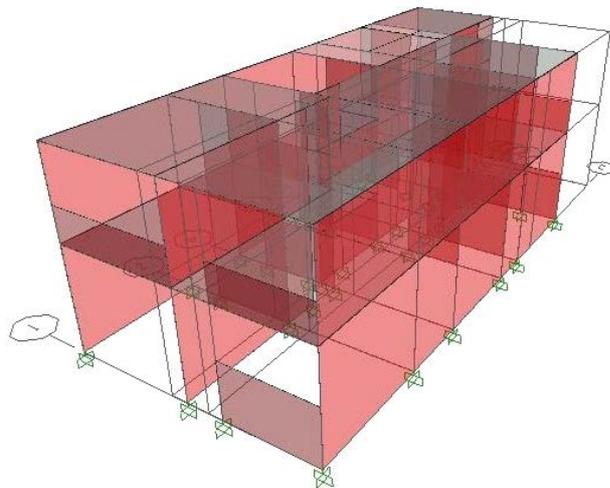


Figura 6.5 Modelo Estructural. Módulo de albañilería – 2 niveles

6.2 COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE LAS ESTRUCTURAS

6.2.1 Análisis dinámico de los sistemas estructurales

Para efectuar el análisis dinámico se han determinado las masas de cada piso, considerándolas concentradas en los niveles de entrepiso. El programa ETABS determina las rigideces y calcula las frecuencias naturales y los modos de vibración de las estructuras.

En el análisis tridimensional se ha considerado para cada piso tres grados de libertad, dos traslacionales y uno rotacional. De esta manera, se cumple que en cada dirección las masas efectivas sean por lo menos el 90% de la masa de la estructura. Así tenemos que en los tres primeros módulos se ha empleado la superposición de los seis primeros modos de vibración de las estructuras; mientras que para el caso del módulo Apenkai se empleó la superposición los nueve primeros modos de vibración.

Se ha considerado el espectro de diseño para un sismo leve con aceleración de 100 gals, y dos niveles de aceleración máxima correspondientes a sismos con periodo de retorno de 50 y 100 años; esto corresponde a aceleraciones máximas de 250 y 350 gals, las mismas que han sido consideradas basándose en los aspectos geotécnicos y la opinión de investigadores. Para cada una de las aceleraciones se utilizarán espectros normalizados en el análisis dinámico de los sistemas estructurales. Cada espectro es procesado por ETABS determinando los esfuerzos, desplazamientos absolutos y relativos producidos por el efecto sísmico.

A continuación se presentan las características dinámicas de los módulos en estudio, considerando en los tres primeros los muros no-estructurales, debido a su aporte en la rigidez lateral. El no considerarlos causaría una subestimación de la capacidad estructural.

6.2.1.1 Características dinámicas del Módulo Piba87

Al efectuar el análisis dinámico, se encontró un periodo natural de 0,20s, como se muestra en la Tabla 6.1; los factores de participación de masa efectiva se muestran en la Tabla 6.2.

NUMERO DE MODO	PERIODO (seg.)
1	0.20
2	0.11
3	0.10
4	0.09
5	0.04
6	0.04

Tabla 6.1 - Periodos de vibración

NUMERO DE MODO	Traslación X % Masa	Traslación Y % Masa	Rotación Z % Masa
1	92.53	0.04	0.13
2	0.05	93.76	0.19
3	3.31	0.08	67.60
4	4.12	0.14	26.30
5	0.00	5.99	0.01
6	0.00	0.00	5.78

Tabla 6.2 – Factores de Masa Efectiva por cada Modo

6.2.1.2 Características dinámicas del Módulo 780

Al efectuar el análisis dinámico, se encontró un periodo natural de 0,19s, como se muestra en la Tabla 6.3; los factores de participación de masa efectiva se muestran en la Tabla 6.4.

NUMERO DE MODO	PERIODO (seg.)
1	0.19
2	0.10
3	0.09
4	0.09
5	0.04
6	0.04

Tabla 6.3 - Periodos de vibración

NUMERO DE MODO	Traslación X % Masa	Traslación Y % Masa	Rotación Z % Masa
1	93.24	0.02	0.08
2	0.04	94.60	0.08
3	1.88	0.03	79.13
4	4.83	0.10	15.64
5	0.00	5.24	0.00
6	0.00	0.00	5.06

Tabla 6.4 – Factores de Masa Efectiva por cada Modo

6.2.1.3 Características dinámicas del Módulo Bloqueta

Al efectuar el análisis dinámico, se encontró un periodo natural de 0,138s, como se muestra en la Tabla 6.5; los factores de participación de masa efectiva se muestran en la Tabla 6.6.

NUMERO DE MODO	PERIODO (seg.)
1	0.14
2	0.13
3	0.11
4	0.05
5	0.05
6	0.05

Tabla 6.5 - Periodos de vibración

NUMERO DE MODO	Traslación X % Masa	Traslación Y % Masa	Rotación Z % Masa
1	2.23	92.72	0.08
2	92.25	2.37	0.49
3	0.39	0.03	94.92
4	0.59	4.50	0.01
5	4.46	0.38	0.00
6	0.08	0.00	4.51

Tabla 6.6 – Factores de Masa Efectiva por cada Modo

6.2.1.4 Características dinámicas del Módulo Apenkai

Esta estructura de tres niveles dinámicamente se comportará como un sistema de doce grados de libertad ya que la losa del tercer nivel es discontinua; es decir no existe continuidad entre la estructura de la torre y la estructura rectangular en este nivel. Esto origina que en el tercer nivel se generen tres grados de libertad para cada una de estas sub-estructuras.

Se encontró un periodo natural de 0,189s, como se muestra en la Tabla 6.7; los factores de participación de masa efectiva se muestran en la Tabla 6.8.

NUMERO DE MODO	PERIODO (seg.)
1	0.19
2	0.14
3	0.14
4	0.13
5	0.08
6	0.06
7	0.06
8	0.05
9	0.05

Tabla 6.7 - Periodos de vibración

NUMERO DE MODO	Traslación X % Masa	Traslación Y % Masa	Rotación Z % Masa
1	91.36	0.08	0.00
2	0.10	90.19	0.77
3	0.12	0.53	17.68
4	0.00	0.46	72.57
5	0.05	0.00	0.03
6	7.00	0.00	0.39
7	0.65	0.00	1.03
8	0.00	3.73	0.01
9	0.00	3.94	0.47

Tabla 6.8 – Factores de Masa Efectiva por cada Modo

6.2.1.5 Características dinámicas del Módulo de albañilería – 2 niveles

Al efectuar el análisis dinámico, se encontró un periodo natural de 0,14s, como se muestra en la Tabla 6.9; los factores de participación de masa efectiva se muestran en la Tabla 6.10.

NUMERO DE MODO	PERIODO (seg.)
1	0.14
2	0.09
3	0.07
4	0.05
5	0.03
6	0.03

Tabla 6.9 - Periodos de vibración

NUMERO DE MODO	Traslación X % Masa	Traslación Y % Masa	Rotación Z % Masa
1	79.97	0.05	15.63
2	13.95	0.00	80.61
3	0.10	95.56	0.01
4	4.98	0.28	0.40
5	1.01	0.00	3.35
6	0.00	4.12	0.00

Tabla 6.10 – Factores de Masa Efectiva por cada Modo

6.2.2 Análisis por carga de gravedad

En este análisis se calculan las solicitaciones (momentos flectores, fuerzas cortantes, cargas axiales y momentos de torsión) originadas por la carga permanente y sobrecargas especificadas en los planos.

6.2.3 Combinación de cargas

Las cargas últimas son halladas superponiendo los efectos resultado del análisis dinámico y de las debidas a las cargas de gravedad, considerando los

factores de carga especificados en la norma. La resistencia requerida (U) para cargas muerta (CM), viva (CV) y de sismo (CS) deberá ser:

$$U = 1,25 (CM + CV) \pm CS$$

ETABS evalúa la envolvente de las solicitaciones indicadas y para cada elemento obtiene los valores máximos en las secciones críticas que sirven para la verificación del diseño.

6.2.4 Respuesta Dinámica del Sistema Estructural

La respuesta dinámica del sistema estructural se entiende como la respuesta espectral del cortante lateral en cada piso de la estructura, suponiendo que el sismo actúa de manera independiente y con el 100% en cada una de las direcciones principales de la estructura. A continuación se muestran las respuestas dinámicas de cada uno de los módulos en estudio. Estas constituirán lo que llamaremos DEMANDA para cada nivel de aceleración espectral: 100 gals, 250 gals y 350 gals.

6.2.4.1 Módulo Piba87

NIVEL	Amax = 100 gals		Amax = 250 gals		Amax = 350 gals	
	SISMO: Dir-X (kg)	SISMO: Dir-Y (kg)	SISMO: Dir-X (kg)	SISMO: Dir-Y (kg)	SISMO: Dir-X (kg)	SISMO: Dir-Y (kg)
1	21793.36	22074.81	54483.41	55187.03	76276.77	77261.85
2	10589.63	10481.23	26474.07	26203.07	37063.70	36684.30

Tabla 6.11 – Cortantes de Entrepiso. Módulo Piba87

6.2.4.2 Módulo 780

NIVEL	Amax = 100 gals		Amax = 250 gals		Amax = 350 gals	
	SISMO: Dir-X (kg)	SISMO: Dir-Y (kg)	SISMO: Dir-X (kg)	SISMO: Dir-Y (kg)	SISMO: Dir-X (kg)	SISMO: Dir-Y (kg)
1	36297.95	36802.67	90744.88	92006.67	127042.84	128809.34
2	17803.89	17535.38	44509.72	43838.44	62313.61	61373.82

Tabla 6.12 – Cortantes de Entrepiso. Módulo 780

6.2.4.3 Módulo Bloqueta

NIVEL	Amax = 100 gals		Amax = 250 gals		Amax = 350 gals	
	SISMO: Dir-X (kg)	SISMO: Dir-Y (kg)	SISMO: Dir-X (kg)	SISMO: Dir-Y (kg)	SISMO: Dir-X (kg)	SISMO: Dir-Y (kg)
1	28048.05	28158.88	70120.12	70397.19	98168.17	98556.07
2	13021.89	13048.81	32554.74	32622.02	45576.63	45670.83

Tabla 6.13 – Cortantes de Entrepiso. Módulo Bloqueta

6.2.4.4 Módulo Apenkai

NIVEL	Amax = 100 gals		Amax = 250 gals		Amax = 350 gals	
	SISMO: Dir-X (kg)	SISMO: Dir-Y (kg)	SISMO: Dir-X (kg)	SISMO: Dir-Y (kg)	SISMO: Dir-X (kg)	SISMO: Dir-Y (kg)
1	102174.96	101793.04	255437.41	254482.60	357612.37	356275.64
2	74937.13	74355.60	187342.83	185888.99	262279.96	260244.58
3	31393.44	32554.08	78483.59	81385.21	109877.03	113939.29

Tabla 6.14 – Cortantes de Entrepiso. Módulo Apenkai

6.2.4.5 Módulo de albañilería – 2 niveles

NIVEL	Amax = 100 gals		Amax = 250 gals		Amax = 350 gals	
	SISMO: Dir-X (kg)	SISMO: Dir-Y (kg)	SISMO: Dir-X (kg)	SISMO: Dir-Y (kg)	SISMO: Dir-X (kg)	SISMO: Dir-Y (kg)
1	21378.00	24969.72	53444.99	62424.29	74822.99	87394.01
2	10780.75	12099.46	26951.89	30248.65	37732.64	42348.10

Tabla 6.15 – Cortantes de Entrepiso. Módulo de albañilería – 2 niveles

6.3 ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LAS ESTRUCTURAS

De acuerdo a la teoría de diseño plástico, la capacidad última de la estructura será alcanzada cuando un buen número de secciones alcancen la fluencia y originen un mecanismo de falla. Esto es comúnmente conocido como la formación del mecanismo de colapso mediante la disipación de energía a través de rótulas plásticas, que se formarían en los encuentros de las secciones viga – columna de los miembros del sistema aporticado. Para que este mecanismo se llegue a configurar, es necesario que los encuentros viga – columna estén dotados del refuerzo de corte y flexión necesarios de manera que sean capaces de sufrir una deformación tal que se disipe la energía.

Por tratarse de un sistema de losa rígida, puede asumirse que el mecanismo de falla más desfavorable es del tipo panel, en los que las columnas formarían rótulas plásticas en los encuentros con las vigas; de este modo los momentos últimos que se originan en las columnas determinarán el corte último resistente de la estructura.

6.3.1 Cortantes Resistentes Últimos

Se determinó el nivel de carga axial para la combinación de cargas más desfavorable. Utilizando el programa PCACOL versión 2.3 de Portland Cement Association, se determinó para el nivel de carga axial estimado, el momento flector de fluencia, a partir de la superficie de interacción que proporciona el programa. Una vez conocido el momento de cada columna se determina la capacidad al corte por flexión (Q_{mu_i}) y por cortante (Q_{su_i}). Se tomará como resistencia al corte de cada columna i (R_{c_i}) al que resulte menor entre Q_{mu_i} y Q_{su_i} . Así tenemos:

$$\text{Si } Q_{mu_i} > Q_{su_i} \Rightarrow R_{c_i} = Q_{su_i}$$

$$\text{o } Q_{mu_i} < Q_{su_i} \Rightarrow R_{c_i} = Q_{mu_i}$$

Asumiendo el mecanismo de falla tipo panel y conocidos los cortantes resistentes de cada columna (R_{c_i}) fue posible conocer la Resistencia teórica de cada entrepiso j (R_{c_j}).

$$Rc_j = \sum_{i=1}^{i=n} Rc_i ; \quad \text{donde n: número de columnas del piso j}$$

Esta resistencia es comparada con la respuesta espectral de la estructura para las condiciones del sismo del RNC.

Basados en la información proporcionada por los planos estructurales disponibles y asumiendo algunos valores de cuantías de refuerzo en secciones donde no se pudo contar con la información completa, se evalúa la resistencia estructural considerando las fórmulas existentes para momentos y cortantes últimos considerando los efectos de flexión, carga axial y cortante para cada columna del sistema estructural.

6.4 DEMANDA SÍSMICA Y RESISTENCIA DE LAS ESTRUCTURAS

La Demanda sísmica se entiende como la solicitud a que serán expuestas las estructuras ante la ocurrencia de un sismo. En este estudio existen tres niveles de demanda: el caso de un sismo leve con una aceleración espectral de 100 gals, un sismo moderado con una aceleración espectral de 250 gals y el caso de un sismo severo con una aceleración espectral de 350 gals.

6.4.1 Demanda - Resistencia Estructural del Módulo Piba87

Los resultados del análisis para la demanda de un sismo leve ($A_{max} = 100$ gals) son presentados en la Tabla 6.16 y Gráficos 6.1 y 6.2, donde se observan los valores del cortante máximo al que la estructura estaría sometida en un evento como este. Los valores del cortante son comparados con los valores de resistencia de la estructura, que son denominados cortante último o capacidad.

Estos resultados muestran que la estructura no sería vulnerable ante este nivel de demanda sísmica en ambas direcciones, ya que los valores de cortante de demanda se encuentran muy por debajo del valor por capacidad máxima.

NIVELES	DIRECCIÓN X – X		DIRECCIÓN Y – Y	
	DEMANDA	CORTANTE ULTIMO	DEMANDA	CORTANTE ULTIMO
PISO 1	21793.36	44240.51	22074.81	63414.72
PISO 2	10589.63	41404.64	10481.23	57483.12

Tabla 6.16 – Comparación Demanda - Resistencia (Kg) para Amax= 100 gals. Módulo Piba87

Para el caso de un sismo moderado (Amax= 250 gals), los resultados de demanda sísmica y capacidad se muestran en la Tabla 6.17 y Gráficos 6.1 y 6.2. Aquí se observa que el módulo es vulnerable en su primer nivel en la dirección X-X ya que los valores de demanda sobrepasan los de resistencia de la estructura; sin embargo la estructura no sería vulnerable en la dirección Y-Y pues los cortantes en esta dirección son menores que la capacidad.

NIVELES	DIRECCIÓN X – X		DIRECCIÓN Y – Y	
	DEMANDA	CORTANTE ULTIMO	DEMANDA	CORTANTE ULTIMO
PISO 1	54483.41	44240.51	55187.03	63414.72
PISO 2	26474.07	41404.64	26203.07	57483.12

Tabla 6.17 – Comparación Demanda - Resistencia (Kg) para Amax= 250 gals. Módulo Piba87

En forma similar, los resultados de la comparación Demanda – Resistencia para el caso de un sismo severo (Amax= 350 gals) son presentados en la Tabla 6.18 y Gráficos 6.1 y 6.2. Aquí se observa que la estructura es vulnerable en su primer nivel en ambas direcciones ya que los valores de demanda sobrepasan altamente los de resistencia de la estructura.

NIVELES	DIRECCIÓN X – X		DIRECCIÓN Y – Y	
	DEMANDA	CORTANTE ULTIMO	DEMANDA	CORTANTE ULTIMO
PISO 1	76276.77	44240.51	77261.85	63414.72
PISO 2	37063.70	41404.64	36684.30	57483.12

Tabla 6.18 – Comparación Demanda - Resistencia (Kg) para Amax= 350 gals. Módulo Piba87

Los valores máximos de distorsiones de entrepiso se presentan en las Tablas 6.31, 6.32 y 6.33 para cada una de las direcciones de análisis y los niveles de demanda solicitados. Estos resultados también se muestran en los Gráficos 6.3 y 6.4.

6.4.2 Demanda - Resistencia Estructural del Módulo 780

Los resultados del análisis para la demanda de un sismo leve ($A_{max} = 100$ gals) son presentados en la Tabla 6.19 y Gráficos 6.5 y 6.6, donde se observan los valores del cortante máximo comparados con los valores de resistencia de la estructura, que son denominados cortante último o capacidad. Estos resultados muestran que la estructura no sería vulnerable ante este nivel de demanda sísmica en ambas direcciones, ya que los valores de cortante de demanda se encuentran muy por debajo del valor por capacidad máxima.

NIVELES	DIRECCIÓN X – X		DIRECCIÓN Y – Y	
	DEMANDA	CORTANTE ULTIMO	DEMANDA	CORTANTE ULTIMO
PISO 1	36297.95	104497.72	36802.67	104206.57
PISO 2	17803.89	103477.31	17535.38	94075.56

Tabla 6.19 – Comparación Demanda - Resistencia (Kg) para $A_{max} = 100$ gals. Módulo 780

Para el caso de un sismo moderado ($A_{max} = 250$ gals), los resultados de demanda sísmica y capacidad se muestran en la Tabla 6.20 y Gráficos 6.5 y 6.6. Aquí se observa que la estructura no sería vulnerable, ya que los valores de resistencia son mayores a los de demanda en ambas direcciones.

NIVELES	DIRECCIÓN X – X		DIRECCIÓN Y – Y	
	DEMANDA	CORTANTE ULTIMO	DEMANDA	CORTANTE ULTIMO
PISO 1	90744.88	104497.72	92006.67	104206.57
PISO 2	44509.72	103477.31	43838.44	94075.56

Tabla 6.20 – Comparación Demanda - Resistencia (Kg) para $A_{max} = 250$ gals. Módulo 780

En forma similar, los resultados de la comparación Demanda – Resistencia para el caso de un sismo severo ($A_{max}= 350$ gals) son presentados en la Tabla 6.21 y Gráficos 6.5 y 6.6. Aquí se observa que la estructura es vulnerable en su primer nivel ya que los valores de demanda sobrepasan altamente los de resistencia de la estructura en ambas direcciones.

NIVELES	DIRECCIÓN X – X		DIRECCIÓN Y – Y	
	DEMANDA	CORTANTE ULTIMO	DEMANDA	CORTANTE ULTIMO
PISO 1	127042.84	104497.72	128809.3	104206.57
PISO 2	62313.61	103477.31	61373.82	94075.56

Tabla 6.21 – Comparación Demanda - Resistencia (Kg) para $A_{max}= 350$ gals. Módulo 780

Los valores máximos de distorsiones de entrepiso se presentan en las Tablas 6.34, 6.35 y 6.36 para cada una de las direcciones de análisis y los niveles de demanda solicitados. Estos resultados también se muestran en los Gráficos 6.7 y 6.8.

6.4.3 Demanda - Resistencia Estructural del Módulo Bloqueta

Los resultados del análisis para la demanda de un sismo leve ($A_{max}= 100$ gals) son presentados en la Tabla 6.22 y Gráficos 6.9 y 6.10, donde se observan los valores del cortante máximo al que la estructura estaría sometida.. Los valores del cortante son comparados con los valores de resistencia de la estructura, que son denominados cortante último o capacidad. Estos resultados muestran que la estructura no sería vulnerable ante este nivel de demanda sísmica en ambas direcciones, ya que los valores de demanda son mucho menores a los de capacidad máxima.

NIVELES	DIRECCIÓN X – X		DIRECCIÓN Y – Y	
	DEMANDA	CORTANTE ULTIMO	DEMANDA	CORTANTE ULTIMO
PISO 1	28048.05	64979.92	28158.88	48360.69
PISO 2	13021.89	52683.90	13048.81	42692.11

Tabla 6.22 – Comparación Demanda - Resistencia (Kg) para $A_{max}= 100$ gals. Módulo Bloqueta

Para el caso de un sismo moderado ($A_{max}= 250$ gals), los resultados de demanda sísmica y capacidad se muestran en la Tabla 6.23 y Gráficos 6.9 y 6.10. Aquí se observa que la estructura sería vulnerable en el primer nivel en ambas direcciones, ya que los valores de resistencia son mayores a los de demanda.

NIVELES	DIRECCIÓN X – X		DIRECCIÓN Y – Y	
	DEMANDA	CORTANTE ULTIMO	DEMANDA	CORTANTE ULTIMO
PISO 1	70120.12	64979.92	70397.19	48360.69
PISO 2	32554.74	52683.90	32622.02	42692.11

Tabla 6.23 – Comparación Demanda - Resistencia (Kg) para $A_{max}= 250$ gals. Módulo Bloqueta

En forma similar, los resultados de la comparación Demanda – Resistencia para el caso de un sismo severo ($A_{max}= 350$ gals) son presentados en la Tabla 6.24 y Gráficos 6.9 y 6.10. Aquí se observa que la estructura es vulnerable en su primer nivel ya que los valores de demanda sobrepasan altamente los de resistencia de la estructura en ambas direcciones.

NIVELES	DIRECCIÓN X – X		DIRECCIÓN Y – Y	
	DEMANDA	CORTANTE ULTIMO	DEMANDA	CORTANTE ULTIMO
PISO 1	98168.17	64979.92	98556.07	48360.69
PISO 2	45576.63	52683.90	45670.83	42692.11

Tabla 6.24 – Comparación Demanda - Resistencia (Kg) para $A_{max}= 350$ gals. Módulo Bloqueta

Los valores máximos de distorsiones de entrepiso se presentan en las Tablas 6.37, 6.38 y 6.39 para cada una de las direcciones de análisis y los niveles de demanda solicitados. Estos resultados también se muestran en los Gráficos 6.11 y 6.12.

6.4.4 Demanda - Resistencia Estructural del Módulo Apenkai

Los resultados del análisis para la demanda de un sismo leve ($A_{max}= 100$ gals) son presentados en la Tabla 6.25 y Gráficos 6.13 y 6.14, donde se observan los valores del cortante máximo al que la estructura estaría sometida en un evento

como este. Los valores del cortante son comparados con los valores de resistencia de la estructura, que son denominados cortante último o capacidad. Estos resultados muestran que la estructura no sería vulnerable ante este nivel de demanda sísmica en ambas direcciones, ya que los valores de cortante de demanda se encuentran muy por debajo del valor por capacidad máxima.

NIVELES	DIRECCIÓN X – X		DIRECCIÓN Y – Y	
	DEMANDA	CORTANTE ULTIMO	DEMANDA	CORTANTE ULTIMO
PISO 1	102174.96	446473.43	101793.04	255955.58
PISO 2	74937.13	426825.55	74355.6	245161.03
PISO 3	31393.44	393651.06	32554.08	196540.43

Tabla 6.25 – Comparación Demanda - Resistencia (Kg) para Amax= 100 gals. Módulo Apenkai

Para el caso de un sismo moderado (Amax= 250 gals), los resultados de demanda sísmica y capacidad se muestran en la Tabla 6.26 y Gráficos 6.13 y 6.14. Se observa que la estructura es medianamente vulnerable en el primer nivel para la dirección Y-Y, ya que el valor de demanda alcanza al de resistencia; mientras que en la dirección X-X la estructura no sería vulnerable pues los cortantes son menores que la capacidad.

NIVELES	DIRECCIÓN X – X		DIRECCIÓN Y – Y	
	DEMANDA	CORTANTE ULTIMO	DEMANDA	CORTANTE ULTIMO
PISO 1	255437.41	446473.43	254482.60	255955.58
PISO 2	187342.83	426825.55	185888.99	245161.03
PISO 3	78483.59	393651.06	81385.21	196540.43

Tabla 6.26 – Comparación Demanda - Resistencia (Kg) para Amax= 250 gals. Módulo Apenkai

En forma similar, los resultados de la comparación Demanda – Resistencia para el caso de un sismo severo (Amax= 350 gals) son presentados en la Tabla 6.27 y Gráficos 6.13 y 6.14. Aquí se observa que la estructura es vulnerable en sus dos primeros niveles para la dirección Y-Y. ya que los valores de demanda sobrepasan a los de resistencia de la estructura; mientras que en la

dirección X-X la estructura no sería vulnerable pues los cortantes son menores que la capacidad.

NIVELES	DIRECCIÓN X – X		DIRECCIÓN Y – Y	
	DEMANDA	CORTANTE ULTIMO	DEMANDA	CORTANTE ULTIMO
PISO 1	357612.37	446473.43	356275.64	255955.58
PISO 2	262279.96	426825.55	260244.58	245161.03
PISO 3	109877.03	393651.06	113939.29	196540.43

Tabla 6.27 – Comparación Demanda - Resistencia (Kg) para Amax= 350 gals. Módulo Apenkai

Los valores máximos de distorsiones de entrepiso se presentan en las Tablas 6.40, 6.41 y 6.42 para cada una de las direcciones de análisis y los niveles de demanda solicitados. Estos resultados también se muestran en los Gráficos 6.15 y 6.16.

6.4.5 Demanda - Resistencia Estructural del Módulo de albañilería – 2 niveles

Los resultados del análisis para la demanda de un sismo leve (Amax= 100 gals) son presentados en la Tabla 6.28 y Gráficos 6.17 y 6.18, donde se observan los valores del cortante máximo al que la estructura estaría sometida en un evento como este. Los valores del cortante son comparados con los valores de resistencia de la estructura, que son denominados cortante último o capacidad. Estos resultados muestran que la estructura tiende a ser segura ante este nivel de demanda sísmica en ambas direcciones.

NIVELES	DIRECCIÓN X – X		DIRECCIÓN Y – Y	
	DEMANDA	CORTANTE ULTIMO	DEMANDA	CORTANTE ULTIMO
PISO 1	21378.00	41424.80	24969.72	120406.97
PISO 2	10780.75	40355.35	12099.46	110342.15

Tabla 6.28 – Comparación Demanda - Resistencia (Kg) para Amax= 100 gals. Módulo de albañilería – 2 niveles

Para el caso de un sismo moderado ($A_{max}= 250$ gals), los resultados de demanda sísmica y capacidad se muestran en la Tabla 6.29 y Gráficos 6.17 y 6.18. Se observa que la estructura sería vulnerable en el primer nivel para la dirección X-X, ya que el valor de demanda es mayor al de resistencia; mientras que en la dirección Y-Y la estructura no sería vulnerable pues los cortantes son mucho menores que la capacidad.

NIVELES	DIRECCIÓN X – X		DIRECCIÓN Y – Y	
	DEMANDA	CORTANTE ULTIMO	DEMANDA	CORTANTE ULTIMO
PISO 1	53444.99	41424.80	62424.29	120406.97
PISO 2	26951.89	40355.35	30248.65	110342.15

Tabla 6.29 – Comparación Demanda - Resistencia (Kg) para $A_{max}= 250$ gals. Módulo de albañilería – 2 niveles

En forma similar, los resultados de la comparación Demanda – Resistencia para el caso de un sismo severo ($A_{max}= 350$ gals) son presentados en la Tabla 6.30 y Gráficos 6.17 y 6.18. Aquí se observa que para la dirección X-X la estructura es vulnerable en su primer nivel, ya que el valor de demanda sobrepasa altamente al de resistencia; mientras que en el segundo nivel, la demanda es prácticamente igual a la capacidad. Para la dirección Y-Y la estructura tiende a ser segura en los dos niveles.

NIVELES	DIRECCIÓN X – X		DIRECCIÓN Y – Y	
	DEMANDA	CORTANTE ULTIMO	DEMANDA	CORTANTE ULTIMO
PISO 1	74822.99	41424.80	87394.01	120406.97
PISO 2	37732.64	40355.35	42348.1	110342.15

Tabla 6.30 – Comparación Demanda - Resistencia (Kg) para $A_{max}= 350$ gals. Módulo de albañilería – 2 niveles

Los valores máximos de distorsiones de entrepiso se presentan en las Tablas 6.43, 6.44 y 6.45 para cada una de las direcciones de análisis y los niveles de demanda solicitados. Estos resultados también se muestran en los Gráficos 6.19 y 6.20.

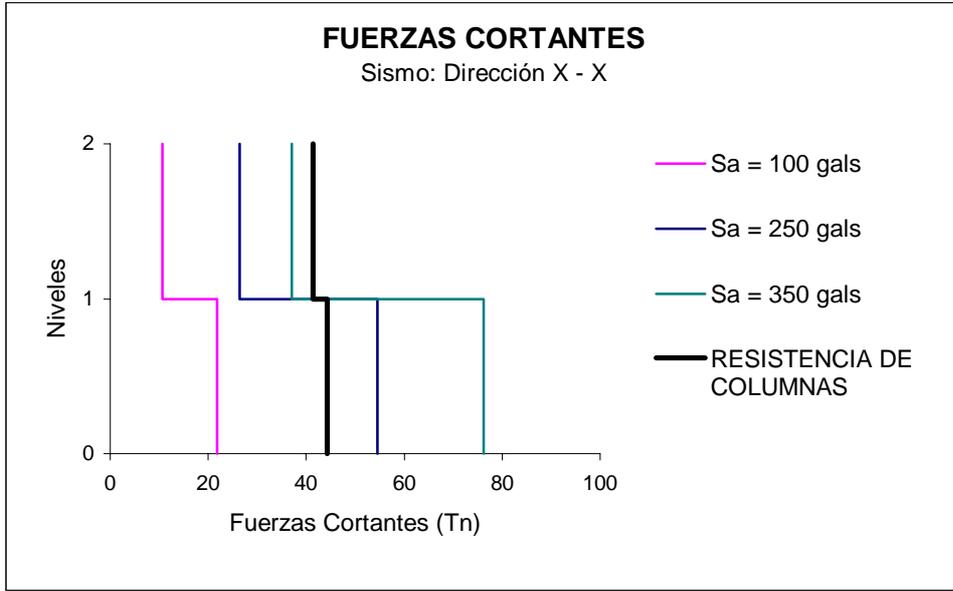


Gráfico 6.1 – Demanda – Resistencia, Dirección X-X
Módulo Piba 87

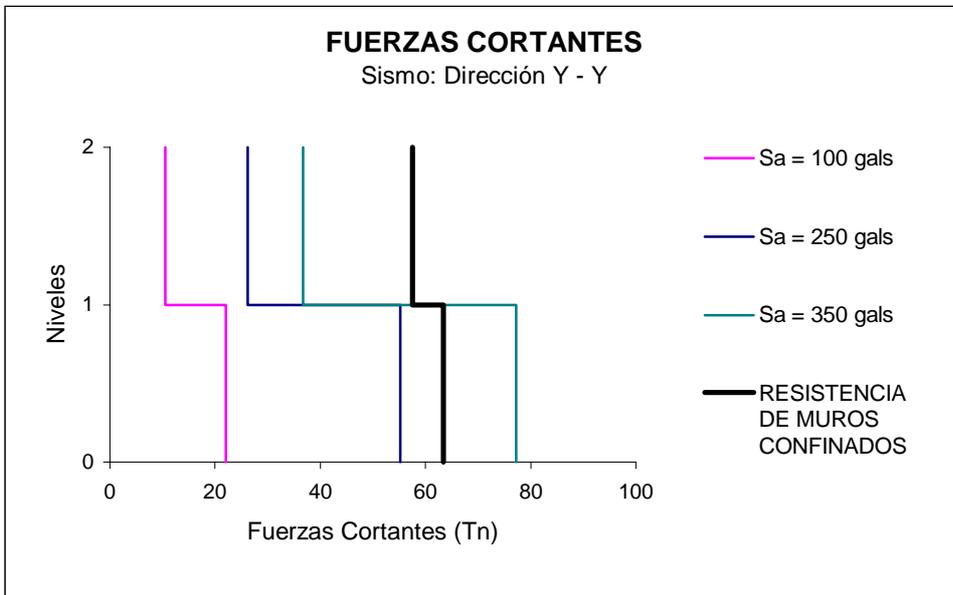


Gráfico 6.2 – Demanda – Resistencia, Dirección Y-Y
Módulo Piba 87

MODULO PIBA 87

DESPLAZAMIENTOS Y DISTORSIONES

NIVEL	SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir. Y-Y	
	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión
1	0.48	0.00125	0.09	0.00029
2	0.78	0.00110	0.18	0.00023

Tabla 6.31 – Desplazamientos y distorsiones para $A_{max}= 100$ gals

NIVEL	SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir. Y-Y	
	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión
1	1.14	0.00312	0.27	0.00073
2	2.04	0.00274	0.45	0.00056

Tabla 6.32 – Desplazamientos y distorsiones para $A_{max}= 250$ gals

NIVEL	SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir. Y-Y	
	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión
1	1.62	0.00437	0.36	0.00102
2	2.82	0.00383	0.63	0.00079

Tabla 6.33 – Desplazamientos y distorsiones para $A_{max}= 350$ gals

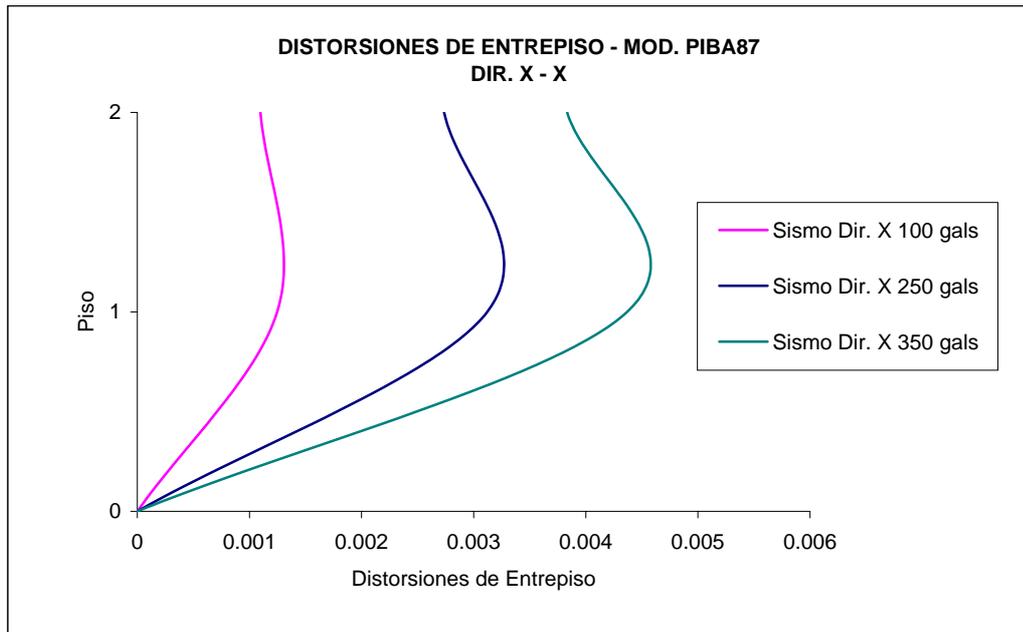


Gráfico 6.3 - Distorsión de Entrepiso, Dir. X-X

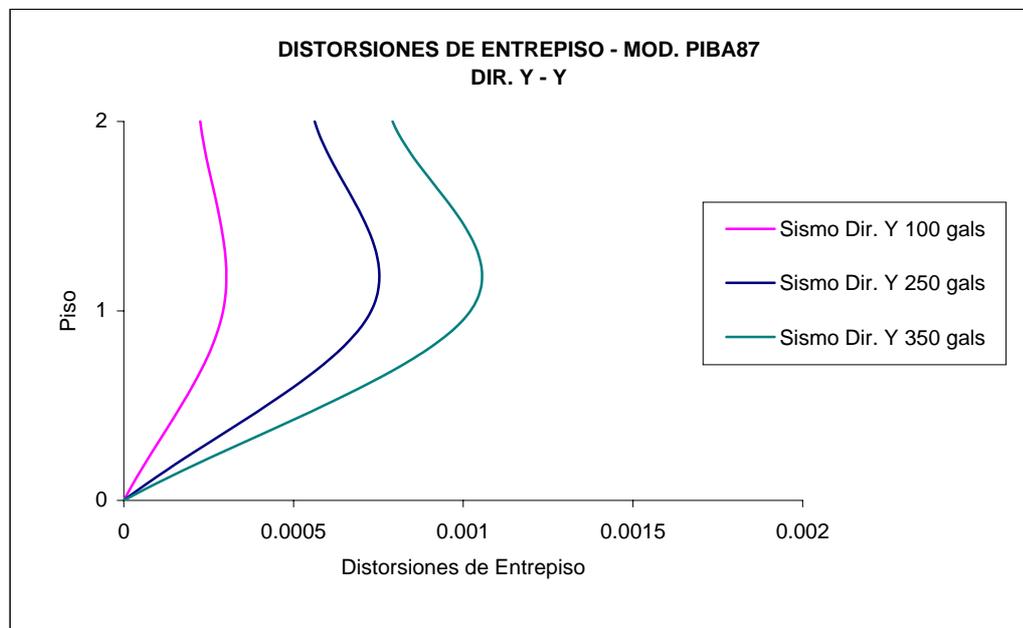


Gráfico 6.4 - Distorsión de Entrepiso, Dir. Y-Y

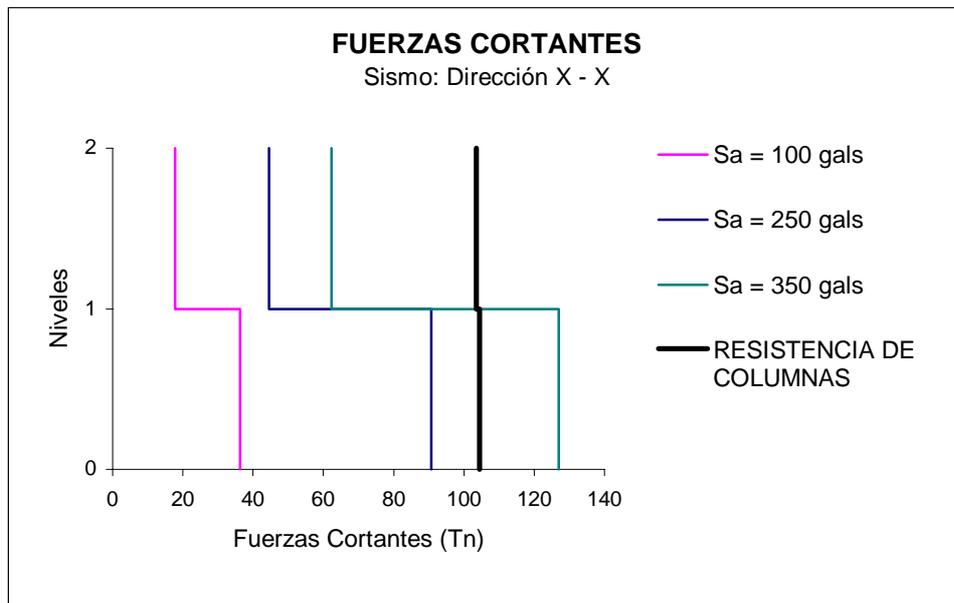


Gráfico 6.5 – Demanda – Resistencia, Dirección X-X
Módulo 780

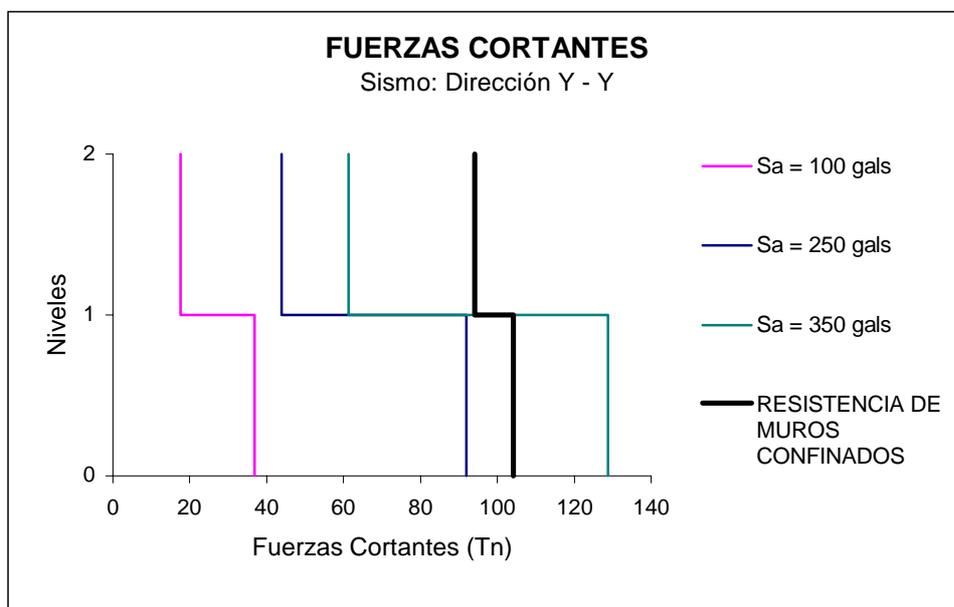


Gráfico 6.6 – Demanda – Resistencia, Dirección Y-Y
Módulo 780

MODULO 780

DESPLAZAMIENTOS Y DISTORSIONES

NIVEL	SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir. Y-Y	
	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión
1	0.42	0.00113	0.09	0.00024
2	0.72	0.00092	0.14	0.00017

Tabla 6.34 – Desplazamientos y distorsiones para $A_{max}= 100$ gals

NIVEL	SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir. Y-Y	
	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión
1	1.02	0.00283	0.23	0.00061
2	1.74	0.00229	0.36	0.00043

Tabla 6.35 – Desplazamientos y distorsiones para $A_{max}= 250$ gals

NIVEL	SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir. Y-Y	
	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión
1	1.44	0.00395	0.32	0.00086
2	2.46	0.00321	0.50	0.00059

Tabla 6.36 – Desplazamientos y distorsiones para $A_{max}= 350$ gals

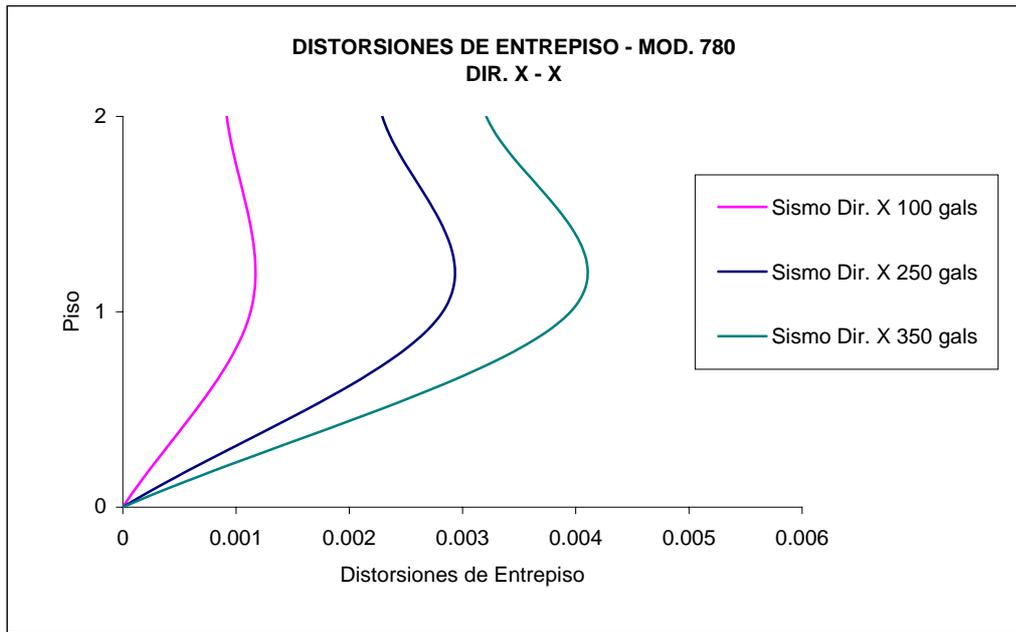


Gráfico 6.7 - Distorsión de Entrepiso, Dir. X-X

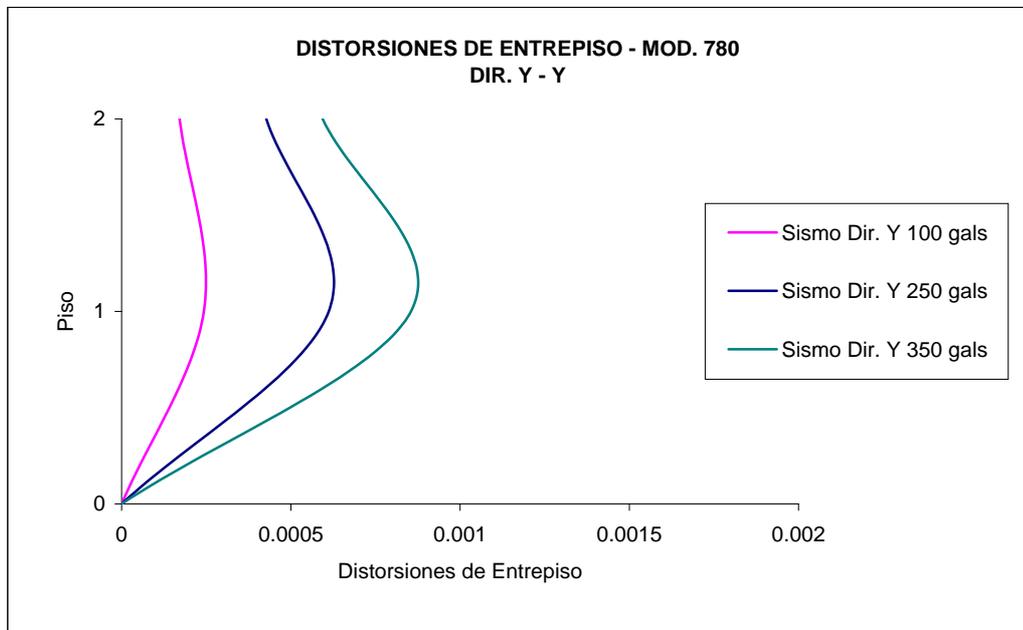


Gráfico 6.8 - Distorsión de Entrepiso, Dir. Y-Y

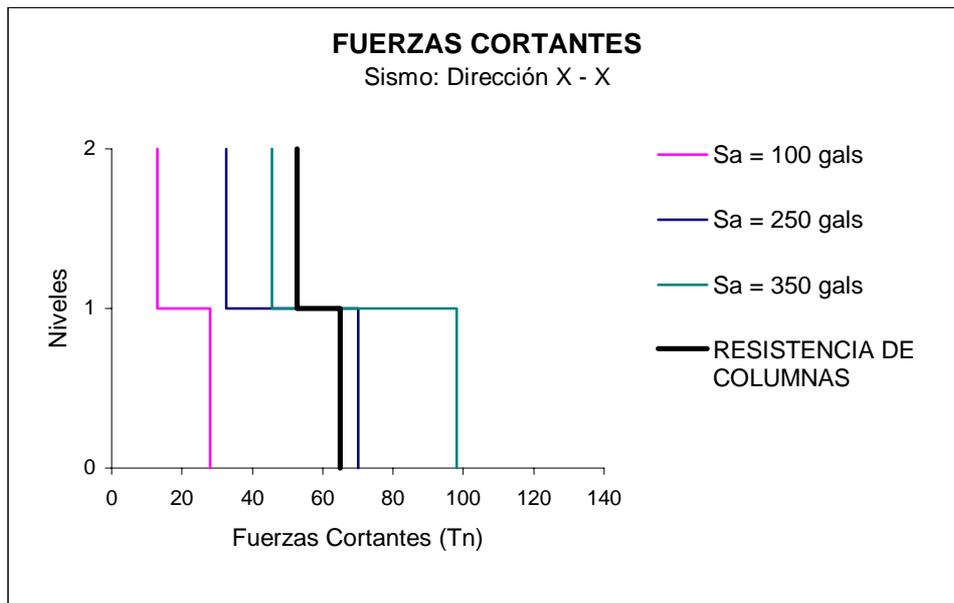


Gráfico 6.9 – Demanda – Resistencia, Dirección X-X
Módulo Bloqueta

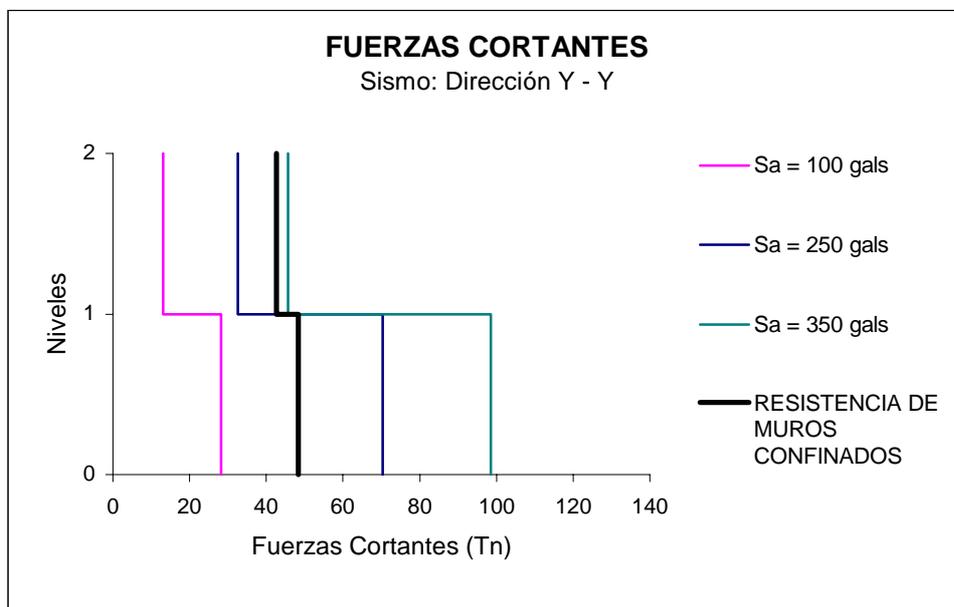


Gráfico 6.10 – Demanda – Resistencia, Dirección Y-Y
Módulo Bloqueta

MODULO BLOQUETA

DESPLAZAMIENTOS Y DISTORSIONES

NIVEL	SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir. Y-Y	
	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión
1	0.18	0.00055	0.18	0.00047
2	0.30	0.00049	0.27	0.00044

Tabla 6.37 – Desplazamientos y distorsiones para Amax= 100 gals

NIVEL	SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir. Y-Y	
	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión
1	0.48	0.00136	0.41	0.00117
2	0.78	0.00124	0.68	0.00109

Tabla 6.38 – Desplazamientos y distorsiones para Amax= 250 gals

NIVEL	SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir. Y-Y	
	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión
1	0.66	0.00190	0.59	0.00164
2	1.08	0.00173	0.95	0.00153

Tabla 6.39 – Desplazamientos y distorsiones para Amax= 350 gals

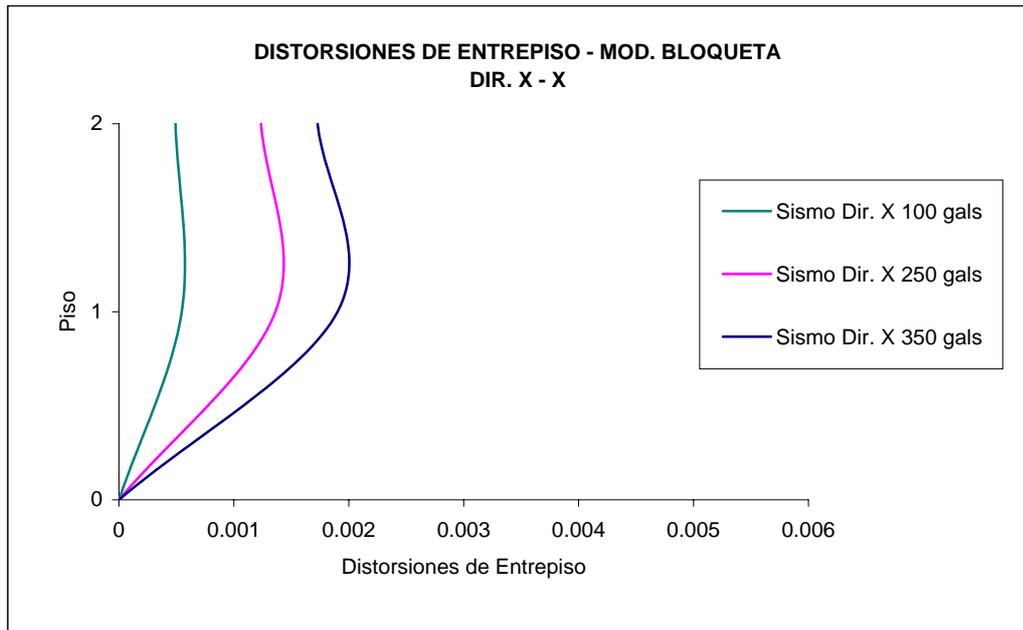


Gráfico 6.11 - Distorsión de Entrepiso, Dir. X-X

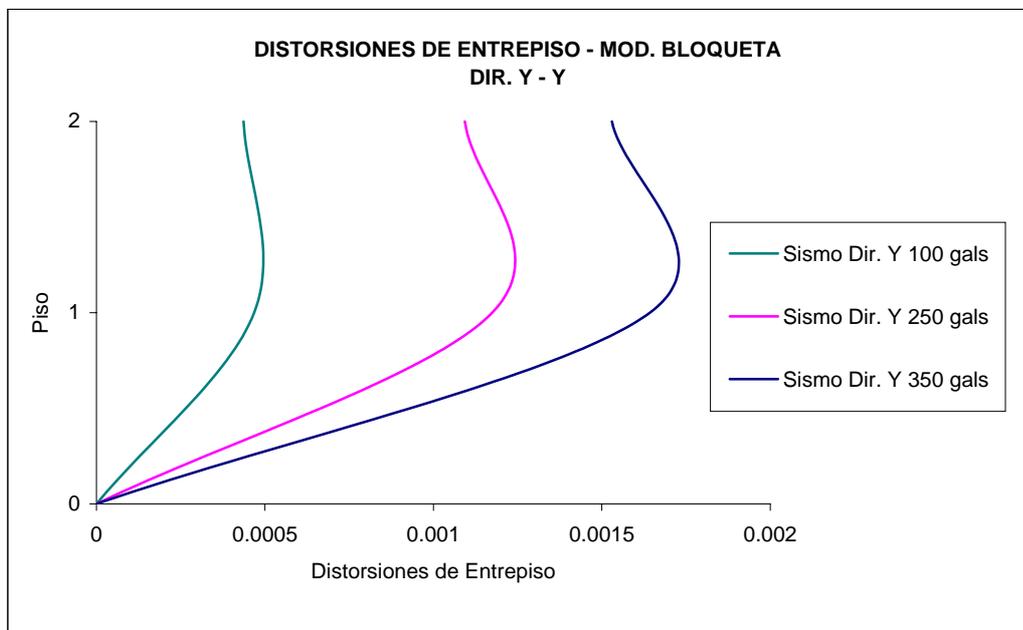


Gráfico 6.12 - Distorsión de Entrepiso, Dir. Y-Y

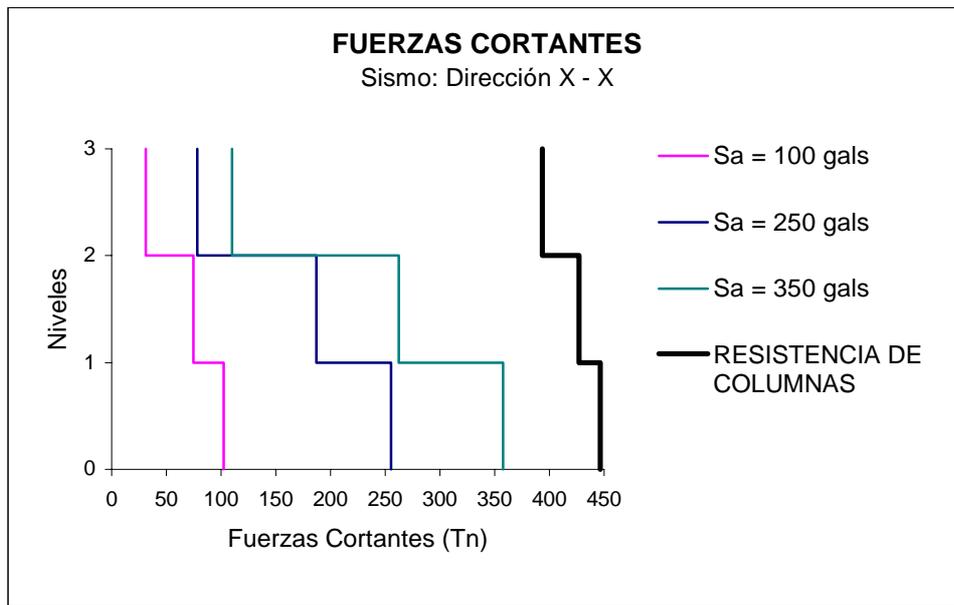


Gráfico 6.13 – Demanda – Resistencia, Dirección X-X
Módulo Apenkai

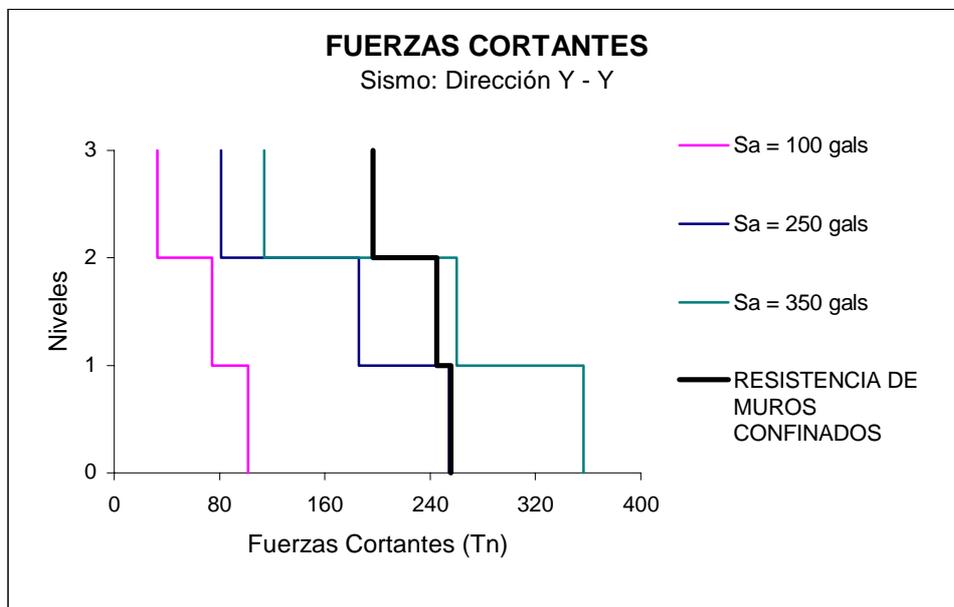


Gráfico 6.14 – Demanda – Resistencia, Dirección Y-Y
Módulo Apenkai

MODULO APENKAI

DESPLAZAMIENTOS Y DISTORSIONES

NIVEL	SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir. Y-Y	
	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión
1	0.23	0.00061	0.10	0.00026
2	0.45	0.00064	0.17	0.00024
3	0.50	0.00025	0.24	0.00021
3 (torre)	0.54	0.00047	0.20	0.00015

Tabla 6.40 – Desplazamientos y distorsiones para $A_{max}= 100$ gals

NIVEL	SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir. Y-Y	
	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión
1	0.59	0.00152	0.27	0.00065
2	1.08	0.00162	0.44	0.00061
3	1.26	0.00062	0.57	0.00052
3 (torre)	1.40	0.00117	0.54	0.00038

Tabla 6.41 – Desplazamientos y distorsiones para $A_{max}= 250$ gals

NIVEL	SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir. Y-Y	
	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión
1	0.86	0.00212	0.37	0.00091
2	1.49	0.00226	0.61	0.00086
3	1.76	0.00086	0.78	0.00073
3 (torre)	1.98	0.00163	0.78	0.00053

Tabla 6.42 – Desplazamientos y distorsiones para $A_{max}= 350$ gals

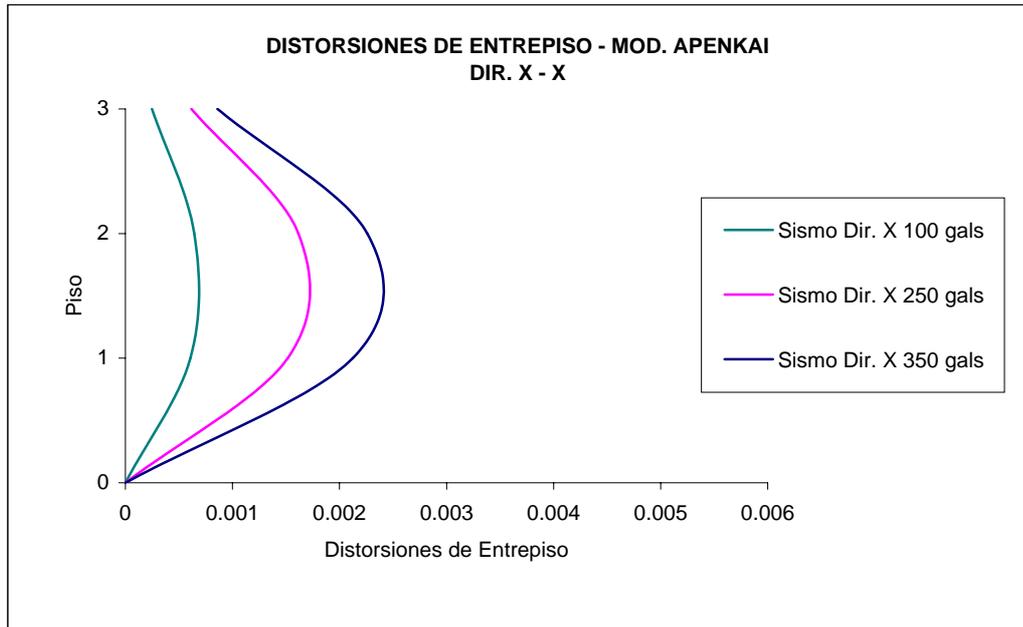


Gráfico 6.15 - Distorsión de Entrepiso, Dir. X-X

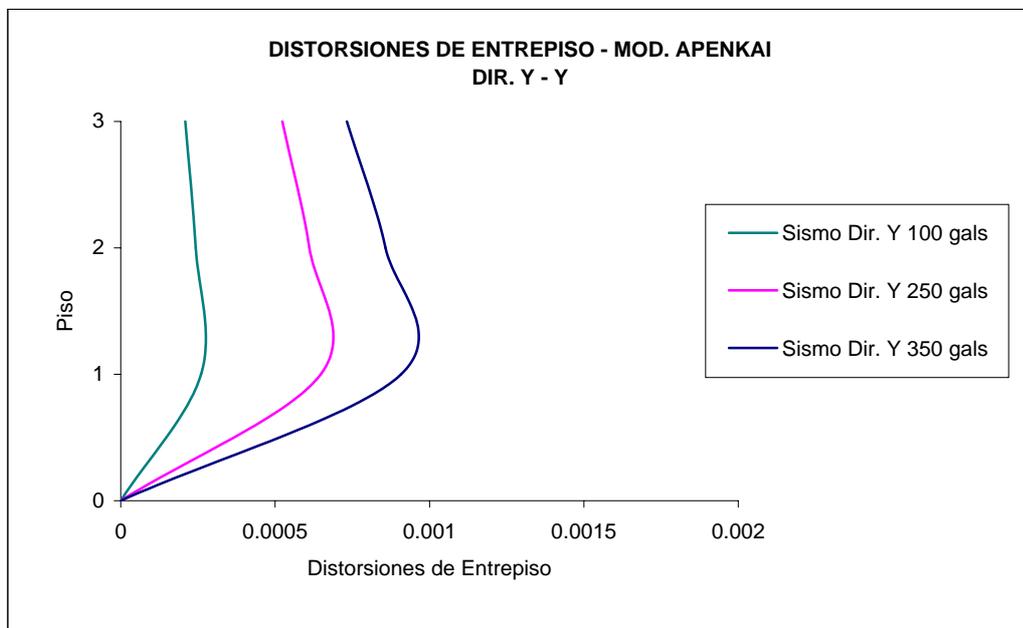


Gráfico 6.16 - Distorsión de Entrepiso, Dir. Y-Y

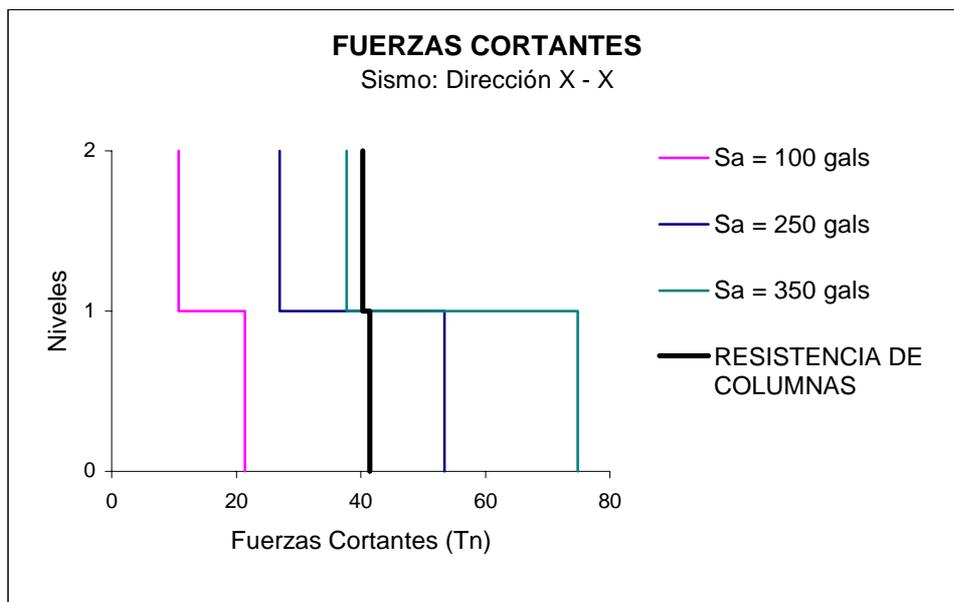


Gráfico 6.17 – Demanda – Resistencia, Dirección X-X
Módulo de Albañilería – 2 Niveles

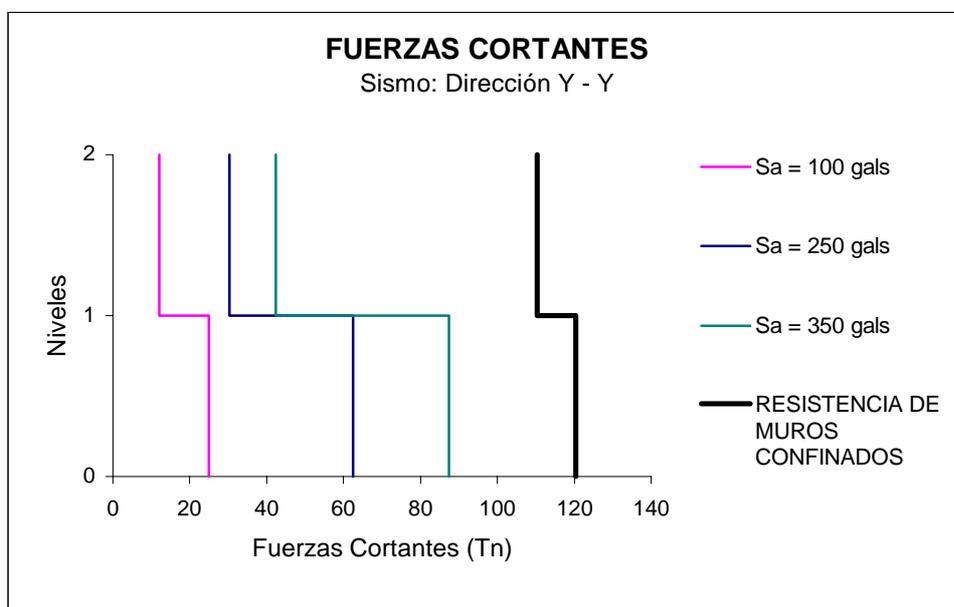


Gráfico 6.18 – Demanda – Resistencia, Dirección Y-Y
Módulo de Albañilería – 2 Niveles

MODULO DE ALBAÑILERÍA – 2 NIVELES

DESPLAZAMIENTOS Y DISTORSIONES

NIVEL	SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir. Y-Y	
	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión
1	0.14	0.00071	0.05	0.00013
2	0.23	0.00051	0.05	0.00009

Tabla 6.43 – Desplazamientos y distorsiones para $A_{max}= 100$ gals

NIVEL	SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir. Y-Y	
	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión
1	0.36	0.00178	0.09	0.00032
2	0.59	0.00127	0.18	0.00021

Tabla 6.44 – Desplazamientos y distorsiones para $A_{max}= 250$ gals

NIVEL	SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir. Y-Y	
	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión
1	0.50	0.00249	0.14	0.00045
2	0.81	0.00178	0.23	0.00030

Tabla 6.45 – Desplazamientos y distorsiones para $A_{max}= 350$ gals

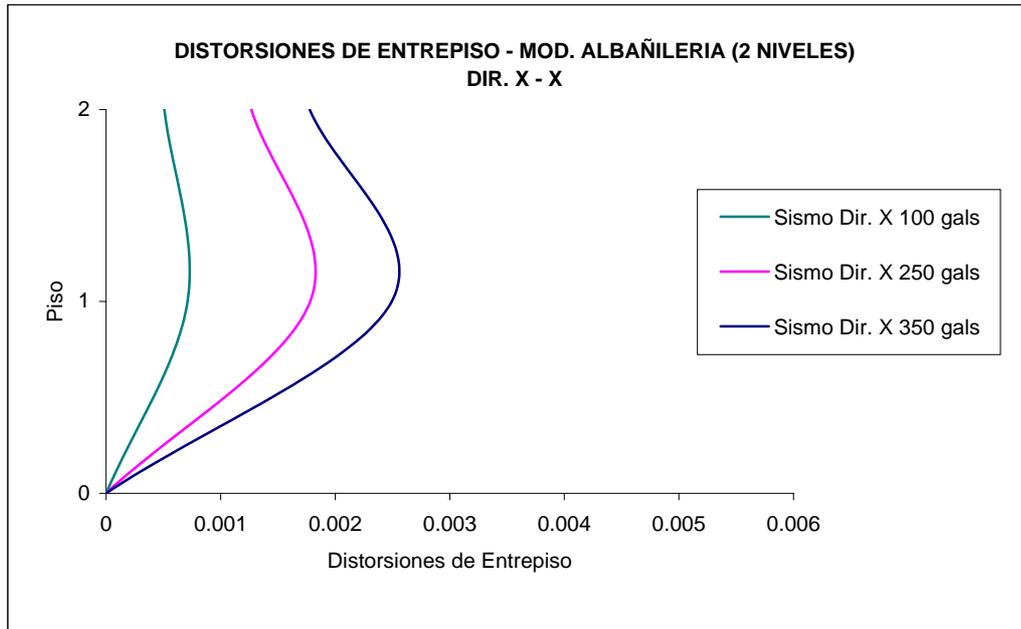


Gráfico 6.19 - Distorsión de Entrepiso, Dir. X-X

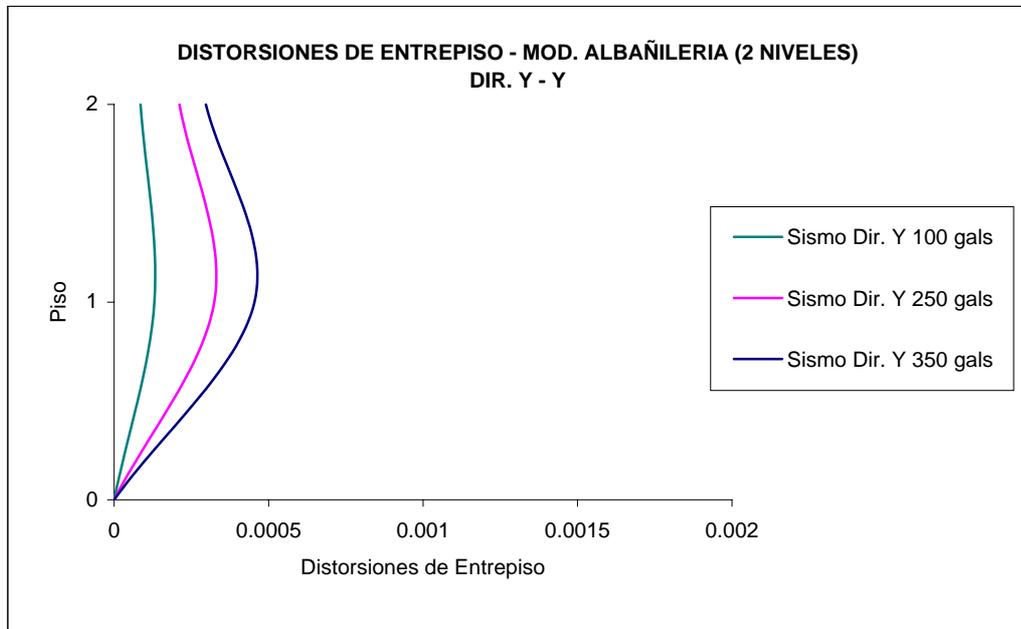


Gráfico 6.20 - Distorsión de Entrepiso, Dir. Y-Y

Capítulo VII

DIAGNOSIS

7.1 DIAGNOSIS DE LA VULNERABILIDAD DE LAS EDIFICACIONES ESCOLARES

La vulnerabilidad estructural está relacionada fundamentalmente con la capacidad que tiene la estructura para soportar los desplazamientos y los esfuerzos que uno o varios movimientos sísmicos pueden causarle durante su vida útil.

La capacidad es sinónimo de resistencia de la estructura, mientras que la respuesta sísmica de la estructura es sinónimo de demanda estructural, de modo que una evaluación de vulnerabilidad estructural puede hacerse mediante la comparación de la demanda contra la resistencia del sistema estructural. Esta estimación indicará la tendencia existente hacia una cuantificación de la seguridad estructural que nos indica si la estructura es segura o insegura frente a un nivel de demanda, en base al parámetro resistencia o capacidad última.

7.1.1 Eventos Seleccionados

En este estudio, como se mencionó previamente, existen tres niveles de demanda sísmica a los que la estructura será sometida: se ha considerado el caso de un sismo leve con una aceleración espectral de 100 gals, un sismo moderado con una aceleración espectral de 250 gals y el caso de un sismo severo con una aceleración espectral de 350 gals.

Para cada nivel de demanda se realizaron análisis espectrales utilizando ETABS. Las Figuras 7.1 y 7.2 muestran los espectros de respuesta en cada dirección de análisis.

7.1.2 Respuesta de las Estructuras Tipo

7.1.2.1 Módulo Piba87

El análisis dinámico arrojó periodos de vibración de $T_1=0.203$ seg., $T_2=0.110$ seg., $T_3=0.101$ seg. Para el primer modo corresponde una vibración en la dirección X-X, el segundo modo corresponde a una vibración en la dirección Y-Y y el tercer modo es torsional.

Según la comparación Demanda – Resistencia, para el caso de un sismo moderado ($A_{max}= 250$ gals) el módulo es vulnerable en su primer nivel en la dirección X-X, ya que los valores de demanda sobrepasan los de resistencia de la estructura. En forma similar, la estructura es vulnerable en su primer nivel en ambas direcciones para el caso de un sismo severo ($A_{max}= 350$ gals). En los Gráficos 7.11, 7.12, 7.13, 7.14, 7.15 y 7.16 se relacionan los valores de demanda y resistencia con el periodo natural de la estructura.

Los Gráficos 7.1 y 7.2 muestran los niveles de daño a los que estarían sometidos los elementos de la estructura. Se llegaría a un valor máximo de distorsión de $1/229$, lo que representa daños en elementos estructurales y no-estructurales. Dichos índices de daño son valores propuestos basados en resultados experimentales en estructuras de mampostería de ladrillo durante los últimos 15 años y el comportamiento de estructuras esenciales en los últimos sismos ocurridos en Perú (Nazca 1996, Atico 2001).¹

Los Gráficos 7.17 y 7.18 relacionan los valores de distorsión máxima con el periodo natural de la estructura.

El módulo presenta alféizares de ventanas bastante altos (hechos de albañilería), los que no están aislados de la estructura aporricada principal. Esto daría lugar al problema de "columna corta" cuando la edificación se encuentre sometida a movimientos sísmicos.

Al producirse el sismo, la losa del techo arrastra lateralmente a la columna haciéndola chocar contra la zona superior del alféizar (elemento más rígido que la columna), lo que genera gran distorsión angular en la zona libre de la columna ("columna corta") causando su falla por fuerza cortante. Luego, al degradarse su rigidez lateral, la columna corta termina aplastándose por el hecho de soportar cargas verticales que se tornan excéntricas por el excesivo desplazamiento lateral.

La presencia de los alféizares (elementos no-estructurales) significa un aporte de rigidez lateral; sin embargo dicha albañilería fallaría ante la ocurrencia de sismos severos. Por ello se realizó un análisis de los elementos no-

¹ Dr. Carlos Zavala; CISMID – UNI; Construction Monitoring and Improvement Techniques for Masonry Housing - On Going Research Report - Junio 2003.

estructurales, a fin de determinar si se producirían agrietamientos en dichos elementos ante ese nivel de demanda ($A_{max}= 350$ gals). Los resultados se presentan en el Anexo B.

De lo expuesto, el Módulo PIBA87 sería vulnerable para el caso del sismo moderado en la dirección X-X y en ambas direcciones para un sismo severo. Es necesario reforzar la estructura en ambas direcciones.

7.1.2.2 Módulo 780

El análisis dinámico arrojó periodos de vibración de $T_1= 0.191$ seg., $T_2=0.10$ seg., $T_3= 0.093$ seg. Para el primer modo se observa un modo traslacional en la dirección X-X, el segundo modo es un modo traslacional en la dirección Y-Y y el tercer modo es torsional.

Según la comparación Demanda – Resistencia, para el caso de un sismo severo ($A_{max}= 350$ gals), el módulo es vulnerable en su primer nivel en ambas direcciones ya que los valores de demanda sobrepasan los de resistencia de la estructura. En los Gráficos 7.11, 7.12, 7.13, 7.14, 7.15 y 7.16 se relacionan los valores de demanda y resistencia con el periodo natural de la estructura.

Los Gráficos 7.3 y 7.4 muestran los niveles de daño a los que estarían sometidos los elementos de la estructura. Se llegaría a un valor máximo de distorsión de $1/253$, lo que representa agrietamientos iniciales en columnas y apertura de la grieta diagonal.

Los Gráficos 7.17 y 7.18 relacionan los valores de distorsión máxima con el periodo natural de la estructura.

Este módulo presenta también el problema de “columna corta” por los alféizares de ventanas bastante altos. Adicionalmente, debido a la gran rigidez lateral que inicialmente tienen las columnas cortas en el rango elástico por su poca altura, absorben un gran porcentaje del cortante de entrepiso, y asimismo, causan torsión en el edificio.

Los resultados del análisis de los elementos no-estructurales ante un sismo severo ($A_{max}= 350$ gals) se presenta en el Anexo B, donde se indica que se producirían agrietamientos en los alféizares.

De lo expuesto, el Módulo 780 sería vulnerable para el caso del sismo severo en ambas direcciones. Es necesario entonces rigidizar la estructura en ambas direcciones con la finalidad de reducir los cortantes.

7.1.2.3 Módulo Bloqueta

El análisis dinámico arrojó periodos de vibración de $T_1 = 0.138$ seg., $T_2 = 0.128$ seg., $T_3 = 0.115$ seg. El primer modo vibrará siguiendo la dirección Y-Y, el segundo modo vibrará en la dirección X-X y el tercer modo es torsional.

Según la comparación Demanda – Resistencia, el módulo es vulnerable en ambas direcciones para el caso de los sismos moderado ($A_{max} = 250$ gals) y severo ($A_{max} = 350$ gals), ya que los valores de resistencia son menores a los de demanda. En los Gráficos 7.11, 7.12, 7.13, 7.14, 7.15 y 7.16 se relacionan los valores de demanda y resistencia con el periodo natural de la estructura.

Los Gráficos 7.5 y 7.6 muestran los niveles de daño a los que estarían sometidos los elementos de la estructura. Se llegaría a un valor máximo de distorsión de $1/526$, lo que representa agrietamientos iniciales en diagonales.

Los Gráficos 7.17 y 7.18 relacionan los valores de distorsión máxima con el periodo natural de la estructura.

Este módulo presenta también el problema de "columna corta". La presencia de los alféizares (elementos no-estructurales) significa un aporte de rigidez lateral; sin embargo dicha albañilería fallaría ante la ocurrencia de sismos severos. En el Anexo B se presentan los resultados del análisis de los elementos no-estructurales ante un sismo severo ($A_{max} = 350$ gals).

En función de la comparación Demanda – Resistencia, el Módulo Bloqueta sería vulnerable para sismos moderado y severo. Es recomendable reforzar la estructura en ambas direcciones.

7.1.2.4 Módulo Apenkai

La configuración estructural presenta irregularidades estructurales en planta y en elevación que no son permitidas para las edificaciones esenciales, según la Norma Técnica Peruana E-030-2003.

El análisis dinámico arrojó periodos de vibración de $T_1 = 0.189$ seg., $T_2 = 0.141$ seg., $T_3 = 0.139$ seg. Para el primer modo corresponde una vibración en la dirección X-X, el segundo modo corresponde a una vibración en la dirección Y-Y y el tercer modo es torsional.

En el primer nivel de la estructura, el valor de demanda alcanza al de resistencia en la dirección Y-Y para el caso de un sismo moderado ($A_{max} = 250$ gals). Para el caso de un sismo severo ($A_{max} = 350$ gals), la estructura es vulnerable en sus dos primeros niveles en la dirección Y-Y, ya que los valores de demanda superan a los de resistencia. En los Gráficos 7.11, 7.12, 7.13, 7.14, 7.15 y 7.16 se relacionan los valores de demanda y resistencia con el periodo natural de la estructura.

Los Gráficos 7.7 y 7.8 muestran los niveles de daño a los que estarían sometidos los elementos de la estructura. Se llegaría a un valor máximo de distorsión de $1/442$, lo que representa el inicio de agrietamiento en columnas.

Los Gráficos 7.17 y 7.18 relacionan los valores de distorsión máxima con el periodo natural de la estructura.

Al igual que en los casos anteriores, los alféizares fallarían ante la ocurrencia de sismos severos, con lo que se degradaría la rigidez lateral de la estructura. En el Anexo B se presentan los resultados del análisis de los elementos no-estructurales ante un sismo severo ($A_{max} = 350$ gals).

El Módulo Apenkai sería vulnerable ante la ocurrencia de un sismo severo ($A_{max} = 350$ gals). Además, debido a la asimetría estructural se generan concentraciones de esfuerzos cortantes que eventualmente producirán agrietamientos de las losas.

Asimismo, para mejorar el comportamiento sismorresistente, es necesario independizar el módulo octogonal del módulo rectangular. Así se soluciona el problema de irregularidad en planta y reduce el efecto de torsión.

7.1.2.5 Módulo de Albañilería – 2 Niveles

La configuración estructural presenta una buena distribución de muros estructurales en la dirección más larga; sin embargo ocurre todo lo contrario en la

dirección más corta. También se observan algunos elementos de tabiquería (no-estructurales) aportando rigidez lateral.

El análisis dinámico arrojó periodos de vibración de $T_1= 0.139$ seg., $T_2=0.086$ seg., $T_3= 0.068$ seg. Para el primer modo corresponde una vibración en la dirección X-X, el segundo modo es torsional y al tercer modo corresponde una vibración en la dirección Y-Y.

Según la comparación Demanda – Resistencia, para el caso de un sismo moderado ($A_{max}= 250$ gals) el módulo es vulnerable en su primer nivel en la dirección X-X, ya que los valores de demanda sobrepasan los de resistencia de la estructura. En forma similar, la estructura es vulnerable en su primer nivel en la dirección X-X para el caso de un sismo severo ($A_{max}= 350$ gals). En los Gráficos 7.11, 7.12, 7.13, 7.14, 7.15 y 7.16 se relacionan los valores de demanda y resistencia con el periodo natural de la estructura.

Los Gráficos 7.9 y 7.10 muestran los niveles de daño a los que estarían sometidos los elementos de la estructura. Se llegaría a un valor máximo de distorsión de $1/802$, lo que representa el inicio de agrietamiento en diagonales.

Los Gráficos 7.17 y 7.18 relacionan los valores de distorsión máxima con el periodo natural de la estructura.

Gracias al aporte de la tabiquería de ladrillo, la estructura aparentemente estaría preparada para mantener su operatividad ante los niveles de demanda sísmica. Sin embargo dicha tabiquería se vería afectada ante la ocurrencia de sismos severos, conllevando a una degradación de la rigidez lateral de la estructura. En el Anexo B se presentan los resultados del análisis de los elementos no-estructurales ante un sismo severo ($A_{max}= 350$ gals).

De lo expuesto, el Módulo de Albañilería – 2 Niveles sería vulnerable para el caso de sismos moderado ($A_{max}= 250$ gals) y severo ($A_{max}= 350$ gals) en la dirección X-X. En este caso es necesario introducir elementos que aporten rigidez en la dirección comprometida.

A continuación se presenta la Tabla 7.1, donde se indica la tendencia de vulnerabilidad de cada "Módulo" para los niveles de demanda sísmica considerados.

Estructura Tipo	Grado de Vulnerabilidad		
	Sismo leve	Sismo moderado	Sismo severo
Módulo Piba 87	No Vulnerable	Vulnerable	Vulnerable
Módulo 780	No Vulnerable	No Vulnerable	Vulnerable
Módulo Bloqueta	No Vulnerable	Vulnerable	Vulnerable
Módulo Apenkai	No Vulnerable	No Vulnerable	Vulnerable
Módulo de Albañilería – 2 Niveles	No Vulnerable	Vulnerable	Vulnerable

Tabla 7.1 – Vulnerabilidad de las Estructuras Tipo

Adicionalmente a las Estructuras Tipo, se encontró en el distrito algunas edificaciones ejecutadas en forma artesanal (autoconstrucción generada por iniciativa comunal o recibidas en calidad de donación). Se trata de estructuras sumamente deficientes, debido a la ausencia de asesores idóneos y ejecución de obras sin criterio técnico adecuado (estructuras tradicionales sin refuerzo o construcciones de madera). Por lo tanto se trata de estructuras que no presentan las condiciones de seguridad adecuadas y han sido catalogadas como Vulnerables para los niveles de demanda sísmica.

7.1.3 Diagnósis de la Vulnerabilidad Sísmica de los Centros Educativos Inspeccionados

La evaluación estructural de los módulos seleccionados permite establecer en los centros educativos la tendencia existente de ser vulnerables o no ante los niveles de demanda sísmica considerados.

El trabajo de campo permitió visitar 69 locales escolares y 2 centros ocupacionales. A continuación se presenta la Tabla 7.2, donde se indica el número de locales escolares evaluados según grupos.

GRUPO	Nº DE LOCALES ESCOLARES	% EVALUADO	Nº LOCALES ENCUESTADOS
GRUPO I	31	51	16
GRUPO II	70	42	30
GRUPO III	349	7	23

Tabla 7.2 – Locales escolares evaluados

Dentro de los centros estatales evaluados predominan las estructuras construidas antes de entrar en vigencia la Norma E-030-97, tal como se muestra en la Tabla 7.3 y Gráfico 7.15.

Antigüedad	Nº Estructuras (Pabellones)	Porcentaje (%)
Antes de 1997	145	93
Norma E-030 1997	11	7
Total	156	100

Tabla 7.3 – Antigüedad de estructuras evaluadas (pabellones) en Centros Educativos Estatales

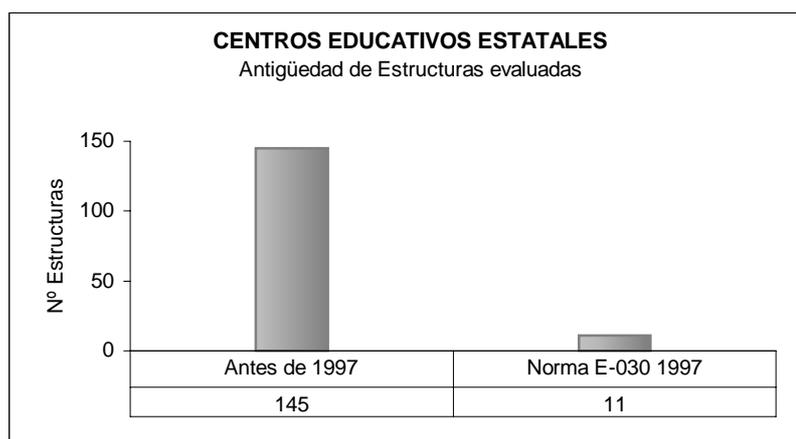


Gráfico 7.15 – Antigüedad de estructuras evaluadas (pabellones) en Centros Educativos Estatales

Debido a que los centros educativos del Grupo III son de Gestión No Estatal (Particulares) fue más complicado acceder a sus instalaciones; ya que los responsables de dichos centros en muchos casos no lo permitieron.

En el Cuadro 7.1 se presenta el resultado de los centros educativos inspeccionados, indicando el número de estructuras vulnerables según el nivel de demanda. En base a dichos resultados se determinaron los siguientes planos:

- Plano P-1:** En este plano se muestra la ubicación de los Centros Educativos evaluados.
- Plano P-2:** En este plano se muestra la tendencia de vulnerabilidad de los Centros Educativos ante un sismo leve ($A_{max}=100$ gals).
- Plano P-3:** De manera similar se muestra la tendencia de vulnerabilidad de los Centros Educativos ante un sismo moderado ($A_{max}=250$ gals).
- Plano P-4:** Se muestra la tendencia de vulnerabilidad de los Centros Educativos ante un sismo severo ($A_{max}=350$ gals).

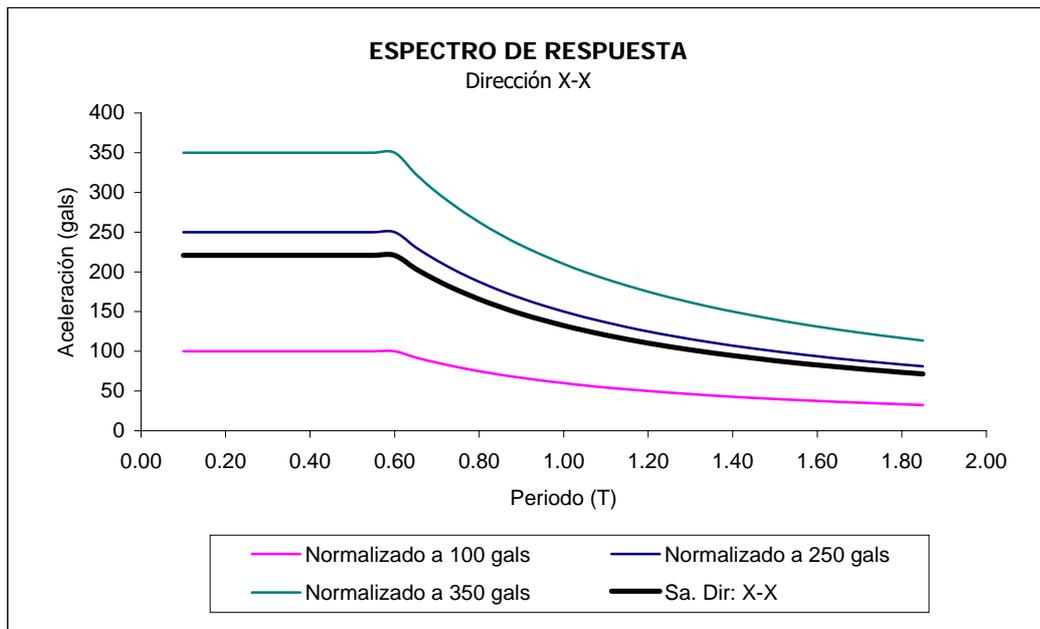


Figura 7.1 – Espectro de Respuesta de Aceleraciones. Dirección X – X
Norma Técnica Peruana E-030, 2003

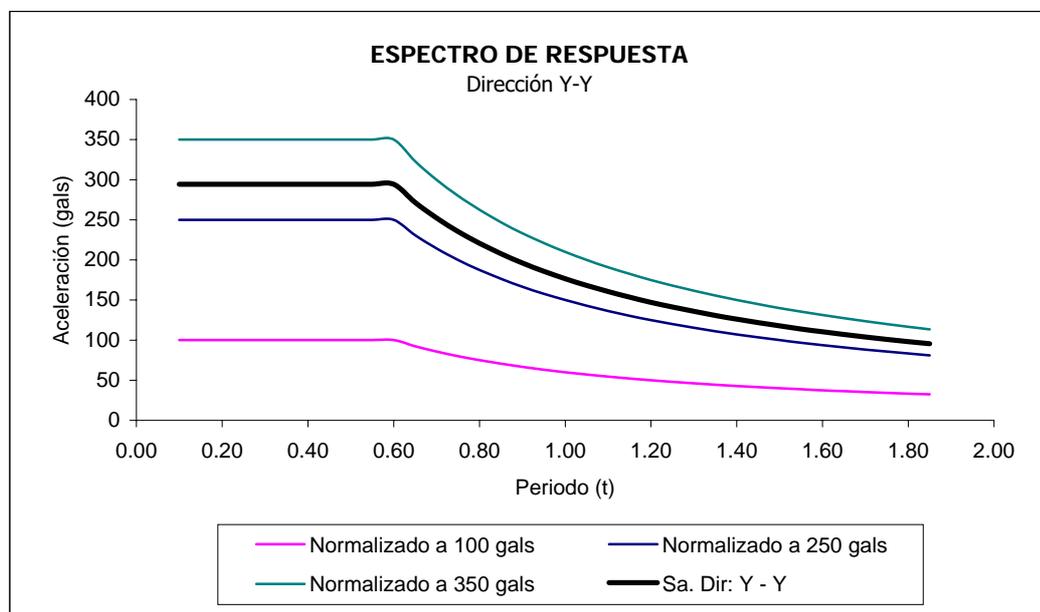


Figura 7.2 – Espectro de Respuesta de Aceleraciones. Dirección Y - Y*
Norma Técnica Peruana E-030, 2003

(*) Solamente para el caso del Módulo de Albañilería - 2 Niveles se usará este espectro en ambas direcciones.

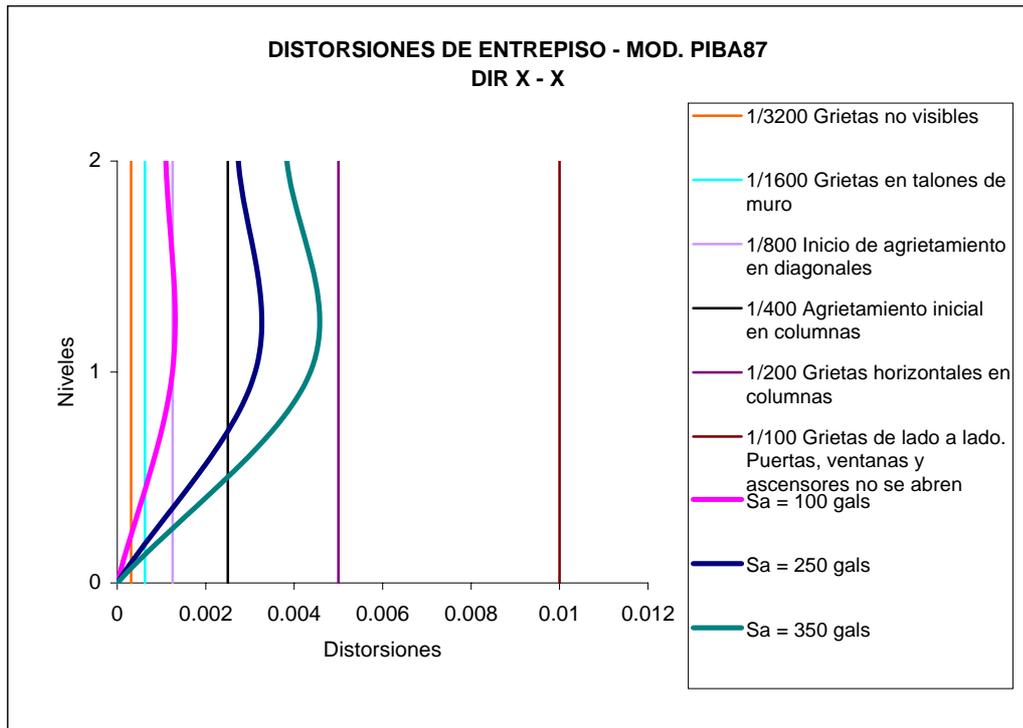


Gráfico 7.1 - Nivel de Desempeño, Dirección X-X

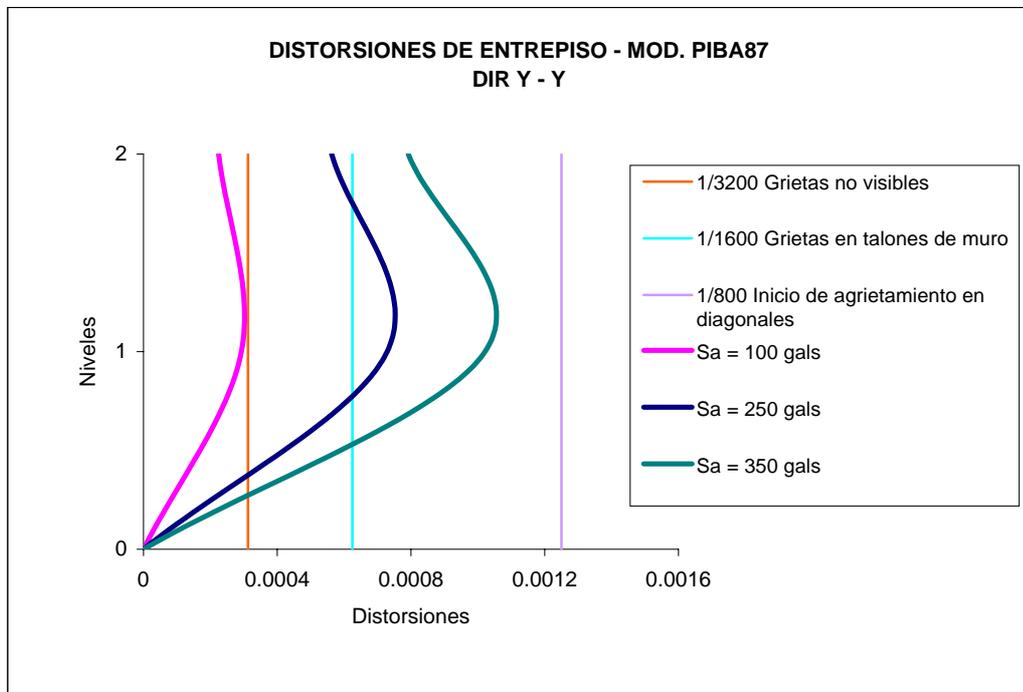


Gráfico 7.2 - Nivel de Desempeño, Dirección Y-Y

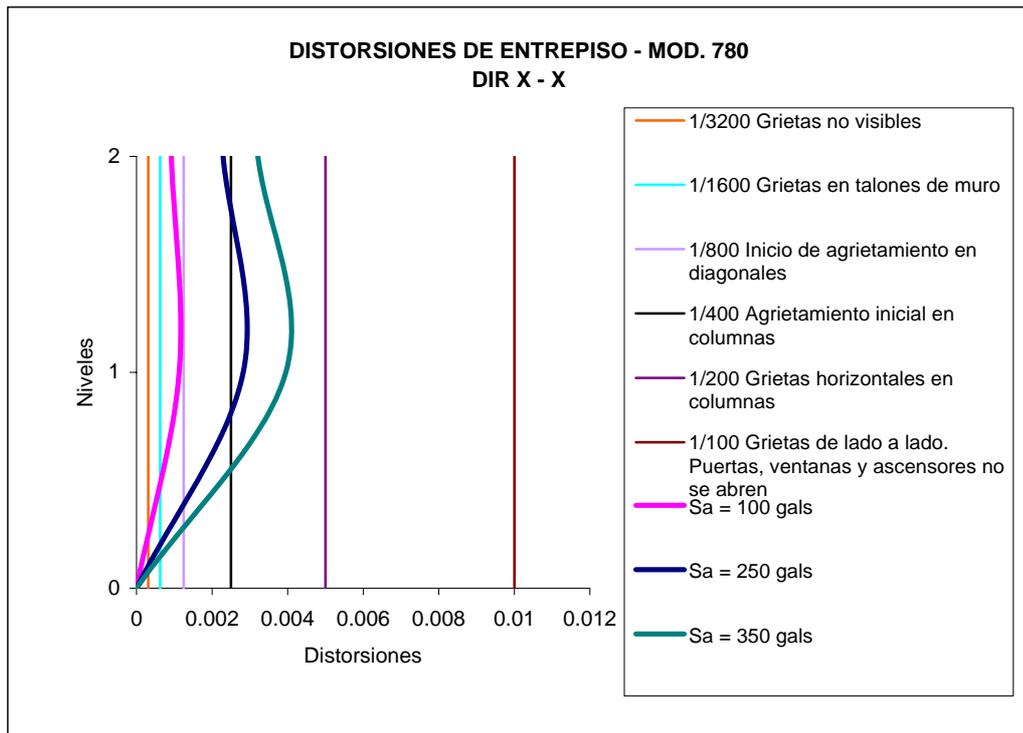


Gráfico 7.3 - Nivel de Desempeño, Dirección X-X

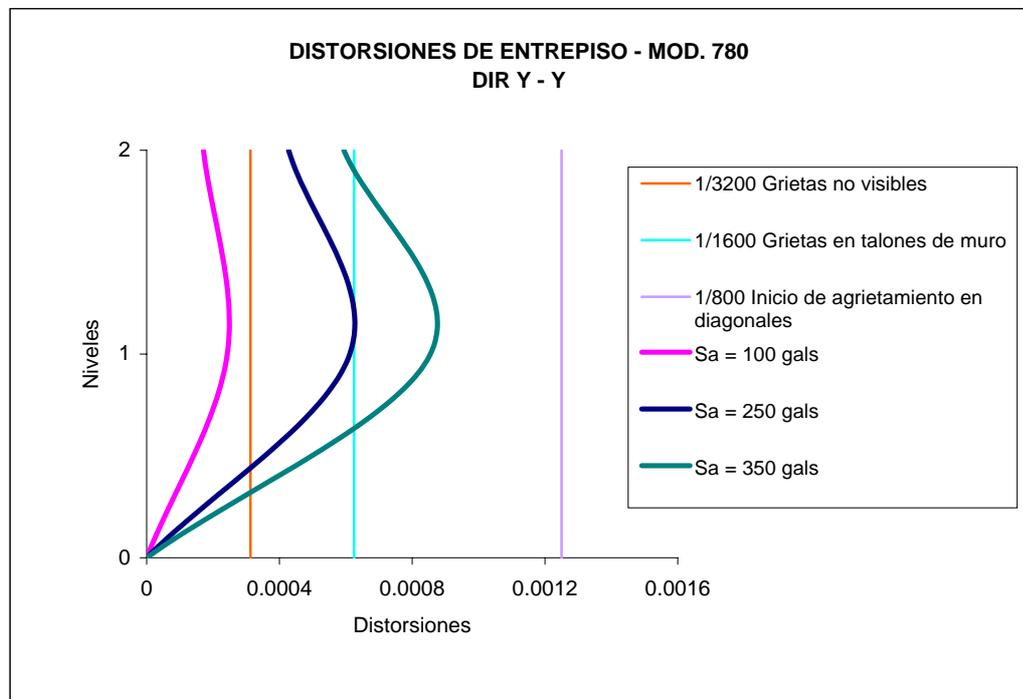


Gráfico 7.4 - Nivel de Desempeño, Dirección Y-Y

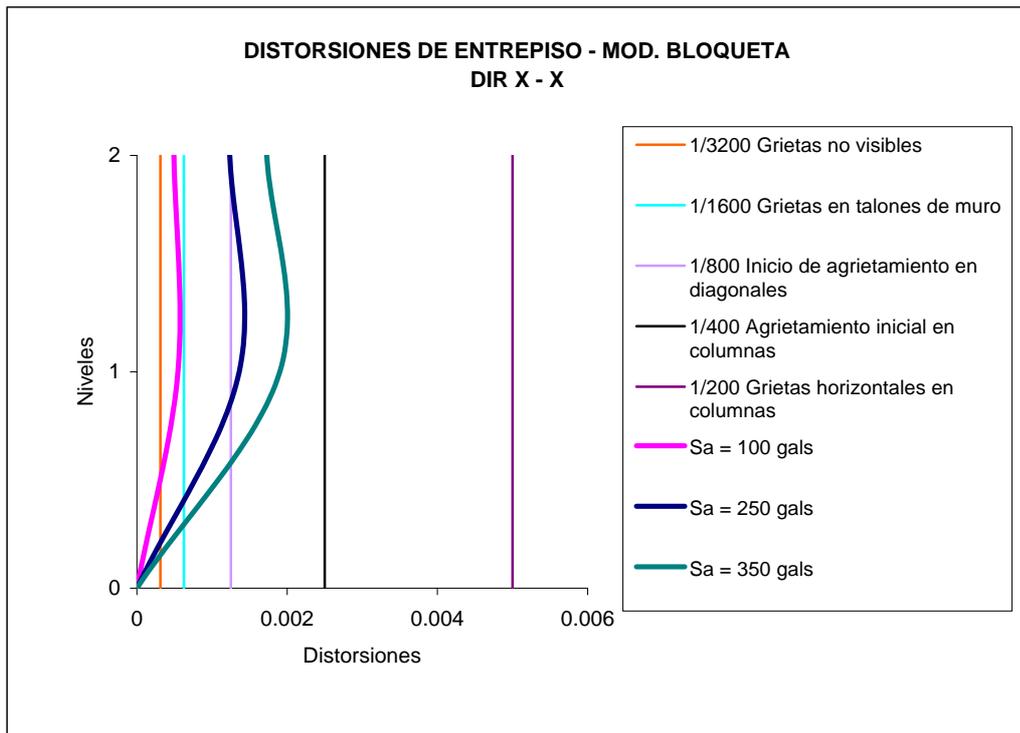


Gráfico 7.5 - Nivel de Desempeño, Dirección X-X

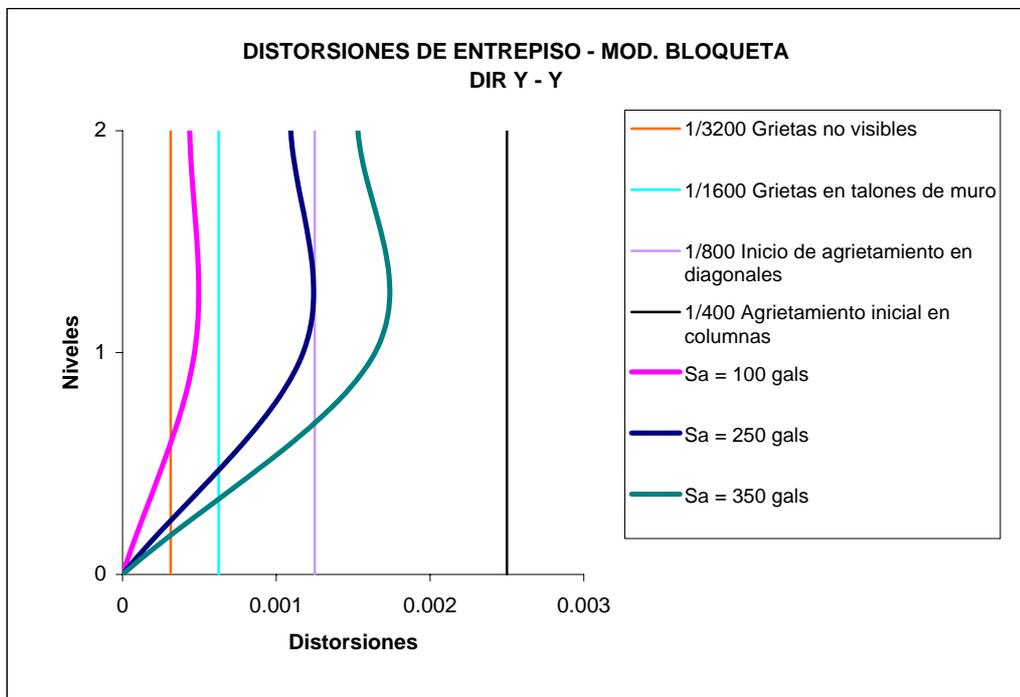


Gráfico 7.6 - Nivel de Desempeño, Dirección Y-Y

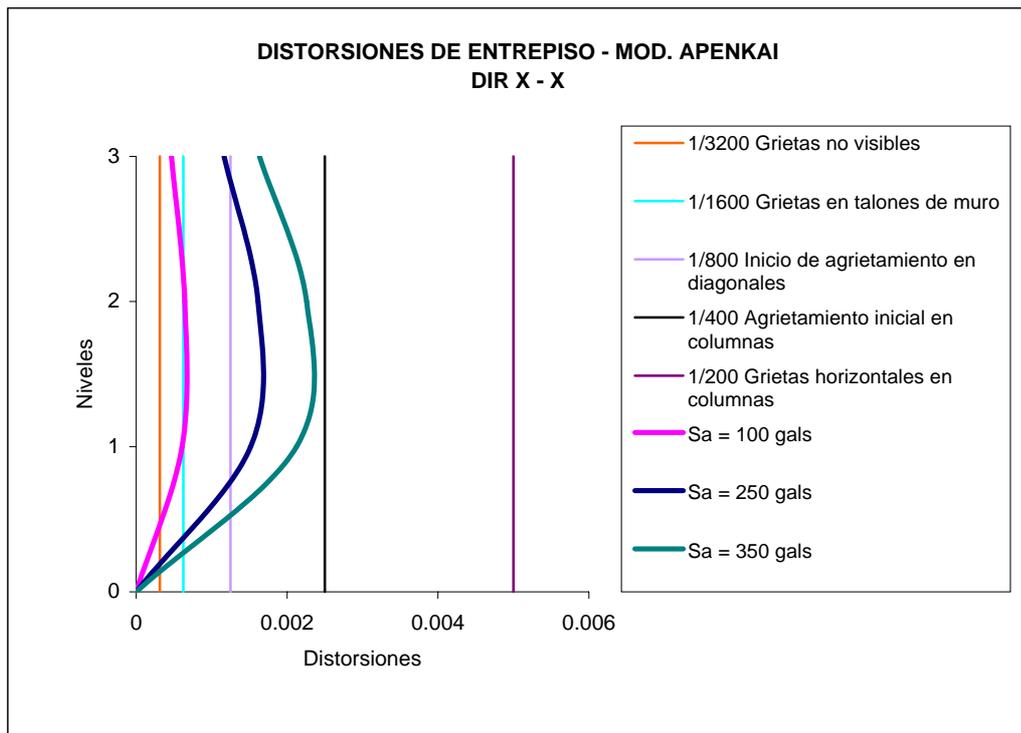


Gráfico 7.7 - Nivel de Desempeño, Dirección X-X

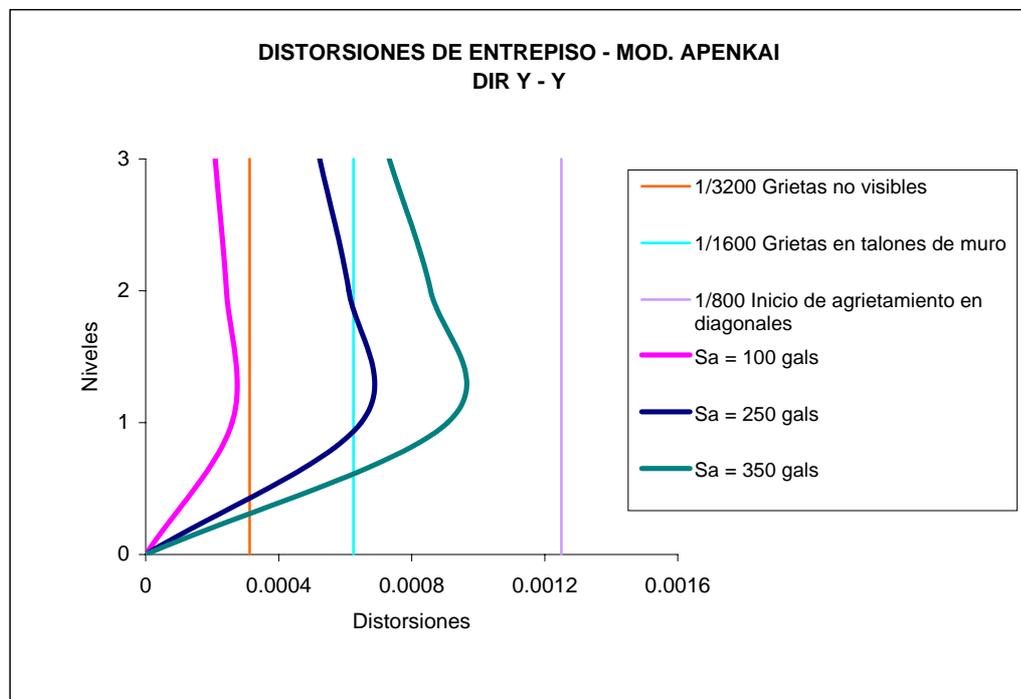


Gráfico 7.8 - Nivel de Desempeño, Dirección Y-Y

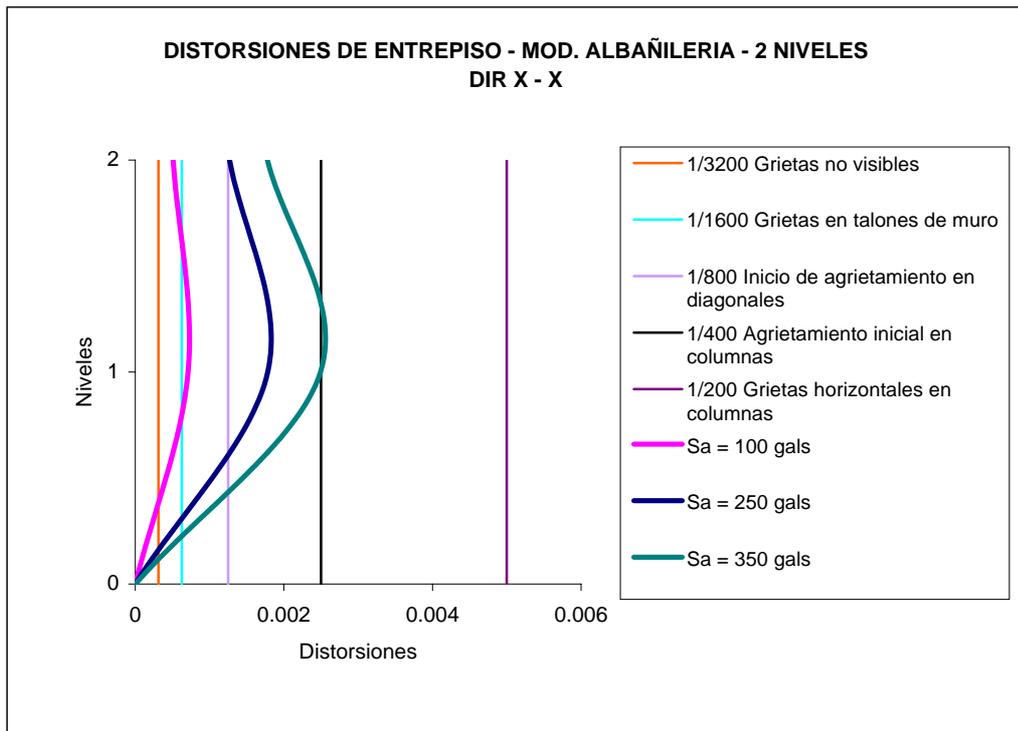


Gráfico 7.9 - Nivel de Desempeño, Dirección X-X

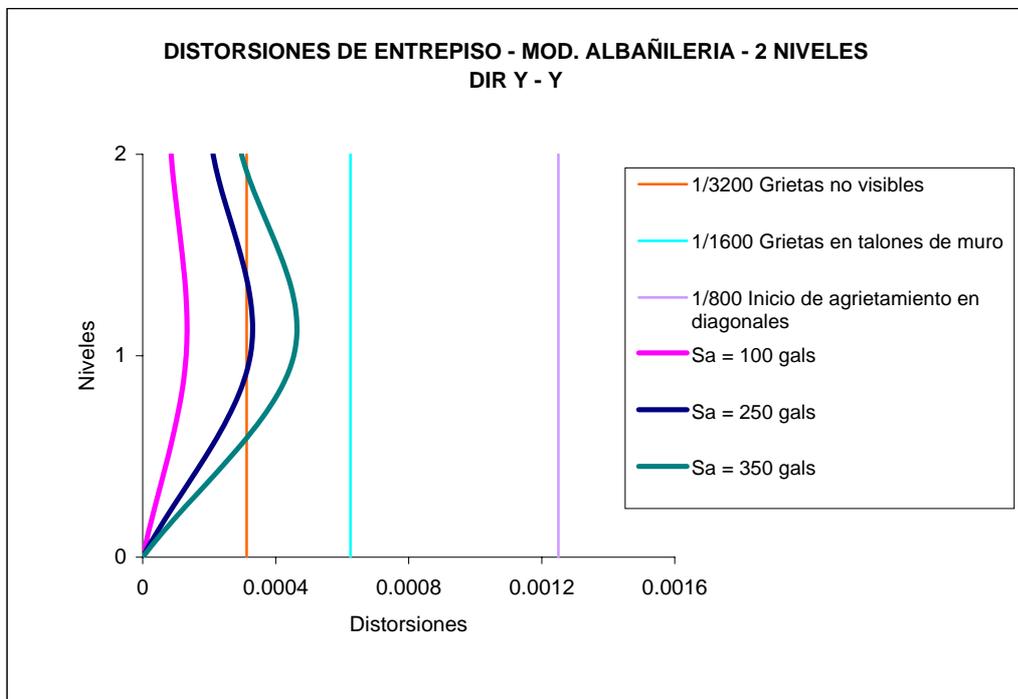


Gráfico 7.10 - Nivel de Desempeño, Dirección Y-Y

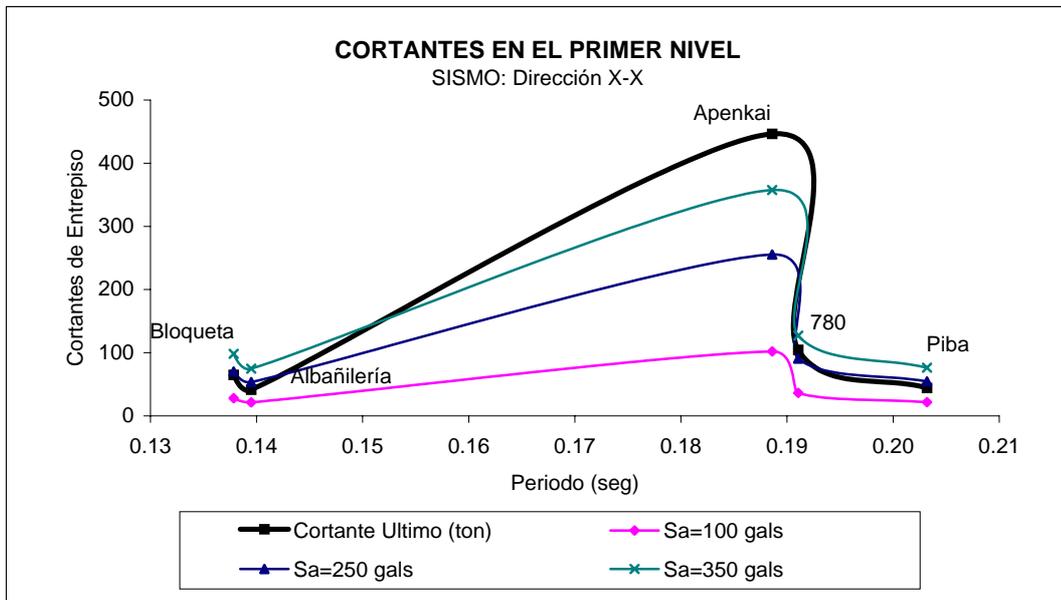


Gráfico 7.11 - Cortante de Entrepiso Vs. Periodo
Dirección X - X

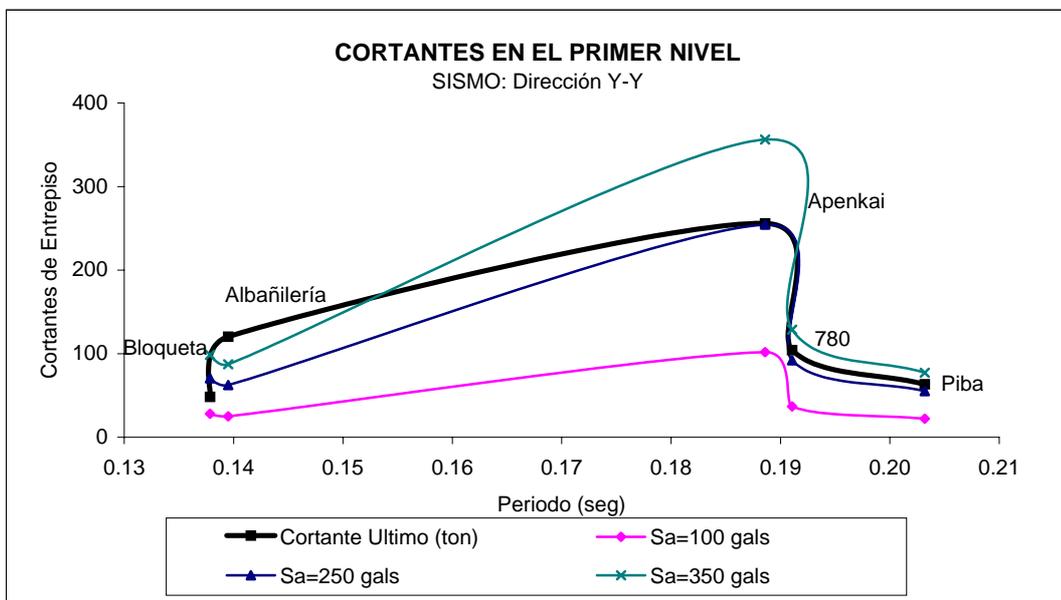


Gráfico 7.12 - Cortante de Entrepiso Vs. Periodo
Dirección Y - Y

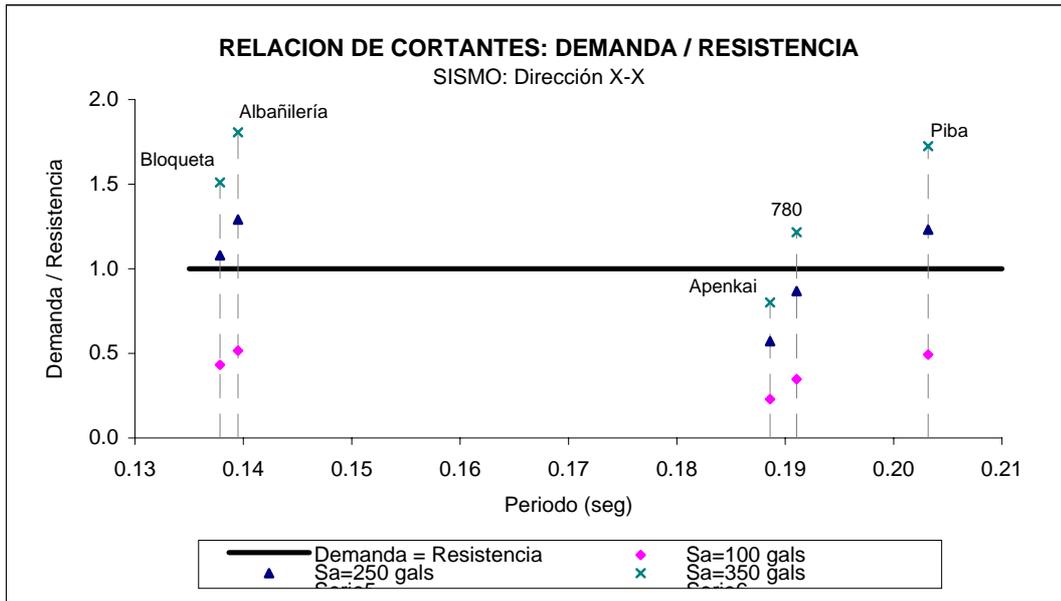


Gráfico 7.13 - Relación de Cortantes: Demanda/Resistencia Vs. Periodo
Dirección X - X

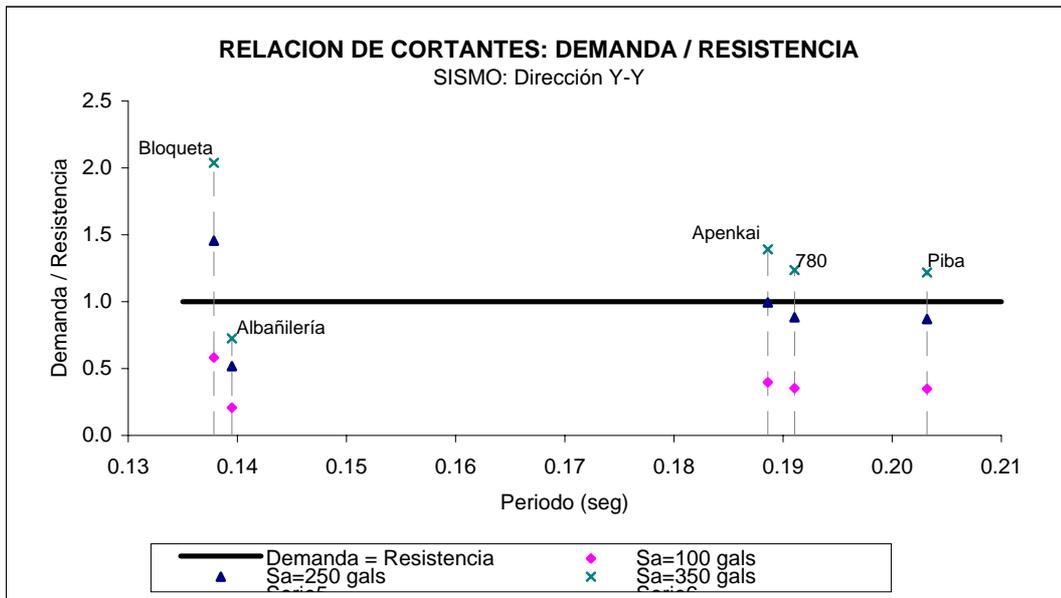


Gráfico 7.14 - Relación de Cortantes: Demanda/Resistencia Vs. Periodo
Dirección Y - Y

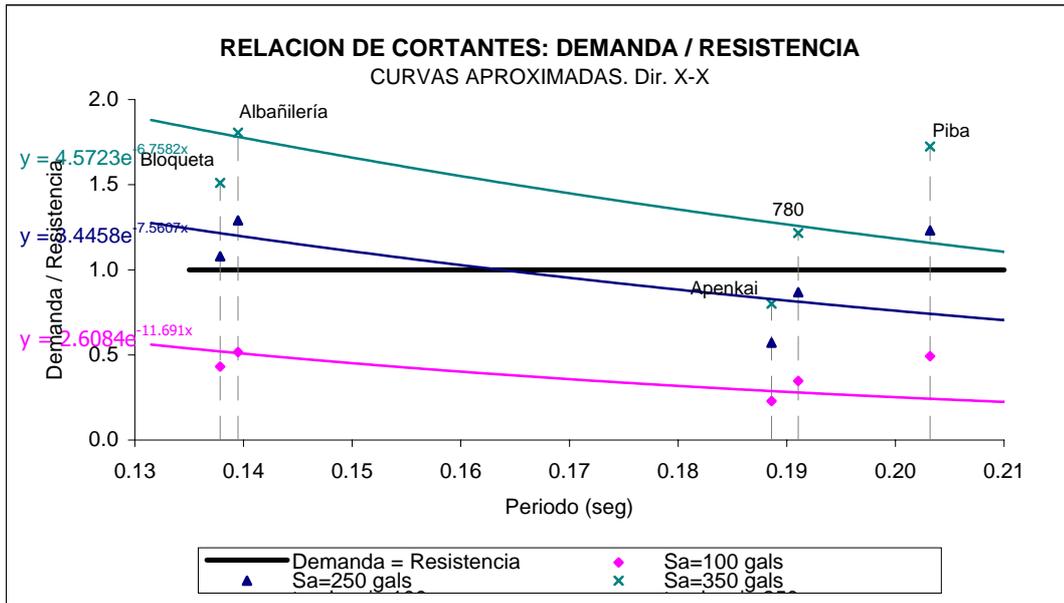


Gráfico 7.15 - Relación de Cortantes: Demanda/Resistencia Vs. Periodo
Curvas Aproximadas. Dirección X - X

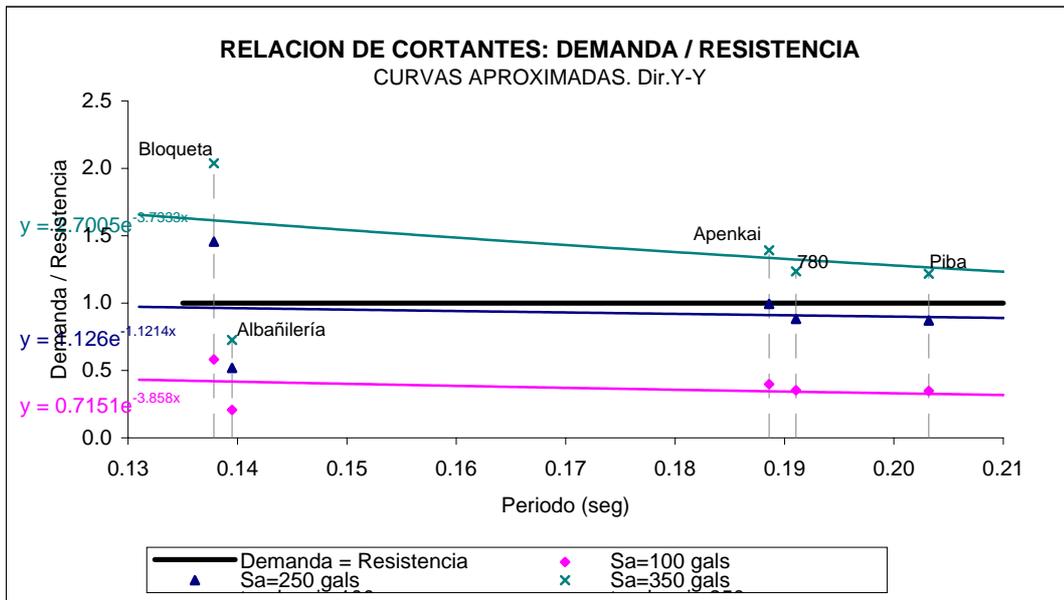


Gráfico 7.16 - Relación de Cortantes: Demanda/Resistencia Vs. Periodo
Curvas Aproximadas. Dirección Y - Y

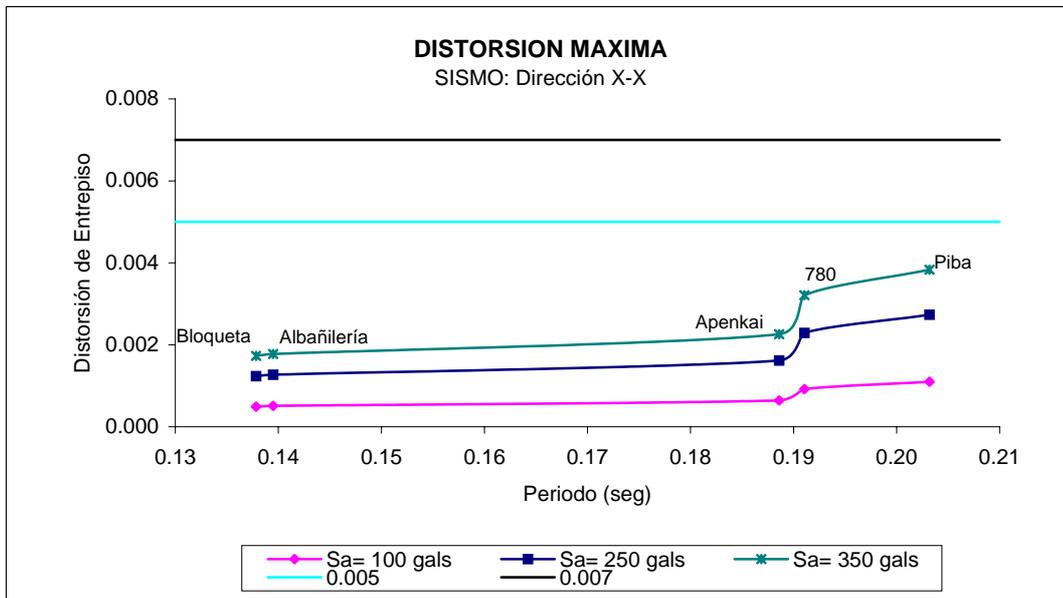


Gráfico 7.17 - Distorsión Máxima Vs. Periodo
Dirección X - X

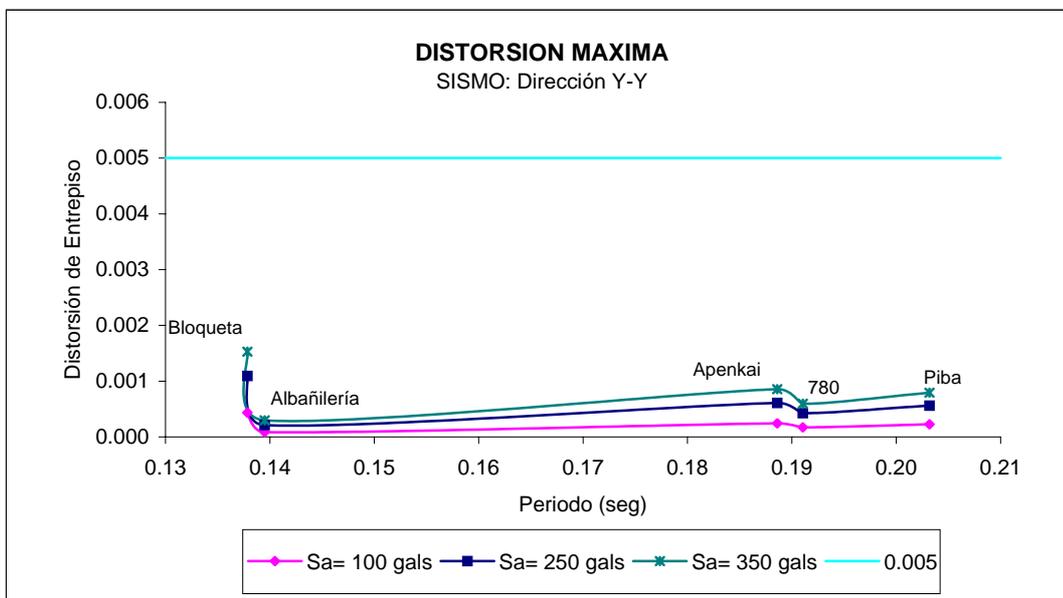


Gráfico 7.18 - Distorsión Máxima Vs. Periodo
Dirección Y - Y

Cuadro 7.1 - Resultado de Centros Educativos Inspeccionados

CENTRO EDUCATIVO	GESTION	NIVEL	Sismo Leve		Sismo Moderado		Sismo Severo	
			Vulnerabilidad	Nº Estruct.	Vulnerabilidad	Nº Estruct.	Vulnerabilidad	Nº Estruct.
004	Estatad	Inicial Jardin	No Vulnerable		Vulnerable	2	Vulnerable	3
SAN MARTIN DE PORRES	Estatad	Inicial Jardin, Primaria, Secu	No Vulnerable		Vulnerable	5	Vulnerable	6
3035 BELLA LETICIA	Estatad	Primaria	No Vulnerable		Vulnerable	1	Vulnerable	2
2023 AUGUSTO SALAZAR BONDY	Estatad	Primaria y Secundaria	No Vulnerable		Vulnerable	3	Vulnerable	5
011	Estatad	Inicial Jardin	No Vulnerable		No Vulnerable		Vulnerable	2
3042	Estatad	Primaria	No Vulnerable		Vulnerable	1	Vulnerable	2
3032	Estatad	Primaria y Secundaria	No Vulnerable		Vulnerable	1	Vulnerable	1
3046 SAN MARTIN DE PORRES	Estatad	Primaria	No Vulnerable		Vulnerable	2	Vulnerable	3
002	Estatad	Inicial Jardin	Vulnerable	2	Vulnerable	4	Vulnerable	4
LUIS ENRIQUE X	Estatad	Inicial Cuna-Jardin	No Vulnerable		Vulnerable	3	Vulnerable	4
3033 ANDRES AVELINO CACERES	Estatad	Primaria y Secundaria	No Vulnerable		Vulnerable	4	Vulnerable	4
313	Estatad	Inicial Jardin	Vulnerable	3	Vulnerable	3	Vulnerable	3
3036 JOSE ANDRES RAZURI	Estatad	Primaria	No Vulnerable		Vulnerable	1	Vulnerable	1
PERU	Estatad	Ocupacional	No Vulnerable		Vulnerable	1	Vulnerable	1
3704 SAN COLUMBANO	Parroquial	Inicial Jardin, Primaria, Secu	No Vulnerable		No Vulnerable		Vulnerable	3
3038 PATRICIA CARMEN GUZMAN	Estatad	Primaria	Vulnerable	2	Vulnerable	2	Vulnerable	2
2017	Estatad	Primaria	No Vulnerable		Vulnerable	2	Vulnerable	2
2010 ALBERT EINSTEIN	Estatad	Primaria	No Vulnerable		Vulnerable	1	Vulnerable	2
081	Estatad	Inicial Jardin	Vulnerable	4	Vulnerable	5	Vulnerable	5
3041 ANDRES BELLO	Estatad	Primaria y Secundaria	No Vulnerable		Vulnerable	5	Vulnerable	7
JOSE GRANDA	Estatad	Primaria y Secundaria	No Vulnerable		Vulnerable	7	Vulnerable	8
342 MARIA Y JESUS	Estatad	Inicial Jardin	No Vulnerable		Vulnerable	1	Vulnerable	2
SAN MARTIN DE PORRAS	Estatad	Especial	No Vulnerable		Vulnerable	2	Vulnerable	5
PROMAE CONDEVILLA	Estatad	Ocupacional	No Vulnerable		Vulnerable	1	Vulnerable	3
3044 RICARDO PALMA	Estatad	Primaria	No Vulnerable		Vulnerable	3	Vulnerable	3

CENTRO EDUCATIVO	GESTION	NIVEL	Sismo Leve		Sismo Moderado		Sismo Severo	
			Vulnerabilidad	Nº Estruct.	Vulnerabilidad	Nº Estruct.	Vulnerabilidad	Nº Estruct.
006 FE Y ALEGRIA 2	Parroquial	Inicial Jardin	No Vulnerable		Vulnerable	3	Vulnerable	3
CONDEVILLA SEÑOR II	Estatal	Inicial Cuna-Jardin	No Vulnerable		Vulnerable	3	Vulnerable	3
2009 FE Y ALEGRIA 2	Parroquial	Primaria y Secundaria	No Vulnerable		Vulnerable	6	Vulnerable	9
3045 JOSE CARLOS MARIATEGUI	Estatal	Primaria y Secundaria	Vulnerable	1	Vulnerable	2	Vulnerable	5
065	Estatal	Inicial Jardin	Vulnerable	3	No Vulnerable	3	Vulnerable	3
0051 CLORINDA MATTO DE TURNER	Estatal	Secundaria	No Vulnerable		Vulnerable	3	Vulnerable	3
3023 PEDRO PAULET MOSTAJO	Estatal	Primaria	No Vulnerable		Vulnerable	3	Vulnerable	4
2029 SIMON BOLIVAR	Estatal	Primaria y Secundaria	No Vulnerable		Vulnerable	2	Vulnerable	3
2027 JOSE MARIA ARGUEDAS	Estatal	Primaria y Secundaria	No Vulnerable		Vulnerable	5	Vulnerable	7
349	Estatal	Inicial Jardin	No Vulnerable		Vulnerable	4	Vulnerable	4
2101 JUAN VELASCO ALVARADO	Estatal	Primaria	No Vulnerable		No Vulnerable		No Vulnerable	
2008 EL ROSARIO	Estatal	Primaria	No Vulnerable		No Vulnerable		Vulnerable	3
CORONEL JUAN VALER SANDOVAL	Estatal	Primaria	Vulnerable	1	No Vulnerable	1	Vulnerable	1
3043 RAMON CASTILLA	Estatal	Primaria y Secundaria	No Vulnerable		Vulnerable	4	Vulnerable	9
360	Estatal	Inicial Jardin	No Vulnerable		Vulnerable	1	Vulnerable	3
CONDEVILLA SEÑOR I	Estatal	Inicial Cuna-Jardin	No Vulnerable		Vulnerable	4	Vulnerable	4
3082	Estatal	Secundaria	Vulnerable	2	Vulnerable	2	Vulnerable	3
2033	Estatal	Inicial Jardin y Primaria	No Vulnerable		No Vulnerable		Vulnerable	2
024	Estatal	Inicial Jardin	Vulnerable	3	Vulnerable	3	Vulnerable	3
015	Estatal	Inicial Jardin	Vulnerable	3	No Vulnerable	3	Vulnerable	3
2074	Estatal	Primaria	No Vulnerable		No Vulnerable		No Vulnerable	
338	Estatal	Inicial Jardin	No Vulnerable		Vulnerable	2	Vulnerable	3
2094 INCA PACHACUTEC	Estatal	Primaria y Secundaria	No Vulnerable		Vulnerable	3	Vulnerable	3
3081	Estatal	Primaria y Secundaria	No Vulnerable		Vulnerable	2	Vulnerable	3
2040	Estatal		No Vulnerable		No Vulnerable		No Vulnerable	
MI FLORCITA	No Estatal	Inicial Jardin	No Vulnerable		Vulnerable	1	Vulnerable	1
NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN	No Estatal	Inicial Jardin, Primaria, Secu	No Vulnerable		Vulnerable	1	Vulnerable	2
VIRGEN AUXILIADORA	No Estatal	Inicial Jardin	No Vulnerable		Vulnerable	1	Vulnerable	1

CENTRO EDUCATIVO	GESTION	NIVEL	Sismo Leve		Sismo Moderado		Sismo Severo	
			Vulnerabilidad	Nº Estruct.	Vulnerabilidad	Nº Estruct.	Vulnerabilidad	Nº Estruct.
MY LITTLE HOUSE	No Estatal	Inicial Jardin	No Vulnerable		Vulnerable	1	Vulnerable	1
REINO DE LOS CIELOS	No Estatal	Inicial Jardin, Primaria, Secu	No Vulnerable		Vulnerable	1	Vulnerable	1
HONORIO DELGADO ESPINOZA	No Estatal	Primaria	No Vulnerable		Vulnerable	1	Vulnerable	1
EL SEMILLERO	No Estatal	Inicial Jardin	No Vulnerable		Vulnerable	1	Vulnerable	1
MARTINCITO	No Estatal	Inicial Jardin	No Vulnerable		Vulnerable	1	Vulnerable	1
REINA DEL CARMELO	No Estatal	Inicial Jardin y Primaria	No Vulnerable		Vulnerable	1	Vulnerable	1
TODOS LOS SANTOS	No Estatal	Primaria	No Vulnerable		Vulnerable	1	Vulnerable	1
MI MARAVILLOSO MUNDO	No Estatal	Inicial Jardin	No Vulnerable		Vulnerable	1	Vulnerable	1
SANTA ELENA	No Estatal	Inicial Jardin y Primaria	No Vulnerable		Vulnerable	1	Vulnerable	1
26 DE JUNIO	No Estatal	Inicial Jardin, Primaria, Secu	No Vulnerable		Vulnerable	1	Vulnerable	1
SAN JOSE	No Estatal	Inicial Jardin, Primaria, Secu	No Vulnerable		Vulnerable	1	Vulnerable	1
SAN FERNANDO	No Estatal	Inicial Jardin, Primaria, Secu	No Vulnerable		Vulnerable	2	Vulnerable	2
LOS DOMINICOS DE PALAO	No Estatal	Inicial Jardin y Primaria	No Vulnerable		No Vulnerable		Vulnerable	1
DOMINGO SAVIO	No Estatal	Primaria	No Vulnerable		Vulnerable	1	Vulnerable	1
JOSE OLAYA BALANDRA	No Estatal	Primaria	No Vulnerable		Vulnerable	1	Vulnerable	1
EDUARDO JUAN DE HABICH	No Estatal	Inicial Jardin y Primaria	No Vulnerable		Vulnerable	1	Vulnerable	1
MIS PRIMEROS PASOS	No Estatal	Inicial Jardin	No Vulnerable		Vulnerable	1	Vulnerable	1

Capítulo VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

- ◆ Se han presentado las características de las edificaciones escolares evaluadas en el distrito de San Martín de Porres, determinando su tendencia de ser vulnerables o no ante las demandas sísmicas consideradas.
- ◆ Las instalaciones educativas se basan en módulos arquitectónicos típicos; por ello se hizo una clasificación de las estructuras escolares del distrito de San Martín de Porres considerando varios criterios conceptuales, como las características de la arquitectura de la edificación, la parte estructural, los materiales, el procedimiento constructivo, y otros factores. Esto conllevó a adoptar cinco módulos representativos.
- ◆ El principal problema encontrado en las estructuras escolares es el de “columna corta”, ya que los alféizares de ventanas no están aislados de la estructura aporticada principal o presentan juntas verticales de muy poco espesor.
- ◆ En aquellos colegios construidos entre 1993 y 1997 por INFES, con la Norma de Diseño Sismorresistente E.030-77, se observan pórticos de poca rigidez lateral en la dirección longitudinal y los tabiques altos o bajos tienen una junta de separación insuficiente con las columnas. Estas juntas en muchos casos están rellenas, no cumpliéndose el objetivo de separar las columnas de los tabiques y evitar las columnas cortas.
- ◆ Los colegios de INFES, construidos luego de la implementación de la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente, de octubre de 1997, han tenido muy buen comportamiento en el sismo de junio del 2001 producido en el sur del país, pues ya incluían columnas de mayor rigidez

lateral en la dirección longitudinal no habiéndose registrado daños en ninguno de ellos.

- ◆ Debido a la ausencia de un programa de exploración geotécnica, la información concerniente a las características mecánicas de los suelos son solo referenciales y han sido obtenidos a partir de diversos estudios realizados en el distrito de San Martín de Porres y el Cono Norte.
- ◆ La metodología utilizada “Demanda Vs. Resistencia” nos permite evaluar la vulnerabilidad de los elementos estructurales en términos de resistencia mas no de ductilidad; sin embargo nos permite establecer un diagnóstico rápido y confiable.
- ◆ Para edificaciones esenciales como los centros educativos, es vital el desempeño de los elementos no estructurales, pues está relacionado con la operación y funcionamiento del edificio durante y después de un evento sísmico. Por ello se ha presentado el nivel de desempeño de las estructuras, utilizando el parámetro: distorsión admisible.
- ◆ Existen edificaciones autogestadas por la comunidad, construidas directamente por las asociaciones de padres de familia (APAFA), desgraciadamente sin criterio técnico y con mala calidad de construcción. Dichos locales tienen fallas importantes y no presentan las condiciones de seguridad adecuadas. Por ello han sido calificadas como vulnerables para los niveles de demanda sísmica establecidos.
- ◆ Respecto a la evaluación estructural de las estructuras tipo para el caso de un sismo severo ($A_{max} = 350$ gals), la resistencia de los elementos estructurales verticales no es suficiente. Ninguno de los cinco módulos analizados sería capaz de soportar los esfuerzos producidos por la

demanda sísmica, los daños que se producirían serían del tipo estructural y no-estructural.

8.2 RECOMENDACIONES

- ◆ Para futuros estudios de vulnerabilidad estructural debe realizarse una verificación de las características dinámicas del modelo matemático y su validez representativa de la estructura mediante ensayos de microtrepidaciones. De esta manera la calibración del modelo y la efectividad de las cargas existentes y su influencia sobre la masa de la estructura son estudiadas.
- ◆ Es importante contar con información referente a los niveles de resistencia del concreto a través de extracción de muestras con brocas diamantinas, siempre que se cuenten con los recursos necesarios.
- ◆ En relación a la infraestructura escolar, es necesario implementar un programa nacional de adecuación de las estructuras de los locales escolares a los conocimientos de ingeniería sismorresistente actuales y a las normas vigentes.
- ◆ Deberá considerarse como medidas de urgencia:
 - Mayor separación de las juntas existentes entre columnas y tabiques, picando el recubrimiento y tarrajeo de las columnetas de la tabiquería.
 - Independización de los marcos de ventanas contemplando bordes libres.
 - Eliminación de tabiques que forman columnas cortas y que han sido construidos sin juntas y construcción de algunos paños cerrados, para mejorar la rigidez lateral.

- Deberá implementarse un programa de reforzamiento de locales escolares incluyendo muros de ladrillo o de concreto armado, previendo un presupuesto, no para obras nuevas, sino dando prioridad a obras de reforzamiento de los locales existentes.

- ◆ Deben dictarse normas para impedir que las APAFAS construyan por su cuenta nuevos locales o amplíen los existentes.

- ◆ En los casos en que las APAFAS puedan tener fondos para ampliar o construir, los planos deben ser proporcionados por el INFES y debe existir dirección y supervisión técnica.

BIBLIOGRAFIA

- ◆ Jaime Argudo R., Fausto Bravo B. y Rommel Yela
"Metodología para la Reducción de la Vulnerabilidad Sísmica de Escuelas Y Bibliotecas en Guayaquil"
Agencia Interamericana para la Cooperación y el Desarrollo – AICD, 1992
- ◆ Organización Panamericana de la Salud
"Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud"
Washington, D.C., 2000
- ◆ Hernando Tavera y Elisa Buforn
"Física de la Tierra. Sismicidad y Sismo tectónica de Perú"
Publicación de la Universidad Complutense de Madrid, 1998
- ◆ Omar Darío Cardona Arboleda
"Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos"
Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña, España
- ◆ Arq. Fernando Ulloa Rodríguez.
"Instalaciones Críticas: La Planta Física Educativa"
Centro Nacional de Infraestructura Física Educativa del Ministerio de Educación Pública de Costa Rica.
- ◆ Alva J, Meneses J. y Guzmán V.
"Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú"
Memorias V Congreso Nacional Ing. Civil. Tacna, Perú, 1984
- ◆ BLASA S.A.
"Estudio de Factibilidad: Mejoramiento de Distribución de Agua Potable y Alcantarillado de Ex - Fundos Oquendo, Santa Rosa, Naranjal, Chuquitanta y Parque Porcino en San Martín de Porres y Callao".
Lima, 2001.
- ◆ CISMID – UNI
"Estudio Geotécnico con Fines de Cimentación de Sala de Lectura y Oficina de Asuntos Estudiantiles"
Universidad Cayetano Heredia, San Martín de Porres, Lima, 1995
- ◆ CISMID - UNI
"Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica del Hospital Nacional Cayetano Heredia"
Universidad Cayetano Heredia, San Martín de Porres, Lima, 1997

- ◆ CISMID – UNI
"Informe Preliminar del terremoto de Arequipa del 23 de junio del 2001"
1er Congreso Virtual CISMID – ECIE " Terremoto de Arequipa (Perú) del 23 Junio 2001 – un año después", Lima, 2002
- ◆ Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI
"Censos Nacionales: IX de Población y IV de Vivienda - 1993"
Lima, 1994
- ◆ Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI
"Encuesta Nacional de Municipalidades e Infraestructura Socio Económica Distrital 1997"
Lima, 1998
- ◆ Municipalidad de San Martín de Porres. División de Educación y Cultura
"Historia del Distrito de San Martín de Porres"
San Martín de Porres, Lima 2001
- ◆ SEDAPAL
"Historia del Abastecimiento de Agua Potable de Lima, 1535 - 1996"
El Agustino, Lima, 1997
- ◆ Silgado, E.
"Historia de los Sismos más Notables ocurridos en Perú"
Lima, 1978
- ◆ Oscar Pomachagua Pérez
"Características Generales de la Tectónica y Sismicidad del Perú"
Revista de Trabajos de Investigación. Instituto Geofísico del Perú, Lima, 2000
- ◆ Carrillo, Gil A.
"Estabilidad y Resistencia del Conglomerado de Lima Metropolitana"
- ◆ Silvia Marisela Alarcón Presentación
"Vulnerabilidad Sísmica del Distrito de la Molina"
Tesis de Título Profesional. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 2003
- ◆ Lenkiza Angulo Villarreal
"Los terremotos y la seguridad en las escuelas"
Revista "Prevención". Instituto Centro de Estudios y Prevención de Desastres (PREDES), Lima, 1997
- ◆ Philip de Guzmán
"Damage Index as a criterion in Evaluating Seismic Performance of Building Structures"
Division of Structural and Geotechnical Engineering, Hokkaido University
Japón, 2003

- ◆ Dr. Ing. Carlos Zavala
"Comportamiento frente a Cargas Laterales de una Vivienda de Albañilería de dos Pisos Mediante Ensayo en Línea"
Congreso Nacional Ing. Civil, Iquitos, Perú, 2003
- ◆ Minoru Wakabayashi
"Diseño de Estructuras Sismorresistentes"
México, 1992
- ◆ Structural Engineers Association of California
"VISION 2000. Performance Based Seismic Engineering of Buildings"
California, E.U.A. 1995
- ◆ Computer and Structures Inc. Berkeley
"Manuales del Programa de Cómputo ETABS (Extended Three Dimensional Analysis of Building System – Versión 8.00"
Berkeley, California, E.U.A. 2002
- ◆ Environmental Systems Research Institute Inc. Redlands
"Manuales del Programa de Cómputo Arcview – Versión 3.2"
Redlands, California, E.U.A. 1999
- ◆ Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento - Perú
"Norma Técnica de Edificación E.030 - Diseño Sismorresistente"
Lima, Perú, 2003
- ◆ Diario "El Comercio"
Ediciones de Archivo 1966, 1970, 1974. Lima, Perú.

Pág. Web:

- ◆ Sismo en Puebla y Oaxaca 1999
<http://www.cepal.un.org.mx/PDFs/septiembre2001/libro/doc6.pdf>
- ◆ Cardona D. Omar
"Terremoto de Armenia, Colombia. Lecciones para la Ingeniería Sísmica y la Prevención de Desastres"
Special Report. Geohazards international
<http://www.geohaz.org/member/report/colombia99.htm>
- ◆ Dr. David Wong Díaz, Regina Samudio y Hugo Mora
"Determinación de la Vulnerabilidad y Estimación de Daños Ante los Desastres Naturales en los Centros Educativos en la República de Panamá "
Universidad Tecnológica de Panamá, Centro de Proyectos.
<http://www.utp.ac.pa/investigaciones/escuela.html>

- ◆ Ing. Alejandro Muñoz P. e Ing. Marcos Tinman B.
"Sismo de Arequipa del 2001 y la vulnerabilidad de edificaciones peruanas"
Publicación de la Pontificia Universidad Católica del Perú
http://www.costosperu.com/Articulos%20Tecnicos/Pub_2_1/Articulo.htm

- ◆ O.N.G. Alternativa
"Plan de Desarrollo Integral de Independencia"
<http://www.alter.org.pe/index.htm>

- ◆ Consejo Nacional del Ambiente - CONAM
"Informe Nacional sobre el Estado del Ambiente GEO PERU2000"
<http://www.conam.gob.pe/geo/II31e.htm>

Anexo A

**INFORMACIÓN OBTENIDA EN LAS VISITAS
DE CAMPO**

RESUMEN DE INFORMACIÓN OBTENIDA EN LA EVALUACIÓN DE CAMPO

ID	CENTRO	GESTION	NIVEL	Población ⁱ	Estructuras encontradas y Año de construcción	Observaciones
1	004	Estatad	Inicial Jardín	361	1 Mód. 780, 1994 2 Mód. de albañilería, 1940	Problemas: Antigüedad y humedad
12	SAN MARTIN DE PORRES	Estatad	Inicial Jardín, Primaria, Secundaría	1195	2 Estruct. Mixtas - 2 Pisos (2 Mód. Piba), 1977 1 Mód. Piba87, 1989 1 Mód. 780, 1997 2 Mód. de albañilería, 1965	
15	3035 BELLA LETICIA	Estatad	Primaria	1100	1 Mód. Piba87, 1960 1 Mód. Apenkai, 1995	
16	2023 AUGUSTO SALAZAR BONDY	Estatad	Primaria y Secundaria	2731	2 Estruct. Mixtas - 2 Pisos (2 Mód. 780), 1993 3 Mód. Piba87, 1960	
17	011	Estatad	Inicial Jardín	260	2 Mód. 780, 1995	
18	3042	Estatad	Primaria	650	1 Mód. Piba87, 1970 1 Mód. Apenkai, 1995	
19	3032	Estatad	Primaria y Secundaria	829	1 Estruct. Mixta - 3 Pisos 2000 1 Mód. Piba87, 1970	
21	3046 SAN MARTIN DE PORRES	Estatad	Primaria	800	1 Estruct. Mixta - 3 Pisos (1 Mód. 780), 1995 2 Mód. Piba87, 1968	
22	002	Estatad	Inicial Jardín	139	2 Aulas provisionales (madera) 2 Mód. Piba87, 1992	Acceso: escalera. Peligroso para niños de 3-5 años.

ID	CENTRO	GESTION	NIVEL	Población ⁱ	Estructuras encontradas y Año de construcción	Observaciones
23	LUIS ENRIQUE X	Estatal	Inicial Cuna-Jardín	245	3 Mód. Piba87, 1982 1 Mód. 780, 1984	Serios problemas en la cimentación (Relleno sanitario) Se ven asentamientos de la estructura
24	3033 ANDRES AVELINO CACERES	Estatal	Primaria y Secundaria	1299	1 Estruct. Mixta - 3 Pisos, 1997 4 Mód. Piba87, 1963	Las Edif. de 1963 deben demolerse (Defensa Civil)
25	313	Estatal	Inicial Jardín	280	3 Estruct. de albañilería sin columnas, 1984	Adicional: módulos en base a prefabricados de concreto (1973)
26	3036 JOSE ANDRES RAZURI	Estatal	Primaria	700	1 Mód. 780, 1998 1 Mód. Bloqueta, 1965	Fisuras por sismos anteriores.
29	PERU	Estatal	Ocupacional	500	1 Mód. de albañilería, 1991	
31	3704 SAN COLUMBANO	Parroquial	Inicial Jardín, Primaria, Secundaria	415	3 Mód. 780, 1985	
33	3038 PATRICIA CARMEN GUZMAN	Estatal	Primaria	583	2 Estruct. de albañilería con refuerzo y confinamiento insuficiente, 1960	Confinamiento y refuerzo insuficiente
34	2017	Estatal	Primaria	265	2 Mód. Bloqueta, 1970	
35	2010 ALBERT EINSTEIN	Estatal	Primaria	350	1 Mód. 780, 2000 1 Mód. 780, 1990 1 Mód. Bloqueta, 1967	
36	081	Estatal	Inicial Jardín	149	4 Estruct. de albañilería sin confinamiento, 1966 1 Mód. Piba87, 1986	

ID	CENTRO	GESTION	NIVEL	Población ⁱ	Estructuras encontradas y Año de construcción	Observaciones
38	3041 ANDRES BELLO	Estatal	Primaria y Secundaria	1580	3 Estruct. Mixtas - 1Piso (3 Piba), 1964 2 Mód. Piba87, 1984 1 Mód. 780, 1996 1 Mód. Apenkai, 1996	
39	JOSE GRANDA	Estatal	Primaria y Secundaria	3900	2 Estruct. Mixtas - 2 Pisos (2 Piba), 1955 3 Mód. Piba87, 1960 1 Mód. 780, 1990 2 Mód. Bloqueta, 1955	
40	342 MARIA Y JESUS	Estatal	Inicial Jardín	100	1 Mód. Piba87, 1982 1 Mód. 780, 1996	
41	SAN MARTIN DE PORRAS	Estatal	Especial	336	2 Mód. Piba87, 1983 3 Mód. 780, 1993	
42	PROMAE CONDEVILLA	Estatal	Ocupacional	700	1 Mód. Piba87 2 Mód. 780, 1995	
43	3044 RICARDO PALMA	Estatal	Primaria	450	1 Mód. 780, 1998 1 Mód. Piba87, 1984 2 Mód. de albañilería, 1980	
44	006 FE Y ALEGRIA 2	Parroquial	Inicial Jardín	108	3 Estruct. Mixtas - 1Piso (3 Mód. Piba), 1970	No hay columna corta
45	CONDEVILLA SEÑOR II	Estatal	Inicial Cuna-Jardín	295	3 Mód. Piba87, 1982	Edificaciones autogestionadas por la población.
46	2009 FE Y ALEGRIA 2	Parroquial	Primaria y Secundaria	1700	6 Mód. Piba87, 1985 3 Mód. 780, 1990	

ID	CENTRO	GESTION	NIVEL	Población ¹	Estructuras encontradas y Año de construcción	Observaciones
47	3045 JOSE CARLOS MARIATEGUI	Estatal	Primaria y Secundaria	2000	1 Estruct. de albañilería sin confinamiento, 1962 1 Mód. Piba87, 1970 2 Mód. 780, 1988 1 Mód. Apenkai, 1997	
48	065	Estatal	Inicial Jardín	320	3 Estruct. de albañilería sin confinamiento, 1984	
49	0051 CLORINDA MATTO DE TURNER	Estatal	Secundaria	1150	1 Estruct. Mixta - 3 Pisos, 1998 2 Estruct. Mixtas - 2 Pisos (2 Mód. Piba), 1984 1 Mód. Piba87, 1987	Problema de columna corta en los módulos antiguos.
50	3023 PEDRO PAULET MOSTAJO	Estatal	Primaria	987	2 Mód. Piba87, 1985 1 Mód. 780, 1994 1 Mód. de albañilería, 1990	La Edif.. de Albañilería: Dpto. Médico
53	2029 SIMON BOLIVAR	Estatal	Primaria y Secundaria	1919	2 Mód. Piba87, 1980 1 Mód. 780, 1990	No hay separación entre edificaciones
55	2027 JOSE MARIA ARGUEDAS	Estatal	Primaria y Secundaria	2605	5 Mód. Piba87, 1987 2 Mód. 780, 1990	1 Piba: sala de laboratorio
56	349	Estatal	Inicial Jardín	423	4 Mód. Piba87, 1986	
64	2101 JUAN VELASCO ALVARADO	Estatal	Primaria	300	1 Mód. Apenkai, 2001	
65	2008 EL ROSARIO	Estatal	Primaria	350	3 Mód. 780, 1995	
68	CORONEL JUAN VALER SANDOVAL	Estatal	Primaria	125	1 Estruct. de albañilería sin refuerzo ni confinamiento, 1970	

ID	CENTRO	GESTION	NIVEL	Población ⁱ	Estructuras encontradas y Año de construcción	Observaciones
69	3043 RAMON CASTILLA	Estatad	Primaria y Secundaria	3110	2 Mod. 780, 1990 2 Mód. Piba87, 1980 2 Mód. 780, 1994 2 Mód. Bloqueta, 1980 1 Mód. Apenkai, 1994	
70	360	Estatad	Inicial Jardín	129	1 Mód. Piba87, 1980 2 Mód. 780, 1993	
71	CONDEVILLA SEÑOR I	Estatad	Inicial Cuna-Jardín	230	3 Mód. Piba87, 1984 1 Mód. de albañilería, 1990	Se ha tumbado algunos muros, lo que compromete seriamente la seguridad de la estructura.
83	3082	Estatad	Secundaria	233	2 Estruct. de albañilería sin refuerzo ni confinamiento, 2001 1 Mód. 780, 2002	Se sigue construyendo con serias deficiencias.
84	2033	Estatad	Inicial Jardín y Primaria	725	1 Mód. 780, 1998 2 Mód. 780, 1996	
101	024	Estatad	Inicial Jardín	75	3 aulas de madera, 1996	Ambientes inadecuados.
102	015	Estatad	Inicial Jardín	113	3 aulas provisionales (Albañilería sin cimientos ni confinamiento, techo de madera), 2000	Ambientes inadecuados.
103	2074	Estatad	Primaria	273	1 Mód. 780, 2002	
106	338	Estatad	Inicial Jardín	282	2 Mód. Piba87, 1980 1 Mód. 780, 1992	

ID	CENTRO	GESTION	NIVEL	Población ¹	Estructuras encontradas y Año de construcción	Observaciones
107	2094 INCA PACHACUTEC	Estatal	Primaria y Secundaria	1050	1 Estruct. Mixta - 3 Pisos, 1999 3 Mód. Piba87, 1980	
110	3081	Estatal	Primaria y Secundaria	1200	2 Mód. Piba87, 1986 1 Mód. Apenkai, 1997	
111	2040	Estatal			1 Mód. 780, 2002	En construcción
113	MI FLORCITA	No Estatal	Inicial Jardín	14	1 Mód. de albañilería, 1978	
114	NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN	No Estatal	Inicial Jardín, Primaria, Secundaria	200	1 Mód. 780, 1980 1 Mód. de albañilería, 1990	
115	VIRGEN AUXILIADORA	No Estatal	Inicial Jardín	26	1 Mód. de albañilería, 1972	
116	MY LITTLE HOUSE	No Estatal	Inicial Jardín	65	1 Mód. de albañilería, 1975	
117	REINO DE LOS CIELOS	No Estatal	Inicial Jardín, Primaria, Secundaria	200	1 Mód. de albañilería, 1980	
118	HONORIO DELGADO ESPINOZA	No Estatal	Primaria	50	1 Mód. de albañilería, 1977	
119	EL SEMILLERO	No Estatal	Inicial Jardín	33	1 Mód. de albañilería, 1980	
120	MARTINCITO	No Estatal	Inicial Jardín	15	1 Mód. de albañilería, 1980	
121	REINA DEL CARMELO	No Estatal	Inicial Jardín y Primaria	30	1 Mód. de albañilería, 1980	
122	TODOS LOS SANTOS	No Estatal	Primaria	40	1 Mód. de albañilería, 1975	

ID	CENTRO	GESTION	NIVEL	Poblaciónⁱ	Estructuras encontradas y Año de construcción	Observaciones
123	MI MARAVILLOSO MUNDO	No Estatal	Inicial Jardín	62	1 Mód. de albañilería, 1968	
124	SANTA ELENA	No Estatal	Inicial Jardín y Primaria	80	1 Mód. de albañilería, 1978	
125	26 DE JUNIO	No Estatal	Inicial Jardín, Primaria, Secundaria	95	1 Mód. de albañilería, 1982	
126	SAN JOSE	No Estatal	Inicial Jardín, Primaria, Secundaria	90	1 Mód. de albañilería, 1975	
127	SAN FERNANDO	No Estatal	Inicial Jardín, Primaria, Secundaria	85	2 Mód. de albañilería, 1975	
128	LOS DOMINICOS DE PALAO	No Estatal	Inicial Jardín y Primaria	140	1 Mód. 780, 1985	
129	DOMINGO SAVIO	No Estatal	Primaria	50	1 Mód. de albañilería, 1980	
130	JOSE OLAYA BALANDRA	No Estatal	Primaria	30	1 Mód. de albañilería, 1980	
131	EDUARDO JUAN DE HABICH	No Estatal	Inicial Jardín y Primaria		1 Mód. de albañilería, 1975	
133	MIS PRIMEROS PASOS	No Estatal	Inicial Jardín	35	1 Mód. de albañilería, 1975	

ⁱ La Población indicada incluye a los estudiantes y personal (administrativo y docente) que labora en el Centro Educativo.

Anexo B

**ANÁLISIS DE ELEMENTOS
NO – ESTRUCTURALES**

Análisis de Elementos No-Estructurales

Con el objeto de estudiar la influencia de los elementos no-estructurales, se hace una comparación de los desplazamientos y distorsiones con y sin el aporte de dichos elementos en el modelo matemático.

Se puede observar que cuando se desprecia la influencia de los alféizares y tabiquería, los desplazamientos se amplifican arrojando tendencias de alta vulnerabilidad para los niveles de demanda, ya que se produce una subestimación de la capacidad estructural y a la vez una distorsión del modelo que en este caso no representaría a la estructura.

La presencia de los elementos no-estructurales significa un aporte de rigidez lateral en la estructura; sin embargo dicha albañilería fallaría ante la ocurrencia de sismos severos. Por esta razón se incluye en este anexo un análisis de dichos elementos, a fin de determinar si se producirían agrietamientos para este nivel de demanda.

MODULO PIBA87

100 Gals

NIVEL	Considerando influencia de Alféizar				Sin considerar influencia de Alféizar			
	SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir.Y-Y		SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir.Y-Y	
	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión
1	0.48	0.00125	0.09	0.00029	4.56	0.01213	0.09	0.00027
2	0.78	0.0011	0.18	0.00023	7.38	0.00866	0.18	0.00022

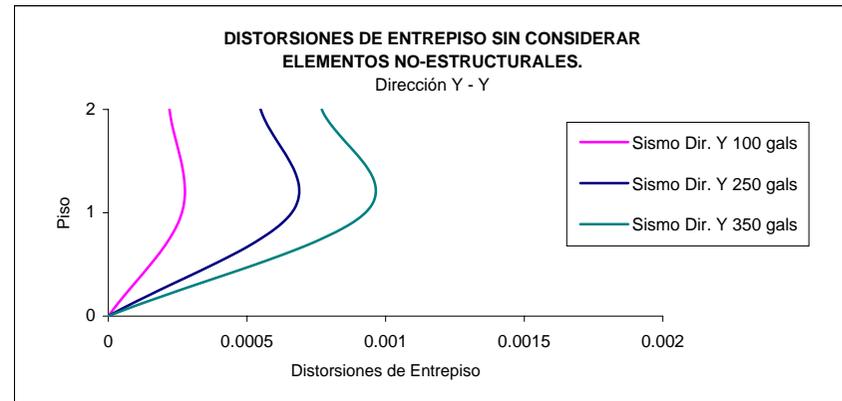
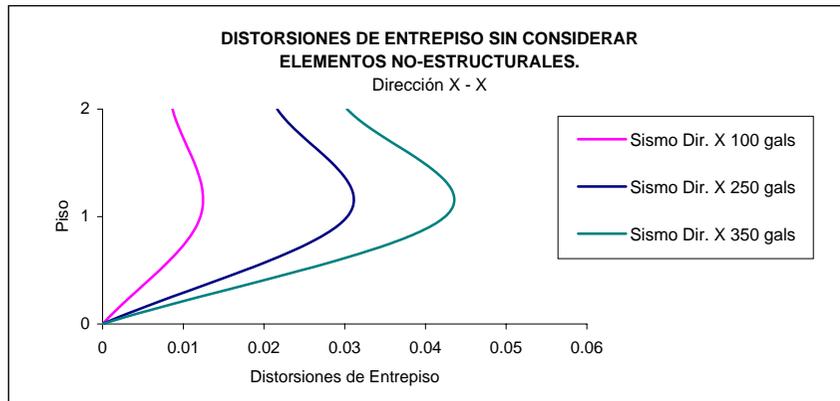
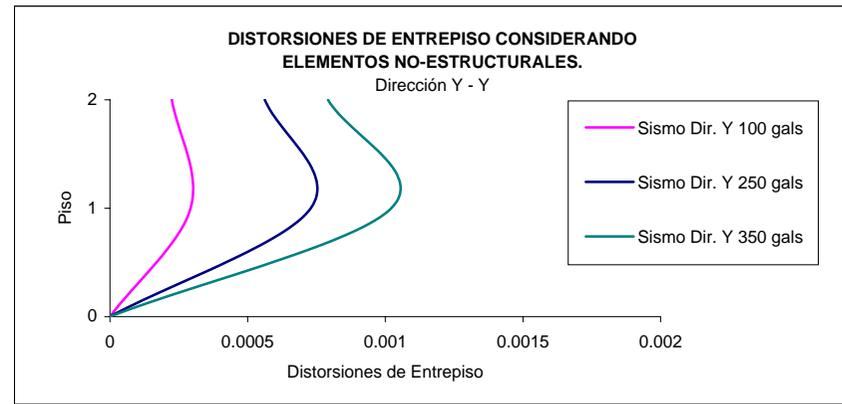
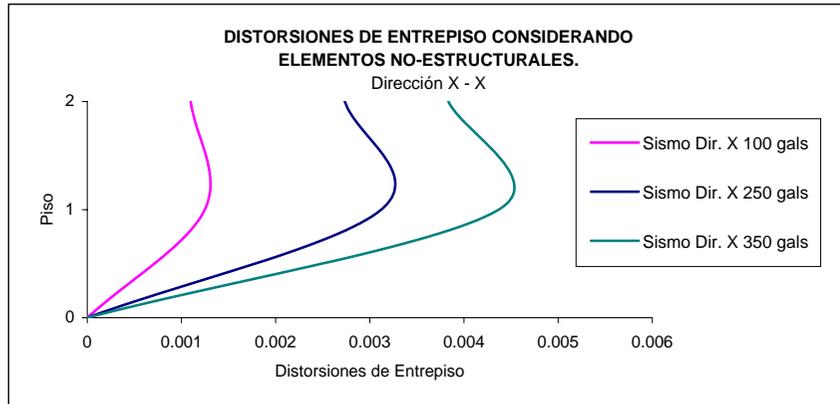
250 Gals

NIVEL	Considerando influencia de Alféizar				Sin considerar influencia de Alféizar			
	SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir.Y-Y		SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir.Y-Y	
	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión
1	1.14	0.00312	0.27	0.00073	11.46	0.03031	0.27	0.00066
2	2.04	0.00274	0.45	0.00056	18.42	0.02164	0.41	0.00055

350 Gals

NIVEL	Considerando influencia de Alféizar				Sin considerar influencia de Alféizar			
	SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir.Y-Y		SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir.Y-Y	
	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión
1	1.62	0.004368	0.36	0.00102	16.02	0.04243	0.36	0.00093
2	2.82	0.003834	0.63	0.00079	25.80	0.03029	0.59	0.00077

MODULO PIBA87



MODULO 780

100 Gals

NIVEL	Considerando influencia de Alféizar				Sin considerar influencia de Alféizar			
	SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir.Y-Y		SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir.Y-Y	
	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión
1	0.42	0.00113	0.09	0.00024	3.72	0.00995	0.09	0.00023
2	0.72	0.00092	0.14	0.00017	5.82	0.00649	0.14	0.00017

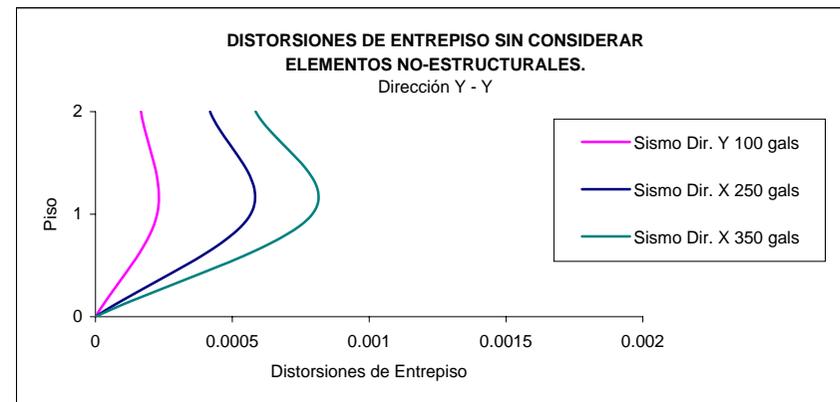
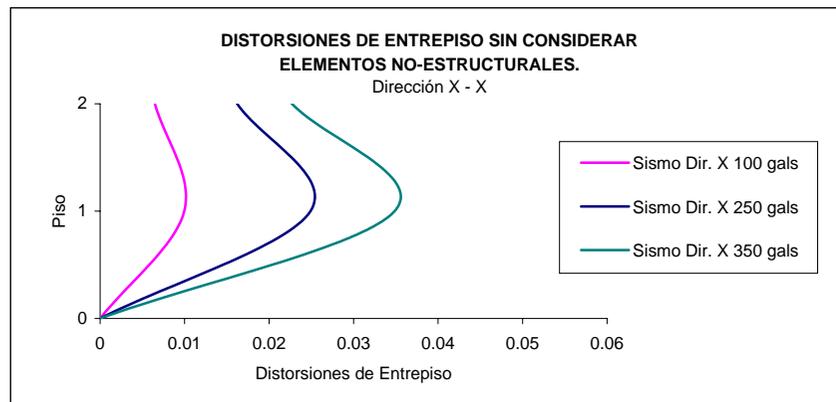
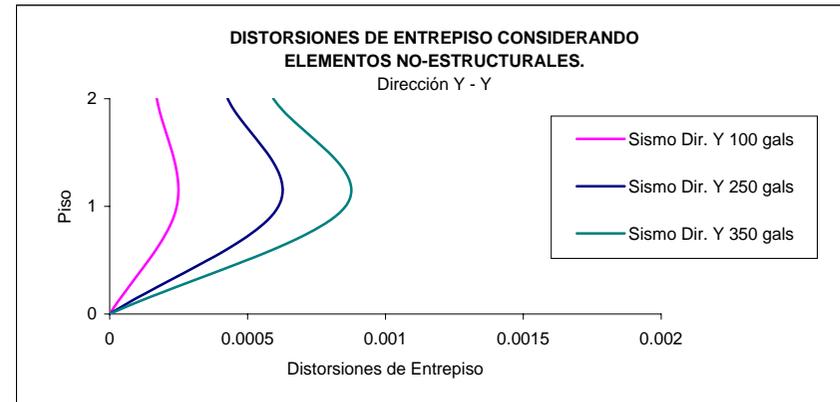
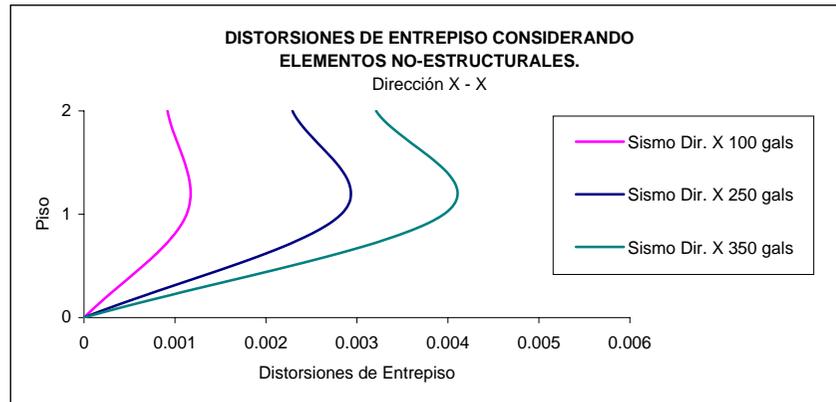
250 Gals

NIVEL	Considerando influencia de Alféizar				Sin considerar influencia de Alféizar			
	SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir.Y-Y		SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir.Y-Y	
	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión
1	1.02	0.002826	0.23	0.00061	9.24	0.02489	0.23	0.00057
2	1.74	0.00229	0.36	0.00043	14.52	0.01621	0.36	0.00042

350 Gals

NIVEL	Considerando influencia de Alféizar				Sin considerar influencia de Alféizar			
	SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir.Y-Y		SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir.Y-Y	
	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión
1	1.44	0.003954	0.32	0.00086	12.96	0.03485	0.32	0.00079
2	2.46	0.00321	0.50	0.00059	20.28	0.02269	0.50	0.00059

MODULO 780



MODULO BLOQUETA

100 Gals

NIVEL	Considerando influencia de Alféizar				Sin considerar influencia de Alféizar			
	SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir.Y-Y		SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir.Y-Y	
	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión
1	0.18	0.00055	0.18	0.00047	6.24	0.01682	0.14	0.00041
2	0.30	0.00049	0.27	0.00044	11.10	0.01538	0.27	0.00030

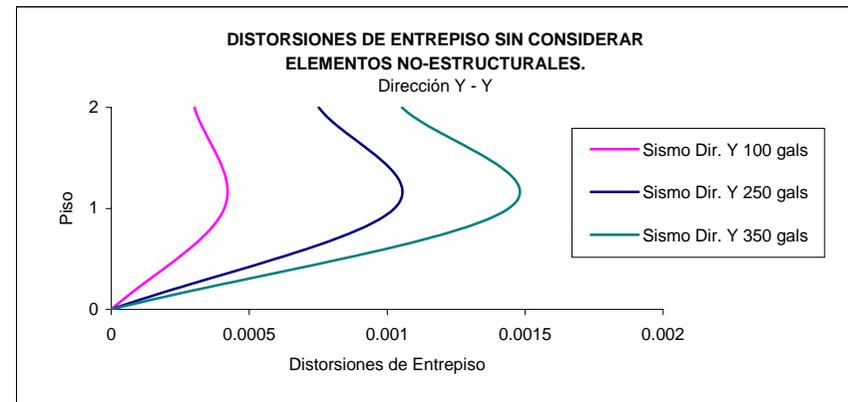
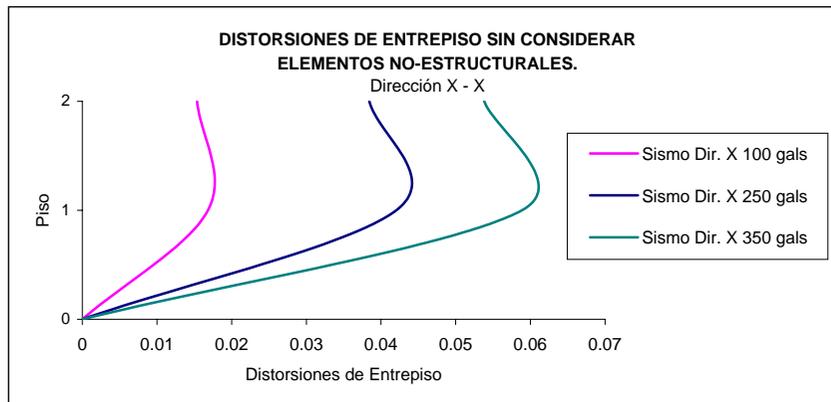
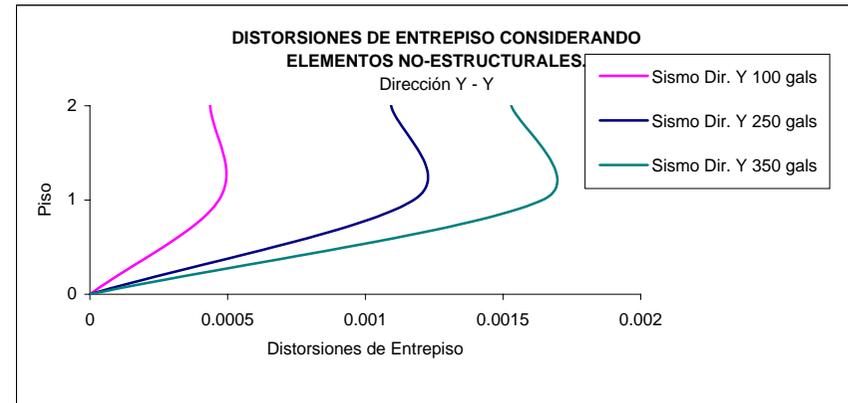
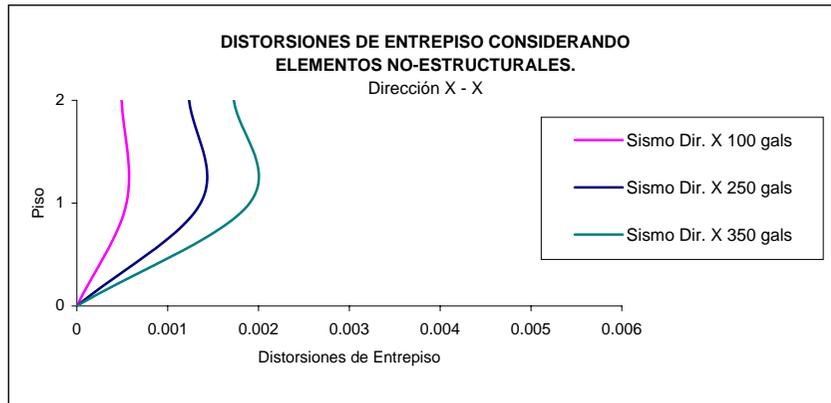
250 Gals

NIVEL	Considerando influencia de Alféizar				Sin considerar influencia de Alféizar			
	SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir.Y-Y		SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir.Y-Y	
	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión
1	0.48	0.001362	0.41	0.00117	15.6	0.04204	0.36	0.00103
2	0.78	0.00124	0.68	0.00109	27.78	0.03845	0.63	0.00075

350 Gals

NIVEL	Considerando influencia de Alféizar				Sin considerar influencia de Alféizar			
	SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir.Y-Y		SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir.Y-Y	
	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión
1	0.66	0.001902	0.59	0.00164	21.84	0.05886	0.54	0.00144
2	1.08	0.001728	0.95	0.00153	38.88	0.05383	0.86	0.00105

MODULO BLOQUETA



MODULO APENKAI

100 Gals

NIVEL	Considerando influencia de Alféizar				Sin considerar influencia de Alféizar			
	SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir.Y-Y		SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir.Y-Y	
	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión
1	0.23	0.00061	0.10	0.00026	1.04	0.00267	0.10	0.00026
2	0.45	0.00064	0.17	0.00024	1.94	0.00307	0.17	0.00026
3	0.50	0.00025	0.24	0.00021	2.61	0.00220	0.24	0.00021
3 (torre)	0.54	0.00047	0.20	0.00015	2.43	0.00205	0.20	0.00017

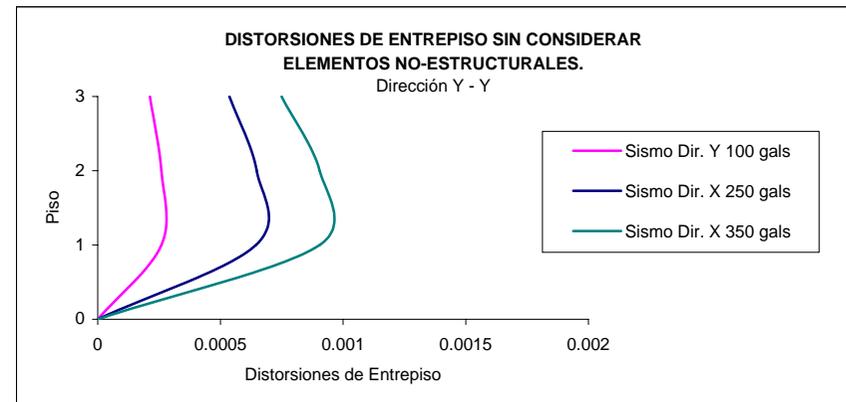
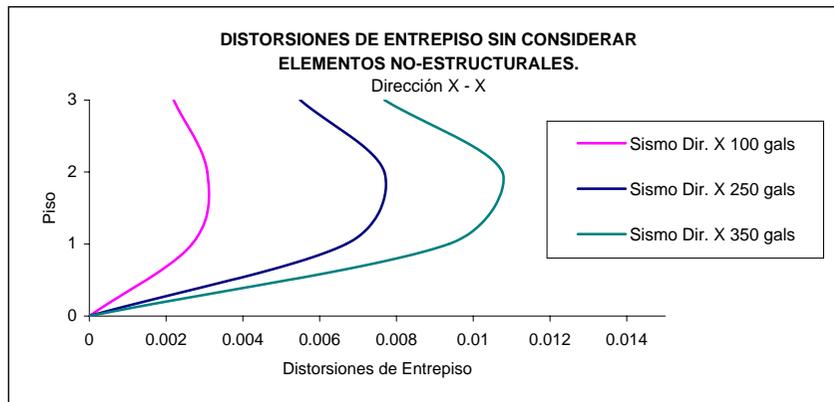
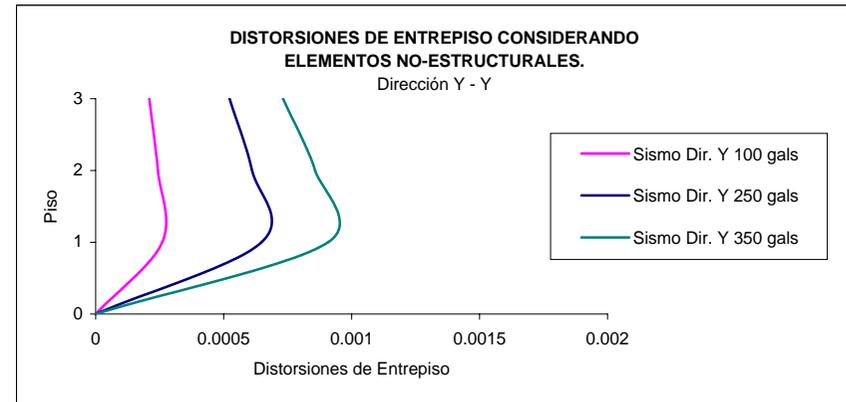
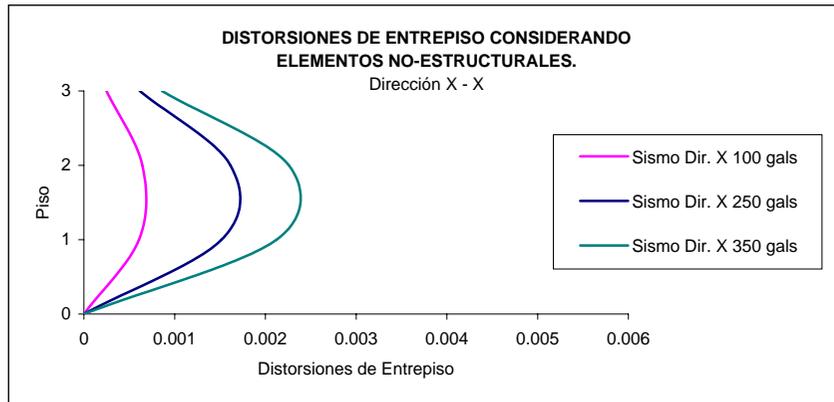
250 Gals

NIVEL	Considerando influencia de Alféizar				Sin considerar influencia de Alféizar			
	SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir.Y-Y		SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir.Y-Y	
	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión
1	0.59	0.00152	0.27	0.00065	2.57	0.00669	0.24	0.00064
2	1.08	0.00162	0.44	0.00061	4.77	0.00768	0.44	0.00065
3	1.26	0.00062	0.57	0.00052	6.48	0.00549	0.57	0.00054
3 (torre)	1.40	0.00117	0.54	0.00038	6.12	0.00513	0.54	0.00041

350 Gals

NIVEL	Considerando influencia de Alféizar				Sin considerar influencia de Alféizar			
	SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir.Y-Y		SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir.Y-Y	
	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión
1	0.86	0.00212	0.37	0.00091	3.56	0.00936	0.34	0.00090
2	1.49	0.00226	0.61	0.00086	6.71	0.01076	0.61	0.00090
3	1.76	0.00086	0.78	0.00073	9.05	0.00769	0.81	0.00075
3 (torre)	1.98	0.00163	0.78	0.00053	8.55	0.00718	0.74	0.00057

MODULO APENKAI



MODULO DE ALBAÑILERIA - 2 NIVELES

100 Gals

NIVEL	Considerando influencia de tabiques				Sin considerar influencia de tabiques			
	SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir.Y-Y		SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir.Y-Y	
	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión
1	0.135	0.00071	0.05	0.00013	0.36	0.00167	0.05	0.00014
2	0.23	0.00051	0.05	0.00009	0.68	0.00146	0.05	0.00010

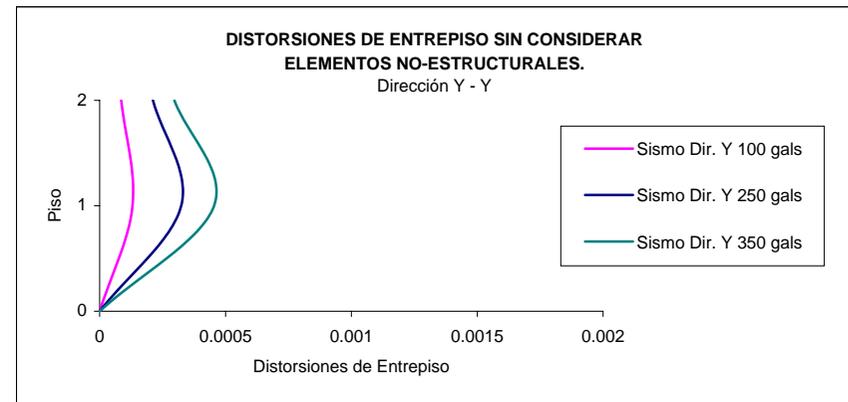
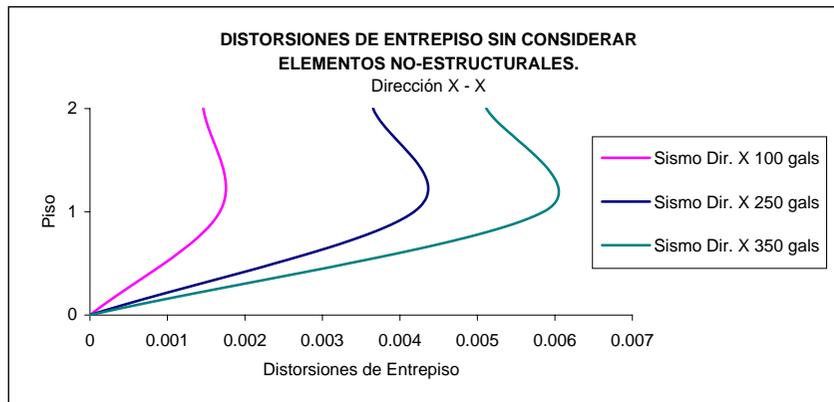
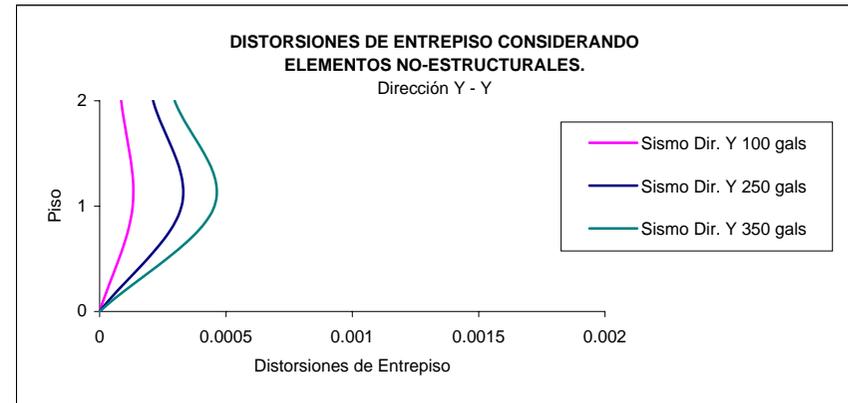
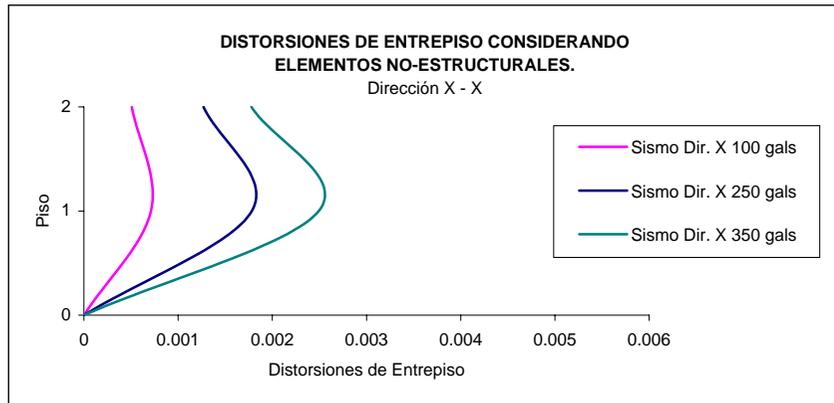
250 Gals

NIVEL	Considerando influencia de tabiques				Sin considerar influencia de tabiques			
	SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir.Y-Y		SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir.Y-Y	
	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión
1	0.36	0.00178	0.09	0.00032	0.95	0.00418	0.09	0.00035
2	0.585	0.00127	0.18	0.00021	1.67	0.00365	0.18	0.00024

350 Gals

NIVEL	Considerando influencia de tabiques				Sin considerar influencia de tabiques			
	SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir.Y-Y		SISMO: Dir. X-X		SISMO: Dir.Y-Y	
	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión	Desp. (cm)	Distorsión
1	0.50	0.00249	0.14	0.00045	1.31	0.00585	0.14	0.00049
2	0.81	0.00178	0.23	0.00030	2.34	0.00512	0.23	0.00034

MODULO DE ALBAÑILERÍA - 2 NIVELES



MODULO PIBA87

Elementos No-estructurales: muros de albañilería (alféizar)
Cortante Admisible: $1,2 + 0,18f_d$

espesor: 0,15 m

f_d : fuerza de compresión por cargas muertas

Nivel de demanda: 350 gals (sismo severo)

Piso	Cortante Actuante en alféizar			Cortante Admisible		Respuesta de alféizar
	Alféizar	Vm (kg/cm ²)	Vm (t/m ²)	Vm (kg/cm ²)	Vm (t/m ²)	
Piso1	P4	2.74	27.40	1.40	14.00	Agrietamiento
Piso1	P5	1.32	13.17	1.29	12.90	Agrietamiento
Piso1	P6	2.78	27.80	1.43	14.31	Agrietamiento
Piso1	P7	1.32	13.21	1.29	12.90	Agrietamiento
Piso1	P8	1.43	14.32	1.33	13.34	Agrietamiento
Piso1	P9	1.04	10.37	1.35	13.55	Ok
Piso1	P10	1.08	10.76	1.35	13.54	Ok
Piso1	P11	1.37	13.69	1.33	13.33	Agrietamiento
Piso2	P4	1.56	15.63	1.24	12.45	Agrietamiento
Piso2	P5	0.92	9.25	1.23	12.32	Ok
Piso2	P6	1.67	16.71	1.25	12.51	Agrietamiento
Piso2	P7	0.73	7.33	1.23	12.28	Ok
Piso2	P8	1.03	10.33	1.26	12.55	Ok
Piso2	P9	0.78	7.78	1.26	12.60	Ok
Piso2	P10	0.80	8.05	1.26	12.61	Ok
Piso2	P11	1.02	10.24	1.26	12.55	Ok

MODULO 780

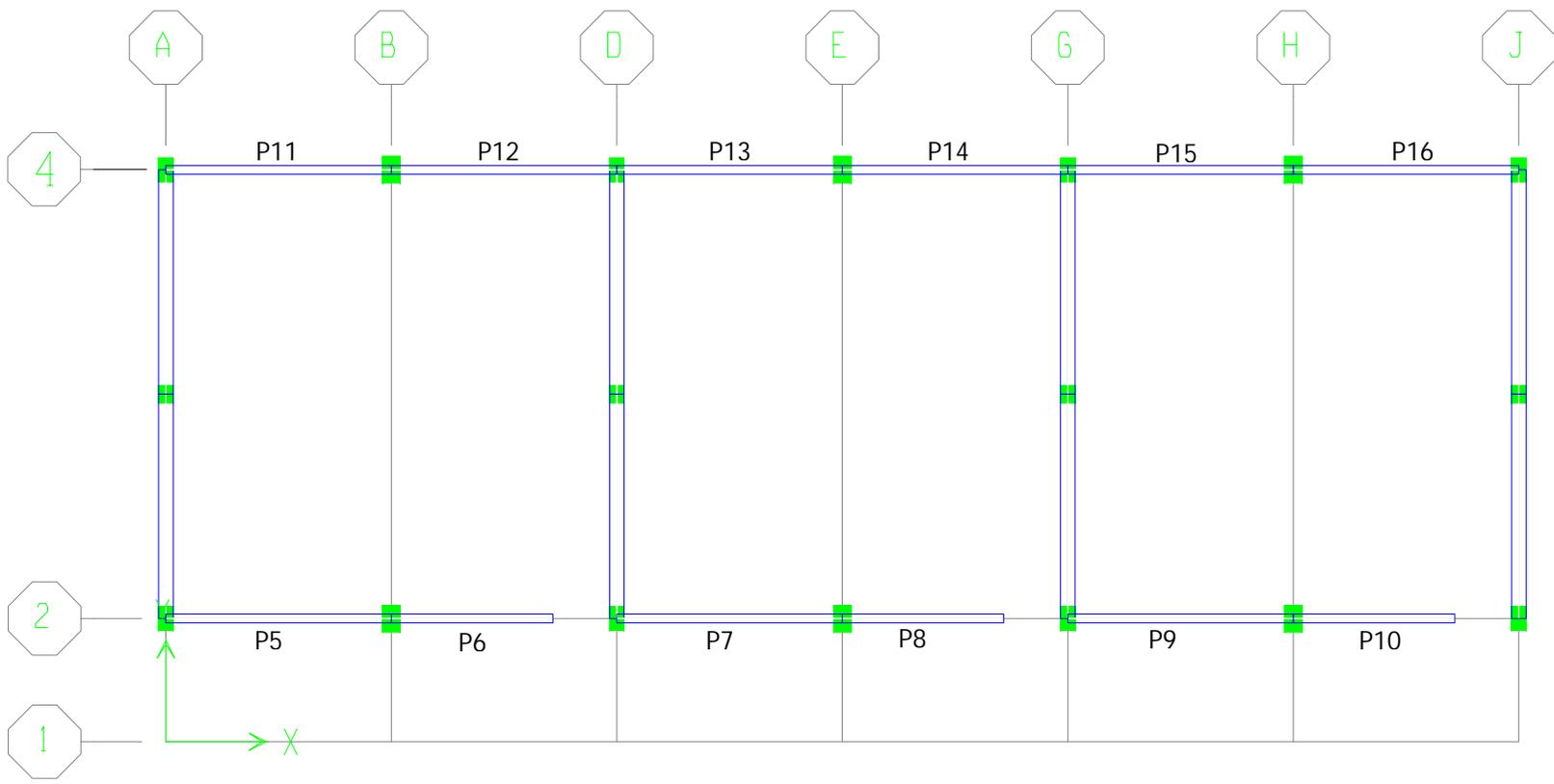
Elementos No-estructurales: muros de albañilería (alféizar)
Cortante Admisible: $1,8 + 0,18f_d$

espesor: 0,15 m

f_d : fuerza de compresión por cargas muertas

Nivel de demanda: 350 gals (sismo severo)

Piso	Cortante Actuante en alféizar			Cortante Admisible		Respuesta de alféizar
	Alféizar	Vm (kg/cm ²)	Vm (t/m ²)	Vm (kg/cm ²)	Vm (t/m ²)	
Piso1	P5	3.06	30.60	1.98	19.81	Agrietamiento
Piso1	P6	2.16	21.65	1.89	18.92	Agrietamiento
Piso1	P7	3.11	31.05	2.02	20.19	Agrietamiento
Piso1	P8	2.18	21.77	1.89	18.92	Agrietamiento
Piso1	P9	3.09	30.95	2.02	20.19	Agrietamiento
Piso1	P10	2.18	21.82	1.89	18.93	Agrietamiento
Piso1	P11	1.82	18.18	1.93	19.26	Ok
Piso1	P12	1.42	14.19	1.95	19.46	Ok
Piso1	P13	1.45	14.52	1.95	19.45	Ok
Piso1	P14	1.40	14.04	1.95	19.45	Ok
Piso1	P15	1.47	14.69	1.95	19.46	Ok
Piso1	P16	1.74	17.37	1.93	19.26	Ok
Piso2	P5	1.82	18.24	1.84	18.44	Agrietamiento
Piso2	P6	1.08	10.77	1.82	18.24	Ok
Piso2	P7	1.84	18.45	1.85	18.51	Agrietamiento
Piso2	P8	1.02	10.20	1.82	18.23	Ok
Piso2	P9	1.90	18.99	1.85	18.51	Agrietamiento
Piso2	P10	0.89	8.87	1.82	18.23	Ok
Piso2	P11	1.37	13.68	1.85	18.54	Ok
Piso2	P12	1.10	11.01	1.86	18.58	Ok
Piso2	P13	1.14	11.36	1.86	18.58	Ok
Piso2	P14	1.12	11.22	1.86	18.58	Ok
Piso2	P15	1.12	11.17	1.86	18.58	Ok
Piso2	P16	1.36	13.64	1.85	18.54	Ok



MODULO BLOQUETA

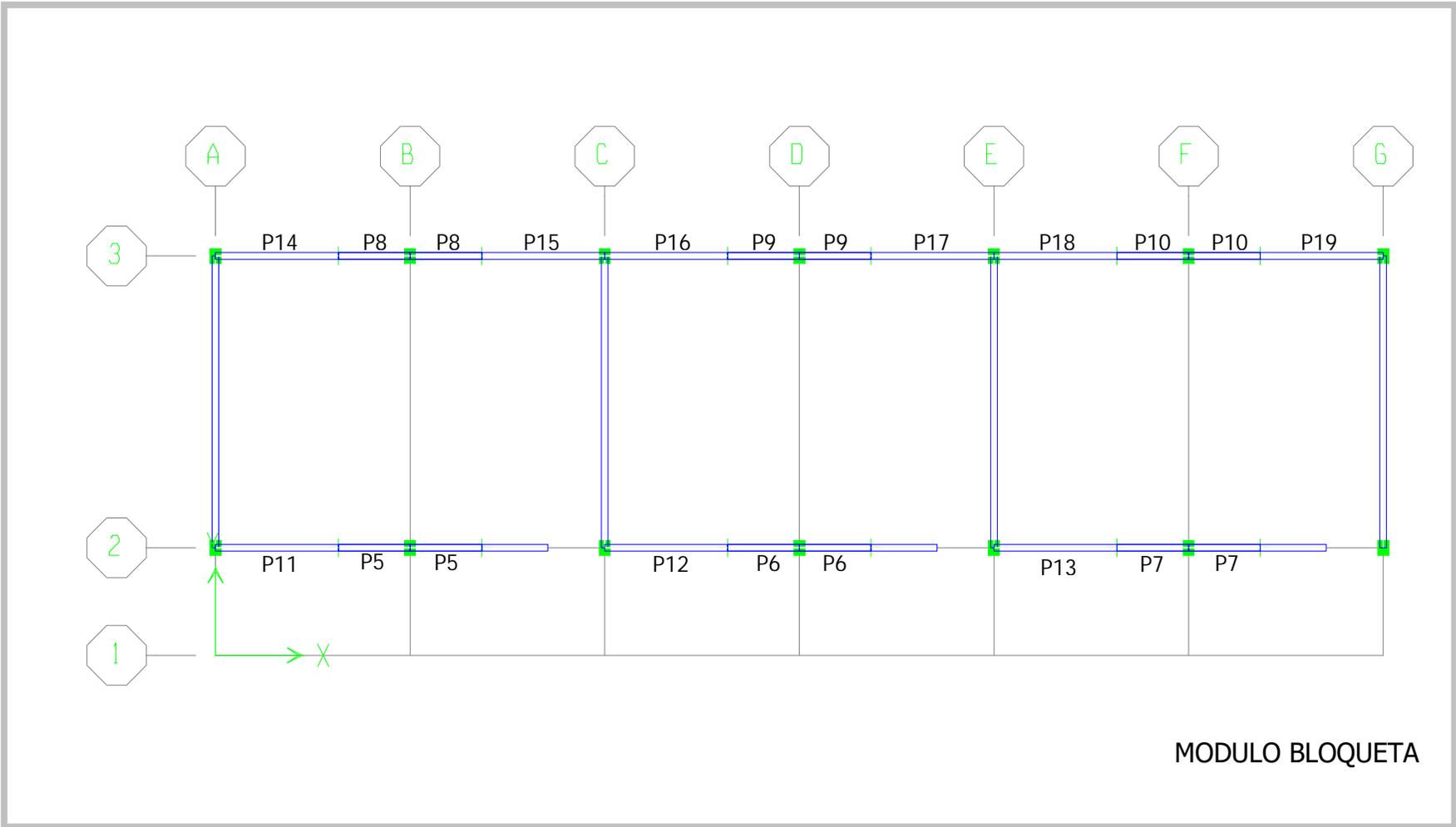
Elementos No-estructurales: muros de albañilería (alféizar)
Cortante Admisible: $1,2 + 0,18f_d$

espesor: 0,14 m

f_d : fuerza de compresión por cargas muertas

Nivel de demanda: 350 gals (sismo severo)

Piso	Cortante Actuante en alféizar			Cortante Admisible		Respuesta de alféizar
	Alféizar	Vm (kg/cm ²)	Vm (t/m ²)	Vm (kg/cm ²)	Vm (t/m ²)	
Piso1	P5	3.24	32.44	1.55	15.46	Agrietamiento
Piso1	P6	3.14	31.37	1.55	15.53	Agrietamiento
Piso1	P7	3.08	30.77	1.55	15.53	Agrietamiento
Piso1	P8	2.95	29.45	1.47	14.66	Agrietamiento
Piso1	P9	2.95	29.48	1.47	14.69	Agrietamiento
Piso1	P10	2.93	29.29	1.47	14.66	Agrietamiento
Piso1	P11	2.22	22.17	1.39	13.91	Agrietamiento
Piso1	P12	2.18	21.81	1.44	14.45	Agrietamiento
Piso1	P13	2.16	21.59	1.44	14.45	Agrietamiento
Piso1	P14	1.58	15.85	1.35	13.47	Agrietamiento
Piso1	P15	1.34	13.41	1.38	13.81	Ok
Piso1	P16	1.33	13.32	1.38	13.84	Ok
Piso1	P17	1.32	13.20	1.38	13.82	Ok
Piso1	P18	1.33	13.30	1.38	13.84	Ok
Piso1	P19	1.54	15.42	1.34	13.45	Agrietamiento
Piso2	P5	1.82	18.17	1.30	13.02	Agrietamiento
Piso2	P6	1.63	16.32	1.31	13.07	Agrietamiento
Piso2	P7	1.44	14.43	1.30	12.99	Agrietamiento
Piso2	P8	1.34	13.37	1.30	13.02	Agrietamiento
Piso2	P9	1.31	13.14	1.31	13.05	Agrietamiento
Piso2	P10	1.41	14.10	1.30	13.02	Agrietamiento
Piso2	P11	1.51	15.14	1.25	12.52	Agrietamiento
Piso2	P12	1.38	13.83	1.27	12.70	Agrietamiento
Piso2	P13	1.35	13.50	1.27	12.69	Agrietamiento
Piso2	P14	1.22	12.25	1.25	12.52	Ok
Piso2	P15	1.15	11.53	1.27	12.67	Ok
Piso2	P16	1.08	10.85	1.27	12.65	Ok
Piso2	P17	1.13	11.28	1.27	12.69	Ok
Piso2	P18	1.11	11.10	1.26	12.64	Ok
Piso2	P19	1.26	12.63	1.26	12.56	Agrietamiento



MODULO APENKAI

Elementos No-estructurales: muros de albañilería (alféizar)
 Cortante Admisible: $1,8 + 0,18f_d$

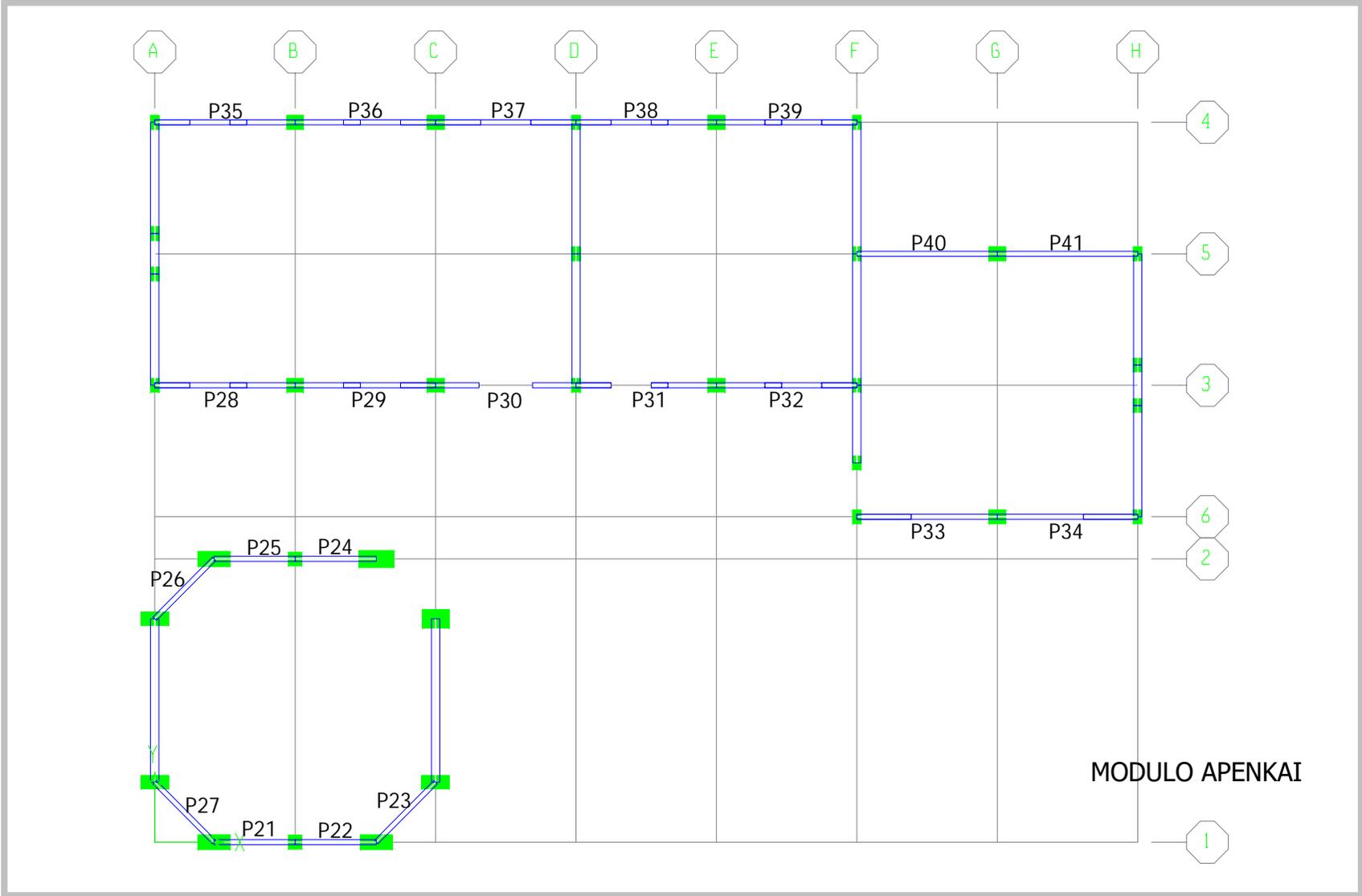
espesor: 0,15 m

f_d : fuerza de compresión por cargas muertas

Nivel de demanda: 350 gals (sismo severo)

Piso	Cortante Actuante en alféizar			Cortante Admisible		Respuesta de alféizar
	Alféizar	Vm (kg/cm ²)	Vm (t/m ²)	Vm (kg/cm ²)	Vm (t/m ²)	
Piso1	P21	3.11	31.13	1.94	19.44	Agrietamiento
Piso1	P22	3.10	31.04	1.94	19.44	Agrietamiento
Piso1	P23	2.25	22.51	1.91	19.09	Agrietamiento
Piso1	P24	3.14	31.38	1.98	19.76	Agrietamiento
Piso1	P25	3.15	31.55	1.97	19.70	Agrietamiento
Piso1	P26	2.29	22.94	1.91	19.14	Agrietamiento
Piso1	P27	2.32	23.20	1.91	19.09	Agrietamiento
Piso1	P28	2.04	20.44	2.05	20.46	Ok
Piso1	P29	1.22	12.23	1.89	18.90	Ok
Piso1	P30	1.49	14.89	1.90	19.02	Ok
Piso1	P31	1.42	14.23	1.89	18.93	Ok
Piso1	P32	3.67	36.67	2.02	20.18	Agrietamiento
Piso1	P33	3.10	31.05	1.92	19.16	Agrietamiento
Piso1	P34	3.12	31.20	1.92	19.21	Agrietamiento
Piso1	P35	3.23	32.30	1.92	19.17	Agrietamiento
Piso1	P36	3.56	35.55	1.95	19.48	Agrietamiento
Piso1	P37	3.79	37.87	2.02	20.17	Agrietamiento
Piso1	P38	2.68	26.84	2.06	20.61	Agrietamiento
Piso1	P39	2.02	20.23	2.03	20.29	Ok
Piso1	P40	2.17	21.72	2.06	20.64	Agrietamiento
Piso1	P41	1.93	19.35	2.01	20.06	Ok
Piso2	P21	3.44	34.35	1.89	18.92	Agrietamiento
Piso2	P22	3.42	34.15	1.89	18.92	Agrietamiento
Piso2	P23	2.62	26.23	1.87	18.70	Agrietamiento
Piso2	P24	3.23	32.29	1.90	19.05	Agrietamiento
Piso2	P25	3.33	33.35	1.90	19.04	Agrietamiento
Piso2	P26	2.48	24.81	1.87	18.75	Agrietamiento
Piso2	P27	2.88	28.81	1.87	18.69	Agrietamiento
Piso2	P28	2.02	20.20	1.96	19.64	Agrietamiento
Piso2	P29	1.43	14.30	1.85	18.47	Ok
Piso2	P30	1.67	16.70	1.85	18.51	Ok
Piso2	P31	1.42	14.20	1.85	18.54	Ok
Piso2	P32	3.34	33.42	1.93	19.25	Agrietamiento
Piso2	P33	2.78	27.77	1.86	18.64	Agrietamiento
Piso2	P34	2.84	28.44	1.87	18.66	Agrietamiento
Piso2	P35	2.77	27.75	1.86	18.64	Agrietamiento
Piso2	P36	3.32	33.18	1.88	18.78	Agrietamiento

Cortante Actuante en alféizar				Cortante Admisible		Respuesta de alféizar
Piso	Alféizar	Vm (kg/cm ²)	Vm (t/m ²)	Vm (kg/cm ²)	Vm (t/m ²)	
Piso2	P37	3.22	32.19	1.91	19.13	Agrietamiento
Piso2	P38	2.65	26.50	1.97	19.71	Agrietamiento
Piso2	P39	1.88	18.81	1.95	19.51	Ok
Piso2	P40	2.31	23.15	1.97	19.69	Agrietamiento
Piso2	P41	1.88	18.83	1.93	19.35	Ok
Piso3	P21	2.22	22.15	1.83	18.33	Agrietamiento
Piso3	P22	2.19	21.90	1.83	18.32	Agrietamiento
Piso3	P23	1.48	14.84	1.81	18.15	Ok
Piso3	P24	2.19	21.88	1.83	18.28	Agrietamiento
Piso3	P25	2.32	23.17	1.83	18.30	Agrietamiento
Piso3	P26	1.63	16.30	1.82	18.16	Ok
Piso3	P27	1.72	17.23	1.81	18.13	Ok
Piso3	P28	1.22	12.19	1.81	18.15	Ok
Piso3	P29	1.42	14.19	1.83	18.29	Ok
Piso3	P30	0.93	9.30	1.82	18.18	Ok
Piso3	P31	0.83	8.32	1.82	18.17	Ok
Piso3	P32	0.91	9.14	1.83	18.26	Ok
Piso3	P33	0.82	8.25	1.82	18.16	Ok
Piso3	P34	0.89	8.95	1.82	18.18	Ok
Piso3	P35	0.93	9.30	1.82	18.19	Ok
Piso3	P36	1.32	13.17	1.83	18.30	Ok
Piso3	P37	1.22	12.18	1.84	18.40	Ok
Piso3	P38	1.51	15.10	1.82	18.20	Ok
Piso3	P39	1.19	11.89	1.81	18.15	Ok
Piso3	P40	0.98	9.80	1.87	18.66	Ok
Piso3	P41	0.69	6.92	1.85	18.49	Ok



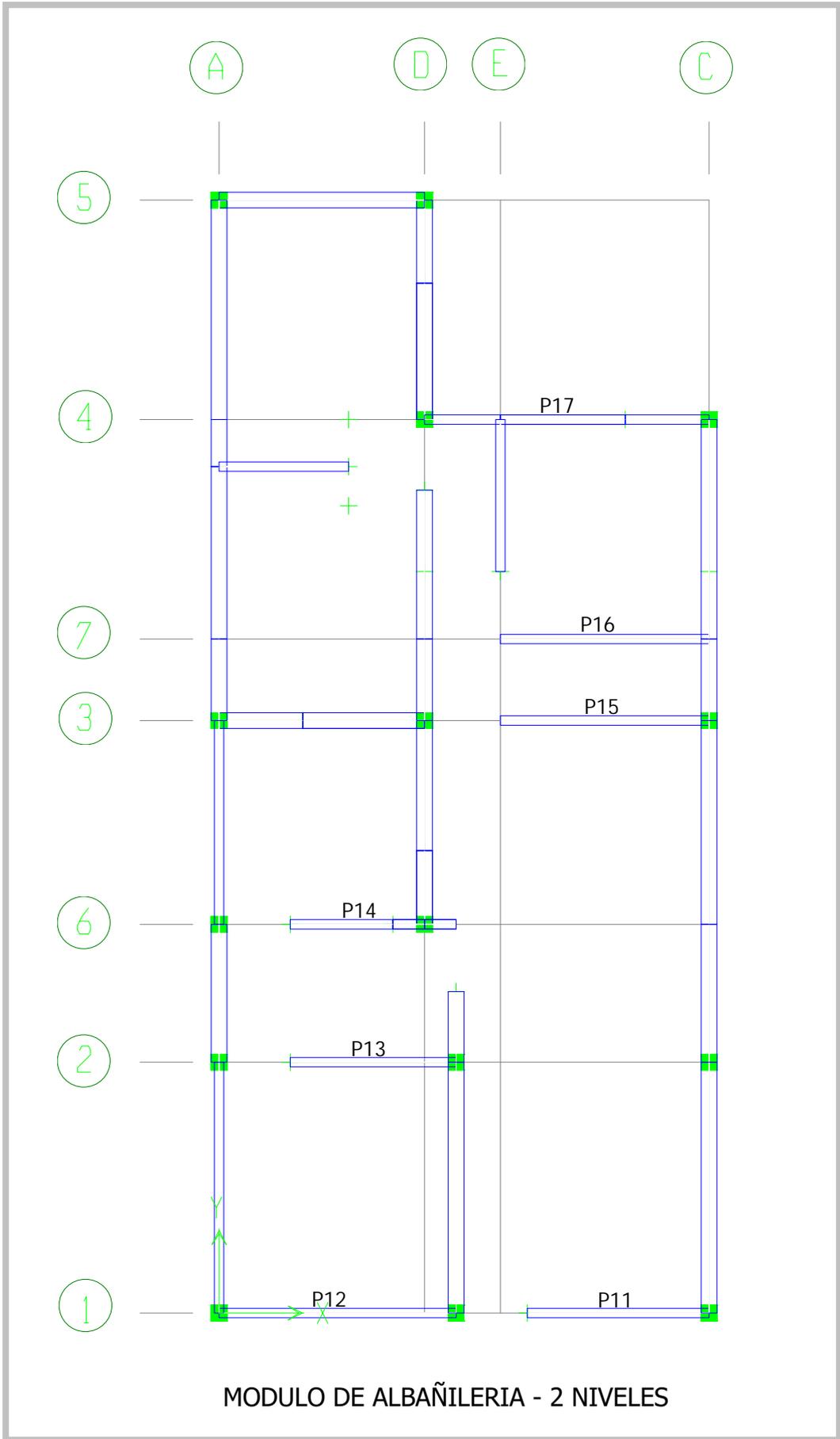
MODULO DE ALBAÑILERÍA - 2 NIVELES

Elementos No-estructurales: muros de albañilería (tabiques) espesor: 0,15 m
Cortante Admisible: $1,2 + 0,18f_d$

f_d : fuerza de compresión por cargas muertas

Nivel de demanda: 350 gals (sismo severo)

Cortante Actuante en tabiques				Cortante Admisible		Respuesta de alféizar
Piso	Tabique	Vm (kg/cm ²)	Vm (t/m ²)	Vm (kg/cm ²)	Vm (t/m ²)	
Piso1	P11	0.79	7.91	1.23	12.29	Ok
Piso1	P13	3.19	31.88	1.37	13.69	Agrietamiento
Piso1	P14	1.16	11.57	1.24	12.38	Ok
Piso1	P15	2.47	24.71	1.35	13.51	Agrietamiento
Piso1	P16	2.09	20.87	1.38	13.82	Agrietamiento
Piso1	P17	1.28	12.82	1.33	13.34	Ok
Piso2	P11	0.57	5.66	1.21	12.06	Ok
Piso2	P12	0.48	4.81	1.24	12.44	Ok
Piso2	P13	1.56	15.65	1.25	12.45	Agrietamiento
Piso2	P14	0.51	5.06	1.20	12.03	Ok
Piso2	P15	1.59	15.89	1.24	12.38	Agrietamiento
Piso2	P16	1.19	11.86	1.25	12.53	Ok
Piso2	P17	0.91	9.06	1.22	12.22	Ok



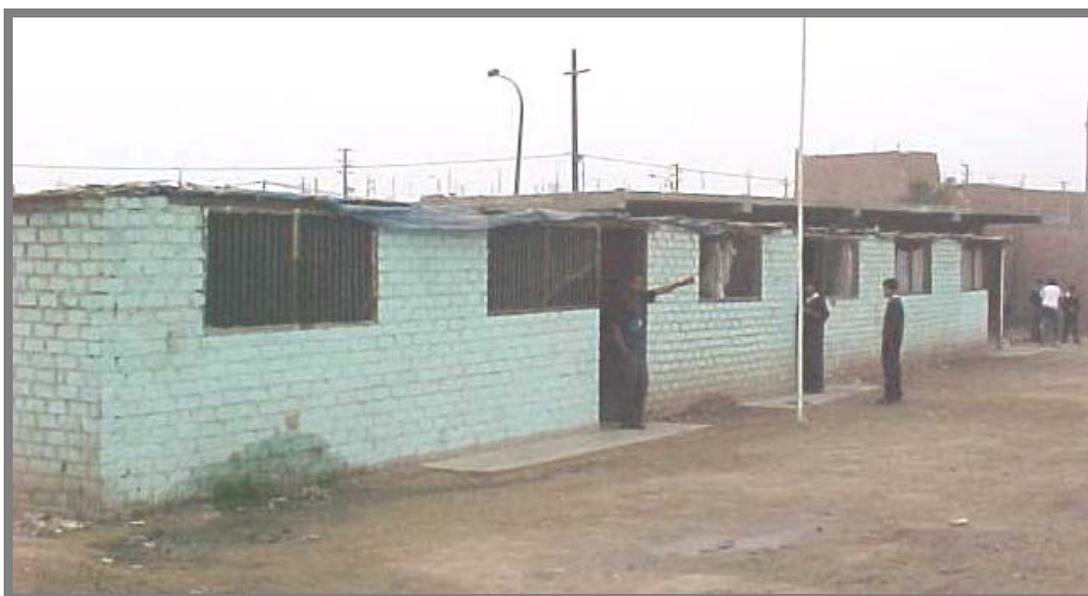
MODULO DE ALBAÑILERIA - 2 NIVELES

Anexo C

REGISTRO FOTOGRÁFICO



C.E. 3082: El módulo está en construcción; sin embargo se observa que no se dejaron las juntas necesarias para evitar el problema de columna corta. Esto evidencia la ausencia de personal técnico calificado.



C.E. 3082: Aulas provisionales (albañilería sin confinamiento ni refuerzo).



C.E.I. 015: Aulas provisionales, sin cimientos ni columnas de amarre, techo de madera. Ambientes sumamente inseguros, inapropiados para albergar niños.



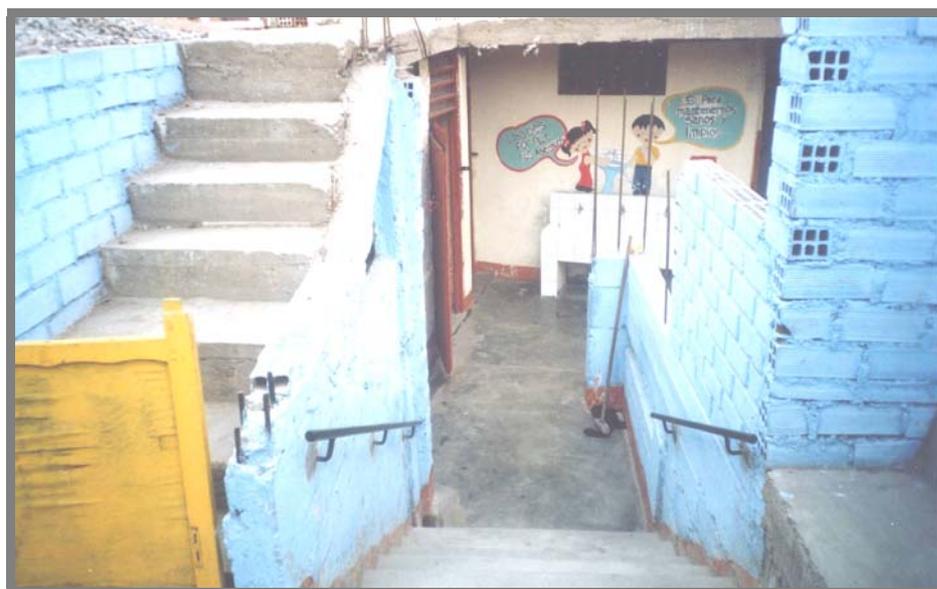
C.E.I. 338: Se observó deterioro en la base de algunas columnas.



C.E.I. Condevilla II: Se observa construcciones deficientes. Además, existe una mala distribución de los ambientes.



C.E. 3035: Se observa fisuras en el techo.



C.E.I. 002: Acceso inadecuado para un centro de educación inicial (escalera sumamente estrecha). Además no existen salidas de emergencia en caso de un sismo.



C.E.I. 313: Aun cuando se trata de una construcción nueva, las juntas son insuficientes y se repetiría el problema de columna corta.



C.E. 3033: Construcción antigua (1963) con columnas seriamente deterioradas.



C.E. 3033: Construcción antigua muestra el encuentro de viga – columna en mal estado.



G.U.E. JOSE GRANDA: Fisuras en muros de bloqueta.



C.E. 3036: Estructura construida siguiendo la Norma E-030 – 97.