

REVISTA DE LA SECCIÓN
INGENIERÍA CIVIL - PUCP

Edificios peruanos con muros de concreto de ductilidad limitada

DI-SIC-2010- 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07
LIMA, JUNIO 2010

Alfonso de la Piedra, Juan Pablo Herrera, Enrique Pasquel, Ángel San Bartolomé,
Richard Klingner, Adolfo Gálvez, Alejandro Muñoz.



Arquitectura y construcción
Tecnología del concreto
Investigaciones experimentales
Normas internacionales de diseño
Comportamiento sísmico esperado

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS ANTISISMICAS

El Laboratorio de Estructuras Antisísmicas del Departamento de Ingeniería, con más de 30 años de experiencia, cuenta con equipos e instalaciones que permiten la ejecución de ensayos estáticos y dinámicos en especímenes a escala natural o reducida. Se dispone de equipos para construcción y traslado de especímenes, montaje de dispositivos, aplicación de carga, medición, adquisición y procesamiento de datos.

En el laboratorio se desarrollan tres tipos de actividades:

- Apoyo a los cursos de Pregrado y Postgrado.
- Investigación en materiales locales para mejorar su comportamiento sísmico.
- Servicio técnico para la industria de la construcción, ejecutando ensayos e investigaciones experimentales para evaluar las características del comportamiento de materiales, estructuras y/o de sus componentes.



Los ensayos que habitualmente se realizan son:

- Ensayos mecánicos: compresión, tracción, flexión, compresión diagonal, corte e impacto en distintos materiales y elementos estructurales.
- Carga horizontal monotónica y cíclica en sistemas y componentes estructurales.
- Simulación sísmica en modelos a escala natural y reducida.
- Verificación de equipo de aplicación de carga. Se cuenta con celdas de carga patrón calibradas en el National Standard Testing Laboratory, USA.
- Dosificaciones de mezclas de concreto con y sin aditivo.
- Compresión en probetas estándar de concreto.
- Determinación de la calidad del concreto fresco in-situ.
- Determinación de la calidad y uniformidad del concreto endurecido in-situ mediante probetas diamantinas y esclerometría.
- Evaluación de la capacidad de estructuras mediante pruebas de carga.
- Consultoría en temas de estructuras y de patología estructural en general.

Desde Octubre del 2003 a la fecha, el laboratorio cuenta con Acreditación ISO/IEC 17025 otorgada por el INDECOPI en los siguientes métodos de ensayo:

- Compresión en probetas estándar de concreto (NTP 339.034)
- Extracción y ensayo de testigos diamantinos (NTP 339.059)
- Flexión en vigas estándar de concreto (ASTM C78)
- Resistencia al tránsito en tapas de concreto (NTP 339.111)
- Tracción en varillas corrugadas de acero de refuerzo (ASTM A370)
- Compresión en ladrillos de arcilla (NTP 399.613)

Jefe de Laboratorio: Ing. Ing. Gladys Villa García Medina

Informes

Teléfono: 626-2000 anexo 4640

Fax: 629-2089

e-mail: ledi@pucp.edu.pe

PRESENTACIÓN

Los Edificios de Ductilidad Limitada Peruanos

El sistema estructural de muros de concreto armado, es probablemente el más empleado en los últimos años para la construcción de edificios de vivienda en el Perú. En los edificios de baja altura, hasta 7 pisos, los muros se construyen con características peculiares y se denominan Edificios de Muros de Ductilidad Limitada, EMDL. Debido a su menor tiempo de construcción y a su menor costo, los EMDL se han convertido en una real alternativa de solución al problema de vivienda en el país.

Los edificios de muros de concreto armado permiten reducir el tiempo de construcción gracias al empleo de concreto premezclado, encofrados metálicos y mallas para el acero de refuerzo. La velocidad de construcción, generalmente de 1 departamento por día, junto a la optimización en el uso de recursos y mano de obra, constituyen una clara contribución a la industrialización de la construcción en el país.

Desde la perspectiva de los códigos internacionales, los EMDL son en cierta forma singulares debido al menor ancho de sus muros, a las características de las mallas y hasta la disposición misma del refuerzo. Sin embargo, en opinión de muchos expertos, estos edificios tendrían un desempeño sismorresistente comparable al de los edificios de muros y pórticos que siguen las recomendaciones internacionales.

Esta publicación muestra los aspectos arquitectónicos de los EMDL, presenta temas técnicos relacionados con el proceso constructivo y la tecnología del concreto, además muestra los resultados de investigaciones experimentales y analíticas relacionadas al desempeño sísmico esperado.

Alejandro Muñoz
Coordinador
Sección Ingeniería Civil

CONTENIDO

Presentación	1
Contenido	3
1. Arquitectura	5
2. Construcción	15
3. Tecnología del Concreto	31
4. Investigaciones Experimentales	41
5. Investigaciones teóricas	57
6. Desde la Perspectiva de las Normas Internacionales: USA	79
7. Desempeño Sismorresistente	91

7 DESEMPEÑO ESPERADO

- **DESEMPEÑO SISMORRESISTENTE DE EDIFICIOS DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA**

DI-SIC-2010-07

**Alejandro Muñoz
Raúl Delgado
Catalina Peña**

DESEMPEÑO SISMORRESISTENTE DE EDIFICIOS DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA

Por: Alejandro Muñoz¹, Raúl Delgado², Catalina Peña³

I. INTRODUCCIÓN

Gran parte de los edificios de vivienda entre 5 y 10 pisos que se construyen hoy en Lima, tienen como sistema estructural losas y muros portantes delgados de concreto armado (10 y 12cm). Debido a las dimensiones y peculiaridades en el armado de muros, estos edificios se denominan Edificios de Muros de Ductilidad Limitada (EMDL).

La rapidez con que se construyen y su bajo costo están convirtiendo a los EMDL en una buena alternativa para la construcción de viviendas económicas en el Perú.

Los EMDL tienen características especiales que hacen que su diseño y construcción no esté totalmente contemplado en códigos internacionales de diseño, razón por la cual existen discrepancias respecto a su desempeño sismorresistente.

El objetivo de este trabajo fue identificar las principales características del sistema estructural de los EMDL y hacer una primera aproximación a su comportamiento sismorresistente esperado mediante herramientas para cuantificar pérdidas.

2. LOS EDIFICIOS DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA EN EL PERU

En la década del 80 se construyeron algunos edificios con muros portantes de concreto armado que resultaron económicos debido al bajo precio coyuntural del acero. En los 90, se dejaron de construir estos edificios debido al incremento en el costo del acero y la importancia de la mano de obra en la estructura de costos. Se retomó la construcción de estos edificios en 1999 y para el 2003 ya se habían construido muchos EMDL aún sin contar con normas específicas para su diseño y construcción. Recién en diciembre del 2004 el Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO) incorpora dispositivos específicos para los EMDL en las Normas de Diseño Sismorresistente y de Concreto Armado.

Los EMDL peruanos corresponden a edificios multifamiliares de 5 a 10 pisos con departamentos de mediano y bajo costo, de arquitectura modesta con ambientes y luces reducidos. Cada nivel suele tener de dos a cuatro departamentos medianos modulares con alrededor de 80m² cada uno. **(Figura 1)**.

Los EMDL tienen una alta densidad de muros en cada dirección. El cociente entre el área de muros de una dirección y el área en planta oscila para la mayoría de edificios entre 2.5 y 3.5% y el cociente referido al área total techada esta entre 0.45 y 0.55%.

Comúnmente se emplea concreto premezclado con un revenimiento (Slump) mayor a 6" que requieren aditivos súper plastificantes tipo F o G. La resistencia nominal $f'c$ es de 175 kg/cm², valor que en obra suele incrementarse hasta en 30%. Para el refuerzo, por lo general se emplean mallas electrosoldadas de escasa o nula ductilidad con un esfuerzo de fluencia equivalente de 5,000 kg/cm². **(Figura 2)**

Los EMDL se apoyan sobre plateas superficiales de 20cm a 25cm de espesor, construidas sobre rellenos controlados de ingeniería. La platea cuenta con dientes de cimentación para confinar el relleno, con dimensiones que varían desde 25cm x 65cm hasta 35cm x 150cm. **(Foto 2)**. La platea sirve además como contrapiso en el primer nivel.

1 **Alejandro Muñoz MSc.** Profesor Principal de la Pontificia universidad Católica del Perú.

2 **Raúl Delgado BSc.** Graduado en Ingeniería Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú.

3 **Catalina Peña BSc.** Graduada en Ingeniería Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Para el refuerzo de las plateas de cimentación se emplean dos mallas (superior e inferior) y bastones de acero corrugado ubicados en la capa inferior, bajo los muros. La malla superior tiene una cuantía entre 3.30cm²/ml y 6.40cm²/ml y la inferior cuenta con una cuantía entre 1.68 cm²/ml y 6.40 cm²/ml. Los bastones son de 8mm de diámetro con longitudes alrededor de 1.30m y una cuantía entre 2 cm²/ml a 2.5cm²/ml.

Los muros tienen espesores de 10cm a 12cm y están armados generalmente con una malla electrosoldada centrada como refuerzo distribuido. **(Foto 3)**

Como refuerzo concentrado en los extremos se emplean varillas de acero corrugado que no se confinan por estribos. El refuerzo vertical concentrado se "amarra" al refuerzo distribuido con ganchos que se traslapan al refuerzo longitudinal y terminan en un doblado de 5cm a 9cm.

Los traslapes verticales se hacen en la base del muro, justo sobre las losas, con longitudes uniformes de 40cm para el refuerzo distribuido y 50cm para el refuerzo concentrado.

Los muros generalmente se llenan sobre la superficie de la losa sin el debido cuidado para garantizar una correcta unión muro-losa. La superficie de encuentro no se deja adecuadamente rugosa y en algunos casos incluso se alisa en la zona de muros.

Casi la totalidad de las tuberías eléctricas van embebidas en los muros, al igual que las tuberías sanitarias de diámetros menores a 2". Las tuberías de diámetros mayores, pasan por ductos y en algunos casos por ensanches de hasta 20cm.

Los sistemas de techado son generalmente losas macizas de 10cm y 12cm o aligerados que actúan como diafragmas rígidos. **(Foto 4)**

El refuerzo de las losas macizas consta de una malla centrada para las losas de 10cm y de dos mallas (superior e inferior) para losas de mayores espesores (12cm o más). Se emplean bastones positivos y negativos de acero corrugado. En las losas de 10cm, la cuantía de las mallas es de aproximadamente 2.00cm²/ml. En las losas de mayores espesores, la malla superior tiene una cuantía entre 0.94cm²/ml y 2.51cm²/ml y la inferior una cuantía entre 1.62cm²/ml y 2.85 cm²/ml.

Por las losas se pasan las tuberías eléctricas y de agua, para las tuberías de desagüe se emplean losas de mayores espesores, 17cm a 25cm.

Para la construcción de muros y losas se usan encofrados metálicos ligeros modulares que en algunos casos permiten el llenado de muros y losas en un solo vaciado. **(Foto 5)**

Al parecer, el uso de encofrados metálicos no disminuye como debiera la cantidad de imperfecciones en muros y losas (en promedio se hacen resanes en casi el 50% de los muros). Esto se debe principalmente al mal vaciado de los elementos, a un mal mantenimiento de los encofrados y a veces a un diseño de mezcla que no cuenta con la fluidez necesaria.

En el concreto de muros y losas se pueden encontrar cangrejas, grietas y segregación. También se observa el mal doblado y el "grifado" del acero y problemas de recubrimiento para las tuberías.

El uso de encofrados metálicos, mallas electrosoldadas y concreto premezclado, facilitan y mejoran la organización del proceso de construcción y permiten un avance hacia la industrialización del proceso constructivo de edificios. Se alcanzan con frecuencia velocidades de construcción de hasta dos departamentos por día.

3. ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS POR SISMO

En este trabajo, la intensidad sísmica se expresó mediante la intensidad de Mercalli Modificada (MM) y también por la aceleración pico del suelo (APS). La correlación entre estos indicadores se muestra en la **Tabla I**.

Para cuantificar el daño por terremotos se usó el cociente entre el valor de la pérdida y el valor de reemplazo completo, cociente al que se denomina Factor de Daño (FD).

$$\text{Factor de Daño (FD)} = \frac{\text{Valor de Pérdida (VP)}}{\text{Valor de reemplazo completo (VR)}}$$

Se establecieron rangos de valores para el FD y quedaron definidos siete estados de daño (ED). (Tabla 2)

La relación Intensidad – Daño se manejó por distribuciones de probabilidades en base a las cuales se obtuvieron las herramientas para cuantificar perdidas en forma de curvas de fragilidad y matrices de daño.

Como no existe información acerca del comportamiento sísmico de los EMDL en sismos pasados, se recurrió a la opinión de expertos con el fin de obtener los parámetros básicos para construir las funciones de distribución.

4. EL MÉTODO DELPHI

Para la recolección y síntesis de la opinión de los expertos, se empleó el método Delphi. Se describieron las características estructurales de los EMDL de 5 y 7 pisos y se diseñó una encuesta con el fin de obtener una estimación del daño en diferentes valores de severidad. Para cada rango de intensidad sísmica, la encuesta preguntó por el estado de daño (ED) que alcanzaría el sistema estructural y por los valores del daño medio probable (VMP), mínimo (Vmin) y máximo (Vmáx). (Figura 3).

La comunicación con el grupo de expertos se hizo por medio de una página de Internet y con envíos de información (impresa y digital).

La página creada se denomina “Desempeño Sismorresistente de Edificaciones peruanas” (<http://www.pucp.edu.pe/secc/civil/dsrep/>) y aloja el presente proyecto junto a otro destinado a infraestructura educativa. El portal contiene información sobre el Método Delphi, las características principales de los EMDL, una amplia galería de imágenes y los resultados de este trabajo. (Figura 4).

5. FUNCIONES DE DENSIDAD, CURVAS DE FRAGILIDAD Y MATRICES DE DAÑO

Para la distribución de daños, se usó la función Beta por su sencillez y adaptabilidad a la información obtenida del grupo de expertos. Se asumió que la estimación del daño medio probable (VMP) corresponde al valor medio de la distribución Beta y que el 90% de probabilidad de ocurrencia del daño está entre los valores extremos Vmáx y Vmin (Figura 5).

Usando los valores promedios del grupo de expertos se generaron para cada intensidad las funciones de distribución de probabilidad del daño (p) para ambos edificios (5 y 7 pisos).

Las curvas de fragilidad se determinaron calculando las probabilidades de excedencia (P.E.) correspondientes al valor extremo de cada rango de daño en cada intensidad sísmica. Para las matrices de daño fue necesario determinar las probabilidades de ocurrencia (q) de cada uno de los estados de daño en cada intensidad.

$$P.E. = 1 - P = 1 - \int_0^{d1} p dFD \quad q = \int_{d\min}^{d\max} p dFD$$

Como resultado de este trabajo se obtuvieron las curvas de fragilidad (Figura 6 y Figura 7) y las matrices de probabilidad de daño (Tabla 3) correspondientes los EMDL de 5 y 7 pisos.

Usando las curvas de fragilidad o las matrices de daño, las perdidas se pueden estimar como el producto del factor de daño medio por el costo total. La Figura 8 muestra la pérdida para un complejo de 64 EMDL de 5 pisos de 70,000m² de área construida a un costo total de US \$ 21'000,000 (US \$ 300/m²). Para una intensidad de IX+ los edificios tendrían un daño irreparable (FDM > 60%), por lo que el monto de las pérdidas a partir de esta intensidad correspondería al costo total.

6. DESEMPEÑO ESPERADO

Usando las curvas y matrices de daño se obtuvo para cada EMDL una relación directa entre la intensidad y el valor medio probable del daño (Figura 9).

Se suele considerar que una edificación es irreparable cuando el daño excede el 60% (ATC 21, 2001). Usando la relación 'intensidad - valor medio probable' encontrada para los dos EMDL se obtuvieron las intensidades de daño irreparable mostradas en la Figura 10.

En la costa peruana los sismos raros (500 años de periodo de retorno) tienen asociada una aceleración pico de 0.4g y una intensidad de IX MM. (Alva, 1993). Usando las matrices de daño se obtienen los valores del daño medio que sufrirían los EMDL ante sismos raros (**Figura 11**). Como se observa, los resultados sugieren que el daño medio sería menor al 60%, y por tanto, los EMDL podrían ser reparados en estos eventos severos.

En la costa peruana los sismos frecuentes (50 años de periodo de retorno) tienen asociada una aceleración pico de 0.25g y una intensidad de VII MM. (Alva, 1993). Los resultados (**Figura 12**) muestran que ante un evento frecuente ambos EMDL tendrían un daño moderado.

7. CONCLUSIONES

- Los EMDL se encuentran apoyados sobre plateas superficiales de 20cm a 25cm de espesor, construidas sobre rellenos controlados de ingeniería. El sistema estructural es de muros portantes delgados de concreto armado (10 ó 12 cm) con una malla electrosoldada central y en los extremos varillas de refuerzo adicional sin confinar de acero de grado 60. Para el sistema de techos se utilizan losas macizas de concreto con espesores de 10cm y 12cm, reforzadas con mallas electrosoldadas y bastones.
- En base a la opinión de expertos peruanos se obtuvieron curvas de fragilidad y matrices de daño para edificios de ductilidad limitada de 5 y 7 pisos. Los resultados indican que los EMDL típicos de 5 y 7 pisos, quedarían con daño irreparable (FDM>60%) para intensidades mayores o iguales a IX MM.
- En el caso de sismos frecuentes (50 años de periodo de retorno), los resultados muestran que el daño sería reparable, con un Factor de Daño Medio (FDM) del orden de 15%. En el caso de sismos raros (500 años de periodo de retorno), los resultados indican que estos edificios presentarían un daño reparable con un FDM de alrededor de 50%.
- La comunidad de ingenieros peruanos espera un buen desempeño sismorresistente para los EMDL, comparable al de otros sistemas estructurales peruanos. Aunque alentadora, esta opinión debería ser revisada mediante nuevos estudios tanto teóricos como experimentales.
- A pesar que los resultados indican que el daño en estos edificios podría ser similar al de otras edificaciones, el costo de reparación podría ser difícil de manejar para familias de escasos recursos económicos, que en muchos casos adquirieron sus departamentos con hipotecas a largo plazo.
- El gobierno debería desarrollar planes de contingencia para organizar y facilitar la reparación de los EMDL en la eventualidad de un sismo severo.

8. RECONOCIMIENTOS

Agradecemos al panel de expertos, y a las instituciones y empresas que colaboraron en la realización de este estudio PUCP, UNI, CIP, SENCICO, CESEL, GALLEGOS CASABONNE ARANGO, PRISMA, ZEGARRA & YECKLE, INDECI, etc.

Un agradecimiento especial a los profesores Carlos Véliz (PUCP) y Mario Ordaz (UNAM) por su valioso tiempo al discutir la organización del trabajo.

REFERENCIAS

Alva, J. "Distribución de Isoaceleraciones UNI – CISMID" Lima, Perú. 1993.

ATC 13 (Applied Technology Council). "Earthquake Damage Evaluation Data for California". Redwood City, California, USA. 1985.

ATC 21 (Applied Technology Council). "Rapid Visual Screening of Seismically Hazardous Buildings". Redwood City, California, USA. 2001.

Sauter, F. "Estudio de Seguro Contra Terremoto". Instituto Nacional de Seguros. San José, Costa Rica. 1978.

Intensidad (MM)	Aceleración Pico del Suelo (APS) (Como factor de g)	Descripción
V	< 0.05	Percibido por la mayoría de personas
VI	0.05 - 0.10	Sentido por todos. Daño leve
VII	0.10 - 0.20	Daño insignificante en edificios de buen diseño y onstrucción
VIII	0.20 - 0.35	Daño leve en estructuras diseñadas adecuadamente
IX	0.35 – 0.50	Daño considerable en estructuras de diseño especial
X		Gran destrucción de edificaciones
XI	> 0.50	Pocas edificaciones quedan en pie
XII		Destrucción total y cambios en el paisaje

Estado de Daño (ED)	Rangos del Factor de Daño	Descripción
1. Ninguno	0	Sin daño
2. Muy Leve	0 – 0.01	Daño menor, limitado y localizado, no requiere reparación
3. Leve	0.01 – 0.1	Daño significativo localizado (algunos elementos), no requiere reparación
4. Moderado	0.1 – 0.3	Daño significativo localizado (varios elementos), requiere reparación
5. Alto	0.3 – 0.6	Daño extensivo que requiere mayor reparación
6. Severo	0.6 – 0.99	Daño mayor extensivo, requiere demoler y reparar la estructura
7. Colapso	I	Total destrucción de la mayor parte de la estructura

Estado de Daño (ED)	Factor de daño central (FDC)	Probabilidad de daño (q) en %									
		EMDL de 5 pisos					EMDL de 7 pisos				
		VI	VII	VIII	IX	X	VI	VII	VIII	IX	X
1. Ninguno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2. Muy Leve	0.005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3. Leve	0.05	100.0	37.1	0	0	0	100.0	9.1	0	0	0
4. Moderado	0.20	0	63.0	96.7	0	0	0	90.9	50.6	0	0
5. Alto	0.45	0	0	3.3	99.0	8.3	0	0	49.4	79.4	0.3
6. Severo	0.80	0	0	0	0.6	91.7	0	0	0	20.6	99.8
7. Colapso	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Factor de Daño medio (FDM)		5.00	14.44	20.83	45.09	77.10	5.00	18.65	32.35	52.22	79.91
Valor medio probable (VMP)		3.34	11.05	22.27	45.01	67.73	3.79	14.86	30.07	54.74	74.19

Figura 1. Planta típica de un EMDL.

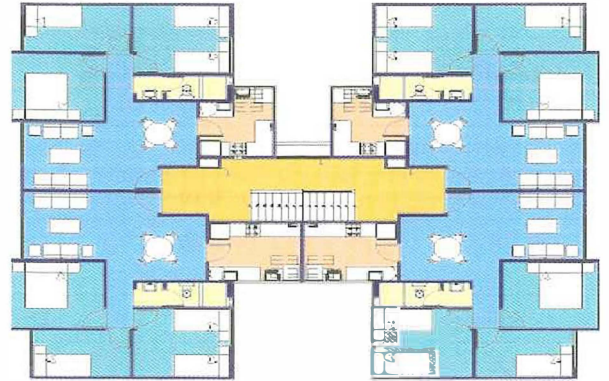


Figura 2. Diagrama Esfuerzo Deformación. Acero de refuerzo.

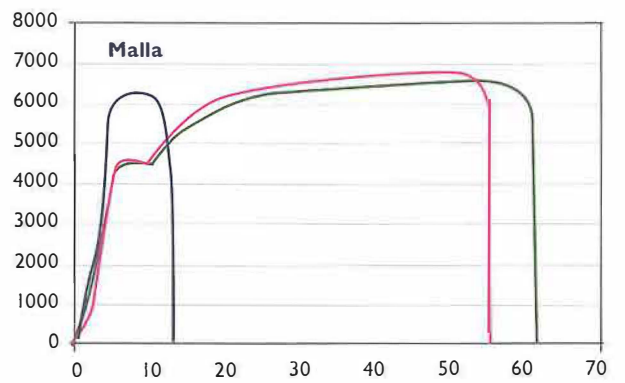


Figura 3. Formato de Encuesta Utilizado.




Daños en Edificios de Muros de Ductilidad Limitada

Por favor anote los valores que en su opinión describen la relación Daño-Intensidad para los edificios de muros de ductilidad limitada de 5 y 7 pisos.

Intensidades		Edificios de Muros de Ductilidad Limitada de 5 Pisos															
		V - VI			VII			IX			X - XI						
Daño	ND	Min (%)	VMP (%)	Max (%)	ND	Min (%)	VMP (%)	Max (%)	ND	Min (%)	VMP (%)	Max (%)	ND	Min (%)	VMP (%)	Max (%)	
	Confiability																

Intensidades		Edificios de Muros de Ductilidad Limitada de 7 Pisos															
		V - VI			VII			IX			X - XI						
Daño	ND	Min (%)	VMP (%)	Max (%)	ND	Min (%)	VMP (%)	Max (%)	ND	Min (%)	VMP (%)	Max (%)	ND	Min (%)	VMP (%)	Max (%)	
	Confiability																

Figura 4. Página Web Delphi.

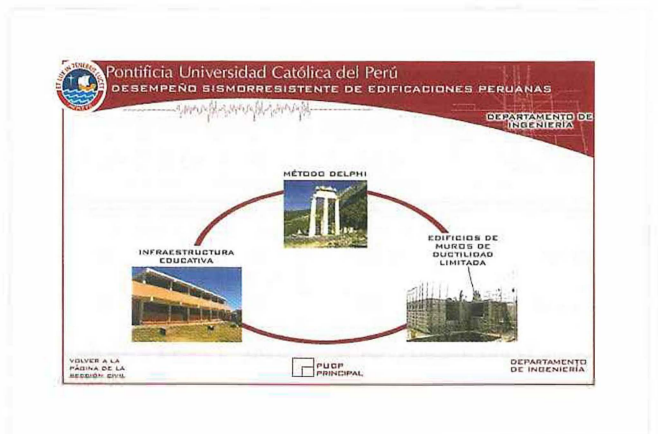


Figura 5. Función Asumida para la Distribución de daños.

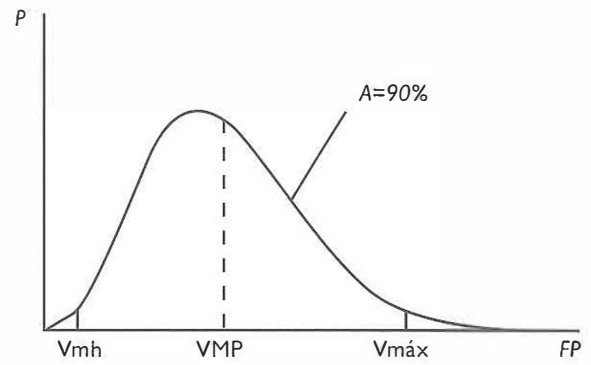


Figura 6. Curvas de Fragilidad para EMDL de 5 pisos.

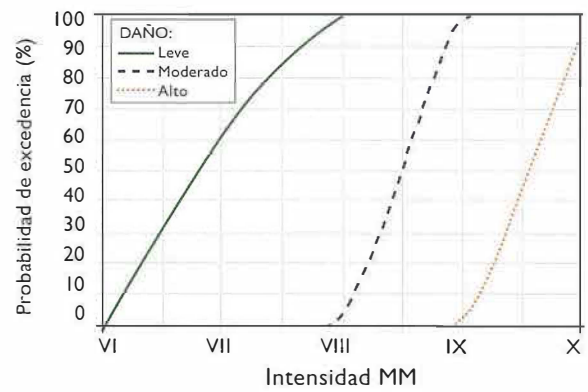


Figura 7. Curvas de Fragilidad para EMDL de 7 pisos.

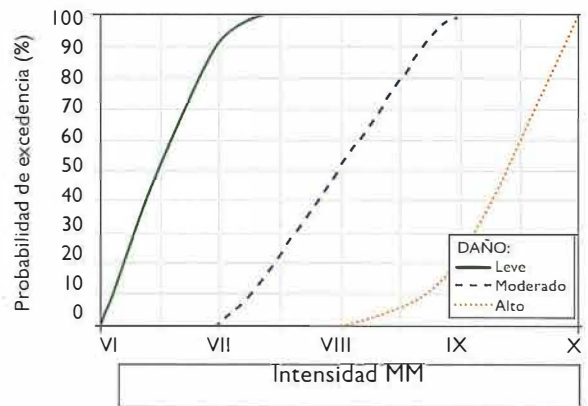


Figura 8. Pérdida probable para diferentes escenarios de Sismicidad. 50 EMDL - 5 pisos.

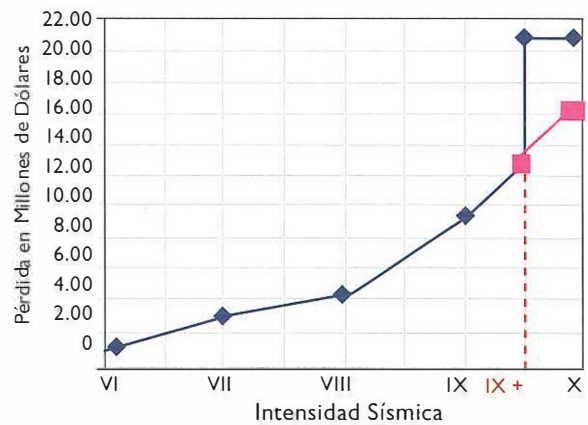


Figura 9. Relación IMM - VMP del daño para EMDL de 5 pisos y 7 pisos.

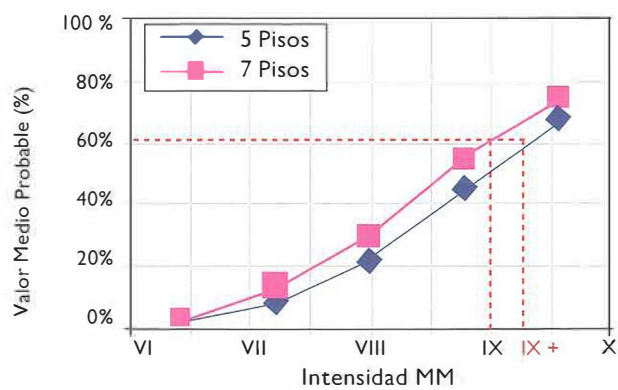


Figura 10. Intensidad asociada al daño irreparable para los EMDL de 5 y 7 pisos

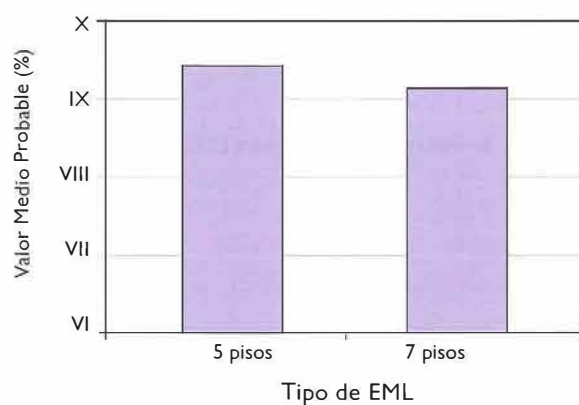


Figura 11. Figura 13: Daño que sufrirían los EMDL en un sismo raro

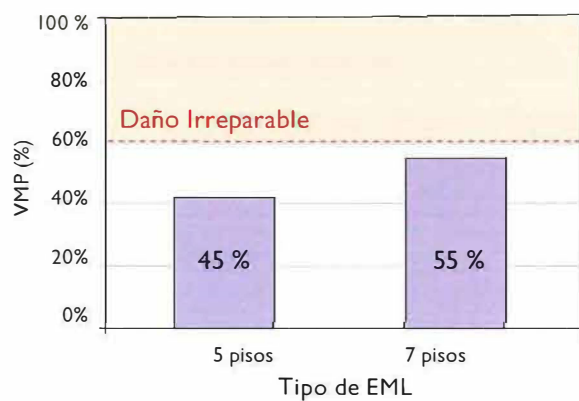


Figura 12. Daño que sufrirían los EMDL en un sismo frecuente

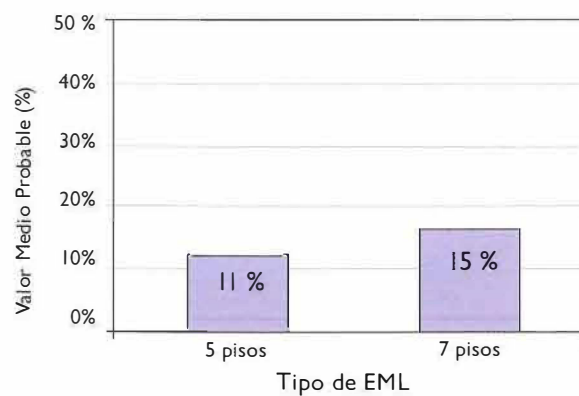




Foto 1. Vista de un muro



Foto 2. Vista Platea de Cimentación



Foto 3. Refuerzo Distribuido y concentración en los muros



Foto 4. Vista de Losa de Techo



Foto 5. Encofrados Metálicos

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

El Laboratorio de Mecánica de Suelos fue creado en el año 1966, a partir de una donación de equipos que hiciera la Dirección de Caminos del entonces Ministerio de Fomento y Obras Públicas a nuestra Universidad. Estos equipos fueron destinados fundamentalmente para la docencia; instalados y calibrados conjuntamente por personal de la Universidad y del Ministerio, con la colaboración de un experto de la Misión Renardet. El área de Laboratorio de Mecánica de Suelos, incluyendo oficinas es de 738m².



de la construcción de edificaciones, presas, carreteras, puertos, aeropuertos, canales, etc.; así como también a los proyectos relacionados con minería en lo referente a obras civiles y relaveras.

Con el transcurrir del tiempo, el laboratorio se fue equipando con recursos propios de la Universidad, con equipos modernos y con tecnología de punta; para realizar actividades docentes; de investigación, y de servicio de apoyo a la industria

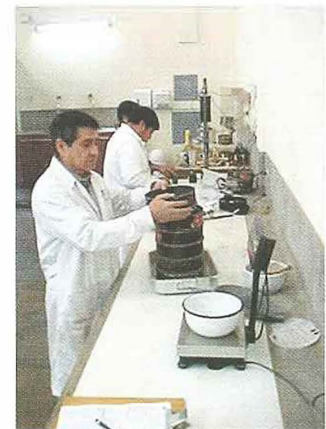


Además de los equipos usuales para determinación de las propiedades índice, hidráulicas, de compresibilidad de los suelos, de las propiedades para el diseño de vías de comunicación y de las características de los agregados; el laboratorio cuenta con un equipo triaxial con marco de carga de 50 KN y celdas de 35mm, 50mm, 70mm y 100mm; sistema de aplicación de presión constante, aplicación de contrapresión, medición de cambio de volumen y un equipo para corte directo controlados por un sistema digital de 16 canales con sistema de adquisición de datos electrónico. Todo este sistema se encuentra controlado mediante una microcomputadora; que permite controlar el proceso de los ensayos.

Actualmente, el laboratorio cuenta con 13 celdas para los ensayos triaxiales, que permite trabajar varios especímenes en forma simultánea. Adicionalmente, a los ensayos triaxiales rutinarios No Consolidado No Drenado, Consolidado No Drenado y Consolidado Drenado de compresión, también disponemos de equipos para realizar ensayos de Extensión Triaxial.

Además de ensayos, el laboratorio realiza Estudios de Mecánica de Suelos de acuerdo a la Norma NTE E-050 para el diseño de cimentaciones; y Diseño de Pavimentos, peritajes y evaluaciones forenses geotécnicas.

El personal profesional y técnico del laboratorio cuenta con más de treinta años de experiencia y está capacitado para una rápida respuesta a quienes desarrollan, ejecutan y supervisan proyectos de ingeniería civil, minería y de la industria en general, proporcionando asistencia en el área de geotecnia en forma eficaz, independiente e imparcial.



Los principales servicios que realiza el laboratorio son:

- Ensayos de mecánica de suelos para determinación de propiedades índices
- Ensayos para control de calidad de los materiales que se emplearán para la fabricación de concreto, y materiales para la construcción de pavimentos
- Ensayos para la determinación de las propiedades físico-mecánicas e hidráulica de los suelos
- Estudios de Mecánica de Suelos y Diseño de Pavimentos
- Peritajes y evaluaciones forenses geotécnicas de cimentaciones y en general consultoría relacionada a la especialidad de ingeniería geotécnica.

Jefe de Laboratorio: Ing. Manuel Olcese Franzero

Informes:

Teléfono: 6262000 anexo 4651

Fax: 6262837

e-mail: suelos@pucp.edu.pe