

Proyecto de la Vulnerabilidad Sísmica en Hospitales del Perú

HOSPITAL NACIONAL GUILLERMO ALMENARA IRIGOYEN

PUBLICACION DONADA POR EL
CENTRO DE DOCUMENTACION
"CARLOS ENRIQUE PAZ SOLDAN"
OPS/OMS—PERU



Comunidad Económica Europea, ECHO



Ministerio de Salud



Instituto Peruano de Seguridad Social, IPSS



Organización Panamericana de la Salud, OPS/OMS



Componente Estructural

1997

Seccion I

Componente Estructural

AUTORES:

Ing. Fernando Lázares la Rosa

Ing. Víctor Rojas Yupanqui

Ing. Denys Parra Murrugarra

Ing. Aerls De La Rosa Toro

Bach. Max Salas Ferro

COORDINADOR:

Dr. Ing. Carlos Alberto Zavala Toledo

ÍNDICE

COMPONENTE ESTRUCTURAL

INTRODUCCION	4
1. CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DE LAS EDIFICACIONES SELECCIONADAS	6
A. Edificio Ala Este del Pabellón de Administración	6
B. Edificio Ala Este y Central del Pabellón A	6
2. METODOLOGÍA	7
3. ESTUDIO GEOTÉCNICO	10
A. Introducción	10
1. Antecedentes	10
2. Objetivos de la Evaluación Geotécnica	10
B. Geología del Área de Estudio	11
C. Profundidad del Nivel freático	14
D. Características Geotécnicas generales del Conglomerado de Lima	14
E. Consideraciones Sísmicas	17
1. Intensidades	17
2. Zonificación Sísmica	20
3. Tipo de suelo y período predominante	20
4. Magnitud	20
5. Aceleración Máxima	20
F. Conclusiones y Recomendaciones	22
4.- ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL MEDIANTE EL PROMEDIO DE ESFUERZOS CORTANTES Y DE DENSIDAD DE MURO	29
5.- ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL MEDIANTE LA EVALUACION DEMANDA-RESISTENCIA ESTUDIO ESTRUCTURAL	33
A. Descripción de los Modelos Estructurales Adoptados	33
B. Descripción del Estado de los Materiales	36
C. Comportamiento Dinámico de la Estructura frente a sismos probables.	37

1.	Análisis Dinámico del Sistema Estructural	37
2.	Análisis por Cargas de Gravedad	39
3.	Combinaciones de Carga	40
4.	Respuesta Dinámica del Edificio Central-A	40
5.	Respuesta Dinámica del Edificio Ala Este-A	41
6.	Respuesta Dinámica del Edificio Ala Este-Principal	42
D.	Estimación de la Resistencia de la Estructura	43
E.	Demanda Sísmica y Resistencia de la Estructura	45
1.	Demanda-Resistencia Estructural del Edificio Central-A	45
2.	Demanda-Resistencia Estructural del Edificio Ala Este-A	58
3.	Demanda-Resistencia Estructural del Edificio Ala Este-Principal	63
6.-	ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL	82
7.-	OTRAS INSTALACIONES	86
A.	Casa de fuerza	86
B.	Grupo Electrónico	86
C.	Corredores	87
D.	Pabellón Administración	87
8.-	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
A.	Conclusiones	89
B.	Recomendaciones	91
9.-	REFERENCIAS	92
10.-	ANEXOS	94
A.	Laminas y Figuras	95
B.	Ensayos de Microtrepidaciones y Esclerometría	97
C.	Procedimiento y Resultados de Aplicación del Método de Hirosawa	130
D.	Fografías del Hospital	144

INTRODUCCION

La Organización Panamericana de la Salud "OPS" y el Ministerio de Salud a través de la Oficina de Defensa Nacional, acordaron iniciar el proyecto "Diagnóstico de la Vulnerabilidad Sísmica en 10 hospitales del Perú", encargándose el estudio de la Vulnerabilidad Estructural de dichos hospitales al Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres "CISMID" de la Universidad Nacional de Ingeniería. El presente informe comprende el trabajo realizado en el Hospital Nacional "Guillermo Almenara Irigoyen".

ANTECEDENTES

El Hospital Guillermo Almenara Irigoyen pertenece al Instituto Peruano de Seguridad Social. Fue inaugurado en 1939 durante el gobierno del general Oscar R. Benavides con el nombre de Hospital Obrero de la Caja Nacional de Seguro Social ubicándose en un amplio terreno del distrito de la Victoria frente a la Avenida Grau y a la Facultad de Medicina de San Fernando, ciudad de Lima . Su construcción se inició el 15 de Mayo de 1938 y estuvo a cargo de Fred T. Ley y Cia. Ltda. bajo la supervisión del departamento de Ingeniería de la Caja Nacional de Seguro Social.

El Hospital inició sus actividades asistenciales a fines de 1940, bajo la dirección del Dr. Guillermo Almenara Irigoyen con el cargo de superintendente general. Desde su inauguración hasta la fecha, ha sido objeto de varias remodelaciones y ampliaciones así como de construcción de nuevos ambientes. Esto se puede observar en los planos generales del hospital de los años 1939-48, 1973, 1991 y 1994.

Al año 1991, el área total del terreno era de 42,046.37 m², el área techada total era de 45,347.62 m² y el área libre de 27,562.37 m² (según planos de la época).

Las instalaciones de este hospital han sido afectadas por los sismos ocurridos en Lima el 24 de Mayo de 1940 (Grado VII-VIII M.M.), el 17 de Octubre de 1966 (Grado VIII M.M.) y el 3 de Octubre de 1974 (Grado VII-LX M.M.), por versiones recogidas de trabajadores del hospital sobre todo del sismo de 1974, las estructuras de las edificaciones principales del hospital no sufrieron daños notorios.

SELECCIÓN DE AREAS DE ESTUDIO

Este estudio se ha realizado sólo en las edificaciones donde se encuentran los servicios del hospital considerados "críticos", es decir aquellos servicios que no pueden dejar de funcionar y deben brindar atención luego de ocurrido un sismo severo, entre los cuales se encuentran emergencia, unidad de cuidados intensivos, hospitalización, centro quirúrgico, etc., por consiguiente las edificaciones que se seleccionaron fueron:

- 1.- Edificio Ala Este en forma de "T" del pabellón principal (llamado antes administración según consta en planos de la época), en donde se encuentran el servicio de emergencia, cuidados intensivos, almacén de drogas, etc.
- 2.- Edificio Ala Este y Central del pabellón "A" en el que se encuentran las áreas de hospitalización (área predominante), centro quirúrgico, esterilización, etc.
- 3.- La casa de Fuerza, grupo electrógeno, etc.

Para una mejor ubicación de estas edificaciones, éstas han sido indicadas en la lámina N°1. (Ver anexo A).

1. CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES DE LAS EDIFICACIONES SELECCIONADAS

A. EDIFICACION ALA ESTE DEL PABELLON PRINCIPAL

La edificación Ala Este, al igual que la Central y la Ala Oeste de este pabellón, tiene tres pisos y un sótano, es una edificación de pórticos de concreto armado compuesta de columnas y vigas, tienen como techo una losa aligerada armada en un solo sentido y su cimentación es del tipo zapatas. El pabellón esta compuesto por tres edificaciones que están separadas mediante juntas, las cuales las dividen en una edificación central de tipo rectangular, y dos edificaciones en forma de "T" ubicados al lado izquierdo y derecho del central (llamadas Este y Oeste respectivamente). En su interior se han utilizado muros de albañilería y tabiquería de madera como elementos divisorios de ambientes. Debe distinguirse que en el sector derecho (Ala Oeste) ha sido agregado con el transcurrir del tiempo otro pabellón al original y que trabaja en forma independiente, esto puede notarse en los planos que corresponden a diferentes épocas del hospital. Al año 1991 el área techada del pabellón principal era de 10,836.24 m².

B. EDIFICACION ALA ESTE Y CENTRAL DEL PABELLON "A"

El pabellón "A" tiene 5 pisos y un sótano, originalmente sólo el Edificio Ala Oeste y Central tenían quinto piso y no el Edificio Ala Este, pero el quinto piso del Ala Este ha sido construido recientemente en el año 1995. Son edificaciones de pórticos de concreto armado compuestos por columnas y vigas, con techo aligerado armado en un solo sentido y su cimentación es del tipo zapata. El pabellón esta separado en tres edificaciones mediante juntas. En su interior se han utilizado muros de albañilería como elementos divisorios de ambientes. Al año 1991 el área techada del pabellón de consultorios era de 10,815.38 m²

2. METODOLOGÍA EMPLEADA

Las metodología para la determinación de la Vulnerabilidad Estructural de una edificación hospitalaria puede corresponder a métodos de análisis de diferente grado de complejidad, dependiendo su elección del tipo de información que el hospital disponga (planos de arquitectura, de estructuras, mecánica de suelos, etc.) y del nivel de resultados al que se quiere llegar.

Para este trabajo se emplearán dos métodos, el tipo cualitativo en base a los índices de Shiga y Hirosawa y el tipo analítico en base a una evaluación de la demanda-capacidad de las estructuras.

Primero se determinarán los índices de Shiga, conocidos como el promedio de esfuerzos cortantes y densidad de muros con el propósito de conocer la tendencia de las edificaciones seleccionadas a sufrir daño sísmico, estos resultados nos permitirán conocer en forma preliminar si pueden ser o no vulnerables estas edificaciones.

En segunda instancia se realizará un estudio geotécnico de la zona de la ciudad donde el hospital se encuentra ubicado. Este estudio tiene como objetivo proporcionar la información necesaria para clasificar y mitigar el comportamiento del suelo donde el edificio se encuentra construido frente a las acciones sísmicas. Asimismo, el estudio geotécnico proveerá de la información necesaria acerca de las características de los sismos de mayor grado destructivo que podrían presentarse en la vida útil de la edificación.

Como tercer paso, se realizará el análisis estructural del comportamiento dinámico de las estructuras frente a los efectos sísmicos mas probables que podrían presentarse durante la vida útil del hospital. Para tal efecto los resultados del estudio geotécnico serán evaluados a fin de determinar las excitaciones sísmicas a las que el

edificio estaría expuesto. Esto determinara la demanda de esfuerzos a la que se somete la estructura durante los eventos sísmicos.

Por otro lado la resistencia de la estructura será evaluada utilizando los llamados criterios de falla simplificados que se presentan generalmente en este tipo de estructura basados en fórmulas empíricas que consideran el refuerzo de la sección así como la calidad de los materiales involucrados en las secciones vigas, columnas y placas existentes en la estructura. Esto se evalúa en base a los planos estructurales de la edificación que proporcionaran la información necesaria para el calculo de la resistencia del edificio.

Con finalidad de verificar la resistencia mecánica de los materiales del edificio, se llevan a cabo ensayos de esclerometría, para verificar el esfuerzo de diseño del concreto que se presenta en los planos estructurales.

Seguidamente se generan modelos matemáticos para el análisis estructural dinámico de las estructuras. Estos modelos serán analizados utilizando el programa de cómputo ETABS (Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems) versión 5.4 de Computers and Structures Inc. Berkeley, California.

Conocida la respuesta dinámica del modelo matemático, se llevara a cabo la verificación de las características dinámicas del mismo y su validez como representativo de la estructura mediante ensayos de medición de vibración de la estructura (microtrepidaciones). De esta manera la calibración del modelo y la efectividad de las cargas existentes y su influencia sobre la masa del edificio serán estudiadas.

Verificada la validez del modelo estructural y los valores de la resistencia mecánica de los materiales, la demanda sísmica para diversas excitaciones será calculada mediante ETABS.

Los resultados de la respuesta sísmica que demanda las excitaciones serán comparados con la resistencia de la estructura, lo que indicara la tendencia del edificio a ser vulnerable o no a partir de una evaluación demanda-resistencia. Aquí se presentaran los máximos esfuerzos así como desplazamientos máximos posibles que se presentan el sistema estructural para las diversas sollicitaciones sísmicas.

La tendencia descrita en el párrafo anterior será verificada utilizando el método de evaluación de la vulnerabilidad estructural basado en el índice de **Hirosawa de Segundo Orden**. Este método considera la resistencia de la estructura, su configuración geométrica, el nivel de daños actuales, y otros parámetros en la evaluación del índice sísmico de la estructura “**Is**” que indica una medida de la resistencia del sistema. Este índice es comparado con el llamado índice sísmico de juicio de la estructura “**So**” que esta relacionado directamente con la excitación sísmica extrema que podría presentarse en el sistema. Esta comparación corroborara la tendencia de los resultados obtenidos en la comparación demanda-resistencia del sistema.

3. ESTUDIO GEOTECNICO

A. INTRODUCCION

1. Antecedentes

Con la finalidad de evaluar la vulnerabilidad sísmica del Hospital Guillermo Almenara Irigoyen, el Ministerio de Salud y la OPS están llevando a cabo un proyecto que considera la evaluación estructural, no estructural y funcional de este Hospital. En este sentido, se ha visto por conveniente llevar a cabo la Evaluación Geotécnica del área del Hospital en base a la información existente de las condiciones del suelo en otras áreas de la ciudad y alguna información que ha sido posible recopilar del área correspondiente al Hospital Almenara.

2. Objetivos de la Evaluación Geotécnica

El presente informe servirá de base a los especialistas estructurales para considerar algunos parámetros de diseño que involucre el comportamiento del suelo de cimentación de las estructuras a considerar en el análisis de vulnerabilidad sísmica.

Es necesario subrayar que las conclusiones y recomendaciones que deriven del presente informe son solo referenciales, debido a la ausencia de un programa de exploración geotécnica que hubiera permitido evaluar apropiadamente las características geotécnicas de los suelos de cimentación del referido Hospital.

B. GEOLOGIA DEL AREA EN ESTUDIO

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 compacidad variable.

El abanico del río Rímac tiene en la actualidad una extensión aproximada de 300 Km², con su límite oriental cerca de Vitarte 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.

En general el suelo predominante es el conglomerado en estados desde suelto a compacto, intercalados con capas de arenas medias a finas, limos y arcillas, de buena calidad para las cimentaciones.

Según Martínez (1978), el área donde se localiza el Hospital Guillermo Almenara se encuentra en una zona correspondiente a un “conglomerado más o menos compacto”. Debido a que no se ha efectuado excavaciones y/o calicatas de exploración no ha sido posible la verificación del perfil estratigráfico en esta zona, sin embargo, debido a 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 a nivel

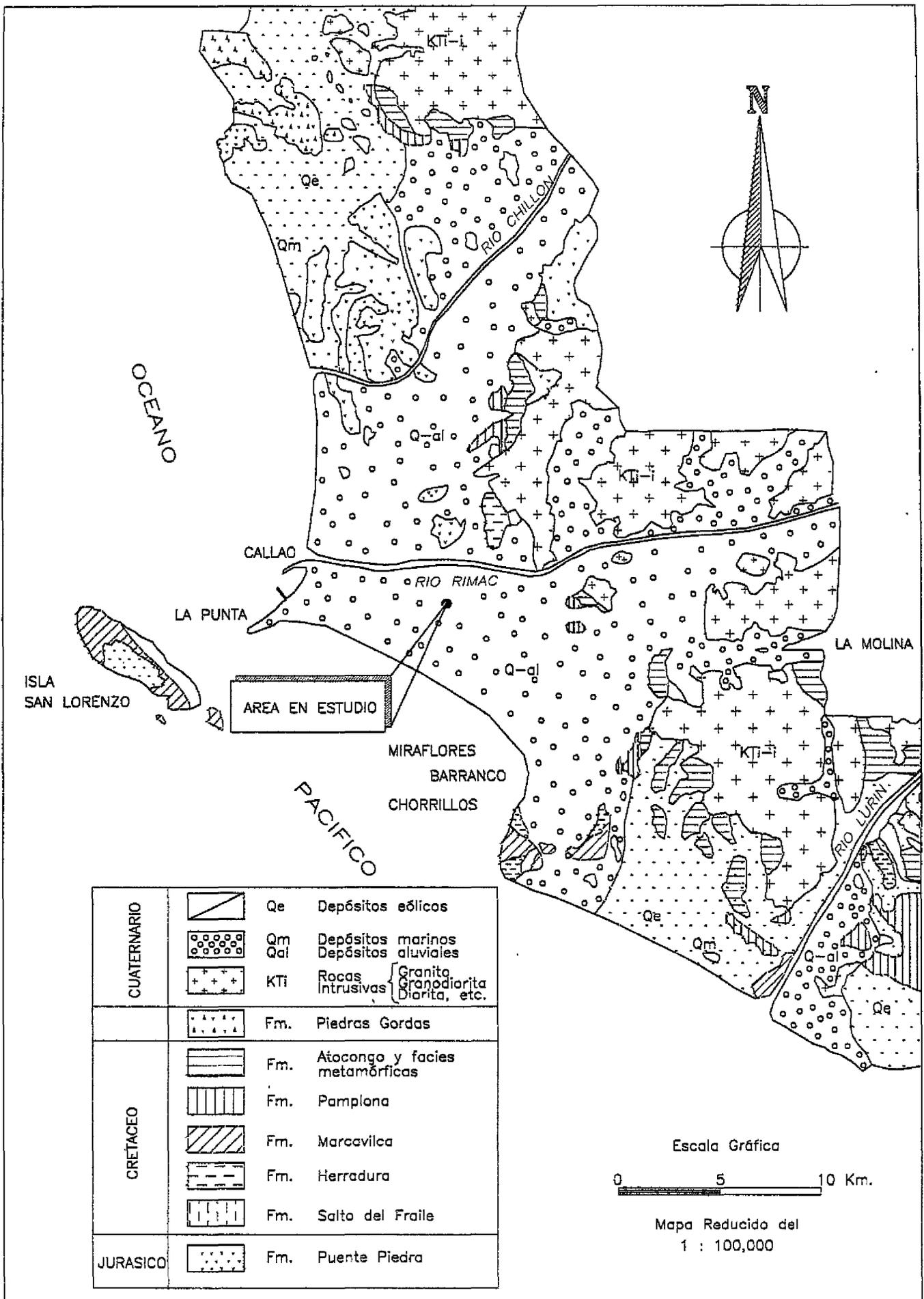


Figura N°1: Mapa Geológico de Lima

(Según A. Martínez Vargas y col. 1,975)

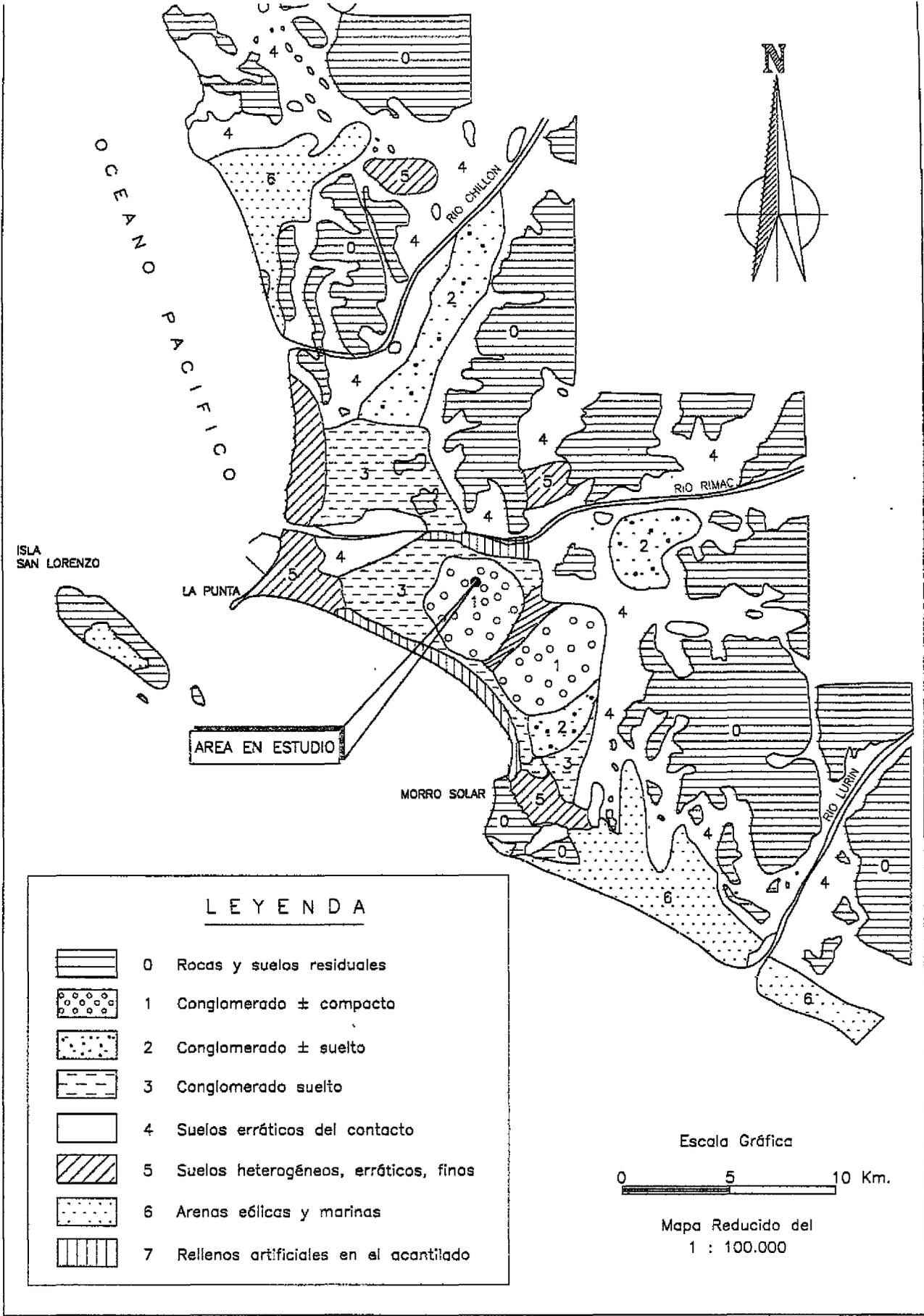


Figura N°2 : Mapa de Mecánica de Suelos
(Según A. Martínez Vargas - 1,978)

de cimentación de las estructuras del mencionado Hospital predominan los suelos gravosos correspondiendo probablemente a una clasificación GP, grava pobremente graduada limpia y con matriz arenosa.

Se presentan en este Informe en las Figuras N°1 y N°2 los Mapas Geológico y de Mecánica de Suelos de Lima presentados por Martínez (1978), con la ubicación del área en estudio.

C. PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREÁTICO

La revisión del estudio Hidrogeológico de Abastecimiento de Agua al Hospital Guillermo Almenara Irigoyen indica que la profundidad del nivel del agua alrededor del Hospital varía de 70 a 80 metros de profundidad.

En este estudio se recomienda la construcción de un pozo tubular de 150 metros de profundidad y con el nivel aproximado de agua de 80 metros.

D. CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS GENERALES DEL CONGLOMERADO DE LIMA

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.

Debido al tamaño de los granos y a la presencia de bolonería en diferentes proporciones, y debido también a la no existencia de equipos de laboratorio de grandes dimensiones, es que los parámetros de resistencia de este tipo de suelos no pueden ser determinados utilizando procedimientos convencionales de laboratorio. Un tipo de ensayo de campo útil y eventualmente utilizado en este tipo de materiales es el ensayo de corte directo in-situ. Varios de estos ensayos fueron llevado a cabo por primera vez entre 1971 y 1972 por la Universidad Nacional de Ingeniería bajo la dirección del Ing. Genaro Humala Aybar, con propósito del Proyecto METRO de Lima. Los resultados de estos ensayos de corte, así como los de permeabilidad y pesos volumétricos se presentan en la siguiente Tabla No.1

Tabla N°1: Ensayos In-Situ Realizados en Lima Metropolitana

Ubicación	TIPOS DE ENSAYOS				
	Corte Directo in-situ			Permeabilidad	Peso Vol.
	z (m)	ϕ (°)	c (Kg/cm ²)	K (cm/seg.)	(T/m ³) γ_m
Hospital del Empleado (Av. Arenales)	7.96	*	*	4.6	2.2
Esquina Avs. Abancay y N. de Piérola (frente al Ministerio de Educación)	6.20	37	0.60	7.7	2.2
Esquina Jrs. Cusco y Camana	8.60	40	0.40	7.8	2.2
z = profundidad ϕ = ángulo de fricción interna del suelo c = cohesión K = coeficiente de permeabilidad γ_m = peso volumétrico					
* no se pudo obtener valores de ϕ y c debido a errores en el ensayo					

Como se puede observar el ángulo de fricción interna obtenido de los ensayos anteriormente indicados son bastante elevados y coinciden con los valores

presentados en la literatura para este tipo de materiales. Por lo tanto, se puede concluir que la resistencia mecánica y capacidad de carga de este tipo de suelos es elevada, habiendo sido atribuidos conservadoramente valores de 4.0 Kg/cm^2 para condiciones típicas de cimentación, esto es:

Profundidad de cimentación $D_f = 1.50 \text{ m.}$

Ancho de zapata $B = 1.00 \text{ m.}$

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. Ensayos de carga estáticos y cíclicos realizados por el CISMID-UNI en este tipo de suelo, utilizando placas circulares rígidas de 30 cm de diámetro, proporcionan los resultados presentados en la Tabla N°2:

Tabla N°2: Resultados de Ensayos de Carga en la Grava de Lima

Lugar	Ensayo	Profund. (metros)	Carga Máxima (Kg/cm ²)	Asent. Máximo (mm)	Módulo de Elasticidad (Kg/cm ²)
Atarjea Embalse Regulador N°2 - SEDAPAL	EP-1	2.50	10.0	3.17	--
	EP-2	1.90	10.0	1.44	1890
	EP-3	2.00	10.0	2.25	3000
Santa Anita PIMU- IPEN	EP-1	1.50	8.00	1.49	--
	EP-2	1.50	8.00	2.77	--
	EP-3	1.50	8.00	2.83	--
San Borja Ministerio de Energía y Minas	EP-1	2.00	8.00	2.34	--
	EP-2	2.00	12.00	3.58	--

Como se puede observar los asentamientos observados en este tipo de suelo son aproximadamente 3 mm para cargas del orden de 10 o 12 Kg/cm^2 .

confirmando su naturaleza rígida y escasa compresibilidad. Los valores obtenidos del Módulo de Elasticidad en ensayos de carga cíclicos son relativamente altos.

E. CONSIDERACIONES SISMICAS

1. Intensidades

Según el análisis sismotectónico, existen en el mundo dos zonas muy importantes de actividad sísmica conocidas como el Círculo Alpino Himalayo y el Círculo Circumpacífico. 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.

La fuente de datos de intensidad sísmica que describe los principales eventos sísmicos ocurridos en el Perú son presentados por Silgado (1978). En la Figura N°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 reciente (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 IX en la escala de Mercalli Modificada.

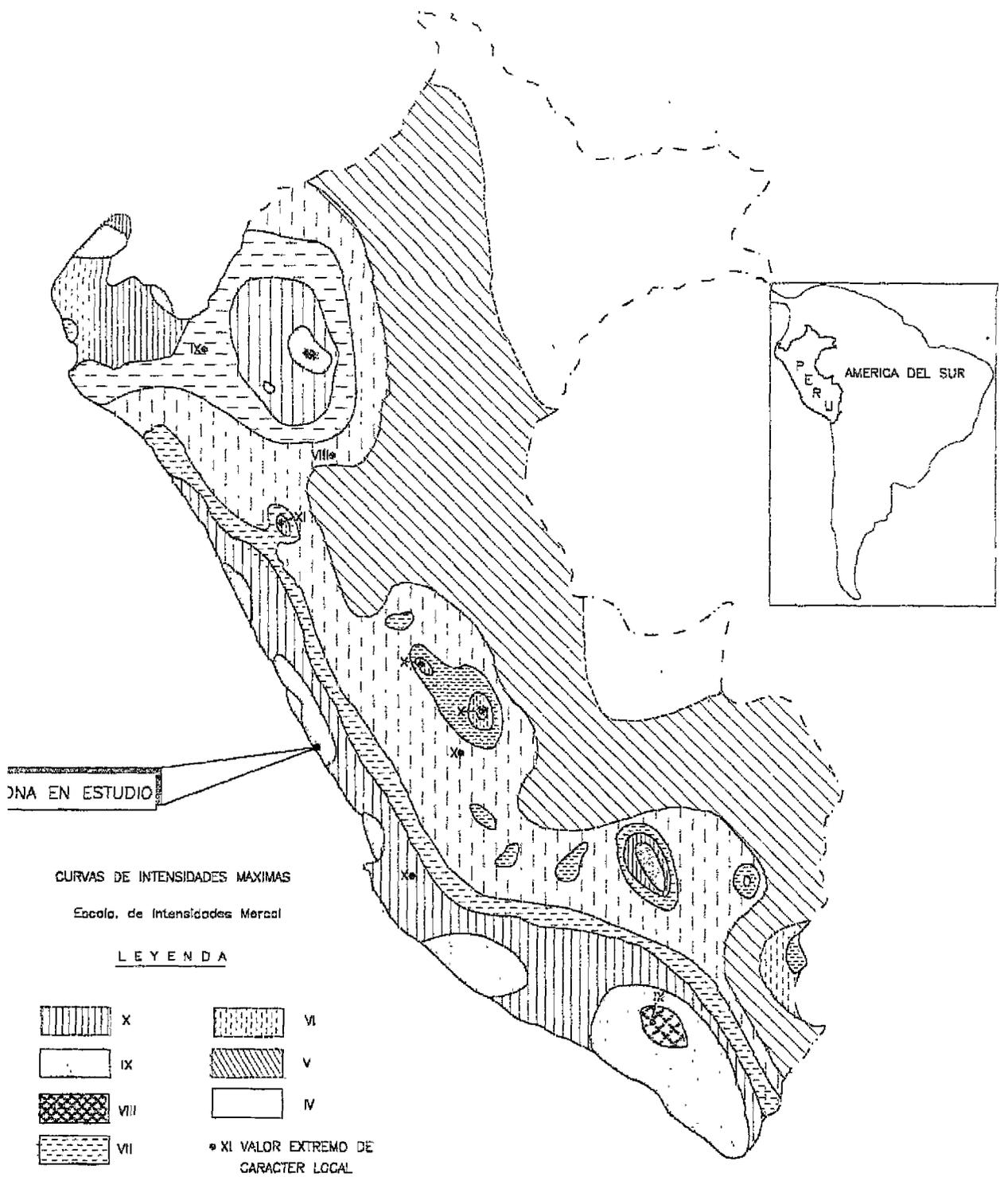


Figura N° 3 : Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas (Alva et al, 1984)

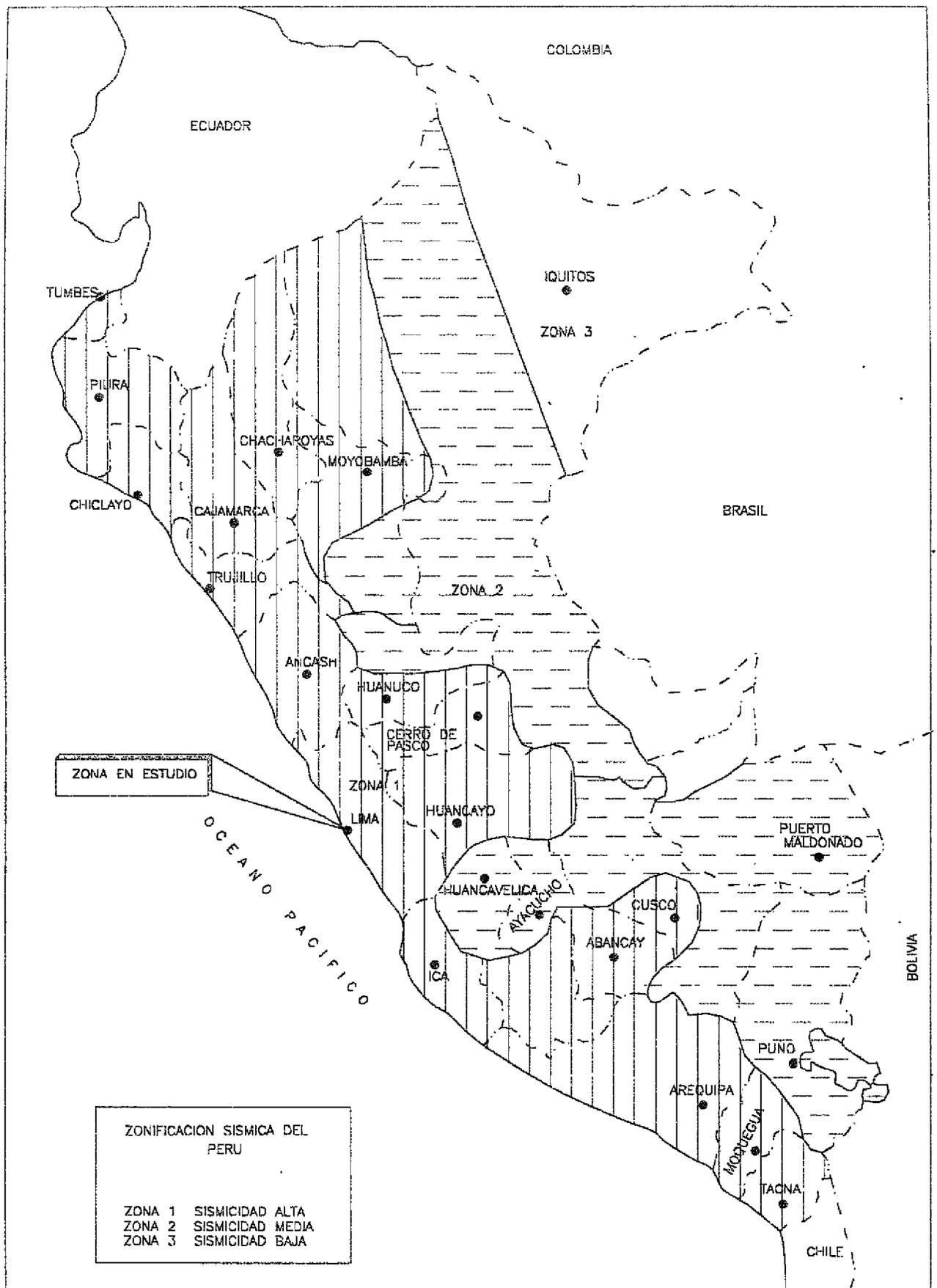


Figura N° 4 : Zonificación Sísmica del Perú, Según el Reglamento Nacional de Construcciones (1994)

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 N°4, la localidad de Lima se encuentra comprendida en la Zona I correspondiéndole una sismicidad alta.

3. Tipo de Suelo y Período Predominante

De acuerdo a las Normas de Diseño Sismo Resistente del Reglamento Nacional de Construcciones, el suelo de cimentación del Hospital Almenara corresponde a un suelo tipo I, con un período predominante de $T_s = 0.3$ seg.

4. 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.

5. Aceleración Máxima

En las Figuras N°5 y N°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 de la referencia. Las Figuras N°7 y N°8

presentan los Mapas de Isoaceleraciones de la zona en estudio para 50 y 100 años de vida útil respectivamente. 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. Finalmente, para la obtención de las aceleraciones superficiales, necesarias en el análisis estructural se ha estimado la posible amplificación que podrían sufrir las ondas sísmicas propagándose verticalmente a través del suelo gravoso de gran potencia. La Tabla N°3 presenta un resumen de los valores de aceleración obtenidos considerando tiempos de vida útil de 50 y 100 años.

Tabla N°3 : Valores de Aceleración Obtenidos para la Zona en Estudio

Tiempo de Vida Útil (años)	Aceleración Máxima (g)	Aceleración Efectiva (g)	Aceleración Superficial Efectiva (g)
50	0.42	0.28	0.50
100	0.50	0.33	0.60

F. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se ha realizado la Evaluación Geotécnica del depósito de suelo del Hospital Guillermo Almenara Irigoyen en base a la información existente de las características y comportamiento del suelo en otras áreas de la ciudad de Lima y en base al Estudio Hidrogeológico realizado con fines de abastecimiento de agua para el Hospital. Esta información servirá de base a los especialistas estructurales para considerar algunos parámetros del suelo de cimentación necesarios en el análisis de vulnerabilidad sísmica.
- Debido a la ausencia de un programa de exploración geotécnica, la información concerniente a las características mecánicas de los suelos, contenidos en el presente informe, son referenciales y han sido obtenidos a partir de Estudios Geotécnicos con Fines de Cimentación realizados por el CISMID-UNI en diversas lugares de la ciudad de Lima.
- Según la información Geológica el subsuelo del área en estudio es de edad Cuaternaria y de origen fluvio aluvional. El depósito existente pertenece al cono de deyección del río Rímac constituido por una grava limpia pobremente graduada con matriz arenosa con intercalaciones de arenas, limos y arcillas formando lentes y estratos de pequeño espesor. La compactidad de este conglomerado es variable presentándose en estados mas compactos a mayores profundidades.
- Según la Zonificación de Mecánica de Suelos de la ciudad de Lima, presentada por Martínez (1978), el área donde se ubica el Hospital Guillermo Almenara Irigoyen se encuentra en un conglomerado mas o menos compacto, no habiendo sido posible la verificación del perfil de suelo en esta zona. Sin embargo, a partir de experiencia acumulada de la evaluación del perfil estratigráfico en otras áreas de la ciudad se puede

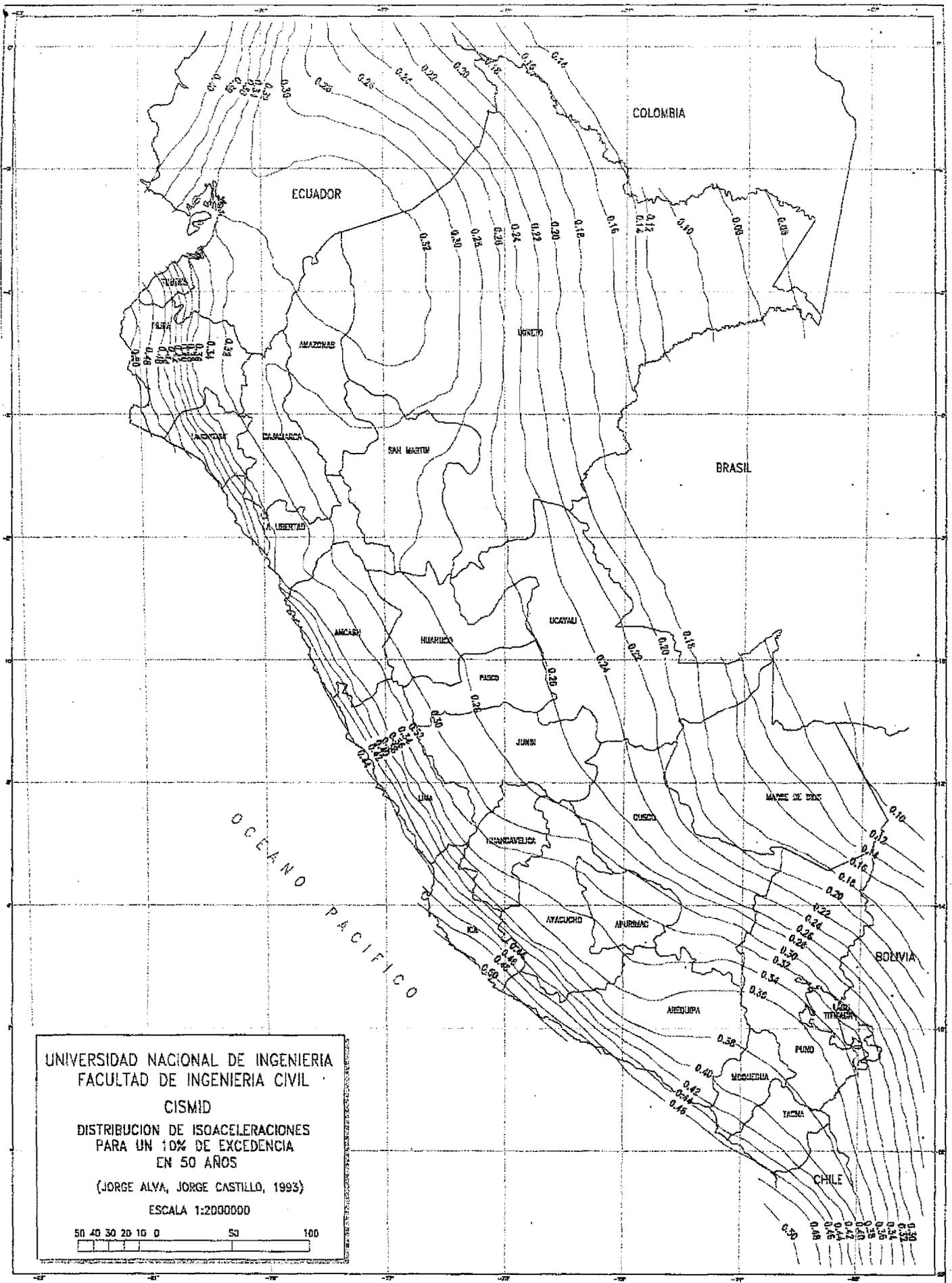


Figura N° 5 : Distribución de Isoaceleraciones (Alva y Castillo, 1993)

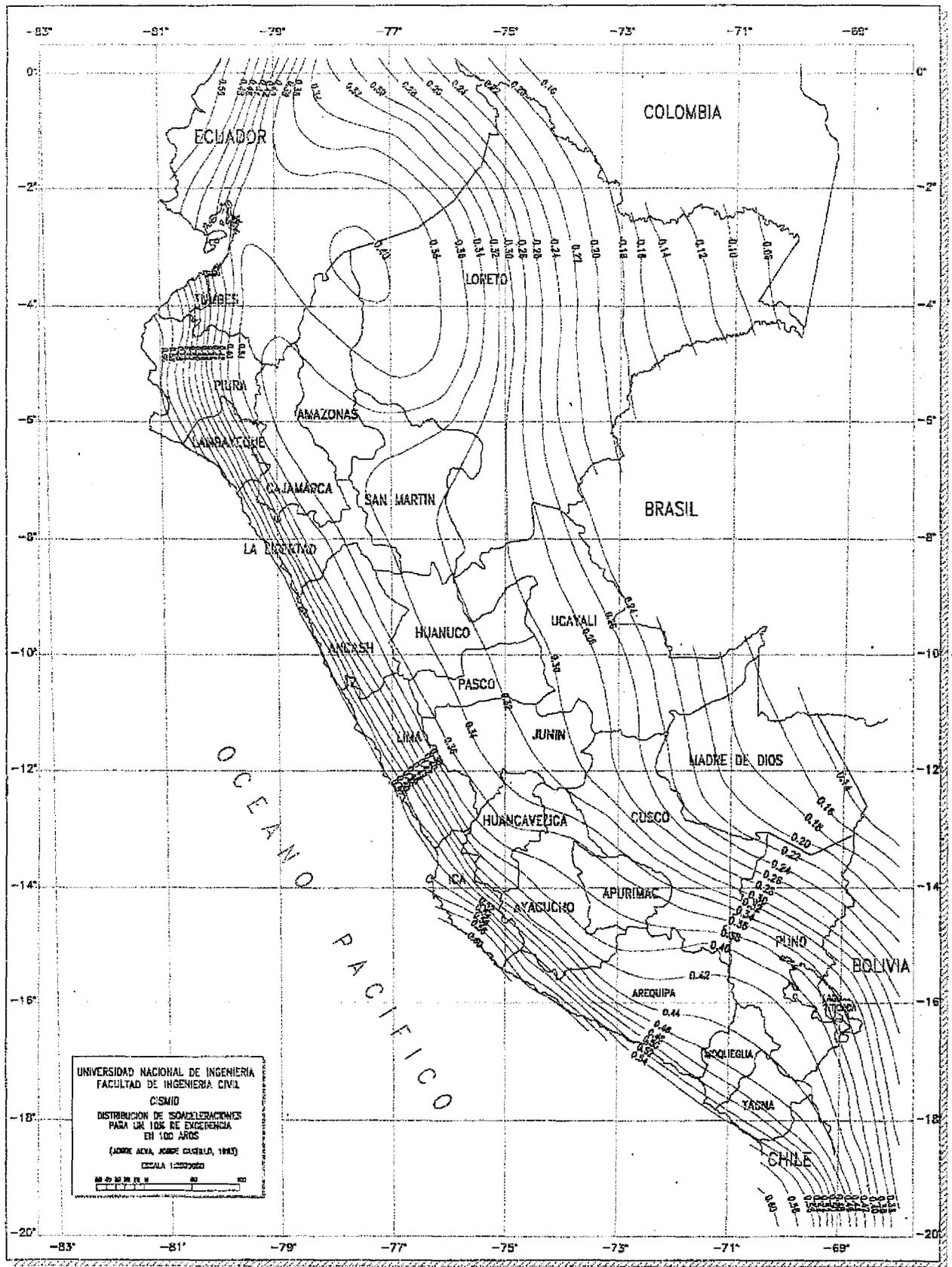


Figura N°6 : Distribución de Isoaceleraciones (Alva y Castillo, 1993).

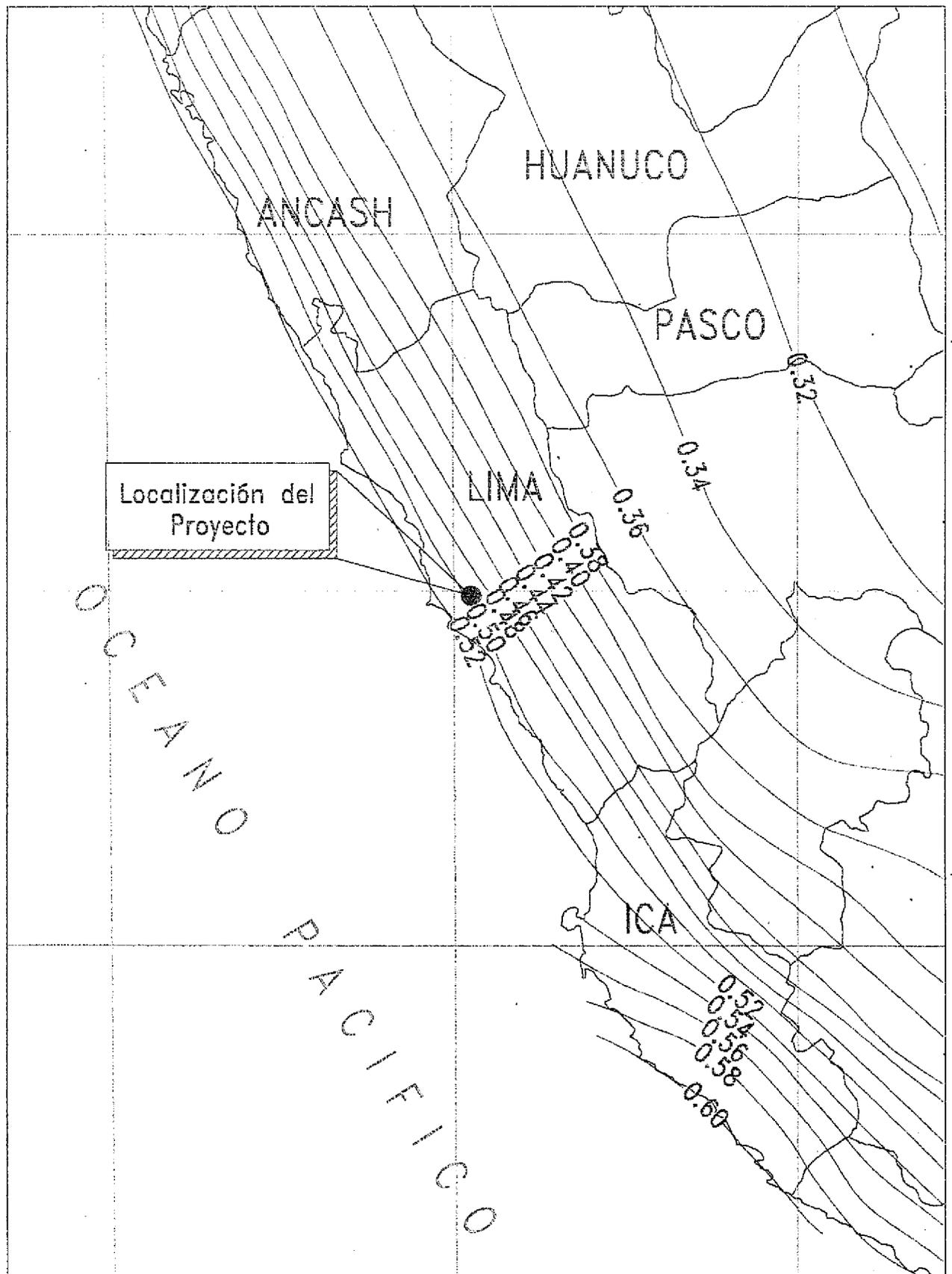


Figura N°8 : Mapa de Isoaceleraciones de la Zona en Estudio (100 años)

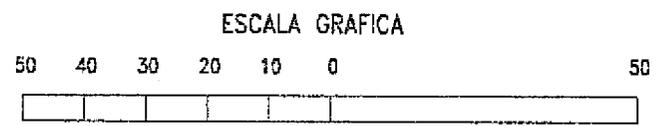
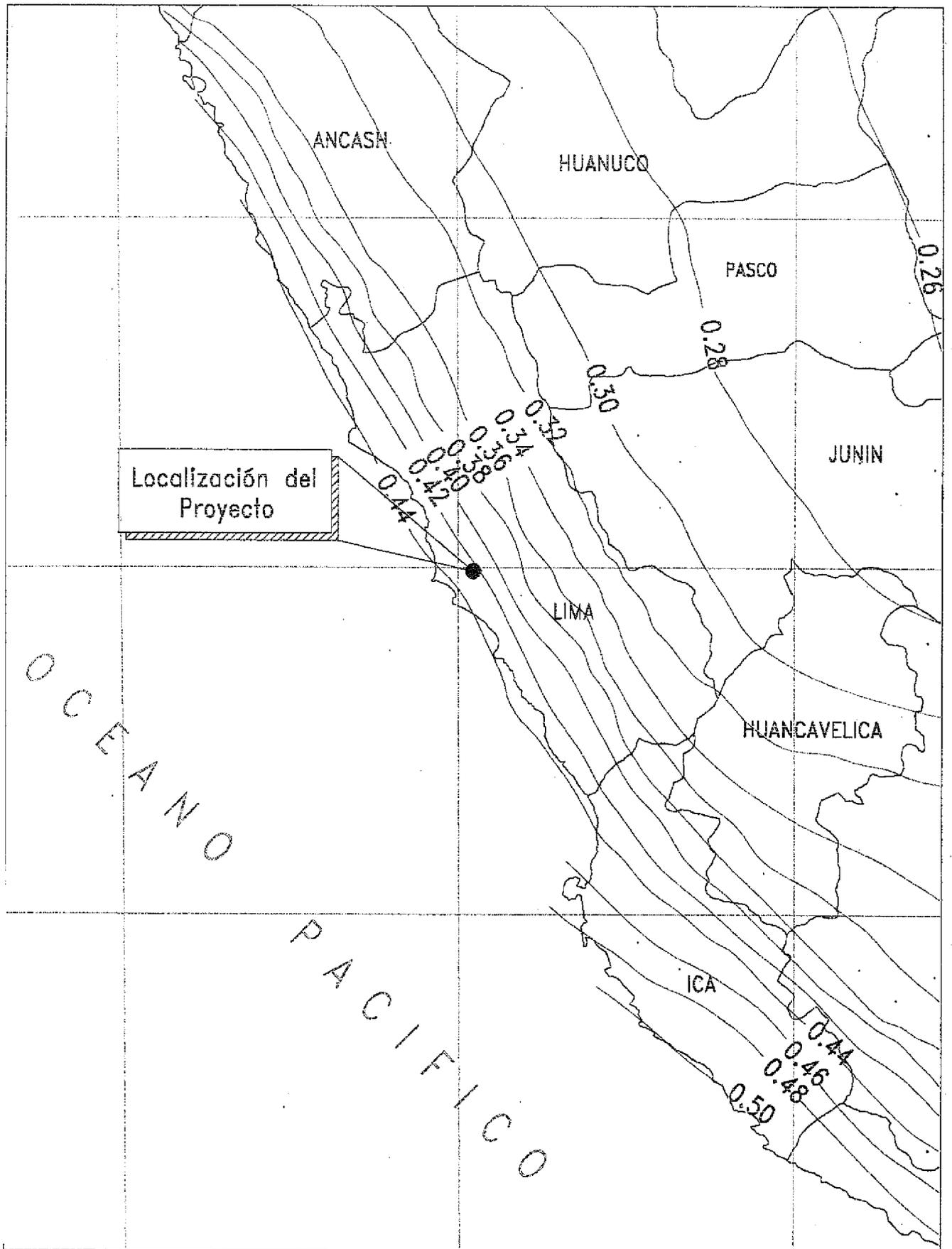


Figura N°7 : Mapa de Isoaceleraciones de la Zona en Estudio (50 años).

concluir que este material gravoso predomina en el área en estudio sirviendo de suelo de cimentación a las estructuras del mencionado hospital.

- La profundidad del nivel del agua alrededor del Hospital varia de 70 a 80 metros, según el estudio Hidrogeológico de Abastecimiento de Agua al Hospital Guillermo Almenara Irigoyen.
- En base a resultados obtenidos de ensayos de corte directo in-situ realizados por la UNI en el conglomerado de Lima se concluye que los valores del ángulo de fricción interna son bastante elevados indicando una alta capacidad de carga de este tipo de suelos. Conservadoramente se ha estimado una capacidad de carga del orden de 4.0 Kg/cm^2 para condiciones típicas de cimentación.
- Ensayos de carga estáticos y cíclicos realizados por el CISMID-UNI en este tipo de suelos, utilizando placas circulares rígidas de 30 cm de diámetro indican que su compresibilidad es muy baja, siendo los asentamientos obtenidos del orden de los 3 mm para cargas de 10 a 12 Kg/cm^2 .
- Según el Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú 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 IX en la escala de Mercalli Modificada.
- Según el Mapa de Zonificación Sísmica la localidad de Lima se encuentra comprendida en la Zona I correspondiéndole una sísmicidad alta.

- El suelo de cimentación del Hospital Almenara corresponde a un suelo tipo I, con un período predominante de $T_s = 0.3$ seg. de acuerdo a las Normas de Diseño Sismo Resistente del Reglamento Nacional de Construcciones.
- La magnitud máxima para la zona en estudio correspondiente a un sismo localizado en la zona de subducción superficial es de 8.0 según el Estudio de Peligro Sísmico en el Perú realizado por Castillo y Alva (1993).
- Los valores de aceleraciones máximas a nivel de roca basal para la zona en estudio considerando una excedencia de 10% en un tiempo de vida útil de la estructura de 50 y 100 años son de 0.42g y 0.50g respectivamente, mientras que los valores de aceleraciones efectivas, considerando un factor de reducción de 2/3, son de 0.28g y 0.33g. Finalmente, estimando la posible amplificación que podrían sufrir las ondas en el depósito de suelo, los valores de aceleración máxima superficial resultarían del orden de 0.50g y 0.60g para 50 y 100 años de vida útil respectivamente.