

ÍNDICE

1	Introducción	1
1.1.	Aspectos a Considerar	2
2	Sísmo de Máxima Intensidad Esperado en la Zona	4
2.1.	Sismicidad en la Zona de Benioff	6
2.2.	Sismicidad de la Corteza	6
3	Aspectos Estructurales	10
3.1.	Características Geométricas del Edificio	11
3.1.1	Configuración Estructural Sismorresistente	12
3.2.	Característica de los Materiales Utilizados	13
3.2.1.	Suelo de Fundación.....	13
3.2.2.	Hormigones y Armadura de Acero	14
3.3.	Vulnerabilidad Estructural	15
3.4.	Índices Estructurales para la Evaluación de la Seguridad Sísmica	18
3.4.1.	Método de Hirosawa	18
3.4.1.1.	Cálculo del Índice I_2	18
3.4.1.2.	Cálculo del Índice I_{90}	23
3.4.2.	Método de Meli	25
3.5.	Calificación de la Vulnerabilidad Estructural	27
4.	Aspectos No Estructurales	28
4.1.	Introducción.....	28
4.2.	Vulnerabilidad No Estructural	29
4.3.	Resumen de los Sistemas Seleccionados y su Calificación	36
4.4.	Calificación de la Vulnerabilidad No Estructural	36
5.1	Conclusiones	71
	Bibliografía	73
	Anexo I	75

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

La provincia de San Juan, situada en la región centro-oeste de la República Argentina, en el borde oriental de la Cordillera de Los Andes, ha sido escenario de numerosos terremotos moderados e intensos. El Valle del Tulum constituye la zona de mayor importancia de la provincia, ya que contiene casi el 90 % de su población y en él se concentra más del 90 % de la actividad económica provincial, ésta ha sido afectado por terremotos devastadores, entre los que puede citarse los ocurridos el 15 de enero de 1944 y el 23 de noviembre de 1977, ambos de 7,4 Ms.

Los terremotos son eventos que suceden en forma repentina e inesperada causando alteraciones intensas sobre los elementos sometidos, representadas en la pérdida de vida y salud de la población, la destrucción o la pérdida de bienes de una comunidad y daños severos sobre el medio ambiente. Este tipo de desastres, por sus características, corresponden a amenazas que no pueden ser neutralizadas debido a que es imposible intervenir su mecanismo de origen.

Los efectos que pueden causar los terremotos varían dependiendo de las características de los elementos expuestos y de la naturaleza del evento. Éstos pueden clasificarse en pérdidas directas e indirectas.

Las pérdidas directas están relacionadas con el daño físico, expresado en víctimas, daños en la infraestructura de servicios públicos, etc., es decir en la alteración del hábitat. Las indirectas pueden expresarse como efectos sociales, tales como la interrupción del transporte y servicios públicos y como efectos económicos que representan la alteración del comercio y la industria como consecuencia de la baja producción, etc.

En un amplio número de países en desarrollo, tales como los 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 20 ó 30 segundos. Cifras que en muchos casos pueden llegar a representar un gran porcentaje del Producto Bruto Interno de cada país.

Estudios de los daños causados por terremotos destructores en este siglo, evidencian que los hospitales se encuentran entre los principales afectados. Las consecuencias de un sismo en los centros de salud no sólo se encuentran en el pánico de su personal y pacientes o en un colapso total o parcial de su estructura, sino también por las pérdidas parciales o totales de la capacidad de función del sistema. Ésta pérdida de función no está necesariamente asociada a que ocurra daño en la estructura, sino también al nivel de organización y a la seguridad del equipamiento contenido.

El diseño y construcción de hospitales en zonas sísmicas ofrece múltiples desafíos a los profesionales involucrados, debido a la importancia que tienen dichas construcciones en la vida de una ciudad y, en mayor medida, a la que adquieren en caso que sea necesario atender las víctimas de un desastre.

A pesar de ello, muchos hospitales han sufrido graves daños, o incluso han llegado al colapso, como consecuencia de terremotos intensos, privando a las comunidades afectadas de una adecuada atención de las víctimas. La estadística del comportamiento sísmico de los hospitales en el presente siglo en países americanos es muy ilustrativa. Según un estudio realizado por Grases

(1990), durante un período de 15 años se observa que un 20 % de los hospitales de mayor complejidad afectados por algún evento sísmico sufrieron daño irreparable.

Adicionalmente las restricciones típicas del sector impiden que éste se recupere rápidamente a los niveles anteriores y no son extraños los casos de hospitales en que los efectos de un sismo aún se perciben después de 10 años.

El presente informe corresponde al estudio de la vulnerabilidad física y funcional del Hospital "Dr. Cesar Aguilar". Éste se encuentra ubicado en la ciudad de Caucete, provincia de San Juan, en la zona de mayor riesgo sísmico del país, el cual tuvo que ser reconstruido por completo luego de su destrucción durante el terremoto de 1977.

Por su importancia, este hospital ofrece atención a una vasta región de la zona este de la provincia, que incluye a los departamentos de Caucete, 25 de Mayo, Angaco y San Martín, y a una población de aproximadamente 70.000 habitantes, con una infraestructura que cuenta con 33 camas en salas de internación, 16 servicios clínicos principales y 150 personas que cumplen sus funciones diarias en él, entre profesionales, enfermeros y personal administrativo.

El hospital posee una superficie construida de 4.071 m², divididos en seis sectores y una sala de máquinas, todos en planta baja, excepto el sector 1 que posee dos plantas, donde se encuentra la administración general del hospital.

1.1 Aspectos a Considerar

El hospital es un servicio importante en el desarrollo de la comunidad. Sus funciones regulares permiten un crecimiento sano y adecuado de ella. Adicionalmente el hospital es de primordial importancia en una situación de emergencia, especialmente en aquellas en las cuales un vasto sector de la población se ve afectado, como es el caso de los sismos.

Dentro de estas situaciones de emergencia, los eventos sísmicos revisten un carácter particular, ya que no sólo la comunidad está sometida a un desastre, sino que el mismo centro médico está sujeto a sus efectos. Es importante recalcar que los daños debidos a terremotos no se pueden eliminar, pero una evaluación que considere los aspectos sísmicos fundamentales puede reducir considerablemente la vulnerabilidad de una comunidad y en particular de un hospital.

Para la evaluación de la vulnerabilidad física del hospital, es necesario dividir el estudio en aspectos estructurales y no estructurales, y establecer una relación de estos aspectos con la funcionalidad del sistema.

Los objetivos de la mitigación de la vulnerabilidad de hospitales deben estar orientados a la protección de pacientes, personal y visitantes dentro y en los alrededores del hospital, teniendo en cuenta que los sistemas de atención de emergencia deben quedar operativos después del evento, que el sistema del hospital no solo debe sobrevivir al sismo sino que debe estar en capacidad de dar respuesta adecuada a la demanda de la comunidad a la que sirve, el personal de rescate debe tener posibilidades de operación dentro de la estructura inmediatamente después del evento y los daños físicos y funcionales deben ser sólo aquellos que el sistema pueda tolerar.

Por último, hay que considerar que los hospitales presentan una vulnerabilidad especial debido a su configuración y funciones. Entre otras podemos destacar que son sistemas altamente ocupados por pacientes, médicos, visitas, etc., durante las 24 hs del día, existe un gran número de personas con limitación de movimientos o dependientes de equipos para sobrevivir, existe gran cantidad de equipos con sustancias y elementos potencialmente peligrosas, estructuras complejas que combinan funcionamiento de hoteles, oficinas, laboratorios y bodegas, sistema altamente dependiente de servicios básicos como agua, electricidad, comunicaciones, etc., y gran número de dependencias con funciones varias.

Capítulo 2

SISMO DE MÁXIMA INTENSIDAD ESPERADO EN LA ZONA

La Provincia de San Juan está situada en una zona sísmicamente activa, al oeste de la Cordillera de Los Andes, en el centro de Sudamérica

La actividad sísmica existe tanto en la placa de Nazca subducente como en la placa Sudamericana. (Figura 2.1)

Varios grandes terremotos, algunos de ellos destructivos, han tenido lugar en la zona en los últimos 120 años. La tabla 2 1 y las Figuras 2 2 y 2 3, muestran un resumen de los sismos históricos desde 1918 hasta 1980 (INPRES, 1980), todos ellos con magnitud $M_s > 6$, ocurridos en un área que va desde 29° a 34° de latitud sur y 66° a 71° de longitud oeste.

Fecha	Magnitud [M_s]
20 de marzo de 1861	7.0
27 de octubre de 1894	7.5
27 de julio de 1917	7.0
17 de diciembre de 1920	6.5
14 de abril de 1927	7.4
28 de julio de 1928	6.5
15 de enero de 1944	7.4
10 de junio de 1952	7.0
4 de septiembre de 1953	6.9
20 de febrero de 1959	6.5
29 de diciembre de 1972	6.0
26 de junio de 1977	7.0
23 de noviembre de 1977	7.4

Tabla 2 1. Sismos superficiales o de corteza en la Provincia de San Juan y alrededores

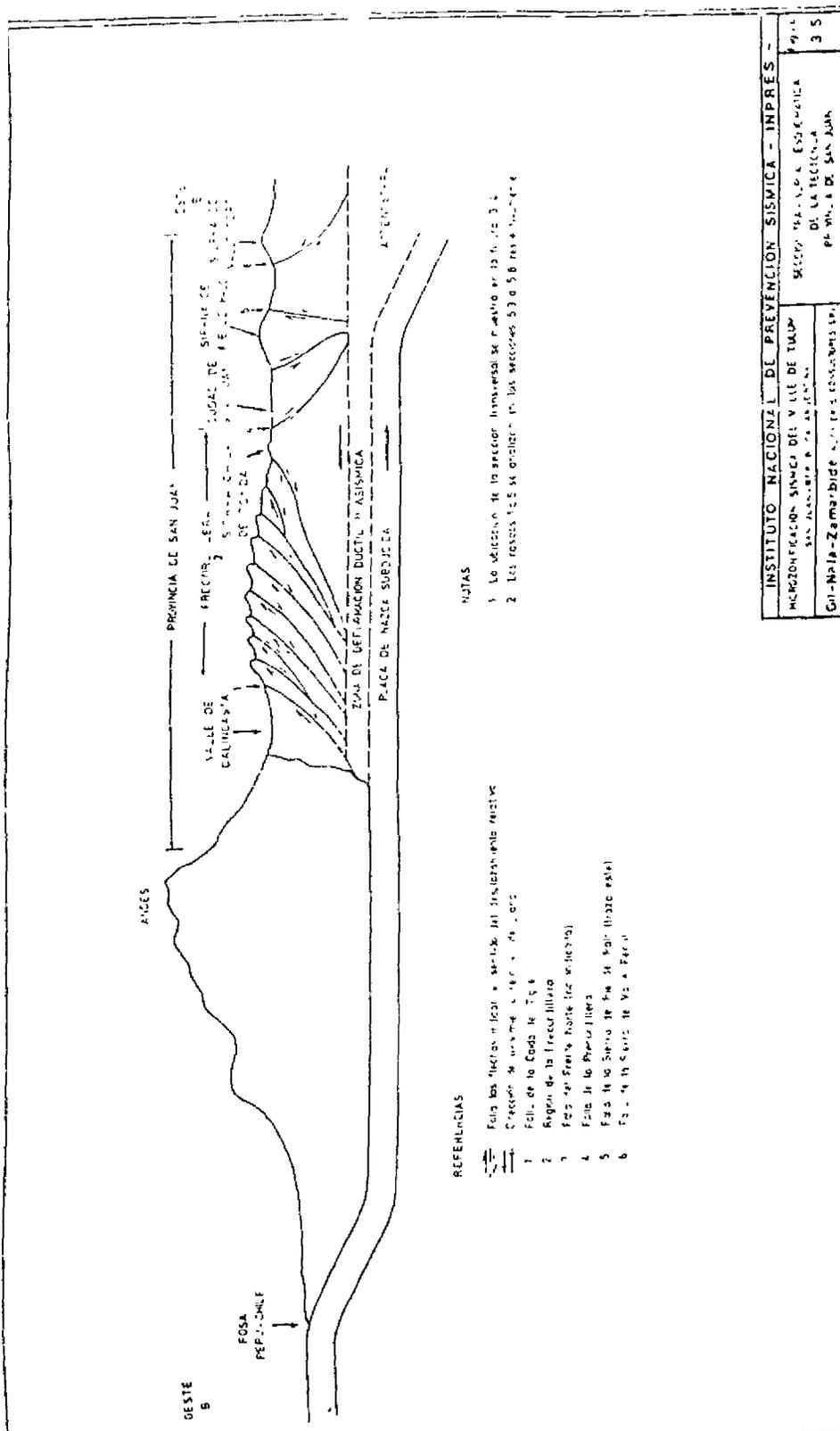


Figura 2.1: Sección Transversal Esquemática de la Tectónica de la Provincia de San Juan (INPRES, 1982)

2.1 Sismicidad de la zona de Benioff

Las zonas de Benioff son regiones de sismicidad laminar definidas por terremotos intermedios y profundos (entre 60 y 600 km) en la mayoría de los bordes de las placas de subducción. Ellas tienen generalmente una inclinación pronunciada (más de 25°) y se considera que representan la parte de la litosfera oceánica que desciende por debajo de la placa continental superior. Se considera que los terremotos, en este rango de profundidad, están asociados con deformación interna de la placa subducida.

El perfil transversal mostrado en la figura 2.1 indica que hay una región relativamente asísmica bajo la provincia de San Juan, en el rango de profundidad que va de los 65 a 100 km, se interpreta que esta región separa la zona de Benioff de la zona de terremotos de corteza situada en la placa continental

Estudios realizados por el INPRES (1982) indican que el máximo terremoto histórico correspondiente a la zona de Benioff, que se sepa ha ocurrido en la región, es el de magnitud Ms 7.1, en 1927. En un estudio correspondiente a la parte de baja inclinación de la zona de subducción, se concluyó que la magnitud máxima esperada para el rango de profundidad entre 35 y 70 km es de Ms 7.5. Este valor máximo está de acuerdo con los registros históricos mundiales, incluyendo la zona de subducción de Sudamérica.

2.2. Sismicidad de la corteza

De acuerdo a los estudios realizados por el INPRES (1982) las profundidades focales dentro de un rango de 0 a 65 km son a menudo difíciles de definir con certeza. En función de los registros históricos de terremotos de magnitud mayor que Ms 6. (Figura 2.3), la magnitud máxima de sismos de corteza esperada en la zona es de Ms 5, asociadas principalmente a las fallas activas identificadas dentro de la provincia.

El modelo de la actividad sísmica histórica de la provincia y sus alrededores, desde el siglo XVI en adelante, es claramente no uniforme en el tiempo. La tabla 2.1 revela que la frecuencia de ocurrencia de grandes terremotos es considerablemente mayor en los últimos 120 años que durante los tres siglos precedentes. Tales variaciones en la sismicidad regional han sido estudiadas en otras regiones sísmicas del mundo, por ejemplo la observación de McGuire (1977) referente a la confiabilidad estadística de la recurrencia de terremotos históricos, sugiere que el intervalo integral del registro de la sismicidad histórica de alrededor de 60 años que se dispone en la provincia de San Juan para terremotos de magnitud (Ms) mayores o iguales que 5, puede ser adecuado para predecir la probabilidad del peligro sísmico para los próximos 50 años, pero que el intervalo más largo que se extiende desde 1560 a la fecha, puede resultar menos confiable. La base principal para definir la recurrencia de los sismos en este estudio, es la evidencia geológica del comportamiento de fallas.

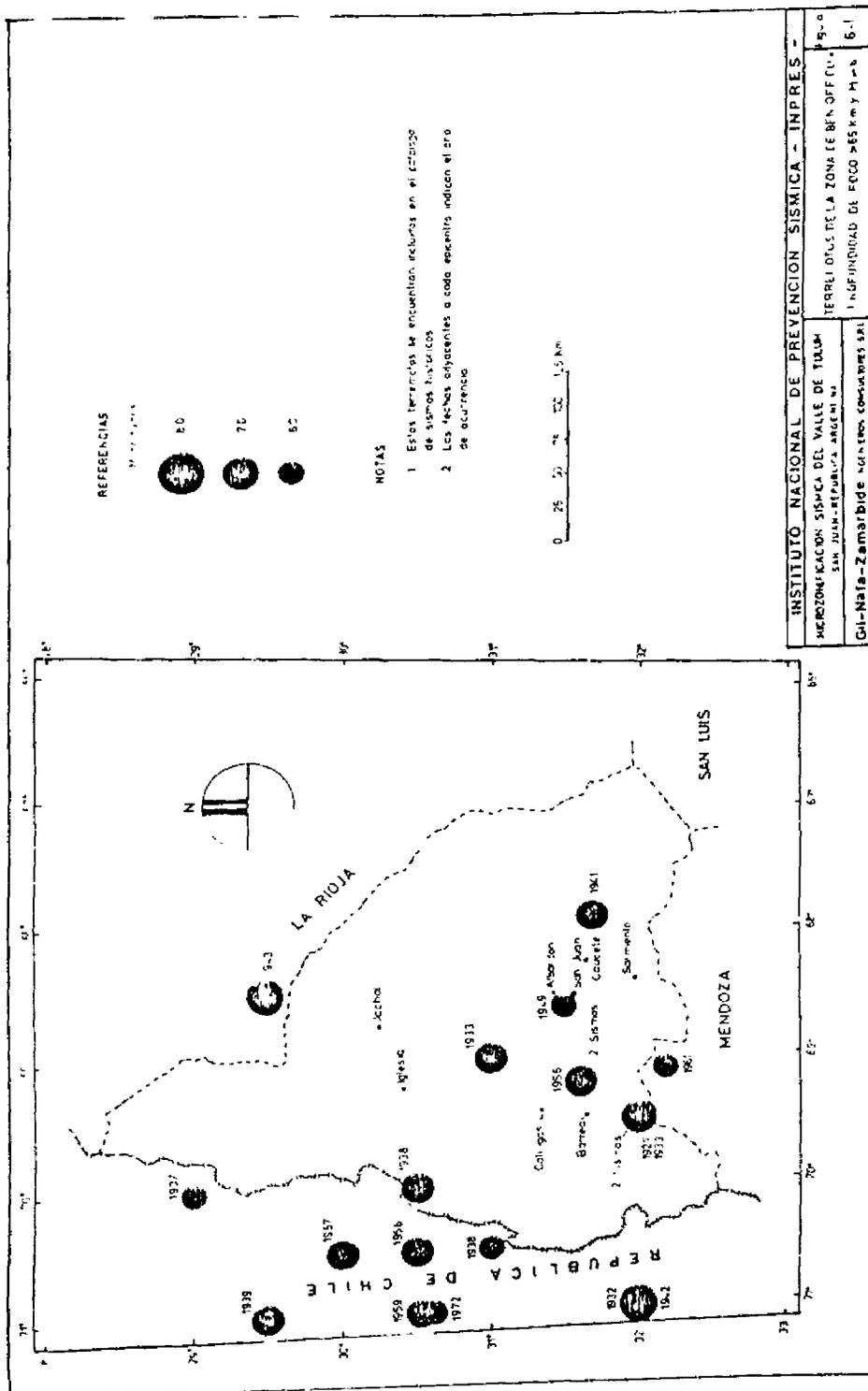


Figura 2 2: Sismos en la zona de Benioff con profundidad > 65 km y M > 6 (INPRES, 1982)

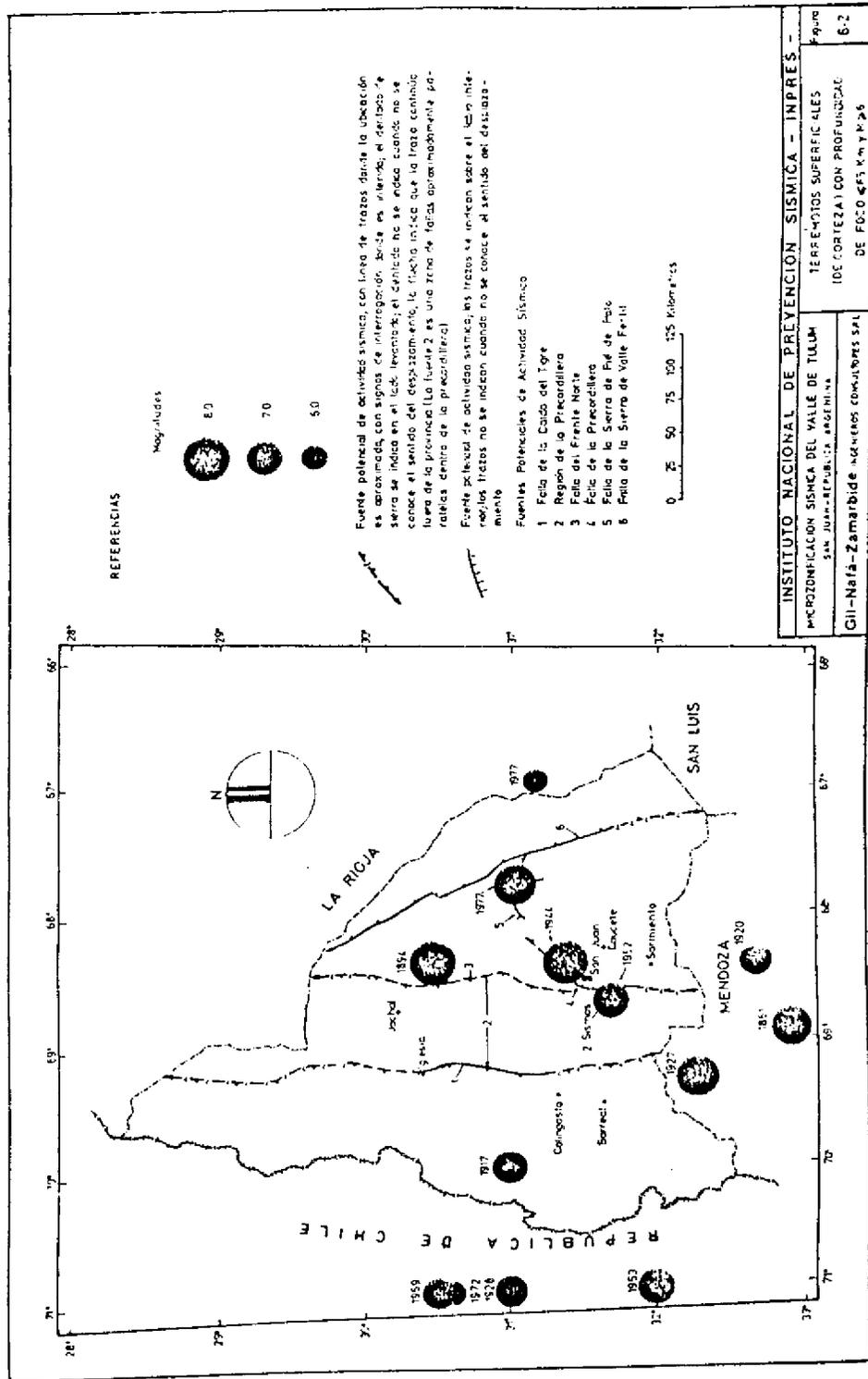


Figura 2.3: Terremotos superficiales con profundidad < 65 km y M > 6 (INPRES, 1982)

Capítulo 3

ASPECTOS ESTRUCTURALES

Los hospitales, más que ningún otro servicio, tienen inconvenientes para prepararse para enfrentar situaciones de emergencia, como es el caso de los sismos. Muchos de estos problemas se ven originados en deficiencias estructurales y operativas de los edificios.

La componente estructural debe ser considerada en la etapa de diseño y construcción o en la de remodelación y mantenimiento, según se trate de un edificio nuevo o ya construido. Un buen criterio en la selección del sistema estructural a utilizar es la clave para la integridad física del edificio aun ante un sismo intenso, aunque posiblemente se puedan aceptar daños menores, ya que después de un desastre éste debe seguir prestando un servicio a la comunidad.

Por otro lado, es aconsejable evitar el planteamiento de configuraciones estructurales que se aparten de las formas geométricas simples, debido a que la naturaleza errática de los sismos y la posibilidad de éstos de exceder el nivel máximo esperado, hacen que las configuraciones complejas sean fuertemente castigadas por los terremotos, teniendo en cuenta además, que los métodos de análisis sísmicos usuales, no cuantifican adecuadamente estos problemas.

Afortunadamente, debido a la amplia experiencia recogida en la zona, la aplicación de las normas de construcción sismorresistentes se han realizado efectivamente en los últimos años, especialmente para las estructuras de edificaciones hospitalarias

El objetivo de este capítulo es determinar si el hospital presenta serios problemas de riesgo sísmico debido a su configuración estructural, a las características de los materiales utilizados y a las condiciones del suelo de fundación.

Con este propósito se realizaron una serie de visitas al hospital y se revisaron minuciosamente los planos estructurales y arquitectónicos del edificio, a fin de evaluar la calidad estructural sismorresistente del edificio utilizando métodos que la califican a partir de sus características más relevantes, con índices de fácil determinación, con un criterio muy simple de "Buena", "Regular" o "Mala".

Estos métodos, que son cualitativos, están asociados a índices globales que han sido calibrados con la experiencia de estructuras existentes sometidas a sismos intensos y que permiten no sólo identificar el riesgo, sino también en algunos casos el nivel de daños. En este trabajo se utilizará el método propuesto por Hirosawa (1992) para evaluar la vulnerabilidad del sector 1 del edificio cuya configuración estructural es del tipo aporticada, debido a que este método se utiliza para cualquier tipología estructural y el método de Meli (1991) para los demás sectores, donde predominan los muros de albañilería.

En estos métodos, la vulnerabilidad estructural se determina comparando la capacidad resistente de la edificación con el nivel de sollicitación demandado por el sismo de máxima intensidad esperado en la zona, teniendo en cuenta las condiciones locales del suelo de fundación. Para ello se ha considerado el Reglamento Argentino INPRES-CIRSOC 103 y la Microzonificación Sísmica del Valle del Tulum - Provincia de San Juan, desarrollado por el INPRES (1982).

Existen además métodos cuantitativos que son más exhaustivos. Normalmente son extensiones de los procedimientos de análisis y diseño antisísmico recomendados por las normas modernas. Estos métodos son indispensables de aplicar en el momento de establecer soluciones en sistemas considerados vulnerables después de una etapa de calificación y diagnóstico.

En el caso particular del Hospital "Dr. Cesar Aguilar" de la ciudad de Caucete, no se posee información histórica del comportamiento de su estructura ante la acción de sismos destructivos, debido a que éste fue reconstruido totalmente luego de su destrucción en el terremoto del 23 de noviembre de 1977. Por ello el presente trabajo carece de esa valiosa información al momento de evaluar su vulnerabilidad

3.1 Características Geométricas del Edificio

El edificio del hospital de Caucete está dividido en seis sectores, de los cuales cuatro de ellos poseen una planta de forma rectangular, uno en forma de "H" y el restante en forma de "L", además, existe una dependencia totalmente separada denominada Sala de Máquinas cuya planta es rectangular. Estos sectores están separados por juntas de dilatación de 5 cm y se distribuyen como lo muestra esquemáticamente la figura 3.1. Las áreas de las plantas, el numero de pisos, las alturas de ellos y los pesos de los diferentes sectores se indican en la tabla 3.1. Para la determinación de los pesos de la estructura se consideraron los pesos propios de losas y muros de mampostería y una sobrecarga de servicio en el entrepiso del sector 1 de 200 kg/m^2 , según lo establece la Norma INPRES CIRSOC 101.

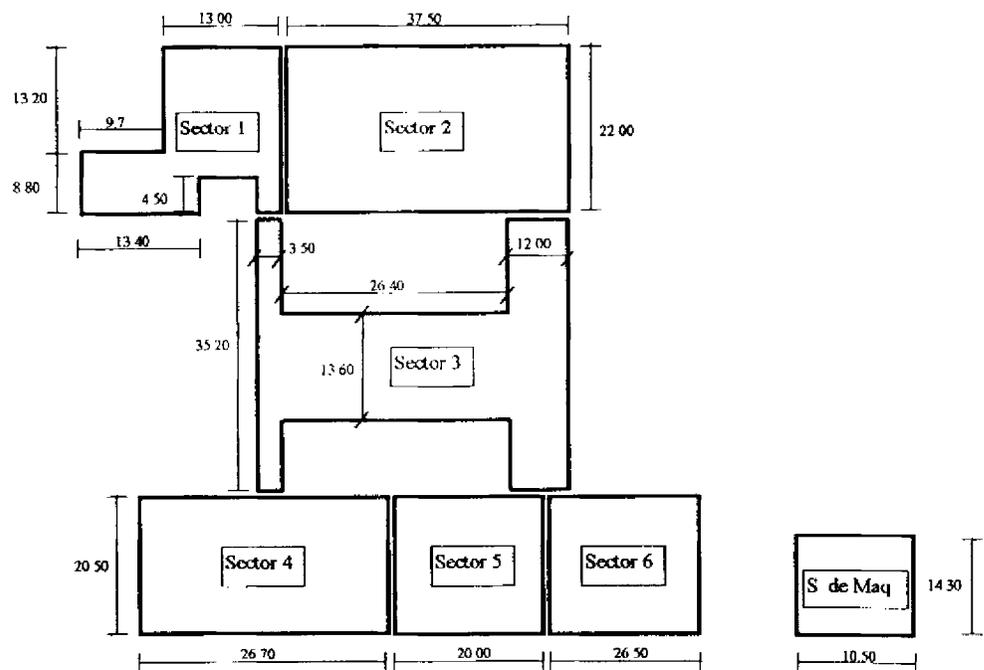


Figura 3.1: Distribución de los sectores del Hospital

Sector	Área [m ²]	Altura [m]	Nº de Pisos	Peso de la Estr. [t]
1 P.B.	345.3	2.50	2.00	322.3
1 P.A.	345.3	2.50	2.00	135.5
2	825.0	2.50	1.00	421.0
3	904.6	2.50	1.00	461.6
4	547.4	2.50	1.00	292.6
5	410.0	2.50	1.00	202.5
6	543.3	2.50	1.00	278.9
S.M.	150.2	2.50	1.00	119.7

Tabla 3.1 Dimensiones de los Sectores

3.1.1 Configuración Estructural Sismorresistente

El sistema estructural sismorresistente del sector 1 está conformado una por estructura aporricada de hormigón armado, según las dos direcciones principales del edificio, lo mismo que la caja de escaleras. Los sectores 2 a 6 están constituidos por muros de mampostería armada con 2 barras de acero torsionado de 4.2 mm de diámetro cada 50 cm y enmarcados con columnas y vigas de encadenado de 20 cm x 20 cm, armadas con 4 ϕ 10 mm y estribos ϕ 4.2 mm c/15 cm. La mampostería de 30 cm de espesor es de ladrillos cerámicos macizos y la de 20 cm está constituida por ladrillos cerámicos huecos.

La estructura sismorresistente del sector "Sala de Máquinas" consiste en muros de albañilería de ladrillos cerámicos macizos de 30 cm espesor, enmarcados con columnas y vigas de encadenado de las mismas características que las utilizadas en los demás sectores, en ambas direcciones principales de la estructura.

Los pisos de los distintos niveles (incluyendo el techo) están constituidos por losas armadas con viguetas de hormigón pretensado y ladrillos cerámicos huecos, con una capa de compresión de 5 cm y una malla de ϕ 6 mm cada 25 cm. En algunos casos en el sector 1 se han utilizado losas armadas en ambas direcciones, con espesores que varían entre 8 y 16 cm, las que forman diafragmas rígidos a nivel de cubierta. Esto conlleva a que los muros resisten en forma conjunta la acción sísmica y debido a la densidad de muros existente en ambas direcciones esa acción no depende de un número reducido de elementos.

Las tablas 3.2 a 3.8 (que se presentan en el Anexo I) muestran la distribución de las fuerzas sísmicas en los muros y en las columnas de hormigón armado. En ellas se puede advertir que las tensiones de corte en los muros se mantienen por debajo de 2 kg/cm², lo que asegura la integridad física de ellos ante la acción del sismo de máxima intensidad esperado en la zona. En las mencionadas tablas están definidas además, la posición del centro de gravedad de la estructura y del centro de rigidez, con lo que se puede determinar la excentricidad existente ante los efectos de torsión.

Para las fundaciones de las estructuras verticales que forman el sistema sismorresistente del sector 1, se han utilizado bases aisladas cuyas dimensiones varían desde 60 cm hasta 1.15 m de lado y fundadas a una profundidad media de aproximadamente 45 cm bajo el nivel del terraplén. Los muros de los sectores restantes están fundados sobre vigas de fundación y zapatas corridas.

Los túneles existentes en el edificio están contruidos con muros de hormigón armado y fundados sobre losas macizas de fundación de hasta 20 cm de espesor.

Existe un tanque elevado de 40.000 l de capacidad para el abastecimiento de agua, éste está montado sobre una estructura metálica y fundado sobre bases aisladas.

Los cambios de uso de los espacios interiores han introducido algunos cambios en el edificio. Estas modificaciones han consistido en cierres de aberturas de puertas y ventanas, modificando substancialmente las condiciones de circulación del hospital y en la colocación de algunos tabiques divisorios livianos en ciertos ambientes. Todo ello ha permitido conservar prácticamente intacta la estructura sismorresistente del hospital.

Desde el punto de vista de la configuración estructural se aprecia una distribución de elementos sismorresistentes casi simétrica en la dirección de ambos ejes principales de las plantas. Parte de estos elementos están ubicados en el perímetro de cada sector. El sector 1 presenta una continuidad de líneas resistentes en altura y una distribución de masas y rigideces en elevación uniforme, lo que garantiza la transmisión correcta de las acciones hasta las fundaciones.

Producto de estas condiciones y de la alta densidad de muros existentes en cada dirección, los desplazamientos no serán una condición crítica en el comportamiento sísmico del edificio, lo que asegura la ausencia de daños severos en las divisiones de mampostería y en las zonas de juntas de dilatación durante la acción de un sismo. Para ello debe considerarse que los antecedentes experimentales indican que el agrietamiento de los muros confinados se producen para un desplazamiento horizontal relativo de sus extremos del orden de 1/800 de la altura del muro (Gallegos, 1991), de este modo es de esperar que estos desplazamientos no superen los 0.3 cm.

Esta situación garantiza una condición de servicio aceptable del edificio y además permite adosar elementos no estructurales, tales como muros y paneles divisorios a la estructura principal sin producir daños debido a la fragilidad usual de los materiales usados en la construcción de estos elementos.

3.2 Características de los Materiales Utilizados

De acuerdo a los antecedentes recogidos y a los estudios realizados por el Instituto de Materiales y Suelos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan, durante la etapa de construcción del edificio, se tiene:

3.2.1. Suelo de Fundación

De las perforaciones efectuadas en el lugar de emplazamiento del hospital se ha podido identificar un perfil del suelo, correspondiente a una profundidad de 12.45 m, con las siguientes características:

Prof. [m]	Descripción	S.P.T.	Salas [%]	ϕ_u	γ [kg/dm ³]	γ_d [kg/dm ³]
0,00 a 1,40	Arcilla	8	N.F.	19°	2.01	1.57
1,40 a 2,50	Limo arcilloso	8	0.170	19°	2.01	1.57
2,50 a 4,40	Arena Limosa	5	0.240	29°	1.97	1.50
4,40 a 6,40	Limo arcilloso	10	0.095	18° - 10°	2.04	1.54
6,40 a 7,80	Limo	4	0.150	14°	1.97	1.50
7,80 a 8,90	Limo arcilloso	7	0.320			
8,90 a 12,45	Arena Limosa	12		33°	2.01	1.58

Este tipo de suelo donde está fundado el hospital está individualizado como altamente susceptible al fenómeno de licuación de arenas, condición que se pudo comprobar el en terremoto del 23 de noviembre de 1977, además, según los informes existentes de la etapa de construcción, dicho sismo produjo una grieta de considerables dimensiones en la zona de emplazamiento del hospital.

3.2.2 Hormigones y Armaduras de Acero

Según los planos estructurales del proyecto final del hospital, se utilizaron las siguientes calidades de materiales:

- a) **Fundaciones:** Para el caso de las columnas de hormigón armado se utilizaron bases aisladas de hormigón de 130 kg/cm² de tensión característica, con una armadura de refuerzo de acero torsionado de 2.400 kg/cm² de tensión de fluencia. Los muros de mampostería están fundados sobre vigas de fundación de hormigón de 150 kg/cm² de tensión característica con una armadura de refuerzo de acero torsionado de 2.400 kg/cm² de tensión de fluencia.
- b) **Columnas y Vigas de hormigón armado:** Estos elementos están constituidos de hormigón de 150 kg/cm² de tensión característica, con una armadura de refuerzo de acero torsionado de 2.400 kg/cm² de tensión de fluencia.
- c) **Muros de Mampostería:** Los muros de 20 cm de espesor están construidos con ladrillos cerámicos huecos reforzados con acero torsionado de 2.400 kg/cm² de tensión de fluencia. Los muros de 30 cm de espesor están construidos con ladrillos cerámicos macizos reforzados con acero torsionado de 2.400 kg/cm² de tensión de fluencia.
- d) **Losas:** Éstas están constituidas por losas armadas con viguetas de hormigón pretensado con alambres de acero de 11.000 kg/cm² de tensión de fluencia y ladrillos cerámicos huecos, con una capa de compresión de hormigón de 150 kg/cm² de tensión característica de 5 cm de espesor y una malla acero torsionado de 2.400 kg/cm² de tensión de fluencia.
- e) **Túneles:** Estos elementos están construidos y fundados en hormigón de 150 kg/cm² de tensión característica con una armadura de refuerzo de acero torsionado de 2.400 kg/cm² de tensión de fluencia.

f) Tanque elevado: Estructura metálica de 2.400 kg/cm^2 de tensión de fluencia y fundado sobre bases aisladas de hormigón de 150 kg/cm^2 de tensión característica con una armadura de refuerzo de acero torsionado de 2.400 kg/cm^2 de tensión de fluencia

3.3. Vulnerabilidad Estructural

Con el propósito de evaluar la calidad estructural sismorresistente del hospital, se evalúan los índices que permiten juzgar los niveles de daños que podrían producirse para el sismo de máxima intensidad esperado en la zona, sin llegar a una etapa de cálculo estructural

Como primer paso para evaluar la vulnerabilidad estructural del edificio se cuantifican aquellos aspectos cualitativos que se consideran determinantes, con un criterio simple de Buena, Regular o Mala: Ellos son.

3.3.a. Forma:

3.3.a.1. Planta.	Simetría, proporción y continuidad.
3.3.a.2. Elevación:	Simetría, proporción y continuidad.

3.3.b. Sistema Estructural:

3.3.b.1. Componentes:	Densidad y Continuidad.
3.3.b.2. Configuración.	Simetría, uniformidad y relación con elementos no estructurales.

3.3.a Forma

3.3.a.1 Planta

3.3.a.1.1. Plantas Rectangulares

Las plantas de los sectores 2, 4, 5, 6 y Sala de Máquinas tienen una buena simetría al no presentar perforaciones ni apéndices excéntricos.

Además poseen una buena proporción si se considera que la relación entre los lados de las plantas es siempre menor que 1,7, ello está en concordancia con lo que indica el Capítulo 11 del Reglamento INPRES-CIRSOC 103, Parte III, donde indica, entre otras cosas, que la relación entre los lados mayor y menor del rectángulo debe ser menor que 2 para asegurar que los efectos de los momentos de vuelco y momentos torsores resulten de escasa importancia. En consecuencia el esfuerzo de corte aparece como sollicitación determinante ante la excitación sísmica.

En cuanto a la continuidad ésta es buena al no existir perforaciones en la cubierta del hospital ni apéndices excéntricos

3.3.a.1.2. Plantas que se apartan de la forma Rectangular

La planta del sector 1 tiene una simetría regular a mala debido a su forma aproximada de "L", mientras que la del sector 3 tiene una simetría buena a regular debido a su forma de "H".

Además poseen una buena proporción si se considera que la relación entre los lados del rectángulo que circunscribe las plantas es siempre menor que 1,2.

En cuanto a la continuidad, ésta es regular debido a que la relación entre el área de las perforaciones de la cubierta y el área total del rectángulo que circunscribe al sector, es igual a 0,31 para el sector 1 y 0,39 para el sector 3.

3.3.a.2 Elevación

Teniendo en cuenta que los sectores 2 a 6 del edificio del Hospital "Dr. Cesar Aguilar" de Cauce, están constituidos solamente por estructuras en planta baja, incluyendo la sala de máquinas y que la provisión de agua se hace por medio de un tanque elevado completamente independiente de la estructura del hospital, dichos sectores poseen una buena simetría, proporción y continuidad en las dos direcciones principales del edificio

En cuanto al sector 1, éste posee dos plantas con continuidad proporción y simetría adecuadas, por lo que se las puede calificar como buenas

3.3.b Sistema Estructural

3.3.b.1 Componentes

Para calificar los componentes del sistema estructural del Hospital "Dr Cesar Aguilar" de Cauce se consideró la densidad de elementos verticales y la continuidad de las líneas resistentes en elevación

La continuidad vertical del sistema estructural es buena, debido principalmente a que el edificio es en planta baja casi en su totalidad, y que el sector 1 no presenta discontinuidades en elevación La fig. 3 2 muestra algunas fachadas típicas del edificio