

Tabla 3.8 Relación entre la densidad de muros (I_{mm}) y el nivel de daños. Edificios construidos con muros de albañilería confinada y ladrillos hechos a máquina.

I_{mm}	Nivel de daños
≤ 0.0075	Grave
$0.0075 < I_{mm} \leq 0.015$	Intermedio
> 0.015	Mínimo

Utilizando el trabajo de Meli, Astroza et al. (1993) establecen un criterio para calificar sísmicamente los edificios de albañilería. La calificación se hace a partir de la relación empírica entre el nivel de daño observado y el índice de densidad de muros propuesto por Meli (1991).

Para determinar la relación indicada se utilizaron los daños observados en este tipo de edificios durante el sismo de Chile del 3 de marzo de 1985, junto con la información usada por Meli. La base de datos son 17 edificios ubicados en la ciudad de Santiago, los que experimentaron distintos niveles de daño durante el sismo del 3 de marzo de 1985. Estos edificios se ubican en distintos sectores de la ciudad donde el grado de intensidad varió entre 8 y 7 grados de la escala de Mercalli Modificada.

La relación entre el nivel de daños y la densidad de muros por unidad de piso propuesta por Astroza et al. 1993, se indica en la tabla 3.9. La descripción de las diferentes categorías de daño se entrega en la tabla 3.10.

Tabla 3.9 Relación entre el nivel de daños y la densidad de muros, (Astroza et al.,1993).

Nivel de Daños	Categoría de Daños	Densidad de muros I_{mm}
Daño Leve	0 y 1	$I_{mm} > 0.0115$
Daño Moderado	2	$0.0085 < I_{mm} \leq 0.0115$
Daño Severo	3	$0.005 < I_{mm} \leq 0.0085$
Daño Grave	4 y 5	$I_{mm} \leq 0.005$

Tabla 3.10 Categoría de Daños y acciones a adoptar en cada caso.

CATEGORIA	EXTENSION DE DAÑO EN GENERAL	ACCION A ADOPTAR
0. Sin daño	Sin daños.	No se requiere acción.
1. Daño no estructural pequeño.	Grietas finas en estucos, caída de trozos de estuco en zonas limitadas.	No se requiere evacuar el edificio. Se requiere sólo reparaciones arquitectónicas.
2. Daño estructural pequeño.	Pequeñas grietas en muros de albañilería, desprendimiento de grandes trozos de estuco en zonas extendidas. Daños en elementos no estructurales como chimeneas, estanques, cornisas, etc. La capacidad resistente de la estructura no está reducida apreciablemente. Fallas generalizadas en los elementos no estructurales.	No se requiere evacuar el edificio. Son necesarias reparaciones arquitectónicas para asegurar su conservación.

3. Daño estructural moderado.	Grietas grandes y profundas en muros de albañilería, extenso agrietamiento en muros, columnas y machones de hormigón armado. Inclínación o caída de chimeneas, estanques y plataformas de escalas. La capacidad resistente de la estructura está parcialmente reducida.	Se debe alzaprimar y evacuar el edificio para ser reocupado después de la restauración y refuerzos. Es necesario ejecutar una restauración estructural y un refuerzo sísmico, anterior al tratamiento arquitectónico.
4. Daño estructural severo.	Se caen trozos de muros, se parten los muros interiores y exteriores y se producen desplomes entre sus trozos. Corte en elementos que unen parte de edificios. Aproximadamente falla un 40% de los elementos estructurales principales. El edificio toma una condición peligrosa.	Se debe alzaprimar y evacuar el edificio. Este debe ser demolido o exige extensos trabajos de restauración y refuerzo antes de ser ocupado nuevamente.
5. Colapso.	Colapso de una gran parte o del total del edificio.	Despejar el sitio y reconstruir.

Todos estos antecedentes se utilizan en este trabajo para establecer la vulnerabilidad de los pisos en que predominan los muros de albañilería. Los pocos muros de hormigón armado que existen se incluyen como muros equivalentes de albañilería de igual resistencia al corte, transformando el área de su sección transversal de acuerdo con lo indicado en 3.2.2.2. En el cálculo del área tanto de los muros de albañilería como de los muros de hormigón armado, se incluye el factor de reducción recomendado por Meli (1991), con lo cual se considera la menor rigidez de los muros en los que la relación entre la altura (H) y la longitud (L) excede de 1.33.

3.2.2 VARIACION DE LAS CARACTERISTICAS DEL EDIFICIO CON LA ALTURA

La variación de las características del edificio con la altura se analiza para detectar algunas irregularidades que comprometen el buen funcionamiento de la estructura frente a la acción sísmica.

Con este propósito y complementando las características consideradas en el término S_D del índice I_h del método de Hirosawa, se reúne información sobre:

- i. Variación del área de planta entre pisos consecutivos.
- ii. Variación de la resistencia entre pisos consecutivos.
- iii. Variación del peso entre pisos consecutivos.

En casos específicos se calcula la posición del centro de rigidez.

Para evaluar cualitativamente estas variaciones se hace uso de los límites que establecen las normas de diseño sísmico (Costa Rica, 1986; México, 1987; FEMA, 1989) para identificar los sistemas regulares. Estos límites deben ser evaluados en conjunto para calificar la regularidad de la estructura.

La forma de calcular estas propiedades y los límites con los que se hace la calificación de cada una de ellas, se detalla a continuación.

3.2.2.1 Variación del área de la planta entre pisos consecutivos

Esta variación deja en evidencia las posibles estrangulaciones que puede presentar la planta de la estructura. El área de la planta se calcula a partir del área encerrada por los ejes sismorresistentes exteriores.

La calificación del edificio desde este punto de vista se realiza con la relación entre el área de la planta del piso analizado (A_{pi}) y el área del piso inmediatamente superior (A_{pi+1}); cuando se analiza el último piso se compara con el área del piso inferior.

Para esta calificación se considera:

$$\begin{array}{ll}
 0.8 \leq \frac{A_{pi}}{A_{pi-1}} \leq 1.4 & \text{Bueno} \\
 0.6 \leq \frac{A_{pi}}{A_{pi-1}} < 0.8 \quad \text{o} \quad 1.4 < \frac{A_{pi}}{A_{pi-1}} \leq 2.4 & \text{Regular} \\
 \frac{A_{pi}}{A_{pi-1}} < 0.6 \quad \text{o} \quad \frac{A_{pi}}{A_{pi-1}} > 2.4 & \text{Malo}
 \end{array}
 \qquad \text{Ec. 3.26}$$

3.2.2.2 Variación de la resistencia entre pisos consecutivos

Para determinar esta variación se acepta como primera aproximación, que la resistencia es proporcional al área de la sección transversal de los elementos que resisten la acción sísmica en la dirección analizada. Para calcular las áreas se trabaja con el material que predomina en el piso y en la dirección analizada, para lo cual se hace uso de los factores de transformación FR_1 y FR_2 , con los que se transforma una sección de albañilería a una de hormigón armado de igual resistencia al corte y una sección de hormigón a una de albañilería de igual resistencia al corte respectivamente. Debe tenerse en cuenta que, al analizar la variación de resistencia entre pisos consecutivos, las áreas de elementos resistentes deben corresponder al mismo material entre los dos pisos comparados.

Las expresiones de los factores FR_1 y FR_2 son las siguientes:

$$FR_1 = \frac{(0.23 \cdot \tau_o + 0.12 \cdot \sigma_o)}{0.29 \cdot f_c^{0.5}} \quad \text{Ec. 3.27}$$

$$FR_2 = \frac{1}{FR_1} \quad \text{Ec. 3.28}$$

donde:

f_c : resistencia cilíndrica a la compresión del hormigón, en kgf/cm^2 .

τ_o : resistencia básica de corte de la albañilería, en kgf/cm^2 .

σ_o : tensión normal debido a la acción de las cargas verticales, en kgf/cm^2 .

El valor de la tensión normal se calcula como $1.0 \cdot n$, donde n es el número de pisos sobre el piso analizado.

Para establecer el predominio de los elementos verticales de hormigón armado o de albañilería en un piso y una dirección dada, se usa el criterio siguiente:

- i. Si $FC \leq 0.2$ predominan los muros de albañilería.
- ii. Si $FC \geq 0.8$ predominan los muros de hormigón armado.

donde:

$$FC = \frac{A_h \cdot FR_2}{A_h \cdot FR_2 + A_a} \quad \text{Ec. 3.29}$$

en que:

A_h : Suma de área de elementos resistentes de hormigón en la dirección y nivel analizado.

A_s : Suma de área de elementos resistentes de albañilería en la dirección y nivel analizado.

La calificación del edificio desde este punto de vista se realiza con la relación entre la resistencia del piso (R_i) y la resistencia del piso inmediatamente superior (R_{i+1}).

La calificación es buena cuando la relación cumple:

$$\frac{R_i}{R_{i+1}} \geq 0.8 \quad \text{Ec. 3.30}$$

en caso contrario es considerada mala.

3.2.2.3 Variación del peso entre pisos consecutivos

Para el cálculo del peso sísmico de cada piso se considera lo siguiente:

- i. Peso propio de la losa y vigas más la mitad de los pesos de los elementos verticales superiores e inferiores.
- ii. El 25 % de la sobrecarga de diseño, para el caso de los hospitales chilenos se usa la sobrecarga de 300 kgf/m² recomendada por la norma NCh1537.Of86 (INN,1986). Esta sobrecarga no se considera en el último piso.
- iii. Peso de la tabiquería igual a 55 kgf/m².
- iv. Peso de la baldosa de piso y mortero de pega igual a 100 kgf/m².
- v. Peso de la techumbre igual a 60 kgf/m². Este peso sólo se considera en el último piso.

Para los efectos de este estudio se acepta como peso propio del hormigón el valor de $\gamma_h = 2.5 \text{ Ton/m}^3$ y para la albañilería el valor de $\gamma_h = 1.8 \text{ Ton/m}^3$.

Para calificar el edificio desde este punto de vista se calcula la relación entre el peso del piso analizado (W_i) y el peso del piso inmediatamente superior (W_{i+1}), considerando que:

$$\begin{aligned}
 0.85 &\leq \frac{W_i}{W_{i+1}} \leq 1.15 && \text{Bueno} \\
 0.5 &\leq \frac{W_i}{W_{i+1}} < 0.85 \quad \text{o} \quad 1.15 < \frac{W_i}{W_{i+1}} \leq 1.5 && \text{Regular} \\
 \frac{W_i}{W_{i+1}} &< 0.5 \quad \text{o} \quad \frac{W_i}{W_{i+1}} > 1.5 && \text{Malo}
 \end{aligned}
 \tag{Ec. 3.31}$$

3.2.2.4 Excentricidad del piso

La determinación de la excentricidad del piso es un dato bastante útil para detectar casos de buena o mala concepción estructural. En este caso no se analizan las variaciones entre pisos consecutivos, sino que, se calcula la excentricidad de cada piso en forma independiente.

La excentricidad en una dirección, X o Y, corresponde a la distancia entre el centro de rigidez y el centro de masa de cada nivel; para establecer una calificación de acuerdo a este aspecto se determina la relación entre la excentricidad en la dirección analizada y la longitud de la planta en dicha dirección, distinguiéndose las siguientes situaciones:

$$\begin{aligned} \frac{e_1}{I_1} &\leq 0.1 && \text{Bueno} \\ 0.1 &< \frac{e_1}{I_1} < 0.2 && \text{Regular} \\ \frac{e_1}{I_1} &> 0.2 && \text{Malo} \end{aligned} \qquad \text{Ec. 3.32}$$

La rigidez de los elementos estructurales se calculará considerando un comportamiento a flexión para las columnas y de corte para los muros; tanto de hormigón como de albañilería. Las expresiones que se utilizan son las siguientes:

i.- Columnas de hormigón armado:

$$k = \frac{12 \cdot E \cdot I}{h^3} \qquad \text{Ec. 3.33}$$

donde:

h : altura libre del elemento.

E : módulo de elasticidad del material del elemento.

I : momento de inercia de la sección transversal del elemento.

En los casos en que se calcule la rigidez por flexión, no se considerará el aporte resistente de elementos que trabajan en la dirección perpendicular al análisis; esta consideración se establece considerando las características de los pisos en que se realizará este cálculo.

ii.- Muros de albañilería y de hormigón armado.

$$k = \frac{G \cdot A_c}{h} \quad \text{Ec. 3.34}$$

donde:

G : módulo de corte del material del elemento.

A_c : Area de corte del elemento. Corresponde al área de la sección transversal dividida por 1.2.

h : altura libre del elemento.

Para determinar las propiedades mecánicas de los materiales estructurales, se utilizan las siguientes relaciones:

a.- Hormigón armado:

$$E_c = 19000 \cdot \sqrt{R_{c28}} \quad \text{Ec. 3.35}$$

$$G_c = 0.4 \cdot E_c$$

La resistencia a los 28 días se relaciona a su vez con las resistencias a compresión de acuerdo con la tabla 3.11.

Tabla 3.11 Propiedades mecánicas de las distintas clases de hormigón (kgf/cm²).

Clase de Hormigón	R _{c28}	f' _c	
		cúbica	cilíndrica
A	120	110	88
B	160	145	116
C	180	170	136
D	225	215	172
E	300	280	230

b.- Albañilería:

$$E_m = 1000 \cdot f_m$$

$$G_m = 0.3 \cdot E_m$$

Ec. 3.36

el término f_m corresponde a la resistencia prismática a la compresión; ésta está relacionada con la resistencia básica de corte de acuerdo con los valores de la tabla 3.12.

Tabla 3.12 Propiedades mecánicas para elementos de albañilería.

Tipo de unidad	f_m (Kg/cm ²)	τ_o (Kg/cm ²)
Artesanal (15 a 20 cm)	15.0	3.0
Hecho a máquina (14 a 17.5 cm)	60.0	5.0

3.2.3 Determinación de índices de comportamiento sísmico a calcular

La vulnerabilidad estructural de cada edificio se determina con los índices detallados en los puntos 3.2.1.1, 3.2.1.2 y 3.2.1.3 de este capítulo y se complementa con las variaciones que presentan las propiedades de acuerdo con el punto 3.2.2 Dependiendo de las características y del material predominante del piso en la dirección considerada, los índices que se determinan son los siguientes:

- i. Predominio de los muros de hormigón armado.
En estos casos se calculan los índices: I_m , I_c , I_t e I_h .
- ii. Predominio de los muros de albañilería.
En estos casos se calculan los índices: I_h e I_{mm} .

iii. Predominio de los pórticos de hormigón armado o cuando no predominan ni los muros de hormigón armado ni los muros de albañilería ($0.2 < FC < 0.8$).

En estos casos se calcula el índice: I_b e I_{cm} .

3.2.4 Comentarios al cálculo de la vulnerabilidad estructural

3.2.4.1 Método de Hirosawa

Es conveniente destacar algunos aspectos relacionados con el cálculo del índice I_b .

a. Término E_o .

Al revisar los términos que intervienen en la expresión con la que se calcula E_o , es conveniente comentar lo siguiente:

i. De acuerdo con los detalles de diseño usados en los muros de los edificios de hormigón armado construidos en Chile, se observa que en los edificios revisados no se encuentran muros que correspondan al tipo A_{m1} .

ii. La cubicación de los edificios seleccionados permite observar que en los edificios estructurados con muros de hormigón armado y albañilería, los pesos por unidad de área en los distintos niveles de la edificación superan los 1000 kgf/m². Esta característica se debe a la magnitud del espesor de los muros que forman la estructura sísmorresistente, al uso de tabique divisorios pesados (albañilerías estucadas), recubrimiento de baldosas de cemento en los pisos, etc.

Esta característica de los edificios seleccionados se indica con el propósito de destacar que cualquier índice que se utilice para calificar la vulnerabilidad estructural deberá considerar esta característica para entender que a igualdad de áreas de muros el comportamiento será más inseguro en la medida que el peso por piso sea mayor debido al aumento de las fuerzas reactivas.

iii. En la ecuación de E_0 interviene un factor de reducción (α_i), cuya magnitud depende de las características de las subestructuras verticales que forman el sistema sismorresistente en cada dirección de la planta y cuya falla controla la estabilidad del edificio.

Revisando los valores de este factor se comprueba que lo más desfavorable para una edificación es que existan columnas cortas, muros de relleno de albañilería sin refuerzos o muros de albañilería sin refuerzos (por ejemplo sin sus dos columnas de confinamiento cuando se trata de un muro de albañilería confinada). Teniendo en cuenta lo desfavorable que puede resultar en la magnitud de E_0 la presencia de este tipo de elementos, es necesario considerar el efecto que puede tener su falla en la estabilidad del edificio, total o parcial.

Sobre el particular, Murakami et al. (1992) reconocen que si la falla de estos elementos no compromete la estabilidad de la estructura, el cálculo de E_0 debe hacerse despreciándolos. Esto ocurre cuando este tipo de elementos se presenta en pequeña cantidad y su ubicación en la planta permite la transmisión de las cargas gravitacionales por el resto de los elementos sismorresistentes.

Teniendo en cuenta lo anterior, en el cálculo de E_0 se debe hacer un análisis de los efectos que tiene la presencia de elementos con falla frágil (columnas cortas, muros de relleno de albañilería sin refuerzo y muros de albañilería reforzados inadecuadamente) para evitar un cálculo del valor de E_0 que pueda resultar muy conservador.

b. Término S_D .

Al calcular este término se debe reconocer que el término que considera la relación entre la dimensión de la junta de dilatación vs la altura con respecto al nivel basal puede resultar inadecuado para las estructuraciones de muros; en éstas, los desplazamientos producidos por la acción sísmica son pequeños y las dimensiones de la junta hacen que el posible daño por choques sea mínimo.

3.3 VULNERABILIDAD DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

3.3.1 Introducción

Los daños producidos en los elementos no estructurales de una edificación debido a la acción de un sismo pueden llegar a ser de mayor envergadura que los daños producidos en la propia estructura. Estos daños pueden llegar a paralizar el funcionamiento de algunos servicios esenciales, impidiendo el funcionamiento del hospital.

Dentro del hospital pueden producirse diversos trastornos como consecuencia del daño de estos elementos, tales como: la obstrucción de vías de circulación, daños a pacientes o funcionarios del hospital debido a caída de objetos pesados, paralización de actividades vitales debido a la pérdida de equipos y al corte de suministros básicos como el agua y la energía

eléctrica, etc. Para evitar que estos daños se produzcan, hay que analizar aquellos servicios que se requiere que funcionen una vez terminado el sismo, y detectar los posibles riesgos de los elementos no estructurales de estos servicios.

Para cada tipo de riesgo se selecciona un método apropiado y sencillo de protección. Estos métodos deben considerarse en términos de su aplicabilidad, aunque en muchos casos parezcan innecesarios en condiciones de funcionamiento normal del hospital.

3.3.2 Elementos no estructurales en estudio

Las componentes no estructurales se pueden agrupar en tres grupos básicos:

- i. Componentes arquitectónicas: Cielos falsos, tabiques, parapetos, cornisas, ventanas, chimeneas, etc.
- ii. Equipamiento: Equipos médicos, utensilios clínicos, recipientes, muebles, etc. Equipos asociados al sistema eléctrico y mecánico de apoyo: Ascensores, calderas, transformadores, grupos electrógenos, compresores, motobombas, etc. Equipo de lavandería y cocina, etc.
- iii. Líneas vitales: Red de agua potable, red eléctrica, red de aguas servidas, red de gases clínicos, incluyendo los cilindros de gases.

La vulnerabilidad sísmica de cada uno de estos grupos se debe analizar por separado, debido a la función que desempeñan y a la forma en que se encuentran dispuestos en la estructura, sin embargo el criterio de evaluación es similar para los tres grupos.

3.3.3 Métodos de evaluación sísmica

Los elementos no estructurales y especialmente los equipos y maquinarias, se pueden calificar sísmicamente en vulnerables o no a través de cinco métodos básicos [McGavin, Gary L., 1981]:

3.3.3.1. Pruebas de laboratorio

Las pruebas dinámicas se consideran necesarias en equipos que necesitan estar funcionando antes, durante y después del sismo, equipos de mayor importancia dentro del hospital, o aquellos equipos que son muy complicados para un análisis matemático.

El objetivo de este tipo de pruebas es reproducir un movimiento sísmico en laboratorio, que simula el movimiento del piso del edificio que corresponde al espectro de respuesta de los requerimientos de diseño.

Los dos principales tipos de pruebas sísmicas son las pruebas de comprobación y las pruebas de fragilidad.

Las pruebas de comprobación se usan para estudiar el comportamiento de equipos bajo requerimientos y condiciones específicas.

Las pruebas de fragilidad determinan la capacidad máxima del equipo para formas de ondas simples y múltiples, en una forma de mostrar la complacencia con futuros requerimientos. Las pruebas de fragilidad concluyen cuando el equipo falla por uno u otro mecanismo.

Para realizar estas pruebas se necesita saber las condiciones de servicio del equipo para poder simularlas en laboratorio, descripción de la orientación del equipo, espectro de respuesta del edificio y duración del movimiento entre otras cosas.

3.3.3.2 Análisis matemático

Este método se puede utilizar para casi todos los tipos de equipos y maquinarias, sin importar la categoría del equipo dentro del hospital.

Este método se utiliza principalmente cuando se requiere que el equipo funcione después del sismo, es decir, durante el terremoto se debe garantizar su integridad estructural.

Se puede realizar un análisis estático o dinámico de los equipos o maquinaria. La elección del tipo de análisis depende de lo rígido que sea el equipo, recomendándose un análisis estático en aquellos equipos rígidos y que sólo necesitan un sistema adecuado de anclajes.

3.3.3.3 Experiencias pasadas

En muchas ocasiones el equipo y principalmente los elementos arquitectónicos y las redes de líneas vitales del hospital, pueden ser calificados de vulnerables o no por su comportamiento en sismos pasados o por el comportamiento de sistemas similares en otros centros hospitalarios.

3.3.3.4 Criterio de un grupo de expertos

El grupo de expertos es un método excelente para ser usado en la revisión de centros hospitalarios existentes que no han recibido un detallamiento sísmico adecuado.

Este grupo puede calificar los elementos estructurales a través de inspecciones, estudio de detalles arquitectónicos y sugerir mecanismos o instalaciones para reducir la vulnerabilidad de estos elementos.

3.3.3.5 Combinación de los anteriores

Dependiendo de la complejidad de los elementos y del dinero destinado a estos estudios, es posible hacer una combinación de los métodos anteriores.

3.3.4 Procedimientos de evaluación sísmica del hospital

Debido al carácter preliminar del estudio, se usan los dos últimos métodos de evaluación sísmica; es decir, se ve si los elementos son vulnerables o no analizando su comportamiento en sismos anteriores y considerando los criterios de un grupo de expertos.

El estudio se resume básicamente en siete pasos:

i. Selección de Servicios Clínicos

En primer lugar se deben determinar aquellos servicios que son indispensables para la atención de público una vez ocurrido el sismo, entre estos se encuentran :

- Servicio de urgencia.
- Esterilización.
- Pabellones y salas de recuperaciones.
- Laboratorio.
- Banco de sangre.
- Servicio de rayos.
- Sala de calderas.
- Farmacia.
- Lavandería.
- Alimentación.
- Servicios de suministros de agua potable, electricidad, vapor y evacuación de aguas servidas.

ii. Selección de equipos médicos y maquinaria

En esta etapa se seleccionan aquellos equipos y maquinaria indispensables para mantener funcionando los servicios:

Servicio de urgencia:

- Monitores Electrocardiógrafo Desfibrilador.
- Capnógrafo.
- Oxímetro de Pulso.
- Bomba de Aspiración.
- Bomba de Infusión.
- Estufa Radiante.
- Respiradores.

Servicio de Esterilización:

- Autoclave.
- Pupinel.
- Esterilizador en Oxido Etileno.

Servicio de Recuperación y Pabellones:

- Lámpara de Pabellón.
- Monitores de Signos Vitales.
- Máquina de anestesia con Ventilador.
- Electrobisturí.
- Equipo de Laparoscopia.
- Intensificador de Imágenes.
- Laringoscopio.
- Electroestimulador.
- Electrodiatermia.
- Mesa Quirúrgica.

Servicios de Laboratorios Clínicos y Banco de Sangre:

- Analizador Bioquímico.
- Analizador de Gases.
- Analizador de Orina.
- Analizador de Funcionamiento Pulmonar.
- Bilirrubinómetro.
- Centrífuga Refrigerada.
- Contador Hematíes Automático.
- Analizador Elisa.
- Equipo Iontofor.
- Electrofotómetro.
- Estufa Cultivo.
- Fotómetro de Llama.
- Freezer Banco de Sangre.
- Gamma Cámara.
- Contador Geiger.
- Microscopio Inmunoflujo.
- Microscopio Oportorio.
- Microscopio Universal.
- Microcentrífuga.
- Refrigerador Banco de Sangre.
- Refrigerador Industrial.
- Osmómetro.
- Phmetro.

Servicio de Rayos:

- Equipo de rayos X
- Ecotomógrafo o Ultrasonido.
- T.A.C.
- Equipo Procesador y Revelador de Placas.

Servicios Generales:

- Calderas.
- Extractores de Aire.
- Ascensores y/o Montacarga.

iii. Clasificación de equipos

Una vez identificados los equipos, se clasifican considerando lo propuesto por Mc Gavin (1981) que los distingue en cinco categorías:

Tipo A: Sistema, subsistema o equipo requerido para el funcionamiento del sistema principal o para el apoyo de la vida, o que en su falla puede afectar directamente o adversamente el funcionamiento de otro sistema o equipo crítico.

Tipo B: Sistemas, subsistemas o equipos requeridos para el apoyo de funciones básicas. La unidad que depende de este sistema puede funcionar en forma limitada si ocurre una falla.

Tipo C: Sistemas, subsistemas o equipos requerido para el funcionamiento prolongado de la unidad.

Tipo D: Sistemas, subsistemas o equipos portátiles que no se encuentran en la categoría A.

Tipo E: Sistemas, subsistemas o equipos misceláneos o de apoyo de diagnóstico.

iv. Visualización de posibles riesgos

En esta parte del estudio se ven los posibles riesgos y daños típicos que se pueden encontrar en los centros hospitalarios por causas de sismos.

Entre los posibles riesgos se encuentra:

- Recipientes con sustancias ácidas o contaminantes sin un sistema de apoyo seguro o topes en los bordes de la mesa.
- Ubicación de equipos sobre otros equipos sin un sistema de apoyo seguro o colocados sobre estructuras inestables.
- Un riesgo potencial lo presenta la gran cantidad de artefactos de vidrios y cajas pesadas que se colocan en la parte superior de estantes sin un sistema de soporte.
- Equipos pesados portátiles dejados sin frenos ni anclajes en corredores obstruyendo el paso.
- Equipos o muebles pesados que se pueden mover o volcar por el movimiento del piso o vibración de los muros, colocando gente en peligro.

Entre los daños que se encuentran en los hospitales después de un sismo, se pueden mencionar:

- Desplazamiento de camas, equipos pesados y caída de objetos, obstruyendo las salidas.
- Volcamiento y vaciamiento de estantes esbeltos, especialmente en bodegas.
- Caída de equipos que no están debidamente anclados.
- Corte de comunicaciones, agua potable, electricidad, etc.

v. Visita a terreno

Conociendo el comportamiento que pueden tener los elementos no estructurales en caso de sismo, se programan visitas a los centros hospitalarios con el fin de verificar si están preparados para soportar un evento de este tipo.

vi. Determinación de la vulnerabilidad

Analizada la disposición de los distintos elementos no estructurales, se procede a la determinación de la vulnerabilidad del elemento individualmente y el impacto que este produce para la totalidad del sistema.

La vulnerabilidad del elemento considerado separadamente se establece de acuerdo a tres niveles de vulnerabilidad: alta, media y baja. Las consideraciones para determinar el nivel se detallan en la tabla 3.13.

El impacto de cada elemento o subsistema en el sistema global o en la capacidad de atención durante la situación de catástrofe es de particular importancia para establecer la priorización de los recursos destinados a disminuir el riesgo sísmico y para establecer en cierta medida un ponderador para definir la vulnerabilidad global del sistema hospitalario. El impacto que representa cada elemento se establece de acuerdo con la tabla 3.14.

Tabla 3.13 Aspectos a considerar para establecer el nivel de Vulnerabilidad de Elementos No Estructurales.

Elemento	Vulnerabilidad		
	Baja	Media	Alta
1.-Tabiques divisorios y Fachadas	<ul style="list-style-type: none"> - Existe holgura con el sistema estructural flexible. - Hay seguridad al volcamiento y vaciamiento. - Se ubica en una estructura muy rígida 	<ul style="list-style-type: none"> - No existe independencia con el sistema estructural. - La estructura es rígida 	<ul style="list-style-type: none"> - No existe independencia con el sistema estructural. - Sistema estructural flexible. - Posibilidad de volcamiento o vaciamiento.
2.-Vidrios	<ul style="list-style-type: none"> - Existe holgura entre el vidrio y marco de ventana. - Unión entre el vidrio y el marco de ventana flexible o deslizante - Posee protección (láminas adhesivas, malla interior metálica, etc). - Sistema estructural rígido. 	<ul style="list-style-type: none"> - Existe holgura limitada entre vidrio y marco de ventana. - No poseen protección. - Sistema estructural rígido. 	<ul style="list-style-type: none"> - No existe holgura entre vidrio y marco. - No posee protección. - Estructuración flexible.
3.-Cielos Falsos	<ul style="list-style-type: none"> - Arriostrado lateral y verticalmente. - Ubicado bajo losa rígida. - De pequeña dimensión. - Confinado por muros. 	<ul style="list-style-type: none"> - Paños pequeños sin arriostramiento - Se ubica en sector confinado por muros. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sin arriostramientos. - Paños grandes. - Losa flexible/ sin losa.
4.-Iluminación	<p>Sin Cielo Falso :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anclaje adecuado. - Cubierta segura y si no tiene cubierta con protección en los tubos. <p>Con Cielo Falso :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anclaje adecuado. - Cubierta segura, y si no tiene cubierta con protección en los tubos. - Suspendido independiente de cielo falso. 	<ul style="list-style-type: none"> - Anclaje adecuado. - Cubierta y algunos tubos sin sistemas de amarre para evitar su caída. 	<ul style="list-style-type: none"> - Anclaje inadecuado. - No hay sistemas de amarre de tubos ni cubiertas. - Suspendido del cielo falso.
5.- Recubrimientos	<ul style="list-style-type: none"> - Elemento de apoyo rígido (espesor importante). - Espesor de enlucido 2 cm o menor. - Buena adherencia (no soplado). - Sin muestra de agrietamiento y filtración. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elemento de apoyo de gran superficie. - Buena adherencia. - Espesor medio de 3 a 4 cm. 	<ul style="list-style-type: none"> - Gran espesor del enlucido. - Mala adherencia. - Muestras de agrietamiento y filtraciones.

6.-Escaleras	<ul style="list-style-type: none"> - Estructura auto-soportante. - Apoyos deslizantes con dimensión adecuada. - Capacidad de deformación acorde con la flexibilidad de la estructura. - Elementos de cierre con vulnerabilidad baja. 	<ul style="list-style-type: none"> - Unida a una estructura rígida. - Elementos de cierre con vulnerabilidad media. 	<ul style="list-style-type: none"> - Unida a una estructura flexible. - Elementos de cierre con vulnerabilidad alta. - Apoyo deslizante con dimensión inadecuada.
7.-Chimenea	<ul style="list-style-type: none"> - Material : Hormigón reforzado, Acero. - Relación de aspecto baja. - Anclajes y fundación adecuados. - Recubrimiento adecuado. - Arriostramientos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Albañilería reforzada. - Relación de aspecto baja. 	<ul style="list-style-type: none"> - Material frágil. - Esbelta. - Anclaje, arriostramiento y fundación inadecuado.
8.-Parapetos, Cornizas, Letreros	<ul style="list-style-type: none"> - Liviano y refuerzo adecuado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pesado y refuerzo limitado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pesado y refuerzo inadecuado.
9.-Mobiliario	<ul style="list-style-type: none"> - Anclaje adecuado. - Posee dispositivo de seguridad para su contenido. - Estructura resistente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Anclaje adecuado. - Falta protección de contenido. - Estructura resistente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Anclajes y apoyos inadecuados. - No existe protección de contenido. - Estructura débil.
10.-Líneas Vitales	<ul style="list-style-type: none"> - Independencia mayor que 4 días. - Abastecimiento seguro de los servicios críticos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Independencia entre 1 y 4 días. - Abastecimiento seguro de servicios críticos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Independencia menor de 1 día. - No abastece a la mayoría de servicios críticos.
11.- Equipamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Alta tolerancia a la vibración. - Apoyo seguro. - Baja esbeltez. - Conexiones flexibles. - Ubicación segura. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mediana tolerancia a la vibración - Apoyo seguro. - Mediana esbeltez. - Conexiones flexibles. - Ubicación segura. 	<ul style="list-style-type: none"> - Baja tolerancia a la vibración. - Apoyo inadecuado. - Conexiones rígidas. - Ubicación insegura.
12.- Condiciones en la Junta de Dilatación	<ul style="list-style-type: none"> - Existe detalle adecuado en todo elemento que la cruce (tabiquerías, cielos falsos, tuberías, etc). - Sistema rígido o flexible. - Aislamiento y protección. - Limpia. 	<ul style="list-style-type: none"> - No existe junta en elementos que la cruzan. - Sistema rígido. - Protección. - Limpia. 	<ul style="list-style-type: none"> - No existe junta en elementos que la cruzan. - Sistema flexible. - Sucia.

Tabla 3.14 Aspectos a evaluar en el Impacto en el Sistema de Elementos No Estructurales

Elemento	Impacto		
	Bajo	Medio	Alto
Tabiques, Vidrios, Cielo Falso, Iluminación, Recubrimientos, Mobiliario	- Ubicación en lugares donde no hay pacientes y de baja ocupación. - Cantidad ilimitada.	- Ubicación en lugares de moderada ocupación de pacientes. - Cantidad limitada.	- Ubicación en lugares de alta ocupación de pacientes, de ocupación de pacientes en estado crítico y de alta circulación.
Fachadas, Escaleras, Chimeneas, Cornizas, Parapetos, Letreros, Condiciones en la Junta de Dilatación	- Ubicación en zonas de escasa circulación y escasa ocupación.	- Ubicación en zonas de circulación moderada y baja aglomeración.	- Ubicación en zonas de alta circulación, de concentración de personas y de ocupación de pacientes en estado crítico
Equipamiento y Contenidos	- Equipamiento de oficina.		- Equipos médicos y de apoyo al diagnóstico. - Equipos mecánicos de servicios generales.

vii. Recomendaciones

Dependiendo de la calificación del equipo, se deben disponer dispositivos de seguridad para aquellos que los requieran y se deben dar recomendaciones que aseguren un buen comportamiento de los distintos elementos y subsistemas durante el sismo.